

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

SADRŽAJ ENERGIJE U 1998. GODINI

	str.	br.		str.	br.
<i>Bajs D.:</i> Razvoj prijenosne mreže istočnog dijela elektroenergetskog sustava	281	4/98	<i>Jelavić B.:</i> Nacionalni energetske programi	443	6/98
<i>Banić S.:</i> Djelotvornost zaštite namota terci-jara transformatora odvodnicima prena-pona u "neptun" spoju	45	1/98	<i>Klečina F.:</i> INIS - međunarodni nuklearni in-formacijski sustav	102	2/98
<i>Barbalić N. - Marijan G. - Jelavić V.:</i> Razvoj teorijskog predloška za procjenu uvjeta o kakvoći zraka za nove termoelektrane na ugljen	357	5/98	<i>Kolega V. - Žutobradić S.:</i> Zaštita distribu-cijskih mreža od atmosferskih prenapona - temeljni podaci	15	1/98
<i>Brezovec M. - Kuzle I. - Tešnjak S.:</i> Mate-matički model hidroagregata s dvostruko reguliranom turbinom	345	5/98	<i>Kovaček P. - Kufner D. - Filipan V.:</i> Obnova hidrogeneratora u HE "Varaždin"	117	2/98
<i>Bugarin E. - Mišković D. - Sterpin E.:</i> Eksploatacija postojećih uljnih kabela na-zivnog napona 10 kV, pod naponom 20 kV	55	1/98	<i>Koželj M.:</i> Hipotetske nesimetrije u strujama dalekovoda 400, 220 i 110 kV u Sloveniji...	123	2/98
<i>Bujas P.:</i> Opći principi utvrđivanja i izravna-vanja neželjenih razmjena u interkonek-ciji	191	3/98	<i>Kuterovac V. - Horvatić Ž.:</i> Modernizacija ro-tora 210 MW turbogeneratorskog	201	3/98
<i>Čabrajac S. - Musulin B. - Kraić Z. - Jaman N.:</i> Obnavljanje svojstava transformatorskog ulja	147	2/98	<i>Kuzle I. - Plavšić T. - Tešnjak S.:</i> Primjena neuronskih mreža za sekundarnu regula-ciju napona i jalove snage	133	2/98
<i>Domac J. - Rukavina T.:</i> Proračun troškova proizvodnje biomase na plantažama brzo-rastućeg drveća u Hrvatskoj primjenom programa "BIOCOST"	141	2/98	<i>Matanić R.:</i> Pregled stanja naprednih termičkih reaktora s naglaskom na tehničke i sigurnosne karakteristike	375	5/98
<i>Domac J.:</i> Uloga biomase u elektro-ener-getskom sustavu	451	6/98	<i>Mehmedović M. - Babić S. - Kolundžić D.:</i> Granica dinamičke stabilnosti neregulira-nog i reguliranog sinkronog generatora ...	485	6/98
<i>Donković G.:</i> Internet - organizacija, usluge i servisi	259	4/98	<i>Radmilović B.:</i> Značaj 400 kV interkonektiv-nog voda Heviz/Mađarska -Žerjavinec/Hrvatska	273	4/98
<i>Frühwirth B.:</i> Proračun tokova snaga u radi-jalnim distributivnim elektroenergetskim mrežama	23	1/98	<i>Rajić F.:</i> Obuka voditelja energetske postro-jenja putem procesnih trenažera i osob-nih računala	197	3/98
<i>Frühwirth B.:</i> Proračun tokova snaga u radi-jalnim petljastim distributivnim elektro-energetskim mrežama	179	3/98	<i>Rajić F.:</i> Sustavi racionaliziranja potrošnje energije individualiziranjem troškova gri-janja i uporabe vode	459	6/98
<i>Glavan B. - Prpić E.:</i> Arhitektura središnjeg računalnog sustava vođenja turboagre-gata, elektroenergetskih i pomoćnih pos-trojenja u HEP TE Rijeka 1x320 MW - Pregled izvedenog stanja	447	6/98	<i>Sabolić D. - Šimunić D.:</i> Kvaliteta napona i komunikacijska vrijednost distribucijske elektroenergetske mreže u zgradama	211	3/98
<i>Hladki N.:</i> Pokretni uređaj za obradu opas-nog organskog otpada - PUTO	107	2/98	<i>Sabolić D.:</i> Osnove optičkih komunikacija - III dio: Pleziokrona i sinkrona digitalna hijerarhija	29	1/98
<i>Hladki N.:</i> Mrežno planiranje i praćenje ra-dova tijekom izgradnje objekata	291	4/98	<i>Sabolić D.:</i> Temelji pokretnih radiokomu-nikacija - I dio: Površinsko širenje elek-tromagnetskih valova i svojstva prijamnog polja	393	5/98
<i>Hrabak-Tumpa G. - Vuković I. - Delonga A.:</i> Božićna ciklona 1996. godine i štete na dalekovodnoj mreži Hrvatske	11	1/98	<i>Sabolić D.:</i> Temelji pokretnih radiokomu-nikacija - II. dio: Planiranje mreža	471	6/98
<i>Javornik-Vončina S.:</i> Generičko kabliranje poslovnih zgrada prema međunarodnoj normi ISO/IEC 11801	409	5/98	<i>Sterpin E. - Bugarin E.:</i> Prilog izboru grupe spoja energetske transformatora 110/10(20) kV	299	4/98
			<i>Stojsavljević M. - Nemeč D.:</i> Stabilnost EES Hrvatske u UCPTTE interkonekciji s no-vom velikom termoelektranom u južnom dijelu	3	1/98

Šimundić N.: Optimalno korištenje i upravljanje vodama u hidroenergetskom sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre	223	3/98	Vujević D.: Pretvornici umjesto strujnih i naponskih transformatora?	303	4/98
Škanata D. - Šinka D. - Jurković I.-A.: Primjena osnovnih načela za intervenciju u slučaju nuklearne nesreće	269	4/98	Zeljko M.: Suradnja republike Hrvatske i Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) na području planiranja energetskog sektora	335	5/98

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 47 (1998)

Zagreb

Br. 1

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. sc. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. sc. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. sc. Jure Šimović, dipl. ecc., mr. sc. Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun Čagalj, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1998 – 01 – 16

SADRŽAJ

<i>Stojsavljević M. - Nemeč D.:</i> Stabilnost EES Hrvatske u UCPT E interkonekciji s novom velikom termoelektranom u južnom dijelu (Prethodno priopćenje)	3
<i>Hrabak-Tumpa G. - Vuković I. - Delonga A.:</i> Božićna ciklona 1996. godine i štete na dalekovodnoj mreži Hrvatske (Stručni članak)	11
<i>Kolega V. - Žutobradić S.:</i> Zaštita distribucijskih mreža od atmosferskih prenapona - temeljni podaci (Pregledni članak)	15
<i>Frühwirth B.:</i> Proračun tokova snaga u radialnim distributivnim elektroenergetskim mrežama (Stručni članak)	23
<i>Sabolić D.:</i> Osnove optičkih komunikacija - III. dio: Pleziokrona i sinkrona digitalna hijerarhija (Pregledni članak)	29
<i>Banić S.:</i> Djelotvornost zaštite namota tercijara transformatora odvodnicima prenapona u "neptun" spoju (Stručni članak)	45
<i>Bugarin E. - Mišković D. - Sterpin E.:</i> Eksploatacija postojećih uljnih kabela nazivnog napona 10 kV, pod naponom 20 kV (Stručni članak)	55
Vijesti iz elektroprivrede	59
Iz strane stručne literature	67

Fotografija na omotnoj stranici EL-TO ZAGREB

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6125-641 i 6125-111/641, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pišmo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
 - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

STABILNOST EES HRVATSKE U UCPTI INTERKONEKCIJI S NOVOM VELIKOM TERMoeLEKTRANOM U JUŽNOM DIJELU

Mr. sc. Milan Stojšavljević – Darko Nemeč, Zagreb

UDK 612.311.1:621.311.22
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Razmatra se prijelazna i dinamička stabilnost EES Hrvatske u UCPTI interkonekciji s novom velikom termoelektranom TE Jug1 u njegovom južnom dijelu. Model elektroenergetskog sustava obuhvaća EES Hrvatske, južni dio EES Bosne i Hercegovine, EES Slovenije, Italije, Austrije, Mađarske, Češke i Slovačke. Istraživanja se provode u vremenskoj domeni tako da se promatra odziv modeliranog sustava na prikladni veliki i mali poremećaj. Pokazuje se da je EES Hrvatske odnosno njegov južni dio s južnim dijelom EES Bosne i Hercegovine vrlo problematičan s aspekta prijelazne i dinamičke stabilnosti, posebno u uvjetima značajnijeg tranzita iz tog dijela u središnji dio EES. Južni dio modeliranog EES karakteriziraju longitudinalna struktura i isključivo hidroenergetski proizvodni kapaciteti bez adekvatnih stabilizatora EES. Poslije velikog poremećaja tipa kratkog spoja i isključenja voda pojavljuju se neprigušena sistemaska elektromehanička njihanja koja vode gubitku sinkronizma generatora u južnom dijelu EES (odgođena prijelazna nestabilnost). Adekvatno podešenim stabilizatorima elektroenergetskog sustava (PSS) u određenim elektranama postiže se zadovoljavajuća dinamička sigurnost EES i uz veliki tranzit (cca 1000 MW). U stabilnim i u nestabilnim slučajevima evidentna je pojava koherentnog gibanja agregata u tom dijelu EES i agregata nove TE Jug-1 u odnosu na ostatak modeliranog EES.

Ključne riječi: prijelazna i dinamička stabilnost, elektromehanička njihanja, tranzit, stabilizator EES.

1. UVOD

Plan razvoja i izgradnje elektroenergetskog sustava Hrvatske, što je u ovom kontekstu važno, pretpostavlja izgradnju novih termoenergetskih izvora po modelu nezavisnog proizvođača električne energije (Independent Power Producer - IPP model) i adekvatan razvoj veleprijenosne mreže. Razvoj veleprijenosne mreže i pratećih objekata treba omogućiti siguran plasman električne energije iz tih izvora, pouzdano i nezavisno napajanje električnom energijom svih potrošača te aktivno članstvo u energetske asocijacijama.

Što se tiče novih termoneenergetskih izvora u razmatranju je nekoliko tipova termoelektrana (s obzirom na namjenu i primarni energetske resurs) i više potencijalnih lokacija određenih temeljnim energetske-ekonomsko-ekološkim kriterijima.

Jedna od potencijalnih termoelektrana je i TE Jug-1 na uvozni ugljen, snage 1x350 MW, odnosno 2x350 MW (konačno), zemljovidno locirana na jadranskoj obali južno od grada Senja.

S aspekta prijelazne i dinamičke stabilnosti EES razmatrana je podobnost zadane konfiguracije EES te prihvatljivost pretpostavljenog stacionarnog stanja s tranzitom cca 1000 MW iz južnog u središnji dio EES. U istoj konfiguraciji prema [1] granični tranzit s obzirom na prijelaznu i dinamičku stabilnost, a bez dodatnih zahvata za osiguranje stabilnosti, iznosio je cca 400 MW.

Istraživanja su provedena simulacijama u vremenskoj domeni tako da su promatrani odzivi EES Hrvatske i južnog dijela EES Bosne i Hercegovine (BiH) za slučaj tropskog kratkog spoja trajanja 100 ms i definitivnog isključenja pogodenog voda te za slučaj udarnog isključenja jednog generatora u TE Jug-1. Odziv sustava promatra se preko vremenskog odziva kutova generatora, frekvencije u

karakterističnim čvorištima mreže i djelatnih snaga na odbačanim prijenosnim vodovima. Dobiveni rezultati i iz njih izvedene tvrdnje nisu eksperimentalno dokazani, no oni su prema vlastitim i svjetskim iskustvima na rješavanju takve problematike inženjerski realni i prihvatljivi.

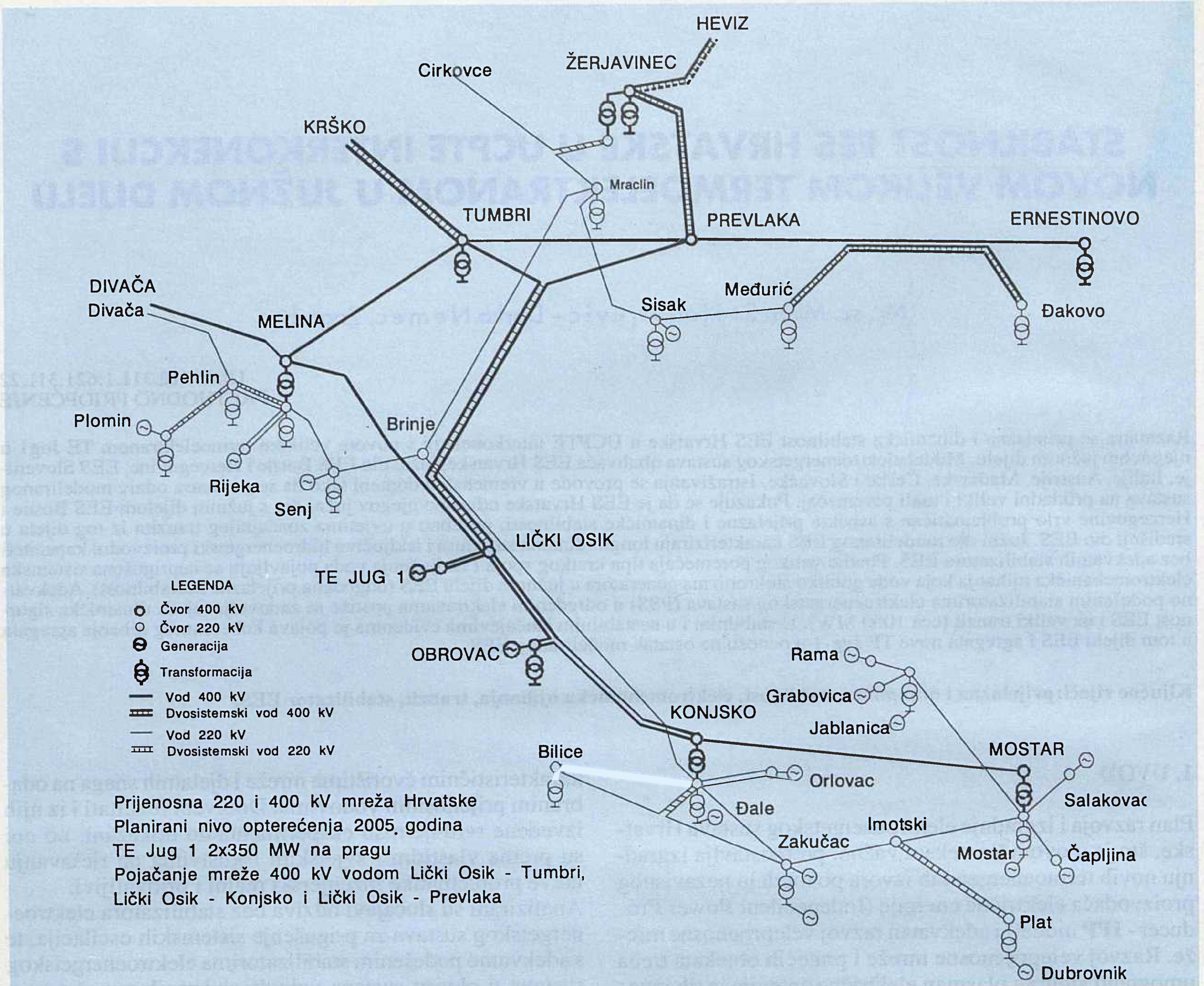
Analizirani su slučajevi odziva bez stabilizatora elektroenergetskog sustava za prigušenje sistemskih oscilacija, te s adekvatno podešenim stabilizatorima elektroenergetskog sustava u okviru sustava uzbude sinkronih generatora u elektranama koje bi mogle imati značajan utjecaj na pojavu sistemskih elektromehaničkih njihanja.

Proračuni su izvođeni pomoću programskog paketa NEW-DYN za simulaciju dinamičkih pojava u elektroenergetskim sustavima u vremenskoj domeni, razvijenog u tvrtki CESI iz Milana. Za obradu i prikaz rezultata proračuna korišteni su vlastiti programski moduli i drugi matematičko-grafički paketi.

2. OPIS MODELIRANOG ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Istraživanja su provedena na modelu elektroenergetskog sustava koji obuhvaća EES Hrvatske, južni dio EES Bosne i Hercegovine (BiH), EES Slovenije, Italije, Austrije, Mađarske, Češke i Slovačke prema [1].

Model EES Hrvatske za stanje izgrađenosti u 2005. godini detaljan je i obuhvaća sve objekte na naponskim razinama 400, 220 i 110 kV a model dijela EES BiH obuhvaća hidroelektrane u slijevu Neretve i HE Jajce te prijenosnu mrežu naponske razine 400, 220 i djelomično 110 kV. U vanjskom dijelu sustava postavljeni su modeli EES Slovenije naponske razine 400 i 220 kV te djelomično ekvivalentirani modeli EES Italije, Austrije, Mađarske, Češke i Slovačke na naponskim razinama 400 i 220 kV. Regulaijski čvor je 400 kV čvor Slavetice u Češkoj.



Slika 1. Konfiguracija 400 i 220 kV prijenosne mreže EES Hrvatske za stanje izgrađenosti u 2005. godini i južnog dijela EES BiH

Vodovi i transformatori modelirani su nadomjesnim shemama s koncentriranim parametrima, a opterećenja u čvorištima modelirana su konstantnom impedancijom. Za generatore / agregate u EES Hrvatske i dijela BiH korišteni su modeli petog reda. Na isti su način modelirani značajniji agregati u vanjskom dijelu modeliranog sustava, dok su ostali agregati i dinamički ekvivalenti prikazani modelima drugog reda. Za većinu generatora reprezentiranih modelom petog reda modelirani su i sustavi uzbude. Sustavi turbinske regulacije modelirani su samo za veće agregate u EES Hrvatske. Za agregate TE Jug-1 korišten je model petog reda s modelom sustava neposredne tirstorske samouzbude i sa standardnim modelom sustava regulacije brzine vrtnje iz programskog paketa NEWDYN.

Južni dio modeliranog EES karakteriziraju longitudinalna struktura i isključivo hidroenergetski proizvodni kapaciteti bez adekvatnih stabilizatora EES.

Osnovna konfiguracija 400 i 220 kV prijenosne mreže EES Hrvatske i južnog dijela EES BiH prikazana je na slici 1.

Što se tiče priključka nove termoelektrane TE Jug-1 na EES predviđeno je da iz njenog rasklopnog postrojenja s jednostrukim 400 kV sabirnicama, na koje su preko blok-transformatora priključena oba generatora (2x350 MW

na pragu), idu dva 400 kV dalekovoda do novog 400 kV rasklopnog postrojenja RP Lički Osik. Iz RP Lički Osik kao dio veleprijenosne mreže vodi pet 400 kV dalekovoda od kojih se RP Lički Osik - Melina i RP Lički Osik - Obrovac pojavljuju kao posljedica "otvaranja" 400 kV dalekovoda Melina - Obrovac. Vodovi RP Lički Osik - Tumbri, RP Lički Osik - Prevlaka kao dvosistemski 400 kV dalekovod prema zagrebačkom području i dalekovod RP Lički Osik - Konjsko potrebna su pojačanja mreže zbog evakuacije snage iz nove termoelektrane TE Jug-1 i planiranog tranzita iz južnog u središnji dio EES Hrvatske u iznosu od cca 1000 MW. Taj tranzit čini total tokova snage na 400 i 220 kV naponskoj razini na presjeku mreže iza RHE Obrovac gledano prema središnjem dijelu EES Hrvatske.

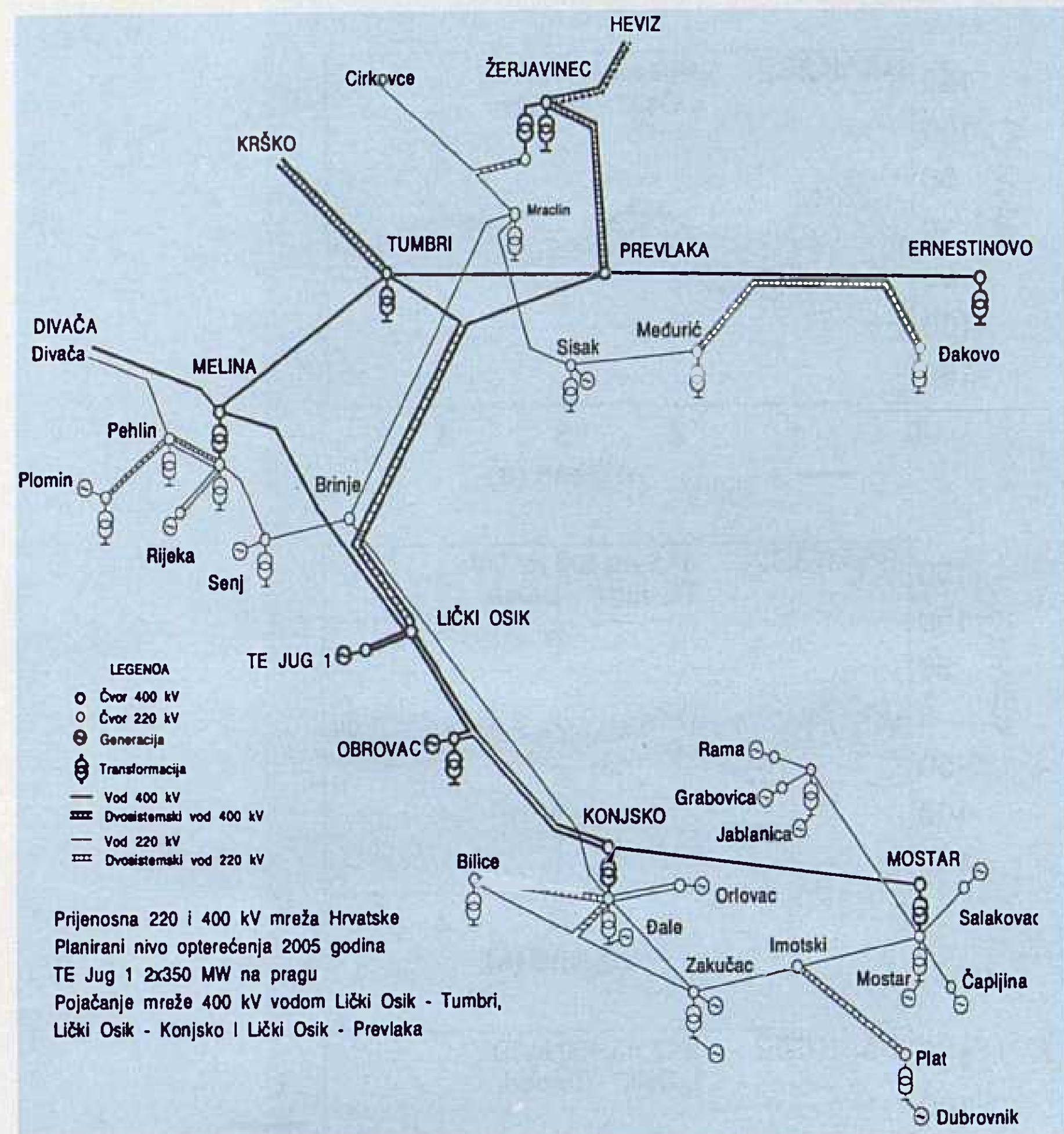
3. ZNAČAJKE STACIONARNOG STANJA

Osnovne značajke stacionarnog stanja su:

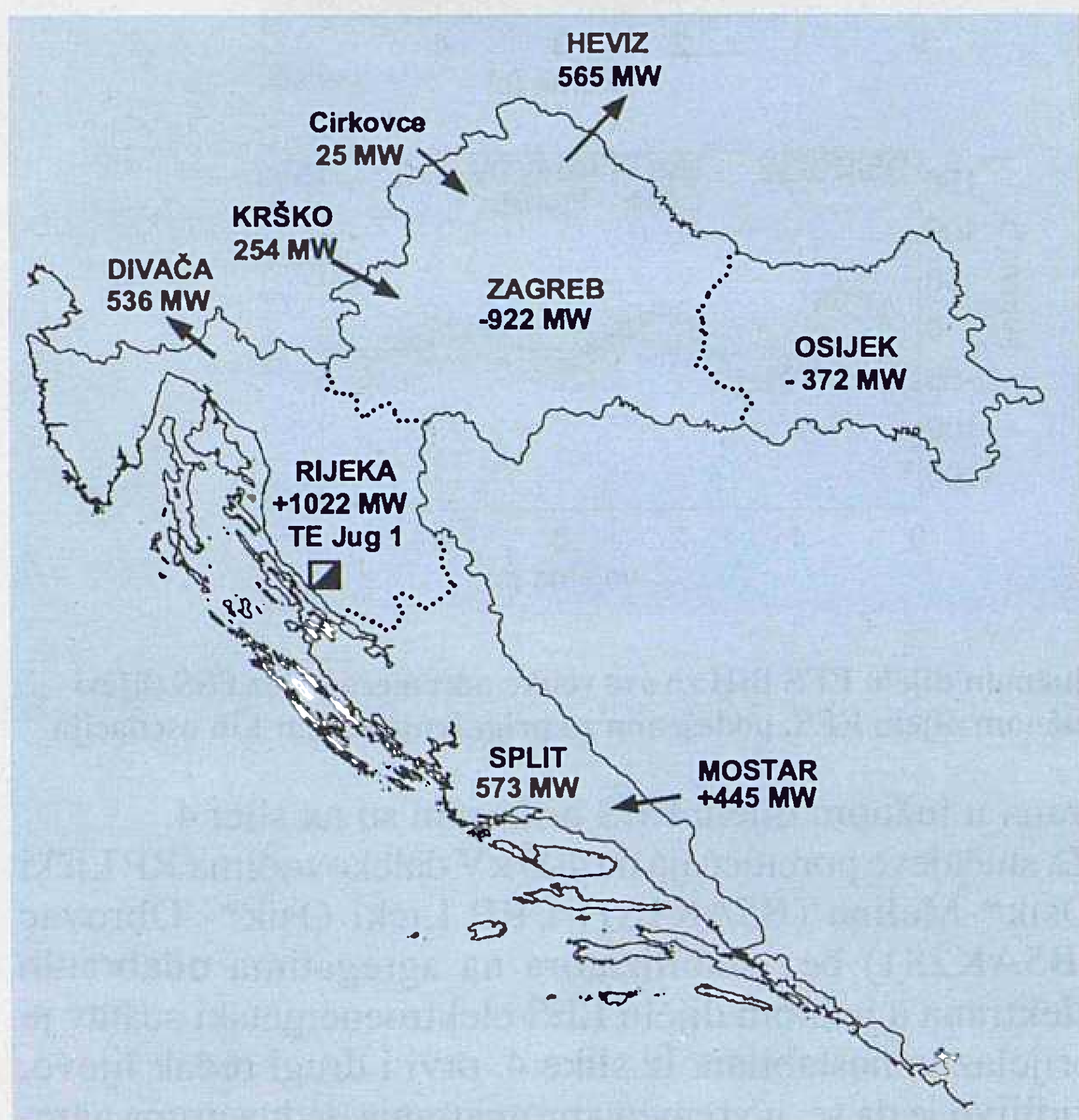
- maksimalno opterećenje EES Hrvatske, raspodijeljeno po čvorištima 110 kV mreže, koje za 2005. godinu iznosi 2802 MW
- maksimalna proizvodnja nove termoelektrane TE Jug-1 od 2x350 MW na pragu

- tranzit od 780 MW iz EES Hrvatske u UCPTE interkonekciju
- tranzit od cca 1000 MW iz južnog u središnji dio EES Hrvatske koji čini total tokova snage na 400 i 220 kV naponskoj razini na presjeku mreže iza RHE Obrovac gledano prema središnjem dijelu EES Hrvatske.

Konfiguracija i tokovi djelatne snage u bliskom okolišu novog rasklopnog postrojenja RP Lički Osik prikazani su na slici 2.



Slika 2. Konfiguracija i tokovi djelatne snage u okolišu 400 kV RP Lički Osik



Slika 3. Totali snaga prijenosnih područja EES Hrvatske i snage razmjene na 400 kV i 220 kV vodovima između EES Hrvatske, UCPTE (EES Slovenije i Mađarske) i južnog dijela EES BiH

Na slici 3 prikazani su totali snaga po prijenosnim područjima Split, Rijeka, Zagreb i Osijek. Na istoj slici dani su i podaci snaga razmjene između EES Hrvatske, UCPTE (EES Slovenije i Mađarske) i južnog dijela EES BiH.

4. VRSTA, OBJEKTI I MJESTA POREMEĆAJA

Uvažavajući realno moguća pogonska događanja i stvarna svojstva opreme te izučavanu problematiku za veliki poremećaj odabran je trolpolni kratki spoj trajanja 100 ms (vrijeme djelovanja zaštite i vrijeme isključenja prekidača) s definitivnim isključenjem kvarom pogođenog voda, a za mali poremećaj udarno isključenje jednog generatora (1x350 MW) u novoj termoelektrani TE Jug-1. Veliki poremećaj se izvodi na vodovima incidentnim s 400 kV RP Lički Osik. Pregled objekata i mjesta (kod velikog poremećaja označenih simbolom *) te oznaka poremećaja dan je u tablici 1.

Tablica 1. Pregled objekata, mjesta i relevantnih oznaka poremećaja

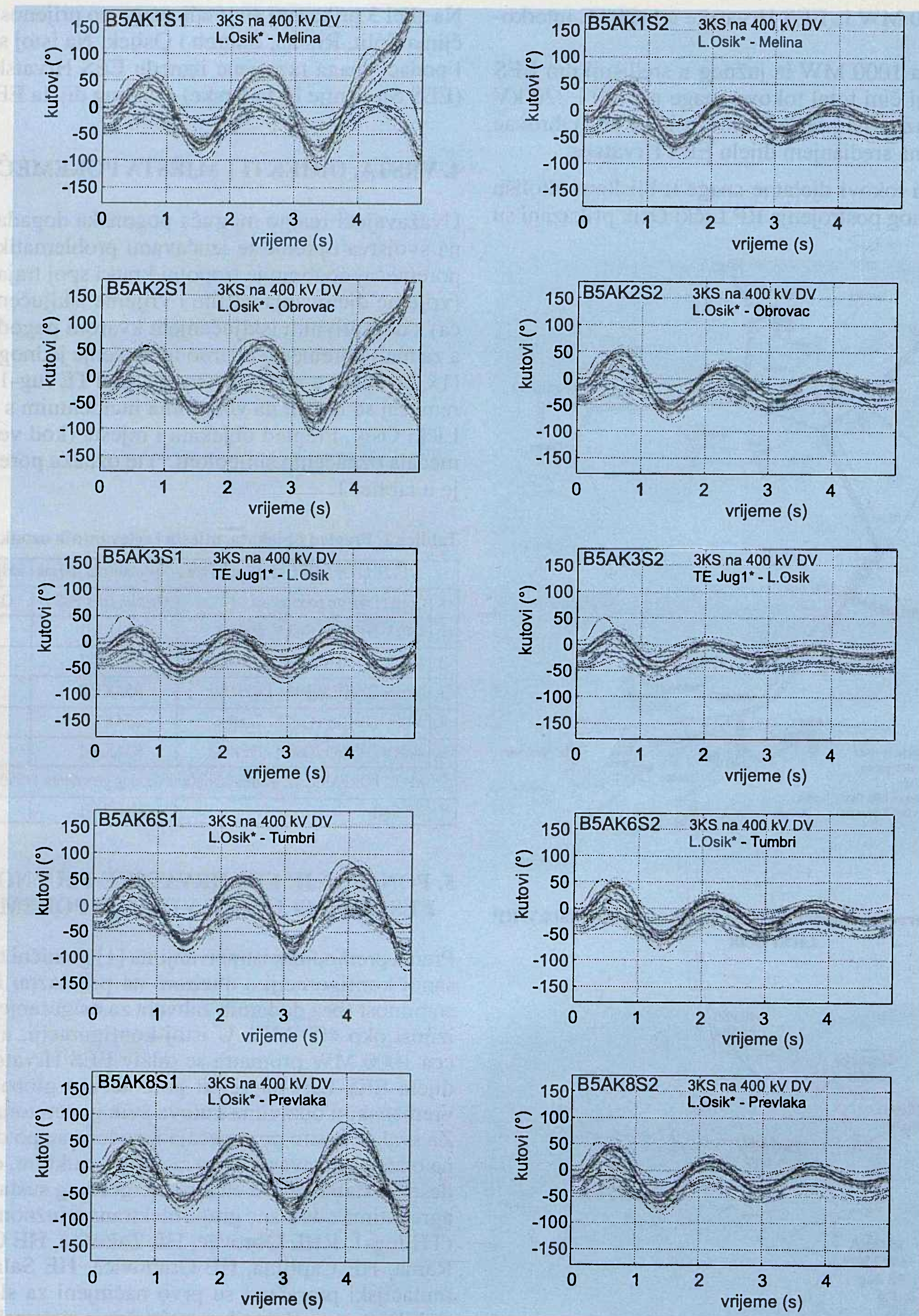
VELIKI POREMEĆAJ: trolpolni kratki spoj trajanja 100 ms i isključenje voda			
#	Objekt i mjesto poremećaja	Oznaka / bez PSS	Oznaka / sa PSS
1.	400kV DV Lički Osik* - Melina	B5AK1S1	B5AK1S2
2.	400kV DV Lički Osik* - Obrovac	B5AK2S1	B5AK2S2
3.	400kV DV TE Jug-1* - Lički Osik	B5AK3S1	B5AK3S2
4.	400kV DV Lički Osik* - Tumbri	B5AK6S1	B5AK6S2
5.	400kV DV Lički Osik* - Prevlaka	B5AK8S1	B5AK8S2
MALI POREMEĆAJ: udarno isključenje jednog generatora 1x350 MW u TE Jug1			
1.	TE Jug1	B5ITJ1S1	B5ITJ1S2

5. PONAŠANJE EES HRVATSKE I JUŽNOG DIJELA EES BiH U SLUČAJU VELIKIH POREMEĆAJA

Prema prethodnim istraživanjima [1] granični tranzit u opisanoj konfiguraciji s obzirom na prijelaznu i dinamičku stabilnost (bez dodatnih zahvata za osiguranje stabilnosti) iznosi oko 400 MW. U istoj konfiguraciji, ali uz tranzit cca 1000 MW promatra se odziv EES Hrvatske i južnog dijela EES BiH na veliki poremećaj i globalno ilustrira vremenskim odzivima kutova svih generatora.

Za svako mjesto poremećaja izvedena su po dva proračuna odziva sustava za dvije različite strukture, odnosno podešenja stabilizatora elektroenergetskog sustava (PSS) na agregatima odabrane grupe elektrana u južnom dijelu EES (TE Jug-1, RHE Obrovac, HE Zakučac, HE Orlovac, HE Rama, HE Čapljina, HE Grabovica, HE Salakovac). Simulacijski proračuni su prvo načinjeni za slučajeve bez stabilizatora podešenih za prigušenje sistemskih nihanja, a zatim za iste poremećaje s odgovarajuće konfiguriranim i podešenim stabilizatorima u navedenim elektranama. Od ostalih elektrana u EES Hrvatske samo je na TE Rijeka-1 stabilizator podešen za prigušenje sistemskih oscilacija i on je u svim proračunima modeliran sa stvarnim parametrima.

Inače, stabilizator elektroenergetskog sustava (PSS) je jedna od regulacijskih jedinica regulatora napona sustava uzbude sinkronog generatora koja za dodatne regulacijske signale koristi djelatnu električku snagu generatora i/ili odstupanje brzine vrtnje agregata, odnosno frekvencije. Osnovna je zadaća stabilizatora elektroenergetskog sustava da tijekom prijelaznog procesa proizvede dodatnu po-



Slika 4. Vremenski odzivi kutova svih generatora u EES Hrvatske i južnom dijelu EES BiH za sve velike poremećaje bez PSS (lijevi stupac) i sa PSS (desni stupac) na agregatima odabranih elektrana u južnom dijelu EES, podešenim za prigušenje sistemskih oscilacija

zitivnu komponentu prigušnog elektromagnetskog momenta.

Za ova istraživanja podešavanje parametara stabilizatora na odabranim elektranama u južnom dijelu modeliranog EES provedeno je temeljem vlastitih stručnih iskustava na eksperimentalnom i teorijskom rješavanju problematike elektromehaničkih oscilacija u EES.

Vremenski odzivi kutova svih generatora EES Hrvatske i kutova generatora u južnom dijelu EES BiH za sva mjesta poremećaja bez PSS i sa PSS na agregatima odabranih elek-

trana u južnom dijelu EES prikazani su na slici 4.

Za slučajeve poremećaja na 400 kV dalekovodima RP Lički Osik*-Melina (B5AK1S1) i RP Lički Osik*- Obrovac (B5AK2S1) bez stabilizatora na agregatima odabranih elektrana u južnom dijelu EES elektroenergetski sustav je prijelazno nestabilan. Iz slike 4. prvi i drugi redak lijevo, vidljivo je da se, u vremenu promatranja, jedna grupa agregata izrazito koherentno giba s porastom amplitude oscilacija kutova i gubi sinkronizam tijekom trećeg njihaja (odgođena prijelazna nestabilnost). U slučaju B5AK1S1 sin-

kronizam gube svi agregati u južnom dijelu sustava i agregati nove termoelektrane TE Jug-1 dok u scenariju B5AK1S1 sinkronizam gube svi agregati u južnom dijelu sustava osim agregata nove termoelektrane TE Jug-1. Prepoznatljivo je da se do trenutka gubitka sinkronizma u oba slučaja poremećaja radi o pojavi neprigušenih sistemskih elektromehaničkih njihanja frekvencije 0.55 Hz.

U ostalim slučajevima poremećaja B5AK3S1, B5AK6S1 i B5AK8S1 bez PSS na agregatima odabranih elektrana u južnom dijelu EES, u periodu promatranja pojave (vidi sliku 4., treći, četvrti i peti redak lijevo), radi se o dinamičkoj nestabilnosti sustava koja najvjerojatnije vodi u odgođenu prijelaznu nestabilnost. Grupa agregata koju čine svi agregati u južnom dijelu sustava i agregati nove termoelektrane TE Jug-1 izrazito se koherentno giba s porastom amplitude oscilacija kutova generatora. I u ovim slučajevima radi se o pojavi sistemskih elektromehaničkih njihanja niske frekvencije koja za poremećaje B5AK6S1 i B5AK8S1 iznosi 0.59 Hz a za B5AK3S1 0.62 Hz.

Razlike u iznosima frekvencija sistemskih elektromehaničkih njihanja u osnovi su posljedica različitih konfiguracija EES poslije otklanjanja poremećaja.

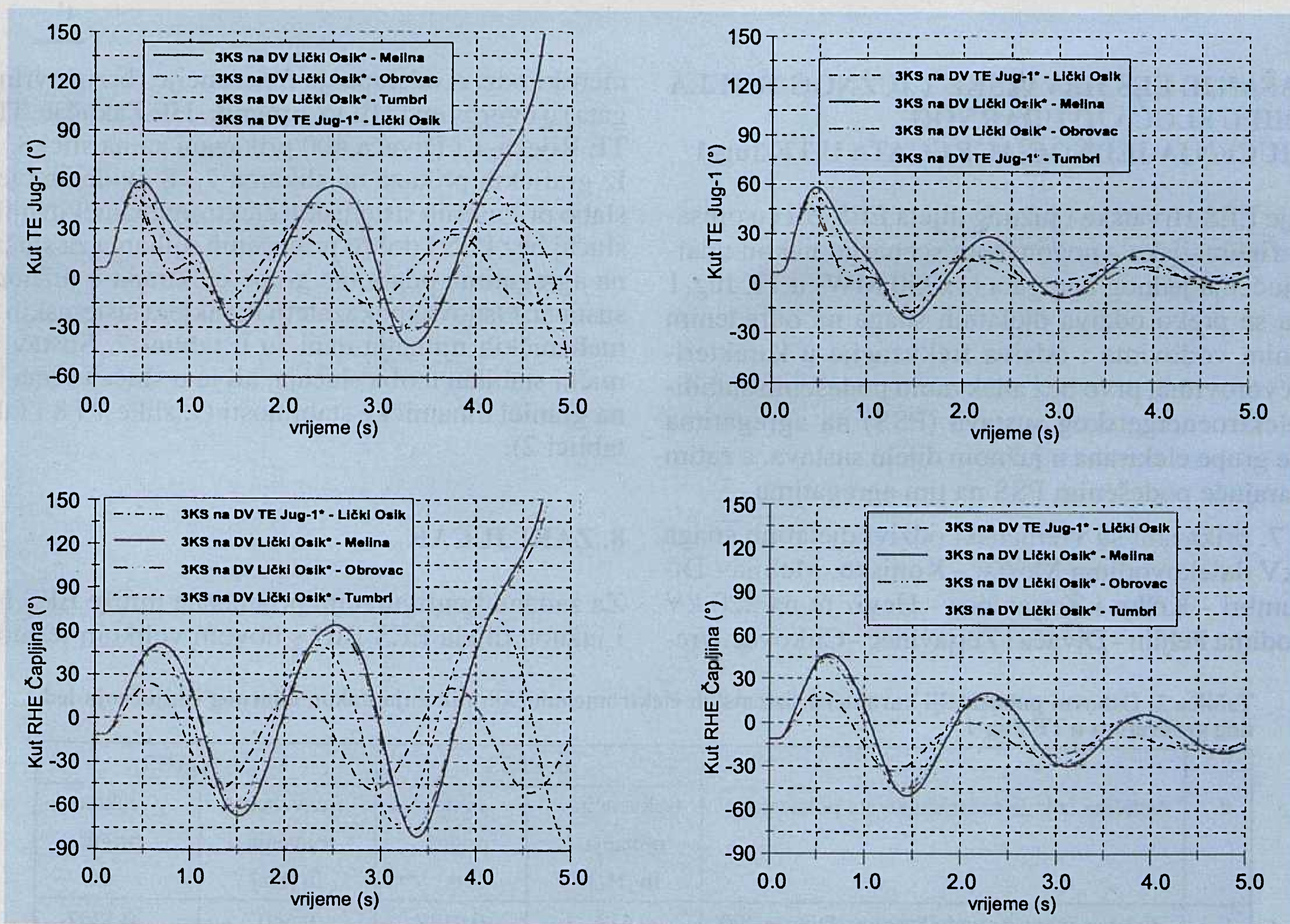
Kako je vidljivo iz slike 4 (desni stupac grafičkih prikaza), za sve slučajeve poremećaja, ali sa odgovarajuće podešenim stabilizatorima elektroenergetskog sustava (PSS) na agregatima odabrane grupe elektrana u južnom dijelu sustava, radi se o dinamički stabilnom sustavu s pojavom dobro prigušenih sistemskih elektromehaničkih njihanja frekvencije 0.62 Hz.

6. PONAŠANJE KARAKTERISTIČNIH AGREGATA U EES HRVATSKE I U JUŽNOM DIJELU EES BiH U SLUČAJU VELIKIH POREMEĆAJA

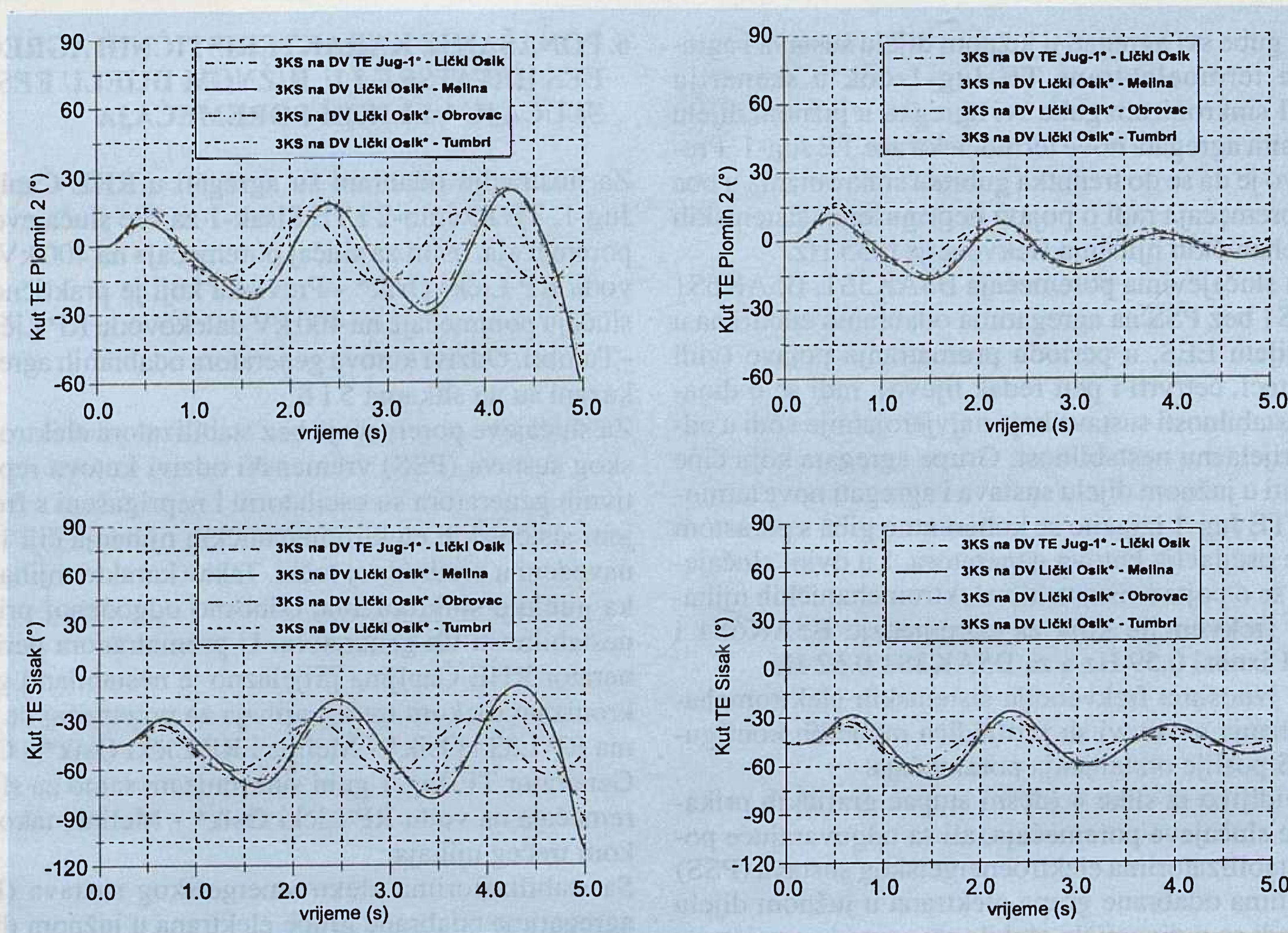
Za ilustraciju odabrani su agregati u RHE Čapljina, TE Jug-1, TE Plomin-2 i TE Sisak-1 za sve slučajeve velikih poremećaja, osim za slučaj poremećaja na 400 kV dalekovodu RP Lički Osik* - Prevlaka koji je praktično jednak slučaju poremećaja na 400 kV dalekovodu RP Lički Osik* - Tumbri. Odzivi kutova generatora odabranih agregata prikazani su na slikama 5 i 6.

Za slučajeve poremećaja bez stabilizatora elektroenergetskog sustava (PSS) vremenski odzivi kutova reprezentativnih generatora su oscilatorni i neprigušeni s frekvencijom sistemskih elektromehaničkih njihanja čiji iznosi su navedeni u prethodnoj točki. Takav karakter njihanja vodi ka gubitku sinkronizma, odnosno odgođenoj prijelaznoj nestabilnosti tih generatora. U promatranom periodu generator RHE Čapljina prijelazno je nestabilan i gubi sinkronizam tijekom trećeg njihaja za poremećaj na vodovima RP Lički Osik* - Melina i RP Lički Osik* - Obrovac. Generator TE Jug-1 gubi sinkronizam samo za slučaj poremećaja na vodu RP Lički Osik* - Melina, također tijekom trećeg njihaja.

Sa stabilizatorima elektroenergetskog sustava (PSS) na agregatima odabrane grupe elektrana u južnom dijelu sustava reprezentativni agregati su prijelazno i dinamički stabilni s dobrim prigušenjem elektromehaničkih njihanja.



Slika 5. Vremenski odziv kutova generatora RHE Čapljina i TE Jug-1 za slučajeve velikog poremećaja bez PSS (lijevi stupac) i sa PSS (desni stupac) na agregatima odabranih elektrana u južnom dijelu EES, podešenim za prigušenje sistemskih oscilacija



Slika 6. Vremenski odziv kutova generatora TE Plomin-2 i TE Sisak-1 za slučajeve velikog poremećaja bez PSS (lijevi stupac) i sa PSS (desni stupac) na agregatima odabranih elektrana u južnom dijelu EES, podešenim za prigušenje sistemskih oscilacija

7. PONAŠANJE EES HRVATSKE I JUŽNOG DIJELA EES BIH U SLUČAJU UDARNOG ISKLJUČENJA JEDNOG AGREGATA U TE Jug-1

Ponašanje EES Hrvatske i južnog dijela EES BiH u opisanoj konfiguraciji - pogonskom scenariju nakon udarnog isključenja jednog agregata (1x350 MW) u TE Jug-1 promatra se preko odziva djelatnih snaga na određenim prijenosnim vodovima i odziva frekvencije u karakterističnim čvorovima, prvo bez adekvatno podešenih stabilizatora elektroenergetskog sustava (PSS) na agregatima odabrane grupe elektrana u južnom dijelu sustava, a zatim s odgovarajuće podešenim PSS na tim agregatima.

Na slici 7. prikazani su vremenski odzivi djelatnih snaga na 400 kV dalekovodima Mostar - Konjsko, Melina - Divača, Tumbri - Krško i Žerjavinec - Heviz te na 220 kV dalekovodima Pehlin - Divača i Žerjavinec - Cirkovce. Vre-

menski odzivi odstupanja frekvencije (brzine vrtnje agregata) u čvorovima HE Dubrovnik, HE Zakućac, TE Jug-1, TE Rijeka-1 i Divača 400 prikazani su na slici 8.

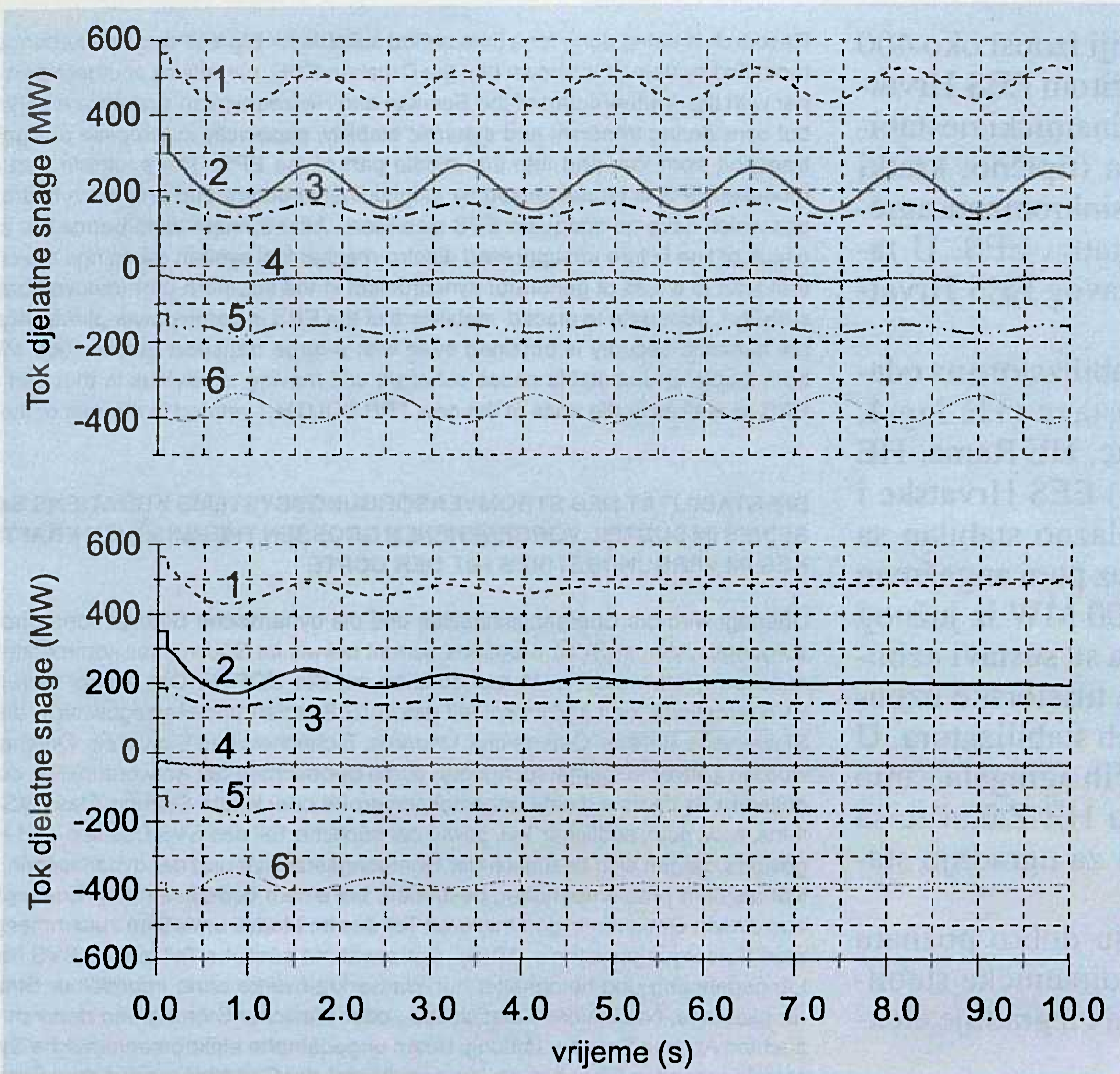
Iz grafičkih prikaza na slikama 7 i 8 evidentna je pojava slabo prigušenih sistemskih elektromehaničkih njihanja za slučaj bez PSS i dobro prigušenih njihanja za slučaj s PSS na agregatima odabrane grupe elektrana u južnom dijelu sustava. Osnovni pokazatelji karaktera sistemskih elektromehaničkih njihanja dani su u tablici 2. Sustav je dinamički stabilan u oba slučaja, ali je u slučajevima bez PSS na granici dinamičke stabilnosti (v. slike 7 i 8 i faktor α u tablici 2).

8. ZAKLJUČAK

Za zadanu konfiguraciju prijenosne mreže EES Hrvatske i južnog dijela EES BiH s novom velikom termoelektra-

Tablica 2. Osnovni pokazatelji karaktera sistemskih elektromehaničkih njihanja nakon udarnog isključenja jednog generatora u TE Jug-1

#	Veličina iz koje se izračunavaju pokazatelji	bez PSS		sa PSS	
		frekvencija njihanja f_n [Hz]	faktor priguš. α	frekvencija njihanja f_n [Hz]	faktor priguš. α
1.	djelatna snaga na vodu Melina - Divača 400	0,618	-0,0137	0,640	-0,5302
2.	djelatna snaga na vodu Žerjavinec - Heviz	0,620	-0,0049	0,671	-0,3810
3.	djelatna snaga na vodu Mostar - Konjsko	0,616	-0,0150	0,656	-0,5652
4.	frekvencija napona u čvoru Žerjavinec 400	0,616	-0,0280	0,637	-0,3656



Slika 7. Tokovi djelatne snage na prijenosnim vodovima nakon ispada jednog generatora u TE Jug-1

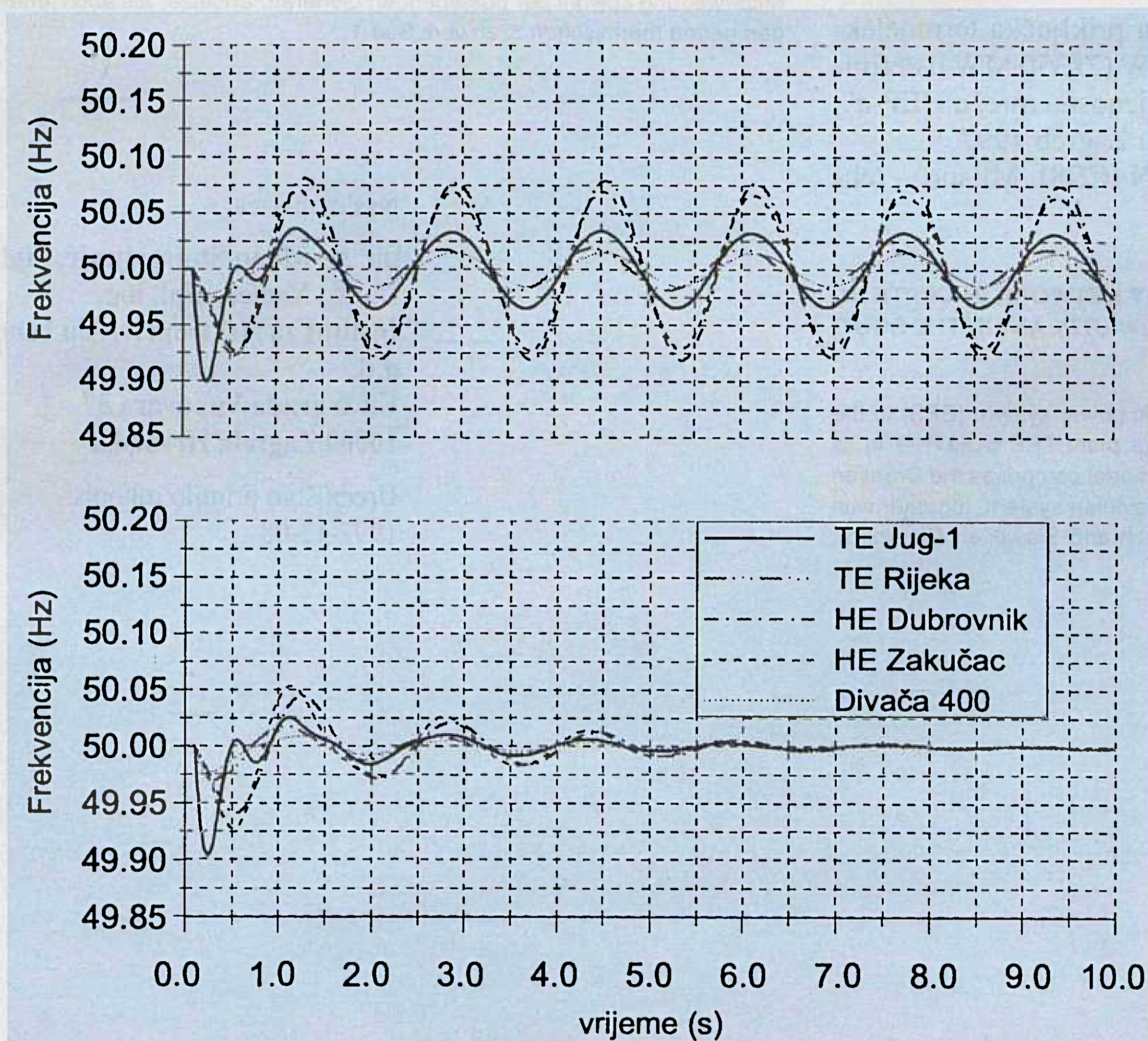
Bez PSS

na HE u južnom dijelu EES podešenih za prigušenje sistemskih oscilacija

1. Žerjavinec - Heviz 400
2. Melina - Divača 400
3. Pehlin - Divača 220
4. Žerjavinec - Cirkovce 220
5. Tumbri - Krško 400
6. Konjsko - Mostar 400

Sa PSS

na ključnim HE u južnom dijelu EES podešenim za prigušenje sistemskih oscilacija



Slika 8. Frekvencija u karakterističnim čvorovima nakon ispada jednog generatora u TE Jug-1

Bez PSS

na HE u južnom dijelu EES podešenih za prigušenje sistemskih oscilacija

Sa PSS

na ključnim HE u južnom dijelu EES podešenim za prigušenje sistemskih oscilacija

nom TE Jug-1 (2x350 MW na pragu) i stacionarno stanje s tranzitom oko 1000 MW iz južnog dijela sustava u središnji istražena je prijelazna i dinamička stabilnost, jednom bez adekvatno konfiguriranih i podešenih stabilizatora elektroenergetskog sustava (PSS), a zatim s odgovarajućim sta-

bilizatorima na odabranim elektranama u južnom dijelu sustava.

Prema prethodnim istraživanjima, bez dodatnih mjera za osiguranje stabilnosti (odnosno za povećanje rezerve prijelazne i dinamičke stabilnosti) granični tranzit iz južnog

u središnji dio sustava u istoj konfiguraciji iznosi oko 400 MW. Uz stacionarno stanje s većim tranzitom EES Hrvatske i južni dio EES BiH je prijelazno i dinamički nestabilan, odnosno nakon velikog poremećaja (tipično: kratki spoj i isključenje voda) dolazi do gubitka sinkronizma agregata u južnom dijelu sustava prema ostatku EES. U takvim scenarijima upitna je stabilnost čitavog EES Hrvatske prema UCPTÉ.

Uz adekvatno konfigurirane i podešene stabilizatore na odabranim elektranama u južnom dijelu sustava (TE Jug-1, RHE Obrovac, HE Zakučac, HE Orlovac, HE Rama, HE Čapljina, HE Grabovica, HE Salakovac) EES Hrvatske i južni dio EES BiH dinamički je i prijelazno stabilan sa zadovoljavajućom rezervom stabilnosti uz puni angažman agregata nove elektrane i tranzit oko 1000 MW iz južnog u središnji dio EES. Pretpostavljeno je da su sustavi uzbuđe svih odabranih agregata tipa direktne tiristorske uzbuđe, dakle pogodni za ugradnju adekvatnih stabilizatora. U sadašnjem stanju, od navedenih postojećih agregata samo agregati u HE Orlovac i dva agregata u HE Zakučac sa elektrostrojnim uzbudama nisu podobni za ugradnju stabilizatora.

Rezultati opisanih istraživanja potvrđuju dobro poznatu činjenicu da su istraživanja prijelazne i dinamičke stabilnosti nezaobilazna kod planiranja razvoja i izgradnje elektroenergetskih sustava.

LITERATURA

- [1] "Analiza i rješenje optimalnog načina priključka termoelektrane na uvozni ugljen snage 1x350 MW (2x350 MW u defintivi) na lokaciji Lukovo šugarje na prijenosnu mrežu HEP-a", Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb 1997.
- [2] Programski paket FLOWC-NEWDYN (CESI, Milano) - tehnički opis i upute za korištenje

STABILITY OF THE CROATIAN ELECTRIC ENERGY NETWORK IN UCPTÉ INTERCONNECTION WITH A NEW BIG THERMAL POWER PLANT IN THE SOUTHERN REGION

Transient and dynamic stability of the Croatian electric power system (EPS) in the UCPTÉ interconnection with a new big thermal power plant TPP SOUTH-1 in its southern part is analysed. The electric power system model comprises the Croatian one and the southern part of the Bosnian and Herzegovinian system, together with the systems of Slovenia, Italy, Austria, Hungary, Czech and Slovakian Republics.

Research is being done for a time period suitable for big and small disturbances in a modelled system. It is shown that the Croatian EPS, namely its southern part together with the southern part of the Bosnian and Herzegovinian system are very doubtful considering transient and dynamic stability, especially in the case of significant transport from that part into the middle part of the EPS. The southern part of the modelled EPS is characterised by longitudinal structure and only such hydro sources which have no adequate EPS stabilisers. After a major disturbance like a short circuit or line failure unsuppressed electro-mechanical system swingings are created that lead to a loss of generator synchronism in the southern part (delayed transient stability). Adequate placed stabilisers of the EPS in some power plants, acceptable dynamic security is obtained even with a large transport (about 1000 MW). In both stable and unstable cases coherent unit moving is obvious in that part of the EPS as well as in the units of the new TPP SOUTH-1 related to the rest of the EPS.

DIE STABILITÄT DES STROMVERSORGUNGSSYSTEMS KROATIENS SAMMT SEINES IM SÜDTEIL VORGESEHENEN GROSSEN THERMISCHEN KRAFTWERKES IM VERBUNDBETRIEB MIT DER UCPTÉ

Überlegt wird die Übergangsstabilität und die dynamische Stabilität des Stromversorgungssystems (SVS) Kroatiens sammt seines im Südwestteil kommandet thermischen Kraftwerkes im Verbundbetrieb mit der UCPTÉ. Das Model umfaßt das SVS Kroatiens, den südlichen Teil des SVS Bosnien-und-Herzegowina's, die SVS Sloweniens, Italiens, Österreichs, Ungarns, Tschecheis und Slowakeis. Durchgeführt wurden Zeitverlaufsuntersuchungen durch Beobachten der Antwortfunktion des modelierten Systems auf eine angemessen große oder kleine Störung. Das SVS Kroatiens, bzw. sein, südlicher Teil, sowie der südliche Teil des SVS Bosnien-und-Herzegowinas, zeigen sich bezüglich der Übergangsstabilität und der dynamischen Stabilität als sehr problembehaftet, besonders bei einem bedeutsameren Energietransit aus diesen Gebieten in den mittleren Teil des im Modell umfaßten zusammengesetzten Versorgungssystems (MVS). Der erwähnte südliche Teil dieses SVS hat eine Längsdehnung und beinghaltet nur Wasserkraftwerke ohne irgendeiner Stabilisierungsanlage. Nach einer Kurzschluss-, oder ähnlicher Störung und dadurch verursachten Abschaltung der Leitung, treten ungedämpfte elektromechanische System-schwingungen in Erscheinung, die zum Ausfall der Generatoren aus dem Synchronbetrieb führen (Verzögerte Übergangsstabilität). Durch angemessene Einführung stabilisierender Anlagen in bestimmten Kraftwerken innerhalb des MVS (cca 1000 MW) aufgehoben. Sowohl in stabilen als auch in unstabilen Verhältnissen tritt danach im betrachteten Teil des SVS die Erscheinung der gegenseitig zusammenhängenden Mitbewegung sowohl der bestehenden Generatorsätze, als auch jener im künftigen neuen thermischen Kraftwerk Süd-1.

Naslov pisaca:

mr. sc. Milan Stojsavljević, dipl. ing.
Darko Nemec, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku
d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1997-12-08.

BOŽIĆNA CIKLONA 1996. GODINE I ŠTETE NA DALEKOVODNOJ MREŽI HRVATSKE

Gordana Hrabak-Tumpa — Ivo Vuković — Ante Delonga, Zagreb

UDK 621.315.004.:621.316.1
STRUČNI ČLANAK

Potkraj 1996. godine nad cijelim je područjem Hrvatske bilo oborina u obliku kiše, snijega i ledene kiše koja se pri dodiru s podlogom ledila. Duž obale Jadrana puhala je jaka, olujna i orkanska bura. Vjetreni tlak i dodatni teret odrazio se i na dalekovodnoj mreži te je velik dio Hrvatske imao poteškoće s dopremom i opskrbom električne energije.

Ključne riječi: vjetreni tlak, oborina, ledena kiša, dalekovodna mreža.

1. UVOD

Rekordna potrošnja električne energije, vremenske nepogode na gotovo čitavom području Hrvatske, ali i ispad NE Krško potkraj 1996. godine događaji su koji se ne zamjećuju često.

Pod utjecajem snažne anticiklone u srednjoj Europi i ciklone na Jadranu stvoreni su jaki gradijenti temperature i tlaka zraka, uz povoljne okolnosti za nastanak oborine u krutom i tekućem stanju. U ovakovim okolnostima duž istočne obale Jadrana puše jaka do olujna bura.

U ovom se radu obrađuju samo posljedice razvoja sinoptičke situacije u Hrvatskoj na dalekovodnu mrežu.

2. METEOROLOŠKI ČIMBENICI I ELEKTROENERGETSKI SUSTAV HRVATSKE

Razvoj sinoptičke situacije uvjetovao je oborinsko i vjetrovito vrijeme na cijelom području Hrvatske.

Olujno snježno nevrijeme izazvalo je znatne probleme održavanja distribucijske mreže, dok je kod prijenosne mreže bilo manjih problema.

Od Božića do kraja godine bilo je 6.633 nepredviđenih pogonskih događaja. Polomljeno je 2.440 električnih stupova, a bilo je u prekidu 980 kućnih priključaka. Najteže je bilo na distribucijskim područjima Rijeke, Pule, Zadra i Splita. Štete izazvane meteorološkim uvjetima koncem 1996. godine procjenjuju se samo u Direkciji za distribuciju na 6 milijuna DEM!

Kako je svako područje specifično s obzirom na učinak pojedinog meteorološkog elementa, to je analiza meteoroloških čimbenika napravljena po pojedinim prostornim cjelinama.

Da bi se dobila cjelovitija slika učinka prodora hladnog zraka, na grafičkim je slikama (sl.1) dan prikaz dnevnog hoda temperature zraka meteoroloških postaja: Osijek, Zagreb, Pula i Split u razdoblju od 25. do 31. prosinca 1996. godine.

Može se uočiti da je najveći pad temperature zraka bio

25. 12. u poslijepodnevnom satima i to na području Splita. U samo sedam sati temperatura zraka pala je za 10,5 °C. Nagli pad temperature zraka na srednjem i južnom Jadranu bio je rezultat premještanja centra ciklone (i pripadne hladne fronte) duž osi Jadrana.

Na većini je promatranih postaja temperatura zraka bila u razdoblju od 26. do podnevnih sati 30. prosinca, ispod 0°C. Izuzetak je samo južna Hrvatska, gdje se relativno pravilan dnevni hod temperature zraka mogao pratiti već od 27. prosinca, a znatan porast temperature zraka bio je u poslijepodnevnom satima 29. uz istodobnu pojavu jakog do olujnog južnog vjetra. Unutrašnjost Hrvatske (koja je bila pod utjecajem grebena anticiklone nad srednjom Europom već od 26.) i dalje je imala vrlo niske temperature zraka, tako da je u noćnim satima 30/31. prosinca područje Osijeka imalo do -21,1 °C.

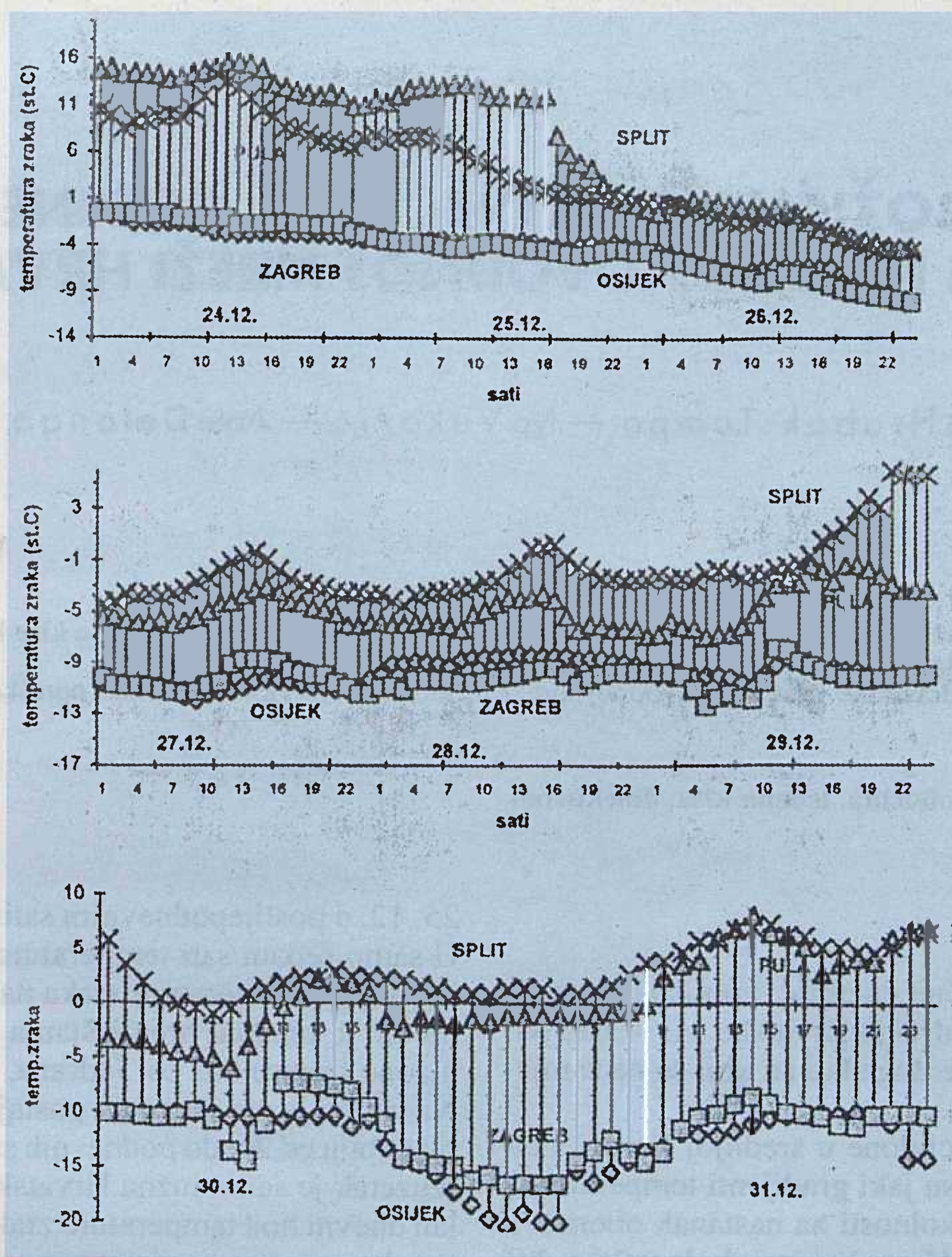
Meteorološki čimbenici, napose kiša koja se ledila pri dodiru s podlogom i velika količina snijega, na području Slavonije uzrokovali su nastanak ledenog okova na vodičima.

Posebno teško bilo je na području brdskog dijela čakovštine duž dalekovodnih trasa: 110/35/10 kV Đakovo 2 - Slobodna Vlast, 35/10 kV Andrijevcima - Harkanovci, 35/10 kV Budimci - Bračevci i 35/10 kV Đakovo - Semeljci. Debljina leda iznosila je od 7 do 10 cm, te je došlo do lomova drvenih linijskih i "A" stupova te piramida, a i do šteta na trafostanicama.

Na glavnoj meteorološkoj postaji *Osijek* pojava kiše koja se pri dodiru s podlogom ledi, zabilježena je već u noći 22/23 prosinca, ali i u jutarnjim satima 24. prosinca, nakon čega je padao snijeg. Tijekom cijelog sljedećeg dana također je padao snijeg uz udare vjetra do 10 m/s iz NNE-smjera.

Na *radarskom centru Gradište* zabilježena je pojava kiše koja se ledi već 24. prosinca od 9³⁰ do 10³⁰ te padanje soli i, na tako povećane vodiče, padanje snijega. Tijekom cijelog dana temperatura zraka bila je ispod 0 °C.

Dana 28. ožujka u 16²⁶ sati došlo je do ispada 110 kV dalekovoda Osijek 1 - Osijek 2, a time i do ispada EL-TO



Slika 1. Dnevni hod temperature zraka, 24. 12.- 31. 12. 1996.

Osijek. Pregledom terena je ustanovljeno da su tri drvena stupa srušena (dalekovod je na drvenim stupovima kao privremeno ratno rješenje) a da su tri stupa bila jako nakošena.

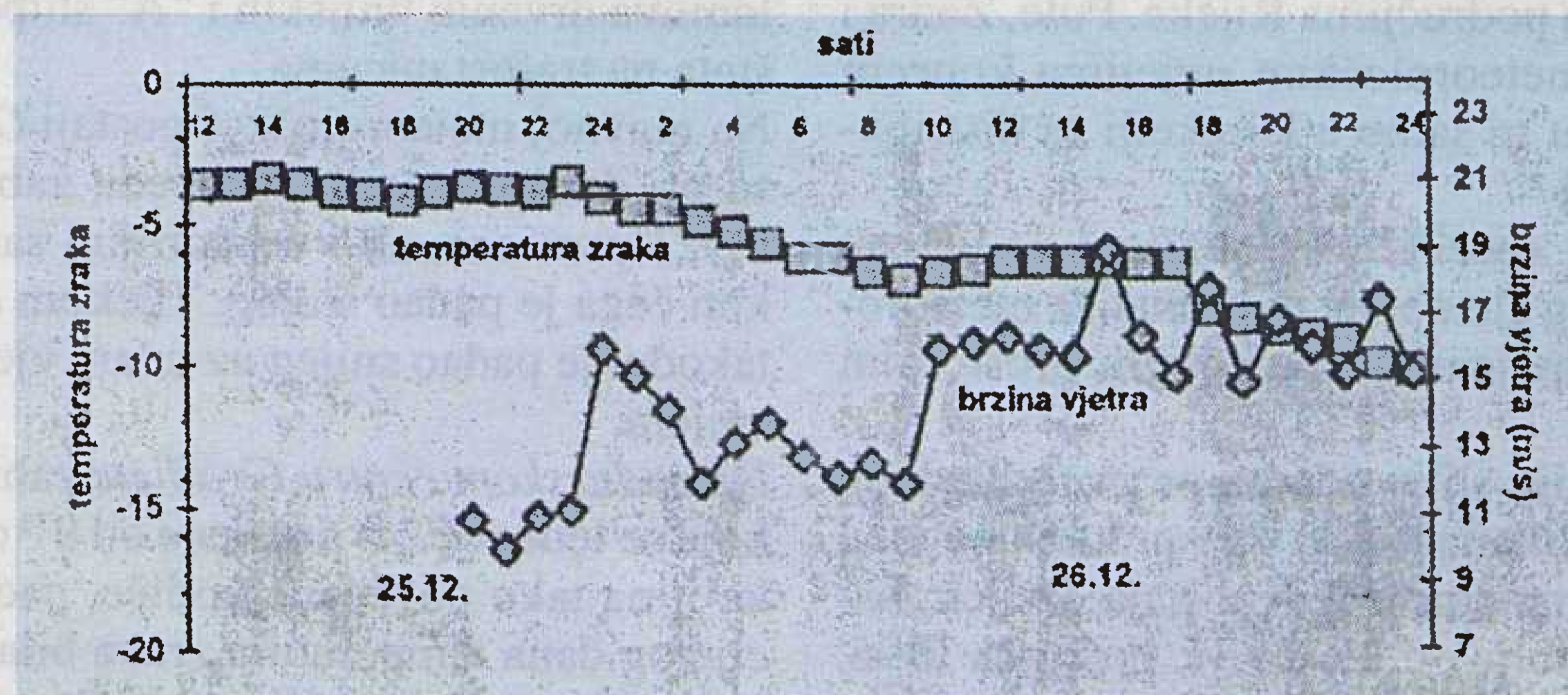
Ukupno je bilo 600 m oštećene trase voda, te je procijenjena ukupna materijalna šteta, samo na ovom dijelu voda, od 50 do 70 tisuća DEM.

U Dnevniku motrenja glavne meteorološke postaje Osijek tog je dana zabilježeno padanje snijega od 10¹⁰ kao i pojava jakog do olujnog jugoistočnog vjetra od 2⁴⁰ do 15³⁰ sati. Istodobno je temperatura zraka bila niža od -10 °C.

Na području DP Elektre Zagreb u razdoblju od 24. do 31. prosinca bilo je 1550 intervencija. Uzroci prekida bili

su, osim preopterećenja, niska temperatura zraka te jak do olujan vjetar. Zanimljivo je uočiti da je vrlo niska temperatura bila tijekom svih sati promatranih dana, a ne samo u vrijeme najniže dnevne temperature zraka (obično sat nakon izlaska Sunca). To se uočava na grafičkim prikazima temperature i brzine vjetra na Meteorološko-aerološkog opservatorija Zagreb-Maksimir (sl. 2).

Na području DP Elektre Zabok najviše je kvarova bilo u razdoblju od 23. do 28. prosinca. Na četiri je mjesta došlo do prekida zaštitnog užeta na 35 kV dalekovodu Zabok-Krapina, a na 10 kV dalekovodima srušena su 62 stupa, dok je na šest mjesta prekinut vodič. Na niskonaponskoj mreži tog područja srušena su 183 stupa i prekinuto je 85 vodiča.



Slika 2. Dnevni hod temperature zraka i brzine vjetra na području Zagreba

Na području **Elektre Karlovac** također su bili brojni kvarovi i to u razdoblju od 21. do kraja prosinca. Ukupno je zabilježeno 14 kvarova na 35 i 73 kvara na 10 kV dalekovoda te 20 kvarova na 10/0,4 kV trafostanicama, ali i 642 kvara na niskonaponskoj mreži. Najveći je broj kvarova (skoro polovica) bio na području Ogulina. Povod kvarova bio je: preopterećenje, snijeg, led i niska temperatura zraka.

Na glavnoj meteorološkoj *postaji Ogulin* najviše je kvarova bilo u razdoblju od 23. do 28. prosinca. Na četiri je mjesta došlo do prekida zaštitnog užeta. Pojava ledene kiše započela je već u noći 21./22. prosinca i trajala je sve do poslijepodnevnih sati. Već sljedećeg dana, 23. prosinca u razdoblju od 11 pa sve do 18¹⁵ sati, ponovno je padala kiša koja se pri dodiru s podlogom ledila i to na urbanom području Ogulina. Najteže je bilo 24. prosinca kada je ledena kiša počela padati već u 5²⁰ i padala do 8⁵⁰, nakon čega je padala sugradica, a zatim solika i snijeg. Potrebno je napomenuti da je za vodiče dalekovodne mreže posebno dodatno opterećenje kada na već povećane vodiče od naslage leda padne snijeg.

Na ovom je području padao snijeg, s prekidima, sve do ranih jutarnjih sati 30. prosinca.

Valja imati na umu da su na urbanom području (gdje se obavljaju meteorološka motrenja) ovakve vremenske neprilike znatno blaže nego li na ruralnom dijelu kroz koje prolaze nadzemni vodovi.

Pogon **Elektroprimorje Skrad** u 75 godina svog postojanja nema zabilježeno slično nevrijeme takva intenziteta i duljine trajanja.

Nevrijeme je počelo, kao i na području *Karlovca*, već 22. prosinca i to kišom koja se pri dodiru s podlogom ledi. Tog je dana iz pogona ispalo 35 trafostanica, 8 visokonaponskih vodova i jedan 35 kV dalekovod. Bez napajanja električnom energijom ostalo je 1600 potrošača. U noći 24./25. pod utjecajem leda, snijega i vjetera te zbog iznimno niske temperature zraka, ispao je iz pogona veći broj vodova.

Potrebno je ipak napomenuti da je i početkom 1997. godine, također zbog sličnih vremenskih neprilika, izvan pogona bio je dalekovod 35 kV Vinodol-Vrata i veći broj 10 i 20 kV dalekovoda. Najveća katastrofa bila je u razdoblju od noći 4./5. siječnja kada je skoro 80 % područja Gorskog kotara ostalo bez struje! Tada je od ukupno 15.500 domaćinstava bez električne struje bilo 12.000! Najveći kvar bio je na dalekovodu 20 kV Delnice-Brod na Kupi, gdje je srušeno 26 stupova, odnosno 2 km nadzemnog voda.

Na području **DP Elektroprimorje Rijeka** napravljena je također golema šteta. Bilo je 647 slomljenih stupova svih naponskih razina i 1584 prekida vodiča. Najteže je bilo na području Gorskog kotara te na području podno Velebita, gdje je puhala olujna do orkanska bura.

Na zaklonjenom području *grada Raba* zabilježena je olujna bura u razdoblju od 26. u 17³⁰ sati do 27. u 18³⁰ sati. Istodobno je temperatura zraka bila do -4,6 oC.

Na području **Elektroprijenosa Opatija** tijekom božićnih blagdana dnevno je bilo od 100 do 150 prekida napajanja električnom energijom.

Na dalekovodu 110 kV Senj - Crikvenica došlo je 25. prosinca u 11²⁰ sati do pucanja kleme izolatorskog lanca i pa-

da lanca i užeta jednog stupa. Istodobno se uže ovog dalekovoda omotalo oko gornje faze jednog raspona dalekovoda 220 kV Senj - Melina. Na dalekovodu 110 kV Vinodol - Gojak zbog jakog vjetera i snijega došlo je do prekida zaštitnog užeta unutar dva raspona 27. prosinca u 7⁴³ sati.

Olujna bura, kiša koja se pri dodiru s podlogom ledi i snijeg napravili su na području Istre u razdoblju od 25. do 28. prosinca znatne štete na elektroenergetskim postrojenjima **DP Elektroistre**, kako na 20 i 10 kV tako i na niskonaponskoj razini. Srušeno je 96 stupova visokog napona, u čijoj je mreži na 68 mjesta došlo do prekida vodiča. U mreži niskog napona srušeno je 90 stupova, a prekid vodiča bio je na 50 mjesta. Oštećeno je 38 betonskih nogara i četiri trafostanice 10/0,4 kV. Zbog šteta na 5,3 km zamijenjeni su vodiči, a na 2,6 km samonosivi kabeli. Na dva transformatora od 50 kVA također je bilo oštećenja.

Intenzitet prodora hladnog zraka, a time i pojedine atmosfere pojave koja je vezana uz promjenu tlaka i temperature zraka, može se pratiti i preko pada temperature zraka. Na sl. 1. uočava se znatni pad temperature zraka na području *Pule* u razdoblju od 25. prosinca. Najniža temperatura zraka zabilježena je 29. prosinca u 5 sati u iznosu od -7,0 °C. Jaka do olujna bura puhala je na ovom području od 25. u 13 sati do 27. u 18³⁰ sati.

Automatski anemografi, smješteni na području *trafostanica Melina i Novalja* te na mostu kopno-Krk zabilježili su tih dana orkanske udare bure. Prikaz maksimalnih udara vjetera dan je na sl. 3. U krugu TS Novalje udari bure olujne jačine zabilježeni su od 25. prosinca poslije 13 sati, a najveći zabilježen udar bio je 37,2 m/s.



Slika 3. Maksimalne brzine vjetera, TS Melina, TS Novalja i most kopno-Krk

Potrebno je napomenuti da je u vrijeme najjačih udara vjetera ovo područje ostajalo bez struje, tako da nemamo cjelovitih anemografskih podataka. Na području TS Melina najveći zabilježeni udar iznosio je 52,3 m/s, a zabilježen je 26. prosinca u 9⁵⁶ sati. Na Krčkom mostu maksimalno zabilježeni udar iznosio je 58,9 m/s, a bio je 26. prosinca između 12 i 13 sati.

Na području **DP Elektrolike Gospić** uoči božićnih i novogodišnjih blagdana najviše kvarova i šteta bilo je na podvelebitskom području i to zbog djelovanja vjeterenog tlaka (olujni udari bure).

Slomljeno je ili srušeno 33 dalekovodna stupa visokorazinskih kao i 11 na niskorazinskoj mreži u dužini od 50 km. Specijalno teško bilo je na području Korenice i Plitvica gdje je padala kiša koja se u dodiru s podlogom ledila.

Na području **DP Elektrodalmacije** najteže je bilo od noći 25./26. prosinca. Uz nagli pad temperature zraka jaka je

bura na području *Makarske* zabilježena već 25. prosinca u 21⁴⁵ sati. U noći je kišu zamijenio snijeg, a udari bure bili su olujne jačine već od jutra 26. prosinca. Olujna je bura puhala od 6³⁰ sati, a udari do 10 Beauforta (žestoka oluja) od 15³⁰ do 21³⁰ sati.

Napomenimo pritom da je na ruralnom otvorenom dijelu bilo znatno hladnije, te je tamo padala kiša koja se u dodiru s podlogom ledila.

Na ovom je distribucijskom području polomljeno 650 drvenih stupova, uništeno je 15 km nadzemne mreže 0,4 kV, 5 km 10 kV mreže, oštećeno je 8 stupnih trafostanica 10/0,4 kV, 2 prekidača u 35 kV trafostanici na Braču. Ukupno je bilo 600 prijavljenih kvarova.

Na području **sinjskog pogona** u cijelosti je srušen dalekovod koji je samo dvadesetak dana prije pušten u pogon. Polomljeno je 19 stupova. Izvan pogona bilo je više od 150 trafostanica 10/0,4 kV. Iz sustava je ispalo područje Kaštela, Zagore, Solina, užeg područja grada Splita te dijelovi: Trogira, Sinja, Imotskog, Omiša.

Lista pogonskih događaja **Prijenosnog područja Split** bila je od 25. do kraja prosinca prepuna i to s napomenom povoda: nevrijeme, olujan vjetar i "ledena kiša".

U krugu *RHE Velebit-Muškovci, Obrovac* jak i olujan vjetar oštetio je dio postrojenja. Za potrebe sanacije postrojenja ove elektrane napravljena je specijalna analiza vremenskog stanja tog područja.

Do ispada dalekovoda 110 kV EVP Strmica - Knin došlo je 25. prosinca u 20³⁶ sati kada se zbog dodatnog tereta i olujnog vjetra srušio stup iznad Golubića.

Znatan broj ispada dalekovoda ovog područja, zbog olujnog i orkanskog vjetra, bio je u 24-satnom razdoblju od 26. prosinca u 6 sati. Najbolju sliku stanja dobivamo nabrojimo li područja na kojima je bilo intervencija i ponovljenih ukapčanja: Knin, Novalja, Benkovac, Zadar, Konjsko, Meterize, Kaštela, Starigrad (Hvar), Makarska, Ston, Komolac.

U narednom 24-satnom intervalu olujan vjetar i intervencije na prijenosnoj mreži bile su još prisutne samo na južnom području: Vrboran, Makarska, Kaštela, Konjsko, Meterize, Opuzen.

3. ZAKLJUČAK

Glavne karakteristike prodora hladnog zraka na dan Božića 1996. godine bile su u naglom padu temperature zraka (osobito duž obale Jadrana) uz olujan vjetar i oborine.

Superponiranje naglog pada temperature zraka i dolazak božićnih i novogodišnjih praznika uzrokovao je iznimnu potražnju kao i potrošnju električne energije.

Na području **Hrvatske** tog je dana potrošeno **47 milijuna kWh** električne energije. To je ujedno bila najveća potrošnja u povijesti HEP-a, s obzirom na smanjenu površinu Podunavlja.

Na području **pogona Zagreb** zabilježeno je maksimalno opterećenje za vrijeme blagdana Božića i Nove godine u devedeset-godišnjoj povijesti elektrifikacije Zagreba: **470 MW** na užem području **pogona Zagreb** i **600 MW** na cjelovitom području DP-a.

Na Silvestrovo je na području **DP Elektroistre** u Puli u 16⁴⁵ sati zabilježeno apsolutno maksimalno vršno opterećenje ovog područja od **161 MW!** Na području **DP Elektrodalmacije Split** zadnjeg je dana zabilježena rekordna potrošnja od **270 MW**.

Za kraj recimo i to da je, najvjerojatnije, povećanjem temperature zraka zadnjeg dana u godini na cijelom području Hrvatske spašen raspad elektroenergetskog sustava Hrvatske.

Umjesto zaključka potrebno je posebno naglasiti da vremenske neprilike nisu prouzročile znatnije *dugovremenske* prekide električne energije. Zahvaljujući operativnim djelatnicima HEP-a, koji rade na održavanju kako nisko tako i visokonaponske nadzemne elektroenergetske mreže, zadnji dan 1996. godine dočekan je spreman za prijenos i isporuku dostatne količine električne energije.

LITERATURA

- [1] G. HRABAK-TUMPA, 1983: "Pojava zaledivanja na području SR Hrvatske u studenom 1980", Zbornik radova 2. savjetovanja o atmosferskim i riječnim nepogodama, Beograd
- [2] G. HRABAK-TUMPA, V. JURČEC, 1984: "Havarije elektroenergetskih objekata - uzroci i posljedice", Zbornik radova konferencije "Elementarne nepogode i katastrofe, Budva
- [3] G. HRABAK-TUMPA, Z. ŽIBRAT, B. CIVIDINI, 1993: "Meteorološki čimbenici kao podloga projektiranja i sanacije dalekovoda", Zbornik radova 1. savjetovanja HK CIGRE, Zagreb
- [4] G. HRABAK-TUMPA, 1993: "Sanacija 35 i 110 kV dalekovoda na području od Ploča do Makarske", studija -HEP, DHMZ,
- [5] G. HRABAK-TUMPA, 1992: "Havarija dalekovoda na širem području Senja 18. travnja 1991. - uzroci i posljedice", Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike u Hrvatskoj u 1992. godini
- [6] DNEVNI POGONSKI IZVJEŠTAJI, HEP Direkcija za upravljanje i prijenos, 1996.
- [7] IZVJEŠTAJ O KVARU, HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos, PrP EP Opatija
- [8] ZAPISNICI sa intervencija na dalekovodu, HEP
- [9] VJESNIK, HEP, God. XI, br.73 (113), 31. siječnja 1997. godine
- [10] DNEVNICI MORENJA, DHMZ, prosinac 1996.

1996 YEAR CHRISTMAS CYCLONE AND DAMAGES ON THE CROATIAN TRANSMISSION LINES

At the end of 1996 the whole territory of Croatia had falls in the form of rain, snow and chilled rain, that became frozen in the contact with the soil. Along the Adriatic coast a strong and stormy bora (north-eastern wind) blew. Wind pressure and additional load influenced the transmission network and a big part of Croatia had problems with electric energy transport and supply.

SCHADEN AN DEN FERNLEITUNGEN KROATIENS ALS FOLGE DES WEIHNACHTSWETTERTIEFS 1996

Ende 1996 gab es überall in Kroatien Niederschläge in Form von Regen, Schnee und unterkühltem Regen, welche letztes sich bei der Berührung mit der Unterlage vereist hat. Längs der Adriaküste blies eine starke, stürmische bis orkanartige Bora. Der Winddruck und die Zusatzlast am Fernleitungsnetz Kroatiens hinterließen Folgen, derentwegen ein großer Teil Kroatiens Schwierigkeiten mit Stromverteilung und -Übertragung gehabt hat.

Naslov pisaca:

Gordana Hrabak-Tumpa, dipl. ing.
Ivo Vuković, dipl. ing.
Državni hidrometeorološki zavod,
Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ante Delonga, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Sektor za prijenos
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1997-12-16.

ZAŠTITA DISTRIBUCIJSKIH MREŽA OD ATMOSFERSKIH PRENAPONA - TEMELJNI PODACI

Vesna Kolega — dr. sc. Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.316.933
PREGLEDNI ČLANAK

U članku su prikazani temeljni parametri atmosferskih prenapona na distribucijskim vodovima, te formule za proračun učestalosti direktnih udara gromova u nadzemne vodove i induciranih prenapona. Korištene su suvremene spoznaje iz svjetske literature.

Ključne riječi: atmosferski prenaponi, distribucijske mreže, zaštita od prenapona.

1. UVOD

Problematika zaštite distribucijskih mreža od štetnog djelovanja atmosferskih prenapona privlači veliku pozornost stručnjaka. Osnovana je zajednička radna grupa međunarodnih organizacija CIRED/CIGRE, sa zadatkom da izradi preporuke o učinkovitoj zaštiti mreža srednjeg i niskog napona od atmosferskih prenapona. U ovom će se članku prezentirati neke temeljne informacije o relevantnoj problematici, koje se odnose kako na mreže srednjeg napona tako i na mreže niskog napona.

Opravdanost proučavanja ove problematike je višestruka, jer su štete uzrokovane bilo direktnim bilo indirektnim udarima groma veoma česte, a otklanjanje nastalih kvarova rezultira visokim troškovima.

Jedan od glavnih razloga važnosti djelotvorno provedenih mjera zaštite od prenapona treba tražiti u činjenici da su zbog ekonomskih razloga podnosivi naponi opreme uvijek niži od vrijednosti atmosferskih prenapona u mreži.

Općenito, svrha prenaponske zaštite mreža srednjeg i niskog napona je svođenje vjerojatnosti pojave slijedećih događaja na najmanju moguću mjeru:

- ispada dijelova distribucijskog sustava iz pogona i obustave i napajanja potrošača
- oštećenja, odnosno skraćanja životnog vijeka elektroenergetske opreme
- oštećenja opreme kod potrošača (posebno visoko osjetljivih elektroničkih uređaja).

Na temelju uvida u suvremene svjetske spoznaje, u ovom će se radu dati informacije o najčešće korištenim:

- formulama za proračun učestalosti direktnih udara groma, te induciranih prenapona
- karakteristikama atmosferskih prenapona (amplituda, strmina vala, oblik vala) kao funkcijama parametara atmosferskih pražnjenja koja su ih izazvala.

2. OČEKIVANA UČESTALOST UDARA GROMA

Osnovni parametri atmosferskih pražnjenja koji se koriste za inženjerske aplikacije prezentirani su u mnogim stručnim izvorima.

U tablici 1. su dani temeljni statistički podaci o osnovnim parametrima struja groma, preuzeti iz [1].

Tablica 1. Temeljni parametri struje groma

Vjerojatnost pražnjenje	95 %		50 %		5 %	
	Prvo	Slijedeće	Prvo	Slijedeće	Prvo	Slijedeće
I_{\max} (kA)	14	4,6	30	12	80	30
$(di/dt)_{\max}$ (kA/ μ s)	5,5	12	12	40	32	120

Važno je uočiti da se vjerojatnost pojave amplitude prvog pražnjenja dobro slaže s poznatom formulom organizacije IEEE:

$$p(I > I_{\max}) = \frac{1}{1 + (I_{\max} / 31)^{2,6}} \quad (1)$$

Atmosferski prenaponi u mrežama niskog i srednjeg napona su podijeljeni u dvije glavne kategorije:

a. Prenaponi uzrokovani direktnim udarima groma

obzirom na relativno niske izolacijske nivoe srednjena-ponskih i niskonaponskih vodova, udar groma u fazni ili neutralni vodič uvijek za posljedicu ima proboj izolacije na vodu.

b. Prenaponi uzrokovani indirektnim udarima groma (inducirani prenaponi)

Indirektni udari groma u blizini voda induciraju prenapone na vodu koji svojom amplitudom mogu premašiti izolacijske nivoe.

Za razliku od direktnih udara groma, u slučaju indirektnih udara, postojanje neutralnih vodiča, zaštitne užadi i sl. utječe u velikoj mjeri na smanjenje amplitude induciranih prenapona na vodu.

Promatrajući osnovne parametre prenapona (amplituda, strmina vala i sl.) važne za uspješno provedenu prenaponsku zaštitu, vidljivo je da su direktni i indirektni udari gro-

ma bitno različiti. U toj činjenici se nalazi osnovni razlog provođenja brojnih statističkih analiza za što preciznije određivanje očekivane učestalosti, s jedne strane direktnih, a s druge indirektnih udara groma. Zajednička je značajka obje kategorije da učestalost udara u velikoj mjeri ovisi o izloženosti voda te o tome da li se u njegovoj blizini nalaze objekti koji ga zaklanjaju i na taj način štite od atmosferskih pražnjenja.

2.1. Očekivani broj direktnih udara groma

Očekivani broj direktnih udara groma u jednoj godini na 100 km voda i na ravnom terenu, N_d , računa se prema sljedećoj formuli [2]:

$$N_d = K_0 \cdot N_g \cdot (b + 10.5 \cdot H^{0.75}) / 10 \quad (/100 \text{ km, god.}) \quad (2)$$

gdje su:

N_g = gustoća udara groma po km^2 u jednoj godini

H^g = prosječna visina voda (m)

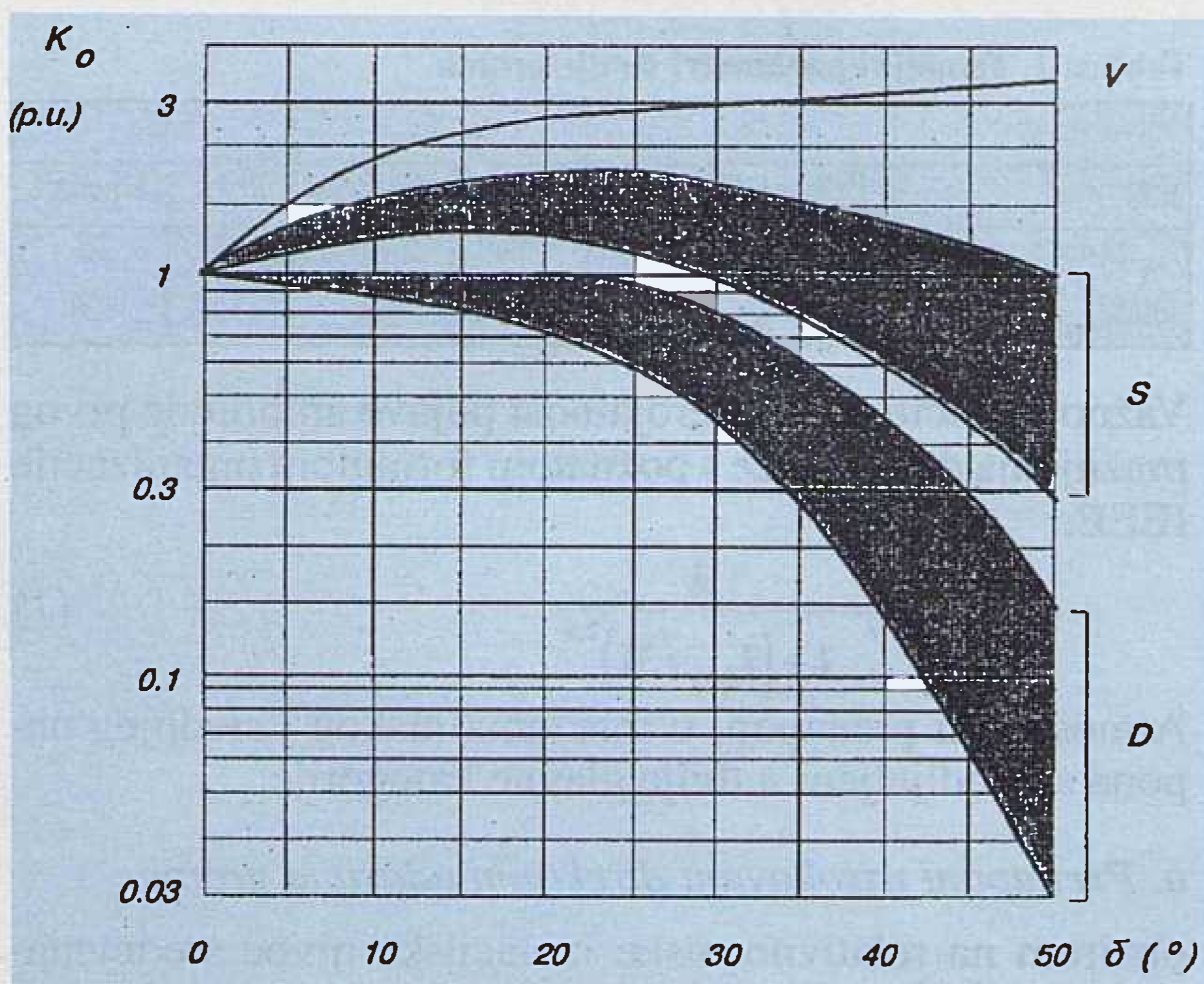
b = horizontalna udaljenost između vanjskih vodiča (m)

K_0 = koeficijent položaja (orografski koeficijent)

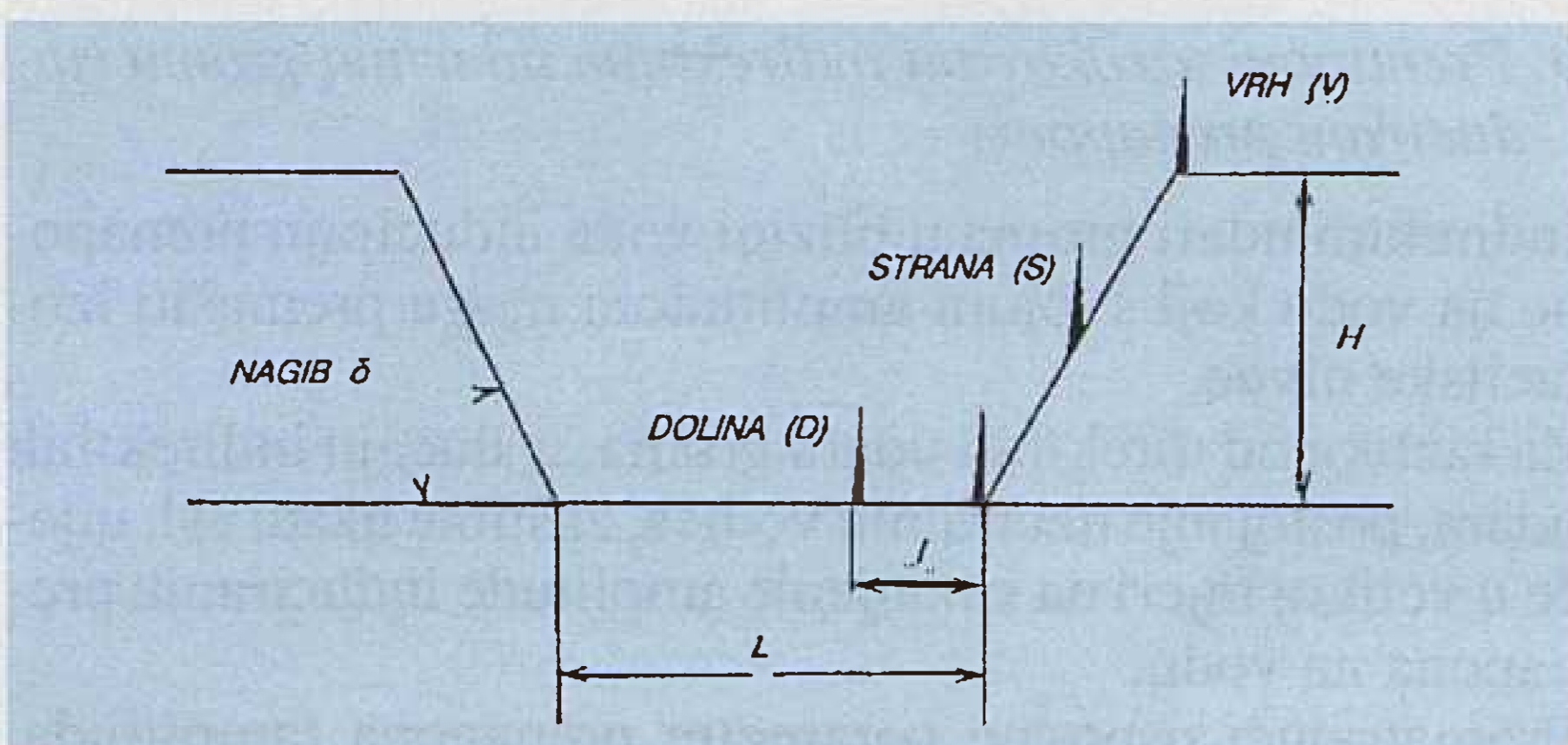
Veličina N_g se dobiva mjerenjem ili pomoću slijedeće aproksimativne formule:

$$N_g = 0.04 \cdot GD^{1.25} \quad (/ \text{km}^2, \text{god.}) \quad (3)$$

Na slici 1 je dana kvantitativna ovisnost koeficijenta K_0 o orografskim parametrima definiranim na slici 2.



Slika 1. Korekcijski koeficijent položaja K_0



Slika 2. Parametri položaja voda

U slučaju da orografski parametri nisu poznati, preporuča se uzeti $K_0 = 1.8$ čime će se formula 2 modificirati u formulu za prosječne orografske uvjete po [3] koja se inače koristi za prijenosne mreže.

$$N_d = N_g \cdot (b + 28H^{0.6}) / 10 \quad (/100 \text{ km, god.}) \quad (4)$$

2.2. Očekivani broj induciranih prenapona viših od određene vrijednosti

Formula za proračun broja induciranih prenapona većih od vrijednosti U , koju predlaže radna grupa CIGRE/CIRED temelji se na [2].

$$N_i = 0.19 \left[3.5 + 2.5 \text{LOG}_{10} \frac{30(1-c)}{U} \right]^{3.75} \cdot N_g \cdot H \quad (/100 \text{ km, god.}) \quad (5)$$

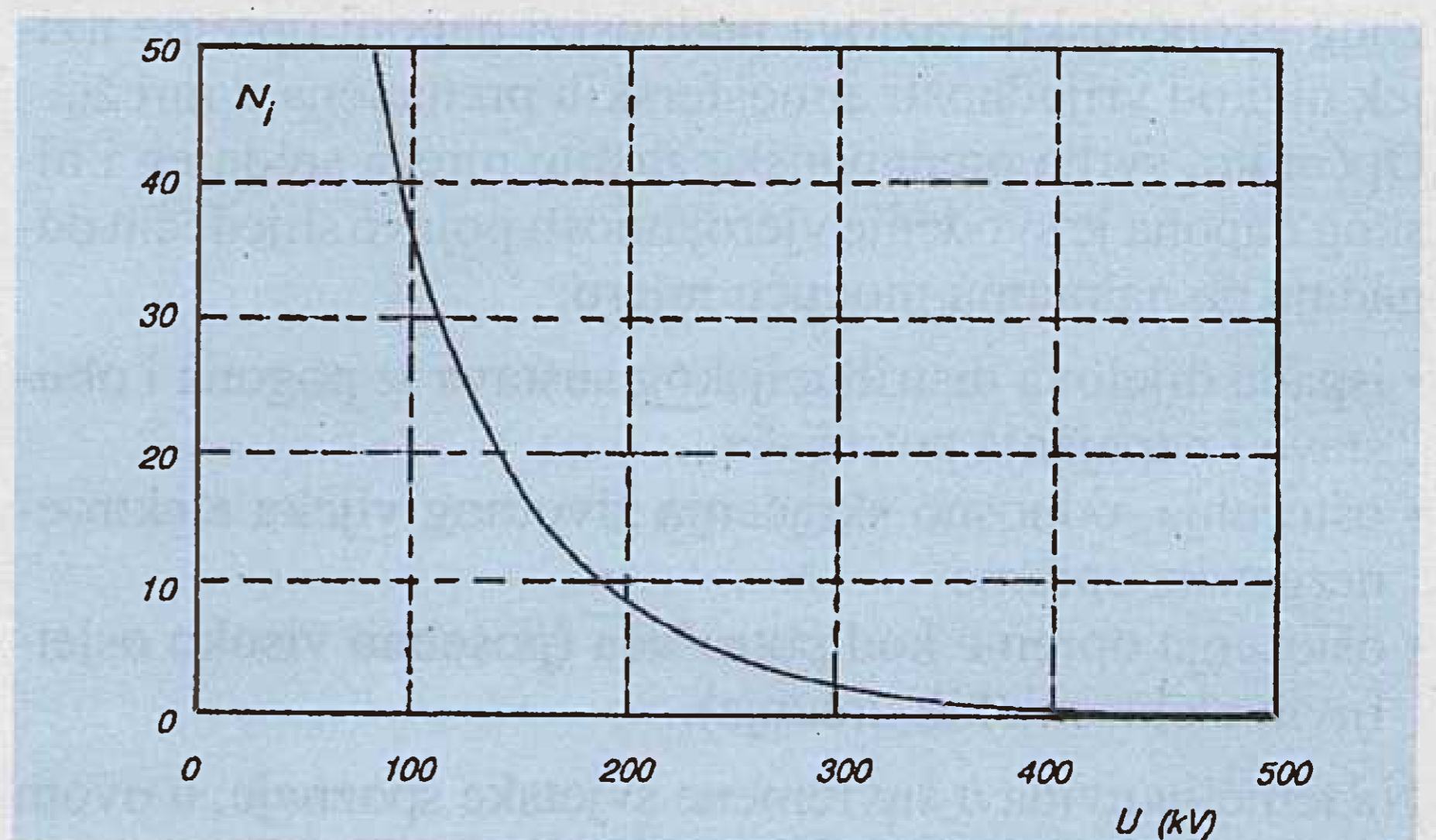
Značenje parametara N_g i H je jednako kao u formuli 2, dok je:

c = faktor veze između zaštitnog vodiča (ako postoji) i faznih vodiča [5]

Ako vod nema zaštitni vodič faktor $c = 0$. Ako je zaštitni vodič uzemljen na svakom stupu s otporom manjim od cca 50Ω , vrijednost faktora c varira između 0.3 i 0.4, a to znači da zaštitni vodič reducira vrijednost prenapona za 30 do 40 %.

U slučaju vodova niskog napona, neutralni vodiči se ponašaju kao zaštitni vodiči, i u tom slučaju faktor veze može biti u granicama između 0.7 i 0.9 ovisno o otporu uzemljenja stupova.

Ako zaštitni vodič nije uzemljen na svakom stupu, smanjenje vrijednosti induciranih prenapona je daleko manje. Na slici 3 je dana ovisnost očekivanog broja induciranih prenapona, N_i , većih od dane vrijednosti U , na 100 km, u jednoj godini, i to za vod visine 10 m i za područje gdje gustoća udara groma iznosi, $N_g = 1/\text{km}^2/\text{god.}$ Vod nema zaštitni vodič.

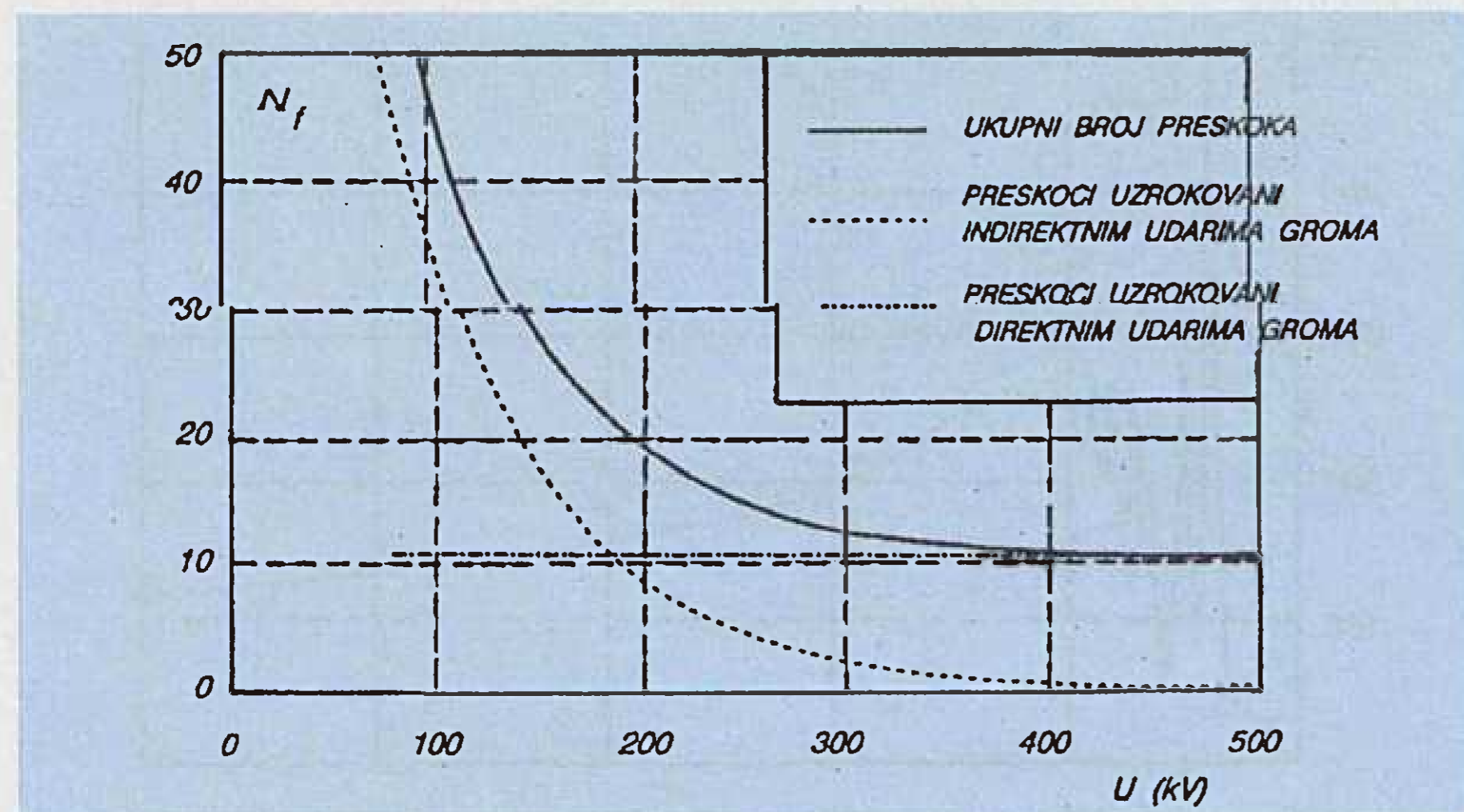


Slika 3. Očekivani broj induciranih prenapona

Na slici 3 je vidljivo da je pojava induciranih prenapona većih od 300 kV izuzetno rijetka.

2.3. Ukupni broj preskoka na vodu srednjeg napona uslijed atmosferskih prenapona

Ukupni broj preskoka na vodu srednjeg napona uslijed atmosferskih pražnjenja, prikazan na slici 4, dobiven je uz sljedeće pretpostavke:



Slika 4. Očekivani broj preskoka

- svaki direktni udar groma će uzrokovati preskok prema zemlji
- indirektni udar groma će uzrokovati preskok samo u slučaju kada je inducirani prenapon viši od izolacijskog nivoa voda
- prosječna visina voda srednjeg napona je $H = 10$ m a horizontalna udaljenost između vanjskih vodiča iznosi $b = 2$ m
- $K_0 = 1.8$
- vod nije zaštićen ni odvodnicima prenapona ni zaštitnim vodičima
- gustoća udara groma (broj udara groma po km^2 u godini) iznosi $N_g = 1/\text{km}^2/\text{god}$
- podnosivi udarni napon izolacije dan je na apscisi (U).

Očito je da je kod vodova 10(20)kV, ($U < 125$ kV), utjecaj induciranih prenapona veoma izražen, dok se na višim naponskim razinama taj utjecaj smanjuje.

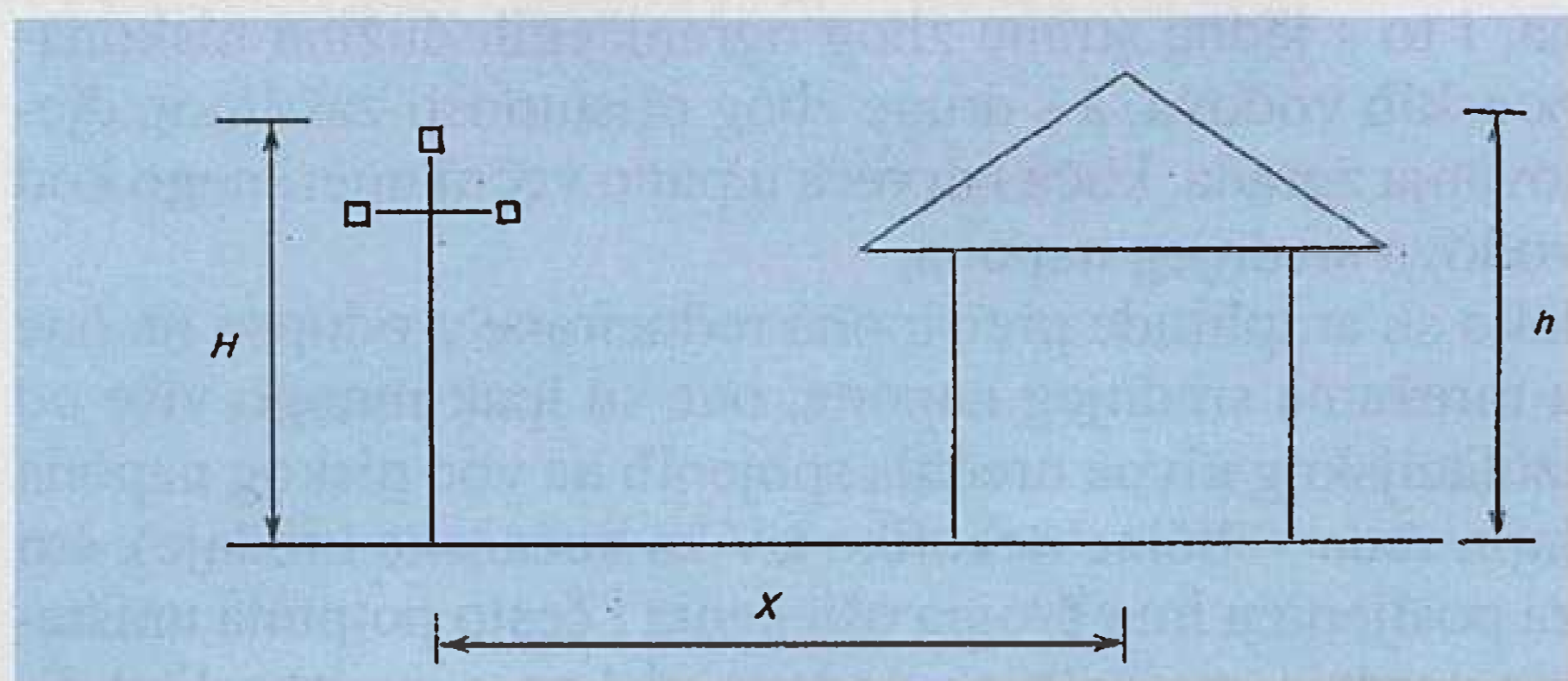
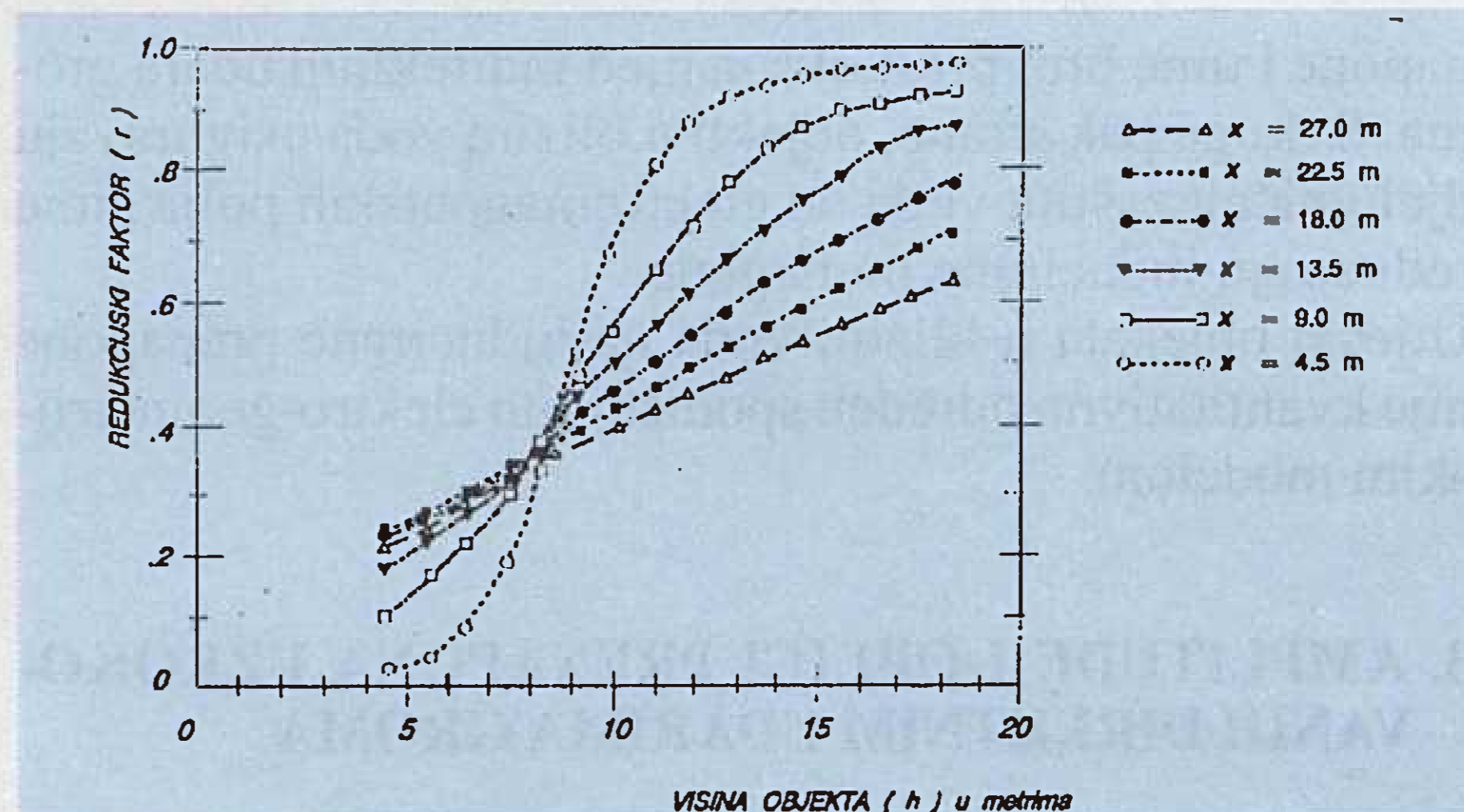
2.4. Utjecaj objekata u blizini voda na njegovo šticeenje

Za distribucijske nadzemne vodove koji prolaze kroz šumoviti teren ili kroz naseljena područja je karakteristično da zgrade i drveće preuzimaju znatan broj direktnih udara groma i na taj način štite vodove. Tzv. redukcijfski faktor je definiran kao udio direktnih udara groma koje su preuzeli bilo zgrade bilo drveće i zaustavili njihovo kretanje prema vodu [13]. Redukcijski faktor (r) rezultira linearnim smanjivanjem broja direktnih udara groma u vod prema formuli:

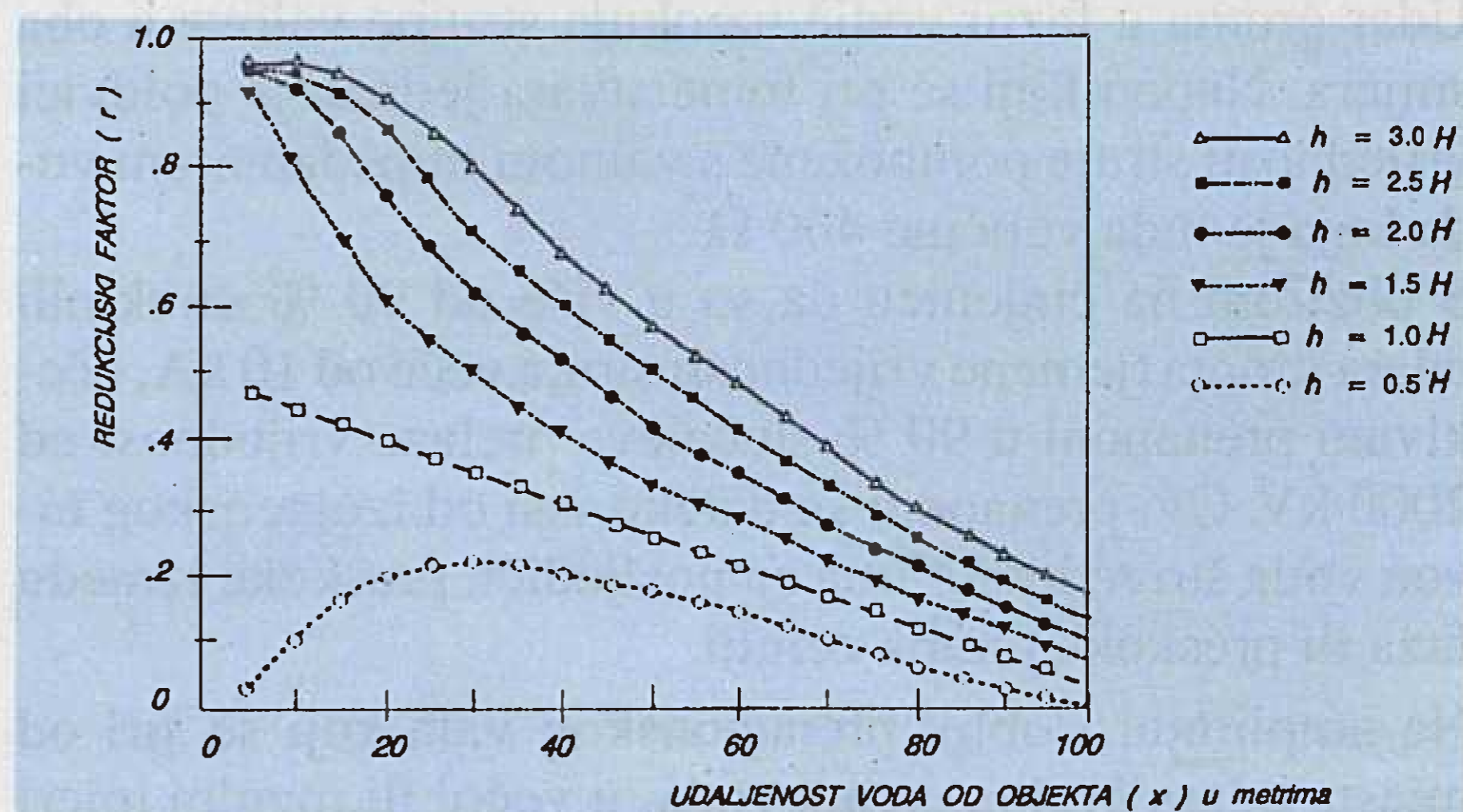
$$N_{dr} = (1-r) \cdot N_d \quad (6)$$

U [14] je detaljno opisan elektro-geometrijski analitički model za određivanje redukcijfskog faktora za pojedine konfiguracije.

Na slici 5 su zorno prikazani parametri koji utječu na veličinu redukcijfskog faktora, a na slici 6 je dan prikaz redukcijfskog faktora u funkciji visine objekta u blizini voda ako je udaljenost do objekta konstantna.

Slika 5. Uz definiciju redukcijfskog faktora (r)

Slika 6. Redukcijski faktor u ovisnosti o visini objekta



Slika 7. Redukcijski faktor u ovisnosti o udaljenosti voda od objekta

Čak i u slučajevima kad je objekt niži od voda, udio preuzetih direktnih udara groma nije zanemariv.

U slučaju visokog objekta na relativno maloj udaljenosti od voda, redukcijfski faktor se približava vrijednosti 1. Na slici 7 su dane vrijednosti redukcijfskog faktora u funkciji udaljenosti između voda i zaštitnog objekta uz konstantnu visinu objekta.

Zaključci koji se nameću iz slika 5, 6 i 7 su slijedeći:

- vrijednost redukcijfskog faktora pada s porastom udaljenosti između objekta i voda
- u slučajevima da se na relativno maloj udaljenosti od voda nalazi objekt niži od njega, u većini slučajeva vod štiti objekt od atmosferskih pražnjenja, a ne obratno. Ipak ponekad, čak i niže zgrade ili drveće predstavljaju zaštitu za vod.

Na slikama 5, 6 i 7 je prikazan utjecaj parametara jednog zaštitnog objekta na redukcijfski faktor, dakle je u slučaju, kada se zaštitni objekti nalaze s obje strane voda, potrebno vrijednosti redukcijfskih faktora iščitane iz slika 5 i 6 zbrojiti. Na taj način se dobiva ukupni redukcijfski faktor koji nije potpuno točan, uzevši u obzir da ne smije premašiti gornju granicu od $r = 1.0$.

Primjer određivanja ukupnog redukcijfskog faktora

Ako se na udaljenosti 30 m od voda nalazi objekt visok 4.5 m s jedne strane, a na udaljenosti od 5 m objekt visine 9 m s druge strane, ukupni redukcijfski faktor iščitane iz slike 7 je: $0.22 + 0.48 = 0.70$. Iz dobivenog rezultata možemo zaključiti da će u tom slučaju broj direktnih udara u vod biti 70 % manji od očekivane vrijednosti na slici 4. Objekti u blizini voda ne utječu samo na prenapone uzrokovane direktnim udarima groma, već i na inducirane prenapone. Objekti u blizini voda privlače indirektno udare groma bliže vodu i na taj način povećavaju inducirane pre-

napone i time broj preskoka uslijed indirektnih udara groma. S druge pak strane, objekti u blizini voda osiguravaju djelomičnu zaštitu voda od elektromagnetskih polja čime reduciraju inducirane prenapone.

Utjecaj objekata u blizini voda na inducirane prenapone nije kvantitativno određen spomenutim elektro-geometrijskim modelom.

3. AMPLITUDE I OBLICI PRENAPONA UZROKOVANIH DIREKTNIM UDARIMA GROMA

3.1. Nadzemni vodovi srednjeg napona

Udar groma u fazni vodič uzrokuje strujne valove u oba smjera. Napon koji se pri tome stvara jednak je polovici vrijednosti struje pomnožene s valnom impedancijom voda koja je reda veličine 400Ω .

S obzirom na činjenicu da su u više od 90 % direktnih udara groma tjemene vrijednosti struja veće od 10 kA, očekivani prenaponi u 90 % slučajeva prelaze vrijednost od 2000 kV. Ovi prenaponi su daleko viši od izolacijskog nivoa voda što redovito ima za posljedicu preskoke između faza ili preskoke prema zemlji.

Na amplitudu i oblik prenaponskog vala koji se širi od mjesta udara groma uzduž voda, u većoj ili manjoj mjeri utječu svi preskoci do kojih je došlo između mjesta udara groma i neke promatrane točke na vodu, s tim da preskoci između faza imaju umjeren utjecaj, za razliku od preskoka prema zemlji čiji je utjecaj na prenaponski val izrazito velik.

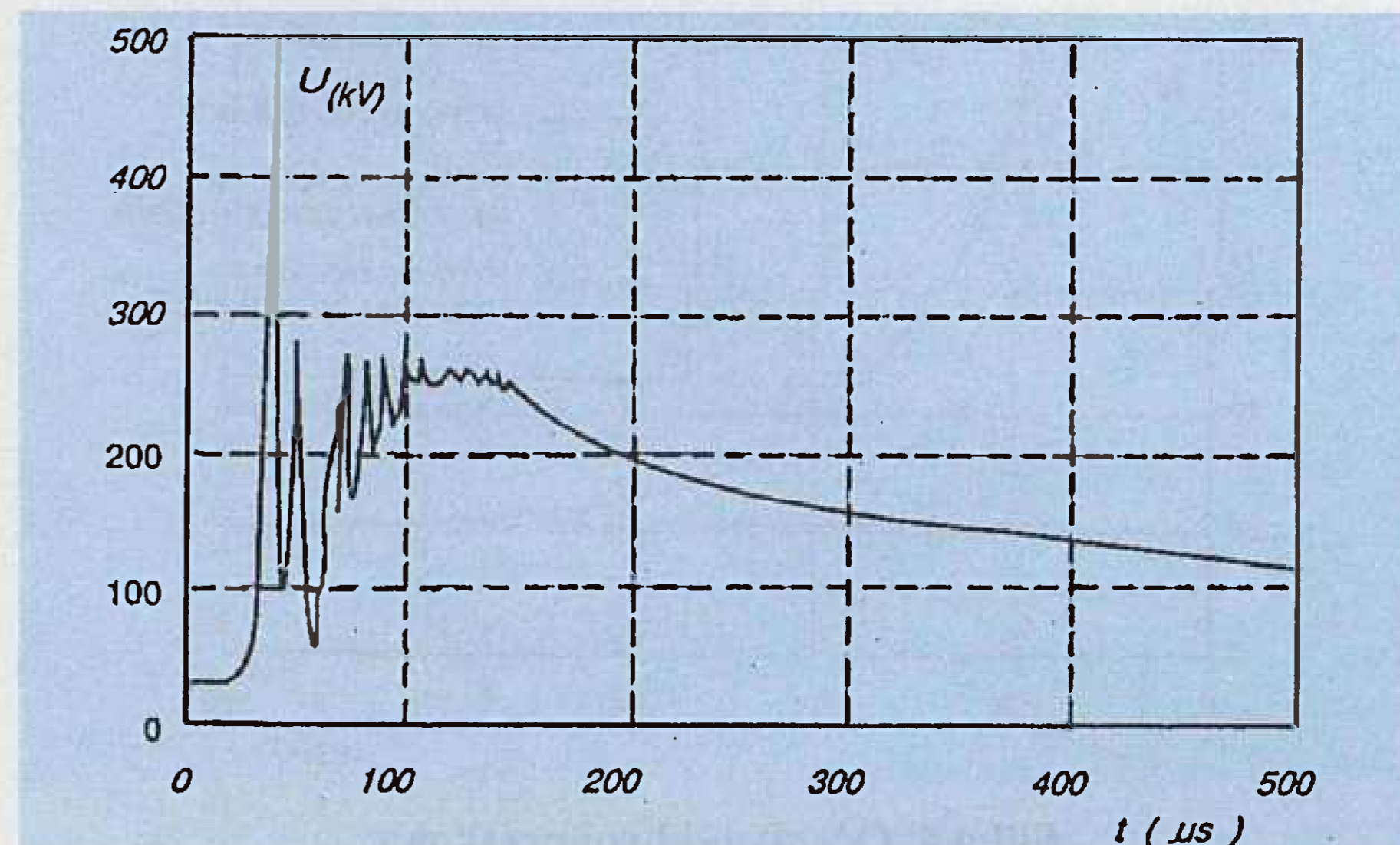
Praktički svi preskoci prema zemlji se javljaju na stupovima i kao takvi rezultiraju značajnim smanjenjem amplitude nadolazećeg prenaponskog vala. U slučaju da je i nakon preskoka na stupu amplituda prenaponskog vala veća od napona preskoka, doći će do novog preskoka prema zemlji na slijedećem stupu i novog smanjenja amplitude prenaponskog vala.

Na slici 8 je dan prikaz širenja prenaponskog vala na udaljenosti 600 m od mjesta udara groma. Ovaj dijagram prikazuje oblik karakterističnog prenaponskog vala uslijed direktnog udara groma u vod kojeg karakterizira nekoliko vrlo kratkih i strmih špica vala, praćenih impulsnim naponom umjerenije strmine.

Prve špice prenaponskog vala su izuzetno strme i rezane što je posljedica proboja izolacije na prvom stupu na koji je strujni val naišao, kao i na slijedećim stupovima. Tjemene vrijednosti tih špica mogu premašiti izolacijski nivo voda uslijed karakteristika zraka kao izolatora pri prenaponima vrlo strmog čela.

Impulsni napon umjerenije strmine ima oblik sličan struji groma, dok je amplituda jednaka izolacijskom nivou voda. Iz toga razloga val nije rezan kao što je to slučaj s prvim špicama vala.

Iz gore navedenog se može zaključiti da je pojava prenaponskog vala na nekoj udaljenosti od mjesta udara groma, jako ovisna o naponu preskoka prema zemlji na stupovima. Osim toga, veliki utjecaj na karakteristike prenaponskog vala ima broj stupova između mjesta udara groma i promatrane točke na vodu, kao i impedancije uzemljenja stupova na kojima je došlo do preskoka.



Slika 8. Oblik prenaponskog vala uslijed direktnog udara groma

Nadalje, mogu se iznijeti sljedeći bitni faktori:

- što je struja groma veća to je veći broj preskoka
- porast amplitude prenapona na nekoj udaljenosti od udara groma nije proporcionalan porastu amplitude struje, već je manji uslijed prije spomenutih značajki proboja izolacije voda
- strmina čela prenaponskog vala uslijed direktnog udara groma u vod se kreće u granicama od 100 do 2000 kV/ μ s
- s obzirom na činjenicu da se prenaponi rasprostiru kao putni valovi uzduž voda, oni se uslijed refleksija na mjestima promjene valne impedancije voda modificiraju, što za posljedicu ima da njihovi oblici i amplitude mogu znatno odstupati od tipičnog prenaponskog vala prikazanog na slici 8.

3.2. Nadzemni vodovi niskog napona

Kod nadzemnih vodova niskog napona situacija s obzirom na prenapone je donekle drugačija od one kod vodova srednjeg napona.

Karakteristično za niskonaponske nadzemne mreže je prisustvo neutralnih vodiča uzemljenih svakih 50 do 500 m što nije slučaj u sredjenaponskim mrežama. Osim toga, podnosivi udarni napon s jedne strane između faza, a s druge između faza i neutralnog vodiča je višestruko manji od onog kod vodova srednjeg napona. Gore spomenute činjenice za posljedicu imaju da u vrlo kratkom roku nakon udara groma dolazi do kratkog spoja između faznih i neutralnih vodiča, tako da je prenapon uvjetovan brojem i impedancijom uzemljivača.

Očekivani prenaponi su, aproksimativno, jednaki struji groma pomnoženoj s ukupnom impedancijom uzemljenja, što znači da su im amplitude manje od onih kod vodova srednjeg napona.

Vjerojatnost direktnog udara groma u vod niskog napona je općenito znatno manja nego za vodove srednjeg napona, i to s jedne strane zbog ograničenih dužina niskonaponskih vodova, a s druge zbog prisutnosti zaštitnog djelovanja zgrada, kuća i drveća u puno većoj mjeri nego kod vodova srednjeg napona.

Iako su amplitude prenapona reducirane u odnosu na one u mrežama srednjeg napona, one su ipak mnogo više od izolacijskog nivoa uređaja spojenih na vod niskog napona (npr. reda veličine nekoliko kV za kućanske uređaje), što za posljedicu ima brojna oštećenja i često potpuna uništenja uređaja spojenih na vodove niskog napona uslijed direktnih udara groma u vod.

4. AMPLITUDE I OBLICI PRENAPONA INDUCIRANIH USLIJED UDARA GROMA U ZEMLJU

4.1. Nadzemni vodovi srednjeg napona

Inducirani prenaponi su približno jednaki na svakoj fazi voda i imaju polaritet suprotan polaritetu struje groma. Kako je struja groma u gotovo 90 % slučajeva negativnog polariteta, inducirani prenaponi su u velikoj većini pozitivnog polariteta. Općenito gledano, inducirani prenaponi imaju manje amplitude i manju akumuliranu energiju u odnosu na prenapone uslijed direktnih udara groma u vod. No, to ni u kojem slučaju ne znači da oni ne mogu uzrokovati ispade pojedinih dijelova distribucijskog sustava, te smanjiti kvalitetu opskrbe potrošača električnom energijom.

Iz tog su razloga u posljednjih nekoliko godina, provedeni brojni eksperimenti i istraživanja, te izrađene mnoge teoretske studije s osnovnim ciljem što bolje razjasniti i što egzaktnije definirati fenomen induciranih prenapona. Sinteze provedenih eksperimenata i korišteni modeli simulacija su detaljno razrađeni u [8 i 9]. Dobiveni rezultati su nadasve zadovoljavajući jer se u većini slučajeva modelirani inducirani prenaponi poklapaju s izmjerenim vrijednostima.

Modeliranje induciranih prenapona je veoma kompleksna zadaća i iz tog razloga će se na ovom mjestu prezentirati pojednostavljena formula razvijena u Royal Institute of Technology, Stockholm, koja je detaljno opisana u [10]. Spomenuta formula se koristi za određivanje tjemernih vrijednosti (U_{max}) induciranih prenapona u najbližoj točki voda u odnosu na mjesto udara groma.

$$U_{max} = Z_0 \cdot \frac{I_{max} \cdot H}{D} \quad (7)$$

gdje su:

I_{max} = amplituda struje groma (kA)

H = visina voda (m)

D = udaljenost mjesta udara groma do najbliže točke voda (m)

$Z_0 = 30 \Omega$

Minimalna udaljenost, D , uz koju će grom još udariti u tlo, a ne u vod, u najvećoj mjeri ovisi o visini voda, H , i o amplitudi struje groma, I_{max} . Može se reći, da što je viši vod i amplituda struje groma to je veća udaljenost D .

Za praktične primjere, uzevši u obzir da se prosječna visina voda srednjeg napona kreće u granicama između 8 i 15 m, približava minimalna udaljenost, D , je određena sljedećim izrazom:

$$D = H + 0.27 \cdot H^{0.6} \cdot I_{max}^{0.8} \quad (8)$$

gdje su veličine D i H izražene u metrima a I_{max} u kA.

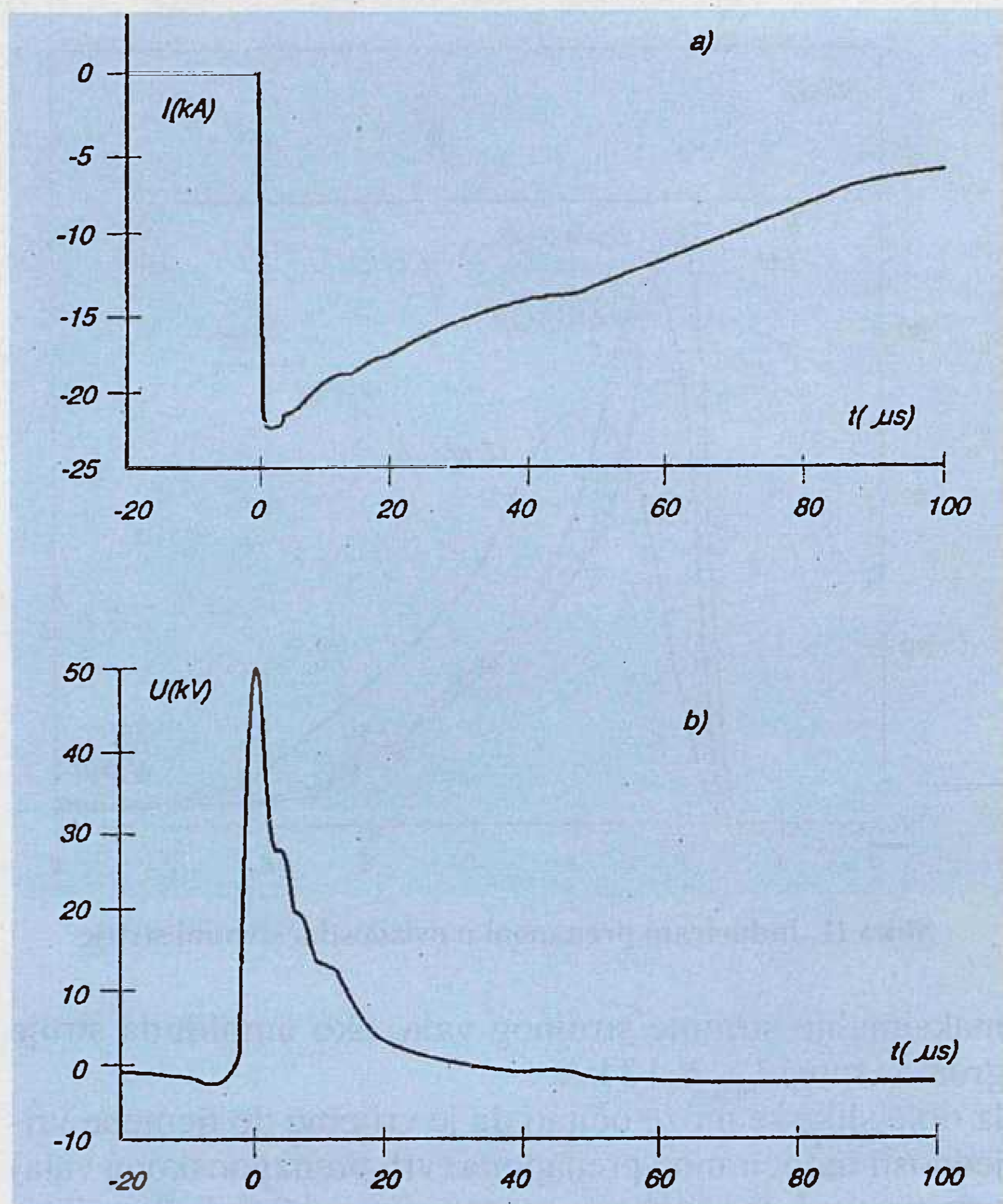
Zaključak koji se nameće iz gornjeg izraza je sljedeći:

Ako je $D < H + 0.27 \cdot H^{0.6} \cdot I_{max}^{0.8}$ realno je očekivati da će grom pogoditi vod.

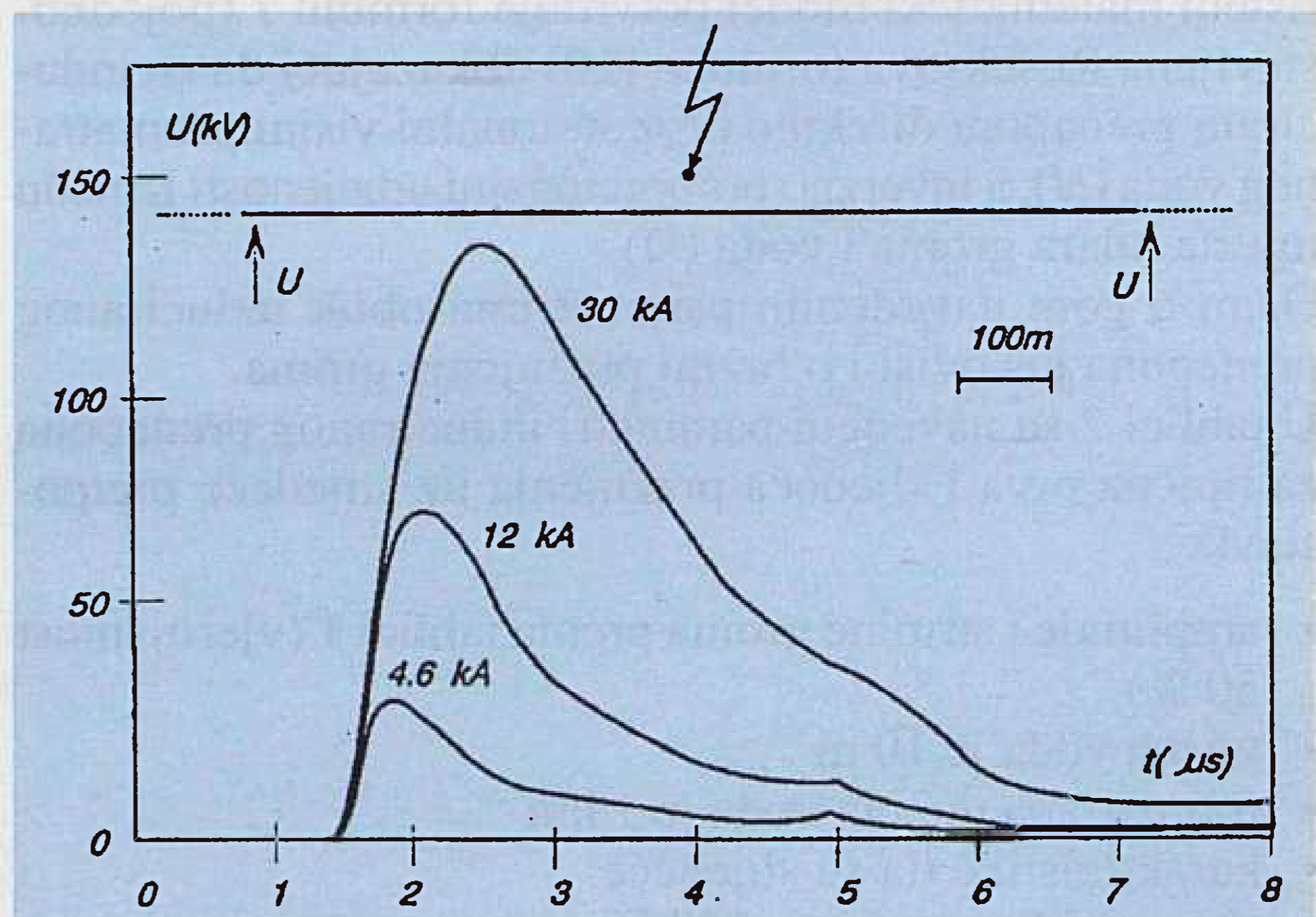
Primjer

Za amplitudu struje groma $I_{max} = 30$ kA i visinu voda od $H = 10$ m očekivana udaljenost između mjesta udara groma u zemlju i voda iznosi $D = 26.3$ m.

Formula (7) ne daje nikakvu informaciju o obliku prenaponskog vala (strmina čela vala, vrijeme pada na polovicu vrijednost itd.). Osim toga bazirana je na pretpostavci da



Slika 9. Eksperimentalni rezultati: a) mjerena struja groma prilikom pražnjenja u blizini eksperimentalnog voda; b) inducirani prenaponi na vodu



Slika 10. Inducirani prenaponi u ovisnosti o amplitudi struje

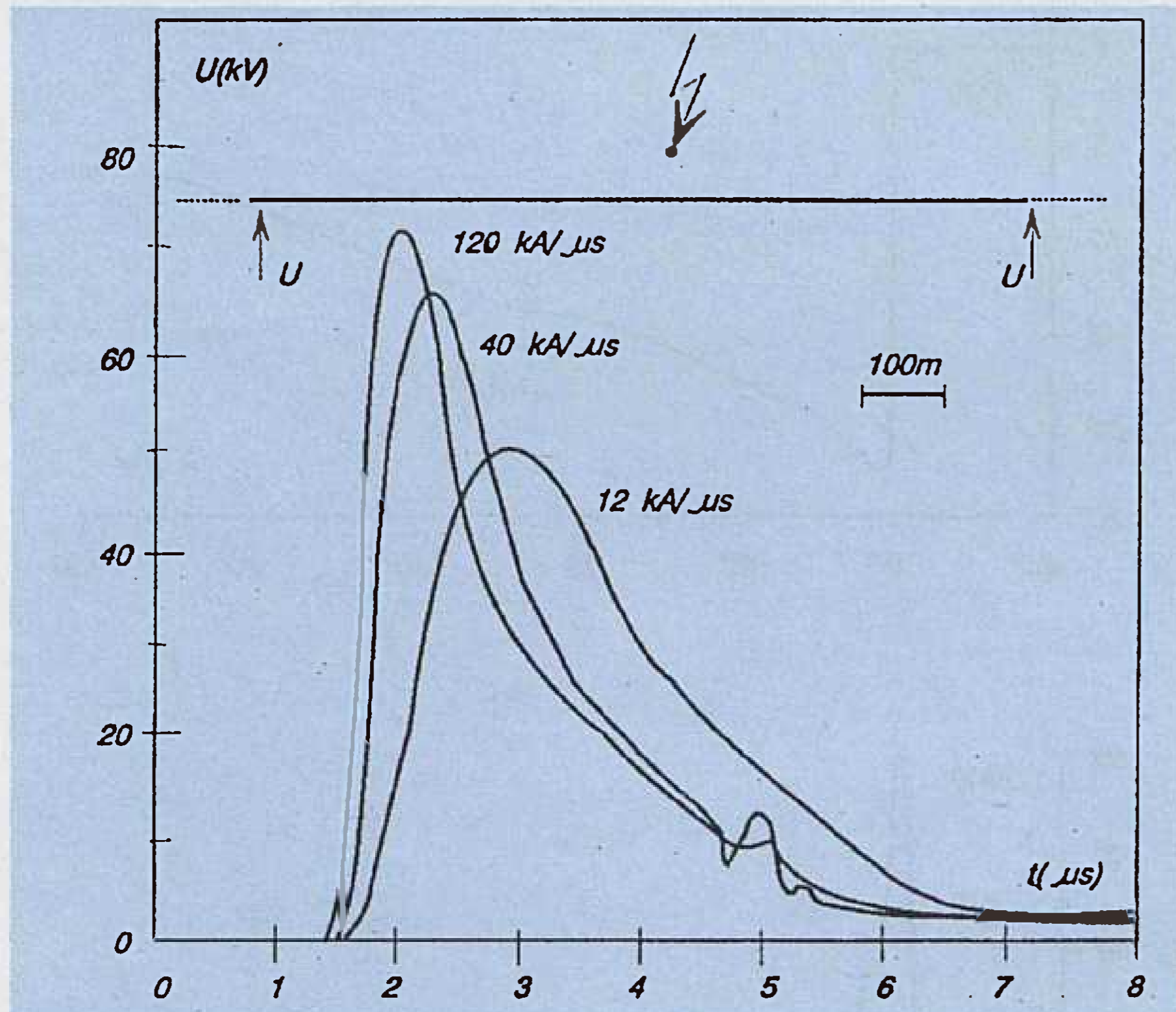
je zemlja idealni vodič i da će grom u nju udariti pod kutom od 90° . Ali čak i uz spomenuta ograničenja, ova formula je utoliko korisna što pokazuje u kojoj mjeri pojedini parametri utječu na tjemene vrijednosti induciranih prenapona.

Eksperimentalni rezultati [5 i 11] prikazani su na slici 9 iz koje se vidi da je vrijeme pada na polovicu vrijednosti za prenaponski val puno kraće nego kod struje groma.

Slike 10 i 11 prikazuju rezultate proračuna induciranih prenapona, preuzete iz [8 i 9].

Na slici 10 je dana ovisnost induciranih prenapona za različite amplitude struje groma, ako maksimalna strmina čela strujnog vala iznosi 40 kA/ μ s.

Slika 11 daje ovisnost prenapona induciranih na vodu srednjeg napona uslijed indirektnih udara groma za različite



Slika 11. Inducirani prenaponi u ovisnosti o strmini struje

maksimalne strmine strujnog vala, ako amplituda struje groma iznosi $I_{\max} = 12 \text{ kA}$.

Iz obje slike se može očitati da je vrijeme do tjemene vrijednosti inducirano prenapona (vrh prenaponskoga vala) vrlo kratko i da se nalazi u granicama od 0.5 do 2 μs . Trajanje hrpta inducirano prenapona iznosi od 2 do 5 μs , što je također kratko.

Što se tiče tjemnih vrijednosti induciranih prenapona, korišteni matematički model potvrđuje formulu 7 (pojednostavljena Rusck-ova formula, [10] dokazujući da su inducirani prenaponi direktno proporcionalni visini promatranog voda (H), a inverzno proporcionalni udaljenosti između mjesta udara groma i voda (D).

Osim o gore navedenim parametrima oblik inducirano prenapona još ovisi i o brzini pražnjenja groma.

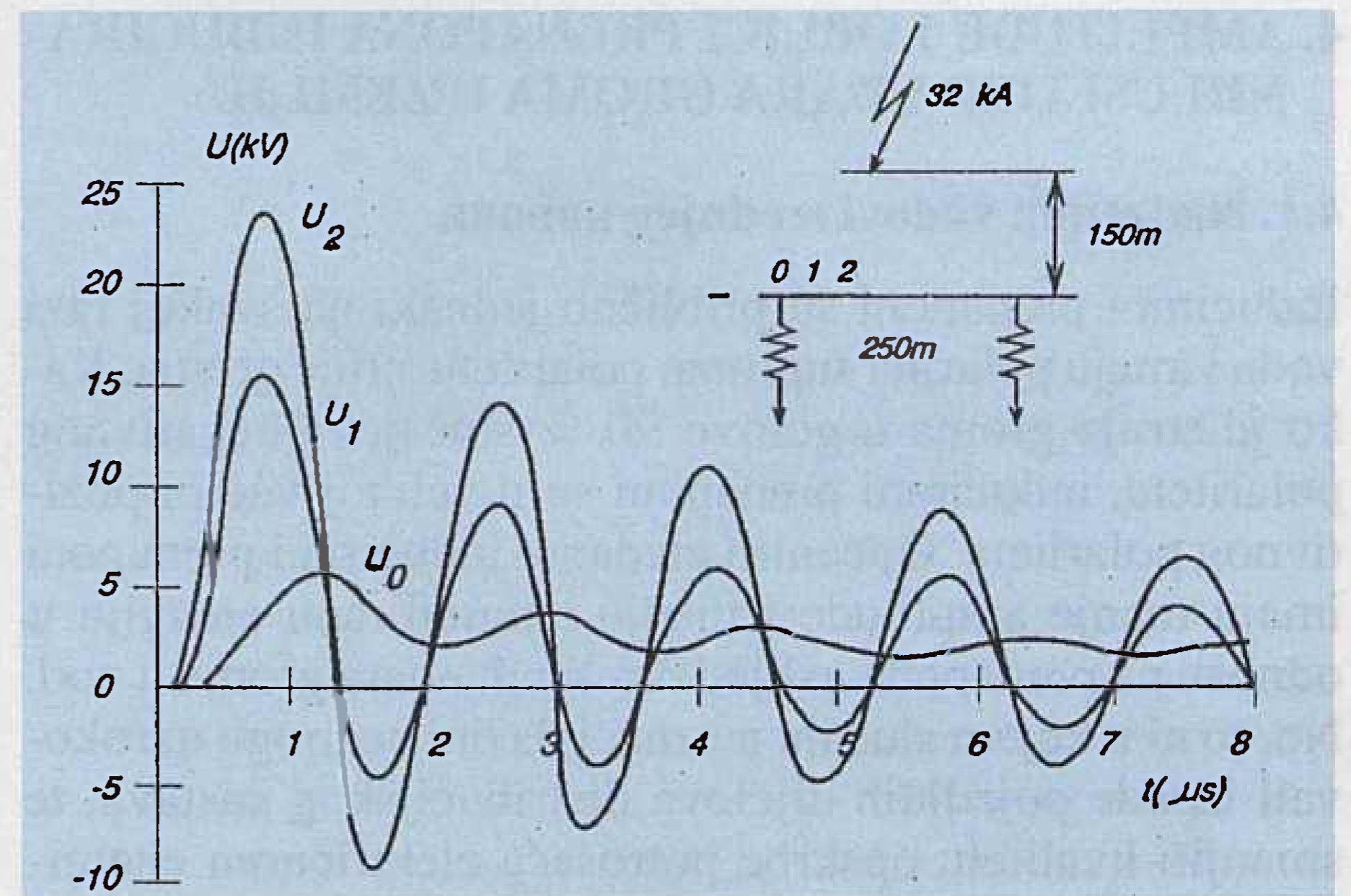
U tablici 2 su navedeni parametri inducirano prenapona za tipična prva i sljedeća pražnjenja uz slijedeće pretpostavke:

- amplitude i strmine groma prema tablici 1 (vjerojatnost 50 %)
- visina voda je 10 m
- promatrana dužina voda je 1 km
- karakteristike tla su slijedeće:
 - a) specifični otpor $r = 100 \Omega\text{m}$
 - b) relativna dielektrična konstanta $\epsilon_r = 10$.
- mjesto udara groma je ekvidistantno prema krajevima voda;
 - a) 50 m - bliski udar groma
 - b) 1 km - udaljeni udar groma.

Rezultati navedeni u tablici 2 dobiveni su računskim putem [8 i 9].

Tablica 2. Parametri induciranih prenapona

	Bliski udar groma		Udaljeni udar groma	
	Prvi	Slijedeći	Prvi	Slijedeći
U_{\max} (kV)	74	53	4	2.2
$(dU/dt)_{\max}$ (kV/ μs)	52	153	1.3	3.8
$t_{\text{čela}}$ (μs)	2.8	0.8	4	3.3
t_{hrpta} (μs)	5.8	1.7	11	3.1



Slika 12. Inducirani prenaponi na vodu niskog napona

4.2. Nadzemni vodovi niskog napona

Prvo što treba spomenuti je činjenica da induciranim prenaponima uslijed indirektnih udara groma pokraj vodova niskog napona nije posvećena tolika pozornost kao vodovima srednjeg napona.

Sam mehanizam inducirano prenapona je u principu jednak za vodove srednjeg i niskog napona, ali su u mrežama niskog napona zbog uzemljenja neutralnog vodiča na više mjesta tjemne vrijednosti induciranih prenapona znatno manje. Inducirani prenapon je na neutralnom vodiču vrlo djelotvorno limitiran uzemljenjem u slučajevima kada je otpor uzemljenja nizak u odnosu na valnu impedanciju voda koja je reda veličine 50 Ω .

Najveća vrijednost prenaponskog vala se javlja u sredini raspona. Ta vrijednost je tim manja što je duljina neutralnog vodiča manja (općenito se duljine neutralnih vodiča kreću u granicama od 50 do 500 m).

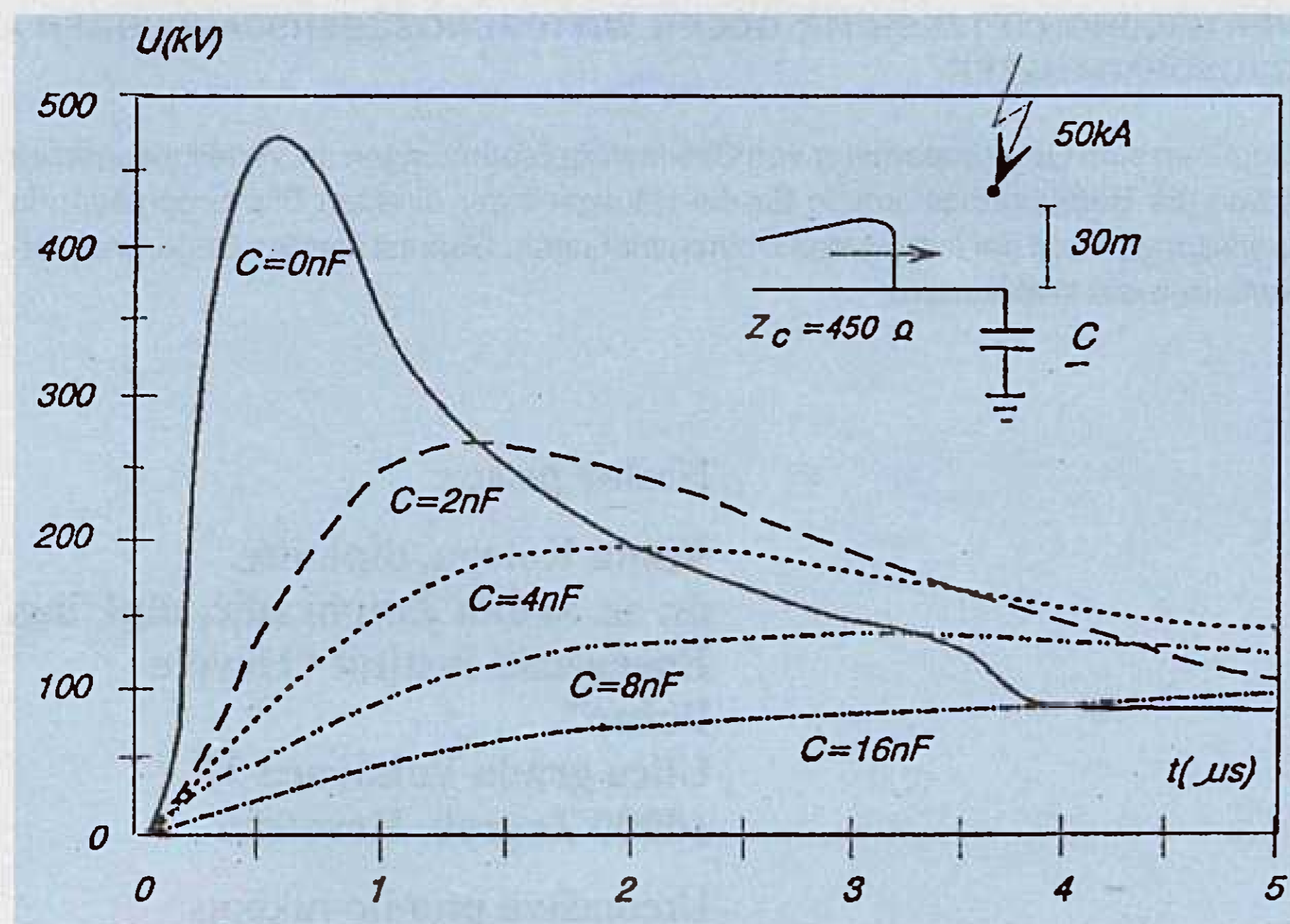
Uslijed elektromagnetskog međudjelovanja između faznih vodiča i neutralnog vodiča koja su u slučaju vodova niskog napona jako izražena (posebno kod SKS-a) inducirani prenaponi na faznim vodičima su limitirani na znatno niže vrijednosti. Posljedica toga je, da izolacija voda, obično, nije ugrožena od induciranih prenapona. Za razliku od izolacije voda, trošila spojena na vod niskog napona su tim više ugrožena što su bliža mjestu udara groma.

Karakteristične za inducirane prenapone u nekoj promatranoj točki voda niskog napona su oscilacije visokih frekvencija prikazane na slici 12 [8 i 9].

5. UTJECAJ ATMOSFERSKIH PRENAPONA NA DISTRIBUCIJSKE VODOVE I PRIPADAJUĆE KOMPONENTE

Kao što je već spomenuto u prethodnim poglavljima, prenaponski valovi mogu imati razne oblike:

- valovi vrlo strmih čela rezani uslijed izolacije voda, praćeni blažim dijelom, a karakteristični za slučajeve direktnih udara groma u vodove srednje napona
- prenaponski valovi vrlo slični po obliku struji groma, u slučaju direktnih udara groma u vodove niskog napona
- strmi impulsi kratkih hrptova u slučaju induciranih prenapona na vodovima srednjeg napona
- oscilirajući valovi za inducirane prenapone na vodovima niskog napona.



Slika 13. Inducirani prenaponi na kraju nadzemnog voda u ovisnosti o priključenom kapacitetu

Atmosferski prenaponi, u većini slučajeva ne uzrokuju trajna oštećenja na golim vodičima ukoliko je trajanje struje kratkog spoja ograničeno relejnom zaštitom. Kod vodova s izoliranim vodičima nužno je provesti dodatne mjere zaštite sa svrhom sprečavanja preskoka između vodiča, te mehaničkih oštećenja.

Komponente poput transformatora i kabela mogu biti trajno oštećene zbog prenapona, ukoliko dođe do proboja izolacije. Iz tog razloga je neophodno provesti mjere zaštite svih komponenti spojenih na vodove srednjeg napona od raznih vrsta atmosferskih prenapona spomenutih u prethodnim poglavljima. Neke od zaštitnih mjera su ugradnja odvodnika prenapona, zaštitnih iskrišta itd.

Nadalje, treba napomenuti da priključene komponente utječu na oblik i amplitude prenapona. Npr. rezani valovi kratkih hrptova se u velikoj mjeri prigušuju zbog utjecaja kapaciteta. Tako će relativno kratki kabel, duljine između 4 i 10 m spojen na transformator 10/0.4 kV preko nadzemnog voda znatno reducirati amplitudu i oblik prenaponskog vala što je prikazano na slici 13 [8 i 9].

Ovdje treba naglasiti da čak i komponente čiji su kapaciteti mnogo manji od kapaciteta transformatora 10/0.4 kV, mogu znatno reducirati amplitude i utjecati na oblike prenaponskih valova.

Kod dužih kabela, preko 10-20 m karakteristično je da se kapacitet kabela ne može smatrati koncentriranom veličinom, već ga treba tretirati kao promjenu valne impedancije na prijelazu iz nadzemnog voda u kabel.

U mrežama niskog napona, što je vidljivo na slici 12, inducirane prenapone karakteriziraju valovi prigušenih oscilacija. U tim uvjetima koncentrirani kapacitet reda veličine nekoliko nF može vrlo djelotvorno reducirati amplitude prenapona. Električni kućanski uređaji ponašaju se kao kapaciteti na frekvencijama do nekoliko stotina kHz [12]. Njihove kapacitivnosti se nalaze u granicama između 5 i 30 nF.

6. ZAKLJUČAK

Utjecaji atmosferskih prenapona na nadzemne distribucijske vodove su mnogoznačni i ovise o brojnim parametrima kao što su:

- karakteristike gromova
- način generiranja prenapona (direktni ili inducirani)

- orografski uvjeti (efekti zaklanjanja vodova)
- karakteristike vodova (vodovi srednjeg ili niskog napona, izolacijski nivo, neutralni vodiči, otpor uzemljenja, itd).

Cilj ovog članka je dati što jasniji uvid u, s jedne strane glavne karakteristike atmosferskih prenapona, a s druge strane u način djelotvornog predviđanja broja udara groma u vodove.

Osim toga, u članku je dan osvrt na oblike i amplitude prenaponskih valova uslijed direktnih i indirektnih udara groma, te njihova ovisnost o karakteristikama vodova srednjeg i niskog napona.

Polazeći od činjenice da je zadaća distributera električne energije zaštititi distribucijske mreže od kvarova, s ciljem minimiziranja ispada potrošača i oštećenja njihove opreme, informacije prezentirane u ovom članku mogu na jednostavan način pomoći stručnjacima u praksi prilikom rješavanja problema zaštite mreža od atmosferskih prenapona.

LITERATURA

- [1] R.B. ANDERSON, A. J. ERIKSSON. "Lightning parameters for engineering application", ELECTRA No 69, 1980
- [2] P. CHIARUSI, A. PORRINO, E. SEVERINI. "Behaviour of MV overhead lines for lightning strokes and related protection", CIRED Conference 1995
- [3] "Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines" CIGRE Publication No 63
- [4] A. J. ERIKSSON, D. V. MEAL: "Lightning performance and overvoltage surge studies on a rural distribution line", IEE PROC. Vol. 129, Pt. C, No 2, March 1982
- [5] S. YOKOYAMA, K. MIYAKE, H. MITANI: "Simultaneous measurement of lightning induced voltages with associated stroke currents", IEEE Trans. on Power Apparatus and systems, Vol. PAS-102, N. 8, August 1983
- [6] T. E. MC DERMOTT, T. A. SHORT: "Lightning protection of distribution lines", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9 No 1
- [7] Working group report: "Calculating the lightning performance of distribution lines", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5 No 3
- [8] C. A. NUCCI, Task Force 33.01.01 of Study Committee 33, "Lightning induced overvoltages on overhead power lines. Part 1: return-stroke current models with specified channel-base current for the evaluation of the return-stroke electromagnetic field", ELECTRA No 161, August 1995.
- [9] C. A. NUCCI, Task Force 33.01.01 of Study Committee 33, "Lightning induced overvoltages on overhead power lines. Part 2: coupling models for the evaluation of the induced voltages", ELECTRA no 162, October 1995
- [10] S. RUSCK: "Induced lightning overvoltages on power transmission lines with special reference to the overvoltage protection of low voltage networks", Trans. of the Royal Institute of Technology, Stockholm, No 120, 1958
- [11] P. P. BARKER, T. A. SHORT, A. R. EYBERT-BERARD: "Induced voltage measurements on an experimental distribution line during nearby rocket triggered lightning flashes", Submitted IEEE PES WM, 1995
- [12] H. PEREZ, Y. MING, V. SCUKA: "Induced overvoltages in low voltage power installations caused by lightning electromagnetic impulses", CIGRE Symposium on Power Systems on Power System Electromagnetic Compatibility, Lausanne 1993, Paper 500-04
- [13] IEEE Working Group on Lightning performance of distribution lines: "Calculating the lightning performance of distribution lines"

on lines", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, No. 3, July 1990

- [14] IEEE Working Group on Estimating the Lightning Performance of Transmission Lines: "Estimating lightning Performance of Transmission Lines 2- Updates to Analytical Models", presented at the 1992 Summer Power Meeting for publication in the IEEE Transactions on Power Delivery
- [15] Joint CIRED/CIGRE Working Group 05: "Protection of MV and LV networks against lightning. Part 1: Basic Information"

DISTRIBUTION NETWORK PROTECTION FROM ATMOSPHERIC OVERVOLTAGES - BASIC DATA

Fundamental parameters of atmospheric overvoltages on distribution lines are given as well as the formulae for the calculation of frequency of the direct lightning strikes in the overhead lines including the overvoltage induced. Current knowledge from the world literature has been used.

VERTEILUNGSNETZSCHUTZ GEGEN WITTERUNGSÜBERSPANNUNGEN - GRUNDPARAMETER

Gegeben sind Grundparameter von Gewitterüberspannungen an Verteilungsnetzen sowie die Berechnungsformeln für die Häufigkeit der direkten Blitzeinschlägen in Luftleitungen und der induzierten Überspannungen. Genutzt wurden Gegenwartserkenntnisse der Weltliteratur.

Naslov pisaca:

**Vesna Kolega, dipl. ing.
dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje
Požar"
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1997-12-15.

PRORAČUN TOKOVA SNAGA U RADIJALNIM DISTRIBUTIVNIM ELEKTROENERGETSKIM MREŽAMA

Borko Frühwirth, Zagreb

UDK 621.316.1:621.3.016.3
STRUČNI ČLANAK

Rad predstavlja metodu za proračun radijalnih distributivnih elektroenergetskih mreža. Svojstvo radijalnosti mreže iskorišteno je da bi se razvio jedinstveni algoritam označavanja grana i čvorova. Iznesena metoda koristi samo jednostavne algebarske jednačbe bez izračunavanja trigonometrijskih funkcija. Zbog toga je iznesena metoda vrlo efikasna, a zahtijeva i manje memorije nego klasične metode. Algoritam je primijenjen na računalu HP48SX, na kojem je za primjenu ove metode razvijen poseban program. U članku je program opisan i dani su rezultati jednog primjera te komentar rezultata.

Ključne riječi: radijalne distributivne elektroenergetske mreže, HP48SX.

1. UVOD

Distributivne elektroenergetske mreže su općenito radijalne, a omjer R/X je vrlo velik. Zbog toga uobičajene metode proračuna tokova snaga u distributivnim radijalnim mrežama u kojima je pad napona od početnog do krajnjeg čvora velik, kao što je Newton-Raphson-ova metoda, nisu učinkovite.

Razni autori [5, 6], predlagali su modificirane verzije uobičajenih metoda za proračun tokova snaga distributivnih elektroenergetskih mreža. Tek u zadnje vrijeme pojavljuju se metode specijalizirane za rješavanje distributivnih mreža. U [1] nabrojani su autori nekih metoda i ukratko su opisane njihove metode. Svaka od tih metoda ima svojih pozitivnih i negativnih strana. Zajedničko im je da su sve one primjenjivane na većim računalima, te da rade s realnim brojevima. Stoga je bila ideja odabrati metodu koja će biti primjenjiva i na malim džepnim računalima, a ujedno primijeniti računanje s kompleksnim brojevima, što je kod današnjih "scientific" džepnih računala uobičajeno.

U slučaju kad su radijalni distributivni elektroenergetski vodovi vrlo dugački, naponi na krajnjim čvorovima znatno su manji od nazivnih, premda je područje regulacije veliko. Klasične metode proračuna tokova snaga u ovakvim situacijama vrlo često divergiraju, te nisu pogodne za proračun. Ovaj je rad iniciran s idejom da se napravi algoritam koji će konvergirati u bilo kojoj situaciji, a koji će biti vrlo jednostavan, te zahtijevati što manje memorije i procesorske snage, kako bi se mogao primijeniti na malim, džepnim računalima kao što je HP48SX. Algoritam je zasnovan na algoritmu prikazanom u članku "Novel method for solving radial distribution networks" [1], u kojem je razrađen problem proračuna tokova snaga u ruralnim dijelovima Indije. Sam je algoritam prerađen kako bi bio što učinkovitiji u primjeni na računalu HP48SX. U prethodno navedenom članku [1] zanemaren je kut napona, odnosno napon je predstavljen samo svojim modulom, što ne unosi znatniju pogrešku. U ovdje opisanom programu ovo zanemarenje nije primijenjeno zbog toga što operativni sustav HP-a tretira kompleksne brojeve isto kao i realne.

Metoda se sastoji u tome da se kreće od krajnjeg čvora prema prvom, te da se, pomoću pretpostavljenog napona, izračunavaju gubici u pojedinim granama i ukupna snaga koja prolazi kroz taj čvor i granu koja ga napaja. Zatim se kreće od prvog čvora i na osnovi prije izračunatih snaga i gubitaka u pojedinim granama računaju se padovi napona na pojedinim vodovima i naponi čvorova. Time završava jedna iteracija. Postupak se ponavlja dok razlika napona čvorova između dvije iteracije nije manja od željene točnosti. Nakon što je željena točnost postignuta, izračunavaju se gubici u granama i snaga koja prolazi kroz čvorove te se formiraju rezultatne matrice s tim vrijednostima.

Označavanje čvorova i grana preuzeto je iz prije navedenog članka u kojem je razvijena jedinstvena metoda označavanja kako bi se smanjile potrebe unošenja i pohrane dodatnih podataka. Time se smanjilo vrijeme potrebno za unošenje podataka u računalu kao i potrebna memorija za pohranu podataka. Tako je vrijeme proračuna, od unosa podataka do ispisa rezultata, znatno smanjeno.

2. PRETPOSTAVKE

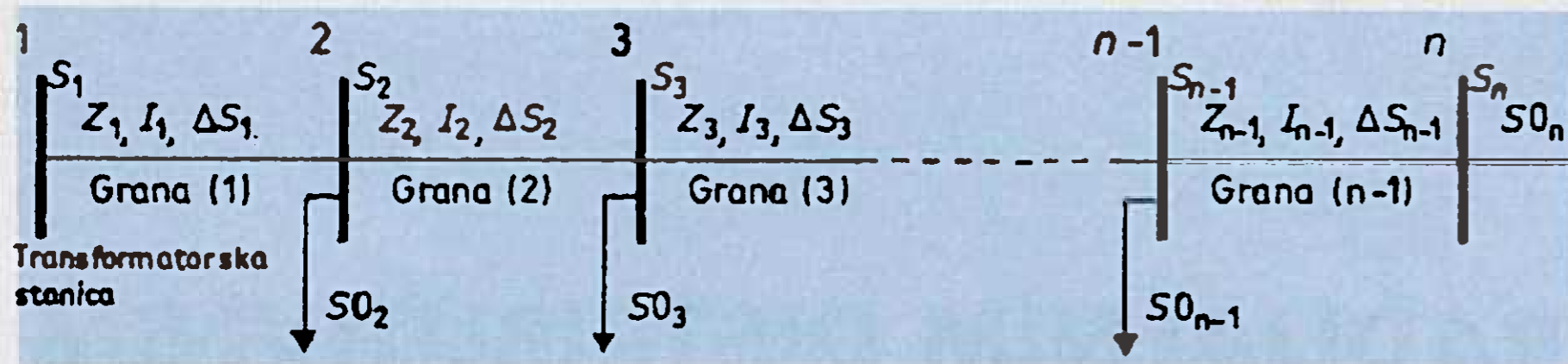
U proračunu tokova snaga je pretpostavljeno da se trofazna, po fazama jednoliko opterećena, radijalna distributivna elektroenergetska mreža može nadomjestiti ekvivalentnim jednofaznim modelom. Nadomještanje elektroenergetske mreže njenim jednofaznim modelom nije ovdje obrađeno (obrađeno je u [1,2]).

3. ALGORITAM

3.1. Distributivni sustav od samo jedne napojne grane

3.1.1. Označavanje

Razmotrimo distributivni sustav od samo jedne napojne grane, koja se sastoji od n čvorova i $n-1$ grana, kao što je prikazano na sl. 1. Čvorove označimo brojevima od 1 do n , tako da je početni čvor onaj iz kojega se napaja mreža i



Slika 1. Distributivni sustav od samo jedne napojne grane

za kojega možemo pretpostaviti da mu se napon ne mijenja u ovisnosti o opterećenju. Grane označimo isto brojevima od 1 do $n-1$ i to tako da grana završava u čvoru čiji je redni broj za jedan veći od broja grane.

3.1.2. Proračun

Za ovako definirani sustav vrijedi:

$$S_n = S_{0_n} \quad S_i = S_i + S_{0_i} + \Delta S_{i+1} \quad i = n-1, \dots, 1 \text{ (broj čvora)} \quad (1)$$

Gubitke u pojedinim granama (ΔS_i) računamo jednadžbom:

$$\Delta S_i = \Delta U \cdot I_i^* = Z_i \cdot I_i \cdot I_i^* \quad (2)$$

gdje je i broj promatrane grane

Struju koja prolazi kroz granu i , a ujedno i struju koja prolazi kroz $i+1$ čvor, izračunavamo pomoću jednadžbe:

$$I_i = \left(\frac{S_{i+1}}{V_{i+1}} \right)^* \quad (3)$$

gdje je i broj promatrane grane

$$V_{i+1} = V_i - I_i \cdot Z_i \quad i = 1, \dots, n-1 \text{ (broj čvora)} \quad (4)$$

(Napomena: I , S , Z i V su kompleksne veličine (vektori))

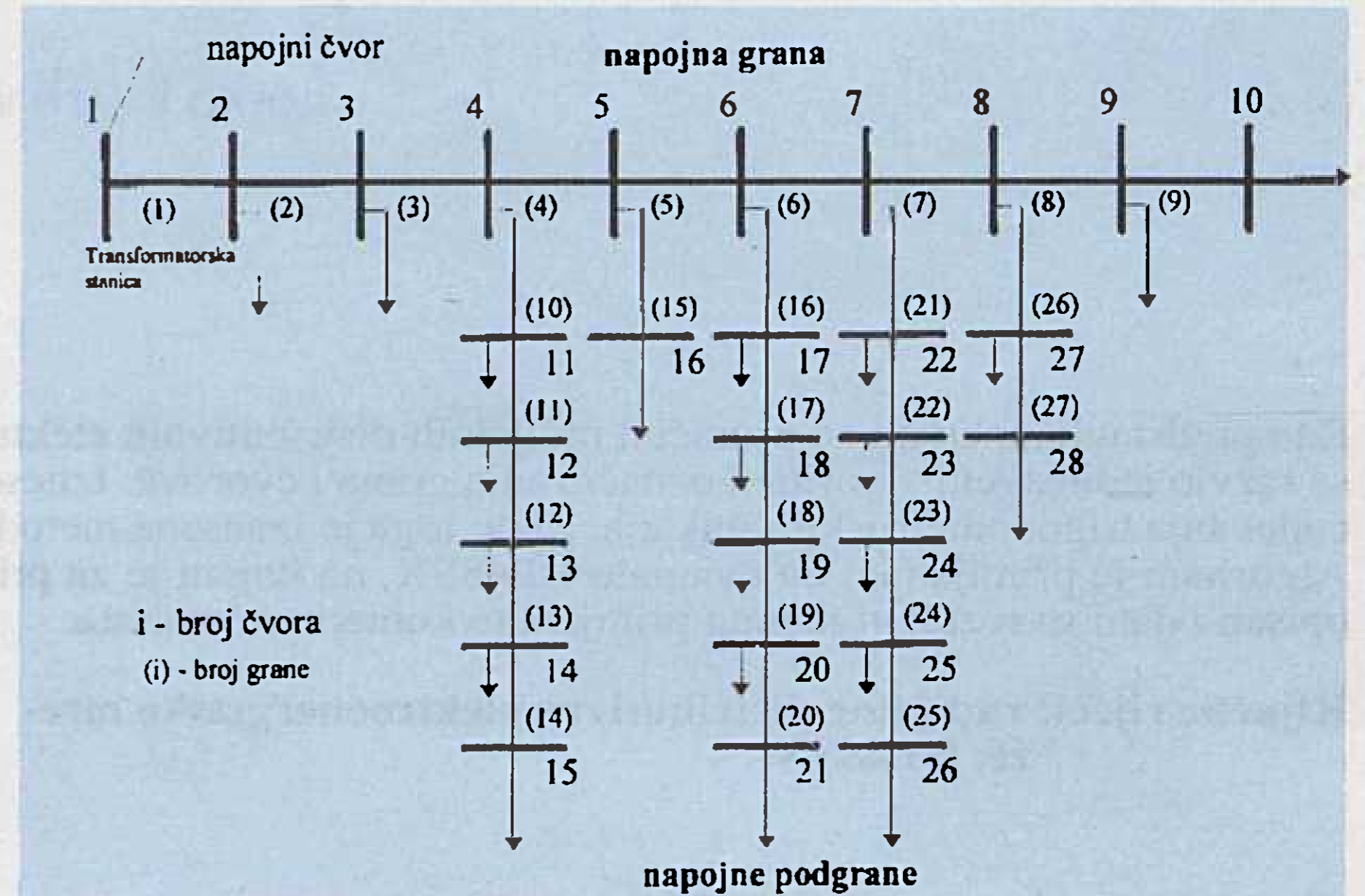
Najprije pretpostavimo da su svi naponi čvorova jednaki naponu prvog čvora. Pomoću tako pretpostavljenih napona izračunamo snage koje prolaze kroz pojedine čvorove (S_i). Ovaj proračun provodimo od zadnjeg čvora prema prvom čvoru koristeći jednadžbu (1). Gubitak na pojedinim vodovima izračunavamo jednadžbom (2). Nakon toga provodimo korekciju napona. Počevši od prvog čvora, a na osnovi prethodno izračunatih snaga koje prolaze kroz pojedine čvorove, pomoću jednadžbe (4) izračunavamo padove napona pojedinih grana i nove napone čvorova. Izračunavanjem novih vrijednosti za napone čvorova završava se prva iteracija i s tim vrijednostima napona ulazi se u drugu iteraciju. Ovaj postupak ponavljamo dok ne postignemo željenu točnost. Točnost određujemo kao razliku dobivenih vrijednosti između dviju iteracija. Možemo promatrati promjenu snage, struje ili napona.

3.2. Distributivni sustav s napojnom granom i podgranama

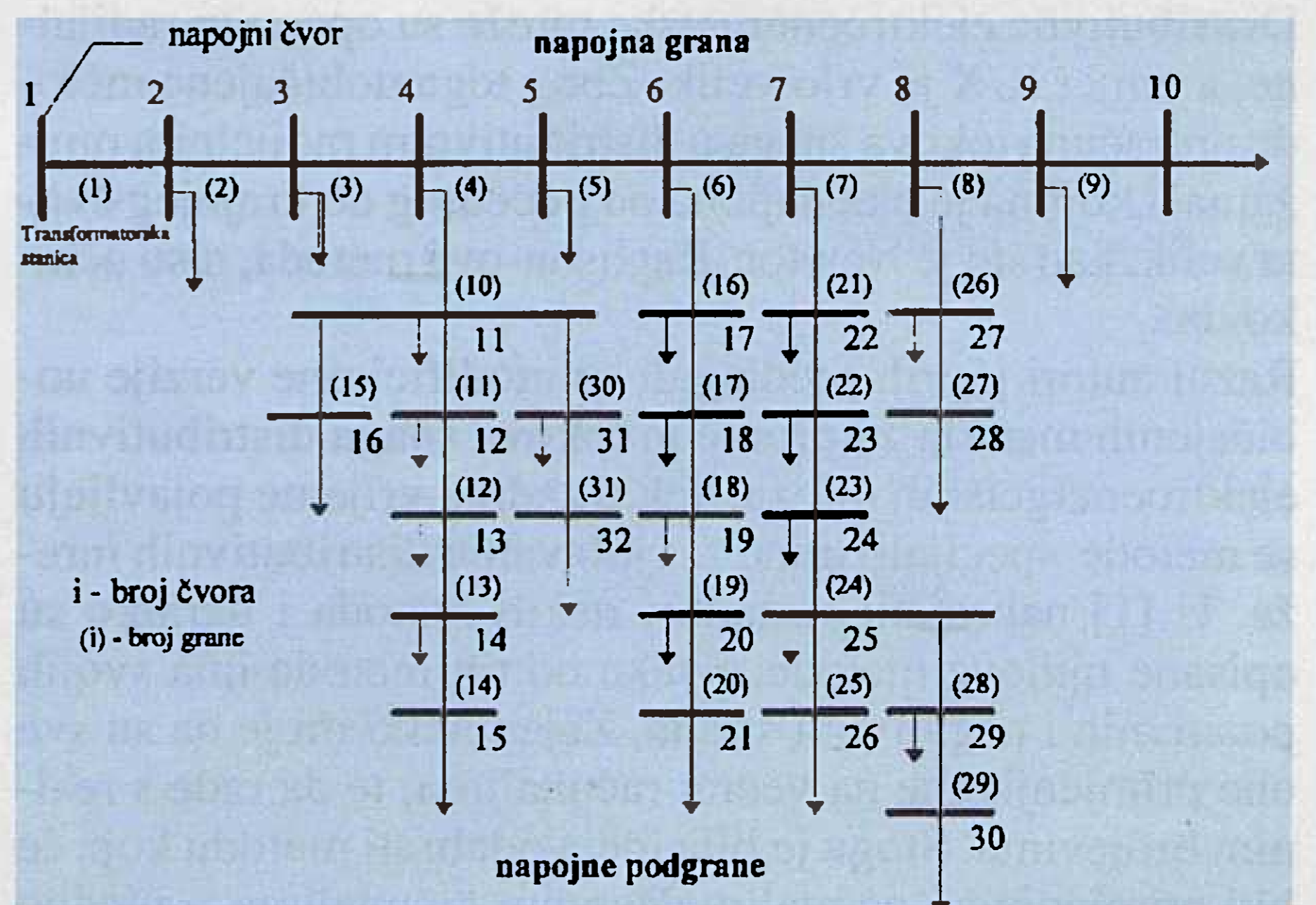
3.2.1. Označavanje

U slučaju distributivnog sustava s napojnom granom i napojnim podgranama situacija je praktički ista kao i kod jednostavnijeg, prije opisanog slučaja. Napojna grana je niz grana koje počinju u prvom čvoru (transformatorskoj stanici), a napojna podgrana je niz grana s početkom na nekom od čvorova napojne grane ili napojne podgrane. Počinjemo prvo od napojne grane, te je označimo na prije opisani način (čvorove brojevima od 1 do n , a grane brojevima od 1 do $n-1$). Nakon toga označavanje nastavimo napojnom podgranom koja počinje na napojnoj grani, a na

čvoru s najmanjim rednim brojem. Čvorove označavamo brojevima od $n+1$ do nn , a grane brojevima od n do $nn-1$. Označavanje nastavljamo slijedećom napojnom podgranom i tako dok ne označimo čitavu mrežu. Naročito je važno da napojne grane budu označene redom od manjih brojeva prema većima u smjeru od napojnog čvora (čvora broj 1, transformatorske stanice) do krajnjeg potrošača. Primjeri označavanja čvorova i grana dani su na sl. 2. i sl. 3.



Slika 2. Označavanje mreže s napojnim podgranama



Slika 3. Označavanje mreže s napojnim podgranama

3.2.2. Proračun

Za ovakvu mrežu vrijede jednadžbe (1), (2), (3) i (4), iste kao i za prethodno obrađeni slučaj. Jedina je razlika što sad imamo napojnu granu i više napojnih podgrana. Napojne podgrane promatramo isto kao i napojnu granu. Izračunavamo snagu koju napojna podgrana preuzima od napojne grane i onda tu snagu dodajemo napojnoj grani u čvoru gdje se napojna podgrana veže na napojnu granu. Zbog toga proračun moramo početi od krajnje napojne podgrane. Postupak je najbolje provoditi obrnutim redom od onoga kojim smo označavali mrežu. Nakon što smo izračunali snage koje prolaze kroz čvorove, potrebno je izračunati napone pojedinih čvorova s kojima ćemo ući u slijedeću iteraciju. Napone na čvorovima izračunavamo tako da od napona početnog čvora oduzimamo padove napona na grani koja ga povezuje sa slijedećim čvorom (jednadžba (4)). Pri tome koristimo struju koja prolazi kroz granu, a koju izračunavamo iz jednadžbe (3). Prvo izračunamo napone napojne grane, a onda prelazimo na napojne pod-

grane. Najbolje je postupak provoditi onim redom kako su grane označene. Na ovaj način izračunamo napone čvorova s kojima ulazimo u slijedeću iteraciju.

4. PROGRAM ZA IZRAČUNAVANJE TOKOVA SNAGA U RADIJALNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

4.1. Ulazni podaci

Ulazni podaci za program su slijedeći:

- snaga koju potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova
- impedancije pojedinih grana
- napon napojnog čvora (čvor broj 1)
- konfiguracija mreže
- željena točnost.

Prije pokretanja programa potrebno je kreirati varijable u kojima su ulazni podaci za program. Kad se program pokrene on će upotrijebiti ove podatke kad mu budu trebali. Da bi se olakšao postupak kreiranja ulaznih varijabli, napravljeni su podprogrami koji ujedno i kontroliraju unos ulaznih parametara, da se ne bi dogodili grubi previdi pri unošenju podataka.

4.1.1. Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova

Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova sastoje se od radne i jalove komponente. U programu se pretpostavlja da je ta snaga konstantna, što je uobičajena pretpostavka.

U računalu su snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova pohranjene u varijabli $S0$ u obliku vektora kompleksnih brojeva. Ova varijabla može biti i lista, što je vrlo prikladno, jer se onda uz vrlo male preinake u programu mogu rješavati i problemi kada snaga, koju potrošači preuzimaju iz mreže, nije konstantna.

4.1.2. Impedancije pojedinih grana

Impedancije pojedinih grana su kompleksne veličine. Stvarne impedancije vodova potrebno je preračunati na određeni naponski nivo, što nije predmet ovog rada.

U računalu su impedancije pojedinih grana pohranjene u varijabli Z u obliku vektora kompleksnih brojeva. Ova varijabla može biti i lista, što je vrlo prikladno jer se onda uz vrlo male preinake u programu mogu rješavati i problemi kod vodova čija impedancija nije linearna.

4.1.3. Napon napojnog čvora (čvor broj 1)

Napon napojnog čvora (čvor broj 1) je napon u početnom čvoru. Pretpostavka je da je regulacija takva da je taj napon konstantan.

U računalu se napon napojnog čvora (čvor broj 1) pohranjuje u varijablu VO i tretira kao kompleksni broj. Ukoliko je ova varijabla zadana kao realan broj, onda se on pretvara u kompleksni, množenjem s $1+j0$.

4.1.4. Konfiguracija mreže

Konfiguracija mreže je opisana pomoću tablice koje se sastoji od tri stupca i onoliko redova koliko mreža ima napojnih grana i podgrana. U prvom stupcu je broj čvora u kojemu grana počinje, u drugom je prvi slijedeći čvor nakon čvora iz

kojeg je napojna grana ili podgrana krenula, a u trećem stupcu je zadnji čvor na grani odnosno podgrani. U tab. 1. prikazana je konfiguracija mreže za mrežu sa sl. 2, a u tab. 2. prikazana je konfiguracija mreže za mrežu sa sl. 3.

Tablica 1. Tablica konfiguracije mreže za distributivnu mrežu na sl. 2.

	Polazni čvor	Čvor odmah iza početnog	Krajnji čvor
Napojna grana	1	2	10
Napojna podgrana	4	11	15
Napojna podgrana	5	16	16
Napojna podgrana	6	11	21
Napojna podgrana	7	22	26
Napojna podgrana	8	27	28

Tablica 2. Tablica konfiguracije mreže za distributivnu mrežu na sl. 3.

	Polazni čvor	Čvor odmah iza početnog	Krajnji čvor
Napojna grana	1	2	10
Napojna podgrana	4	11	15
Napojna podgrana	10	16	16
Napojna podgrana	10	31	32
Napojna podgrana	6	17	21
Napojna podgrana	7	22	26
Napojna podgrana	25	29	30
Napojna podgrana	8	27	28

U računalu konfiguracija mreže je pohranjena u varijablu CFG kao lista podlista. Lista je oblik podatka na HP48SX koji se sastoji od elemenata zatvorenih unutar vitičastih zagrada. Na drugim računalima ovaj podatak može biti pohranjen kao matrica cijelih brojeva.

4.1.5. Željena točnost

Željena točnost je apsolutna vrijednost razlike promatrane veličine između pojedinih iteracija. Kad ta vrijednost postane manja od zadane vrijednosti, onda je iterativni postupak završen. Zadana vrijednost željene točnosti je realna veličina i pohranjena je u varijabli ACC.

4.2. Izlazni podaci

Kao rezultat program daje slijedeće podatke:

- napone pojedinih čvorova
- snage koje prolaze kroz pojedine čvorove
- gubitke po granama
- broj iteracije nakon koje je postignuta željena točnost.

Program rezultate, osim broja iteracija, pohranjuje u određene varijable koje sam kreira. Broj iteracija nakon kojeg je postignuta željena točnost ostaje na stogu (stack).

Za potrebe ispitivanja metode program je bio preuređen tako da sprema i napone pojedinih čvorova po iteracijama. Ovi međurezultati obrađeni su u posebnom poglavlju

4.4.2. Rezultati proračuna

4.2.1. Naponi pojedinih čvorova

Naponi pojedinih čvorova su izlazni podatak programa u obliku vektora kompleksnih brojeva po redu od prvog do zadnjeg čvora.

4.2.2. Snage koje prolaze kroz pojedine čvorove

Nakon zadnje iteracije izračunavaju se snage koje prolaze kroz pojedine čvorove i gubitke po granama. Snage koje prolaze kroz pojedine čvorove dane su u obliku vektora kompleksnih brojeva.

4.2.3. Gubici po granama

Kao što je prethodno rečeno, nakon zadnje iteracije izračunavaju se snage koje prolaze kroz pojedine čvorove i gubitke po granama. Ovi gubici su dani u obliku vektora kompleksnih brojeva.

4.2.4. Broj iteracije nakon koje je postignuta željena točnost

Nakon završetka izvođenja programa na stack-u ostaje broj koji kaže koliko je iteracija bilo potrebno da bi se postignula željena točnost. Za vrijeme izvođenja programa broj trenutne iteracije ispisuje se u prvom redu zaslona, a trenutna točnost u trećem.

4.3. Program za izračunavanje tokova snaga u radijalnim distributivnim mrežama

Ime programa je **KALK.EQ**. Nastavak ".EQ" označava tip programa. Na HP48SX se programi s nastavkom ".EQ" mogu izvršavati i kao programi i kao funkcije. Kad se pro-

```

kreiraj varijablu V - naponi
obriši zaslon
postavi brojač iteracija na nulu
ponavljaj
  povećaj brojač iteracija i ispiši ga (prvi red)
  spremi snage koje potrošači uzimaju u S
  napravi za sve elemente konfiguracije (CFG) počevši od zadnjeg
  ako je čvor odmah iza početnog ≠ krajnjeg čvora
  onda
    za sve vodove između tih čvorova
    izračunaj gubitke na vodu i zbroji ih na snagu koja
    prolazi kroz čvor s rednim brojem grane te
    dodajsnazi na čvoru iz kojeg grana kreće
    izračunaj gubitke na vodu između početnog čvora i čvora odmah iza
    početnog i zbroji ih na snagu koja prolazi čvor odmah iza
    početnog te dodaj snazi početnog čvora
    ispiši snagu koja prolazi kroz napojni čvor (drugi red)
    napravi za sve elemente konfiguracije (CFG) počevši od prvog
    izračunaj pad napona na grani između početnog čvora i čvora odmah
    iza početnog i napona na čvoru odmah iza početnog
    ako je čvor odmah iza početnog krajnjeg čvora
    onda
      za sve čvorove između ta dva (uključujući i zadnji)
      izračunaj napone
    ispiši apsolutnu vrijednost promjene napona između dvije iteracije
    (treći red)
  dok nije apsolutna vrijednost promjene napona između dvije iteracije manja
  od ACC
  kreiraj varijablu gubitaka snage po vodovima (DS)
  spremi snage koje potrošači uzimaju u S
  napravi za sve elemente konfiguracije (CFG) počevši od zadnjeg
  ako je čvor odmah iza početnog krajnjeg čvora
  onda
    za sve vodove između tih čvorova
    izračunaj gubitke na vodu i zbroji ih na snagu koja
    prolazi kroz čvor s rednim brojem grane te dodaj
    snazi na čvoru iz kojeg grana kreće
    izračunaj gubitak na vodu
    izračunaj gubitke na vodu između početnog čvora i čvora odmah iza
    početnog i zbroji ih na snagu koja prolazi čvor odmah iza
    početnog te dodaj snazi početnog čvora
    izračunaj gubitak na vodu
  kraj programa

```

Dijagram toka za program za proračun tokova snaga i gubitaka u radijalnim distributivnim mrežama

gram izvršava kao funkcija, korisnik se podsjeća kako se zovu ulazne i izlazne varijable, što je vrlo korisno kod programa koji u pravilu dolaze bez klasičnog korisničkog sučelja. Na malim džepnim računalima korisničko je sučelje svedeno na minimum zbog štednje memorije i zbog ograničenja malog ekrana. Uobičajeno je da se u određene varijable postave ulazne vrijednosti, te pokrene program koji kreira nove varijable s rezultatima. Za pregled varijabli koristi se sam operativni sustav računala. Program je pisan modularno. Nakon testiranja moduli su spojeni u jednu cjelinu. Ovakav način pisanja programa omogućava njegovo jednostavno testiranje i ispravljanje. Za potrebe testiranja i prenošenja podataka na PC korišteni su dodatni moduli koji ovdje nisu opisani jer nisu predmet ovog članka.

KALK.EQ

```

*55276d
1032
<< S0 SIZE V0 (1,0) * CON 'V' STO CLLCD 0
DO 1 + DUP 1 DISP S0 'S' STO CFG OBJ -> 1 SWAP
START OBJ -> DROP -> P N K
<<
  IF N K ≠
  THEN K 1 - N
  FOR I 'S' I DUP2 GET S I 1 + GET DUP V I 1 + GET / DUP CONJ
* Z I GET * ++ PUT -1
  STEP
  END 'S' P DUP2 GET S N GET DUP V N GET / DUP CONJ * Z N 1 -
GET * ++ PUT
  >>
NEXT S 1 GET 2 DISP V CFG OBJ -> 1
FOR J J ROLL OBJ -> DROP -> PNK
  << 'V' DUP P GET S N GET V N GET / CONJ Z N 1 - GET * - N SWAP
PUT
  IF N K ≠
  THEN N 1 + K
  FOR I 'V' DPI 1 - GET S I GET V I GET / CONJ Z I 1 - GET * -
I SWAP PUT
  NEXT
  END
  >> -1
STEP
UNTIL V - ABS DUP 3 DISP ACC <
END 'DS' STO SO 'S' STO CFG OBJ -> 1 SWAP
START OBJ -> DROP -> P N K
<<
  IF N K ≠
  THEN K 1 - N
  FOR I 'S' I DUP2 GET S I 1 + GET DUP V I 1 + GET / DUP CONJ *
Z I GET * 'DS' I 3 PICK PUT ++ PUT -1
  STEP
  END 'S' P DUP2 GET S N GET DUP V N GET / DUP CONJ * Z N 1 - GET
* 'DS' N 1 - 3 PICK PUT ++ PUT
  >>
NEXT
>>

```

Program za proračun tokova snaga i gubitaka kod radijalnih distributivnih mreža

4.4. Rezultati proračuna promatrani na primjeru

Kao što je već prije rečeno, iteracijski postupak se ponavlja dok apsolutna vrijednost napona ne postane manja od neke unaprijed zadane točnosti. Osim napona mogla bi se promatrati snaga u bilo kojem čvoru ili gubici u pojedinoj grani. Napon je odabran zbog jednostavnosti i zbog toga što se ovim postupcima vrlo često izračunavaju naponi u pojedinim čvorovima. Ti su podaci obično početne vrijednosti za proračun kratkog spoja u mreži.

Rezultati proračuna su promatrani na primjeru koji je obrađen i u [1]. Konfiguracija mreže promatranog primjera prikazana je na sl. 2.

4.4.1. Ulazni podaci

Ulazni podaci za primjer prikazan na sl. 2. su:

Napon napojnog čvora $V_0=11$ kV.

Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova $S_0 = [(0,0), (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (14000,14280) (56000,57130) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (35280,36000) (8960,9140) (8960,9140) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (8960,9140) (56000,57130) (8960,9140) (35280,36000) (35280,36000) (35280,36000)]$ JVA (čvorovi su nabrojani po redu od prvog do dvadeset i osmog, a vrijednosti su prikazane u obliku uređenih parova kod kojih je prva vrijednost realna komponenta, a druga imaginarna).

Impedancija pojedinih grana $Z = [(1.197,0.82) (1.796,1.231) (1.306,0.895) (1.851,1.268) (1.524,1.044) (1.905,1.305) (1.197,0.82) (0.653,0.447) (1.143,0.783) (2.823,1.172) (1.184,0.491) (1.002,0.416) (0.455,0.189) (0.546,0.227) (2.55,1.058) (1.366,0.567) (0.819,0.34) (1.548,0.642) (1.366,0.567) (3.552,1.474) (1.548,0.642) (1.092,0.453) (0.91,0.378) (0.455,0.189) (0.364,0.151) (0.546,0.226) (0.273,0.113)] \Omega$ (impedancije pojedinih grana su nabrojane po redu od prve do dvadeset i sedme, a vrijednosti su prikazane u obliku uređenih parova kod kojih je prva

Tablica 3. Naponi čvorova i snage koje prolaze kroz njih

	Napon čvora		Napon čvora/napon čvora 1	Snaga čvora	
	Re(U) [V]	Rr(U) [V]		P [W]	Q [VAr]
Čvor 1	11000,0	0,0	1,000	829867	822547
Čvor 2	10848,4	27,6	0,986	816361	813295
Čvor 3	10630,8	67,1	0,966	762551	764594
Čvor 4	10475,5	95,3	0,952	735570	741418
Čvor 5	10319,3	123,5	0,938	513055	518781
Čvor 6	10203,2	144,3	0,928	457496	464216
Čvor 7	10102,0	162,5	0,918	315237	320770
Čvor 8	10074,9	167,4	0,916	133916	136596
Čvor 9	10071,8	167,9	0,916	28005	28563
Čvor 10	10069,1	168,4	0,916	14000	14280
Čvor 11	10407,1	123,4	0,946	176332	179614
Čvor 12	10387,5	131,4	0,944	120010	122350
Čvor 13	10375,8	136,2	0,943	84594	86294
Čvor 14	10372,7	137,5	0,943	49293	50285
Čvor 15	10370,1	138,5	0,943	35280	36000
Čvor 16	10306,9	128,6	0,937	35280	36000
Čvor 17	10183,5	152,4	0,926	102921	104743
Čvor 18	10172,6	156,8	0,925	93819	95544
Čvor 19	10154,2	164,3	0,923	84640	86313
Čvor 20	10144,7	168,1	0,922	49294	50286
Čvor 21	10137,6	171,0	0,922	14000	14280
Čvor 22	10070,1	175,4	0,916	144956	147608
Čvor 23	10053,1	182,3	0,914	109412	111498
Čvor 24	10040,1	187,5	0,913	100267	102281
Čvor 25	10037,2	188,7	0,913	44249	45144
Čvor 26	10035,3	189,4	0,912	35280	36000
Čvor 27	10069,5	169,6	0,916	70567	72003
Čvor 28	10068,1	170,2	0,915	35280	36000

vrijednost realna komponenta, a druga imaginarna).

Zadana vrijednost željene točnosti $ACC=0,1$ V.

4.4.2. Rezultati proračuna

U tab. 3. dani su naponi čvorova, naponi čvorova u odnosu na napojni čvor (čvor 1) i snage koje prolaze kroz čvorove za obrađeni primjer, a u tab. 4. dani su gubici u pojedinim granama. Ovi rezultati dobiveni su nakon pet iteracija.

Tablica 4. Gubici u granama

	ΔP [W]	ΔQ [VAr]		ΔP [W]	ΔQ [VAr]
Grana 1	13505,95	9252,20	Grana 15	60,98	25,30
Grana 2	18530,67	12701,14	Grana 16	283,98	117,87
Grana 3	12980,52	8895,54	Grana 17	141,88	58,90
Grana 4	9252,18	6338,07	Grana 18	219,35	90,97
Grana 5	6217,39	4259,15	Grana 19	65,80	27,31
Grana 6	3774,77	2585,86	Grana 20	13,82	5,73
Grana 7	431,40	295,53	Grana 21	653,15	270,88
Grana 8	10,30	7,05	Grana 22	263,59	109,34
Grana 9	4,51	3,09	Grana 23	185,14	76,90
Grana 10	1651,08	685,47	Grana 24	18,04	7,49
Grana 11	322,25	133,64	Grana 25	9,18	3,81
Grana 12	135,89	56,42	Grana 26	54,72	22,65
Grana 13	20,96	8,71	Grana 27	6,84	2,83
Grana 14	12,90	5,36			

4.4.3. Konvergencija

Za potrebe praćenja iteriranja proračuna napravljen je podprogram koji je bilježio sve iteracije i zapisivao ih u posebnu varijablu. Promatrani su naponi pet iteracija kao što se vidi u tab. 5. Iz tablice se vidi da metoda vrlo brzo konvergira, te da je promjena napona već između druge i treće iteracije manja od 1%. Za neke grublje proračune zadovoljila bi i samo jedna iteracija, jer uvijek moramo imati na umu i točnost ulaznih parametara.

5. ZAKLJUČAK

Ovdje obrađena metoda pokazala se vrlo učinkovitom. Ona u potpunosti iskorištava posebnosti radijalne distributivne elektroenergetske mreže. Metodom označavanja mreže količina podataka koju je potrebno unijeti u računalo smanjena je na minimum, što je rezultiralo smanjenjem vremena unosa podataka, racionalizacijom memorije i smanjenjem ukupnog vremena proračuna. Metoda konvergira u svim slučajevima, a konvergencija je vrlo brza. Kao što je prije rečeno za neke potrebe zadovoljavala bi i prva iteracija. S malom promjenom ovaj bi se program mogao koristiti za proračun struja i napona u niskonaponskoj mreži. U tom slučaju snage, koje potrošači uzimaju iz mreže, bi se mogle modelirati funkcijom bilo kakvog karaktera pa i na taj način da na istoj mreži imamo potrošače raznih tipova. U tom slučaju konvergencija ne bi bila tako brza, a u nekim slučajevima moglo bi doći i do divergencije. Jednostavnost primjene i primjenjivost na malim džepnim računalima omogućava primjenu ove metode i na terenu, a podprogrami za prijenos podataka na PC omogućavaju daljnju obradu podataka i njihovo formatiranje i ispis na PC-u.

Tablica 5. Prikaz napona prvih pet iteracija iz primjera

	Iteracija 0	Iteracija 1	Iteracija 2	Iteracija 3	Iteracija 4	Iteracija 5
Čvor 1	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000
Čvor 2	1,0000000	0,9865009	0,9862274	0,9862197	0,9862194	0,9862194
Čvor 3	1,0000000	0,9675172	0,9664872	0,9664536	0,9664524	0,9664523
Čvor 4	1,0000000	0,9541644	0,9524181	0,9523560	0,9523538	0,9523537
Čvor 5	1,0000000	0,9409480	0,9382981	0,9381937	0,9381897	0,9381896
Čvor 6	1,0000000	0,9312233	0,9278081	0,9276641	0,9276584	0,9276582
Čvor 7	1,0000000	0,9228321	0,9186800	0,9184943	0,9184867	0,9184864
Čvor 8	1,0000000	0,9205893	0,9162353	0,9160380	0,9160298	0,9160295
Čvor 9	1,0000000	0,9203336	0,9159564	0,9157578	0,9157495	0,9157492
Čvor 10	1,0000000	0,9201097	0,9157123	0,9155125	0,9155042	0,9155038
Čvor 11	1,0000000	0,9483384	0,9462423	0,9461662	0,9461634	0,9461633
Čvor 12	1,0000000	0,9466766	0,9444771	0,9443969	0,9443940	0,9443939
Čvor 13	1,0000000	0,9456849	0,9434226	0,9433398	0,9433368	0,9433367
Čvor 14	1,0000000	0,9454225	0,9431435	0,9430600	0,9430569	0,9430568
Čvor 15	1,0000000	0,9451970	0,9429036	0,9428195	0,9428164	0,9428163
Čvor 16	1,0000000	0,9398953	0,9371720	0,9370644	0,9370603	0,9370601
Čvor 17	1,0000000	0,9295817	0,9260300	0,9258791	0,9258730	0,9258728
Čvor 18	1,0000000	0,9286845	0,9250571	0,9249023	0,9248961	0,9248959
Čvor 19	1,0000000	0,9271543	0,9233951	0,9232334	0,9232269	0,9232267
Čvor 20	1,0000000	0,9263678	0,9225399	0,9223747	0,9223681	0,9223678
Čvor 21	1,0000000	0,9257870	0,9219081	0,9217402	0,9217334	0,9217332
Čvor 22	1,0000000	0,9202146	0,9158130	0,9156134	0,9156051	0,9156048
Čvor 23	1,0000000	0,9188209	0,9142839	0,9140767	0,9140680	0,9140676
Čvor 24	1,0000000	0,9177558	0,9131141	0,9129008	0,9128918	0,9128915
Čvor 25	1,0000000	0,9175208	0,9128559	0,9126413	0,9126322	0,9126319
Čvor 26	1,0000000	0,9173710	0,9126912	0,9124758	0,9124667	0,9124663
Čvor 27	1,0000000	0,9201397	0,9157430	0,9155434	0,9155351	0,9155348
Čvor 28	1,0000000	0,9200273	0,9156200	0,9154197	0,9154114	0,9154111

LITERATURA

- [1] D. DAS, H. S. Nagi, D. P. KOTHARI: "Novel method for solving radial distribution networks", IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 141. No. 4, July 1994, pp. 291-298
- [2] J. GRAINER, D. STIVENSON Jr.: "Power System Analysis", McGraw-Hill 1994.
- [3] Dr. M. i K. OŽEGOVIĆ: "Električne mreže", Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu, Split 1989.
- [4] HP: "HP48SX Owner's Manual"
- [5] D. RAJICIC i A. BOSE: "A modification to the fast decoupled power flow for ill-conditioned power systems", IEEE Trans. 1988, PWRS-3, pp. 743-746
- [6] S. IWAMOTO i Y. TAMURA: "A load flow calculation method for ill-conditioned power systems", IEEE Trans. 1981, PAS-100, pp. 1736-1713
- [7] S. C. TRIPATHY, G. DURGAPARASAD, O. P. MALIK i G. S. HOPE: "Load flow solutions ill-conditioned power systems by a Newton like method", IEEE Trans. 1982, PAS-101, pp. 3648-3657

FLOW CALCULATION IN RADIAL DISTRIBUTION ELECTRIC ENERGY NETWORKS

This work presents the method of radial distribution electric energy network calculation. The radial characteristic of the network is used to develop a unique algorithm

for branch and node assignment. The method presented uses only simple algebraic functions without calculation of trigonometric functions. Therefore, the method described is very efficient and needs less memory than classical methods. The algorithm is applied on a HP48SX computer and a special programme has been developed for its application. In the paper, the programme is described and results are given and commented.

BERECHNUNG VON ENERGIEFLÜSSEN IN STERNARTIGEN STROMVERSORGUNGSNETZEN

Im Artikel wird ein Berechnungsverfahren sternartiger Stromversorgungsnetze dargestellt. Spezifisches der Sternform des Netzes wurde genutzt um einen einheitlichen Satz von Anweisungen für die Berechnung von Knoten und Zweigen zu gestalten. Dargestelltes Verfahren wendet nur einfache algebraische Gleichungen, ohne Berechnung von Kreisfunktionen an, und ist deshalb sehr leistungsvoll; es verlangt dabei weniger Speichervermögen vom Rechner. Der einheitliche Satz von Anweisungen und das für die Anwendung dieses Verfahrens eigens entwickelte Programm sind am Rechner HP48SX angewandt. Das Programm ist im Artikel beschrieben, die Ergebnisse eines Beispiels gegeben, sowie dessen Erläuterungen ausgelegt.

Naslov pisca:

Borko Frühwirth, dipl. ing.
Nehajska 34
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1997-10-10.

OSNOVE OPTIČKIH KOMUNIKACIJA - III. DIO: PLEZIOKRONA I SINKRONA DIGITALNA HIJERARHIJA

Mr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 654.91
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazane su osnove pleziokrone digitalne hijerarhije (PDH) i sinkrone digitalne hijerarhije (SDH). Dan je najkraći osvrt na planiranu optičku transmisijsku mrežu Hrvatske elektroprivrede, te na globalno povezivanje podmorskim optičkim vezama.

Ključne riječi: pleziokrona i sinkrona digitalna hijerarhija (PDH i SDH), globalne svjetlovodne mreže.

UVOD

U prva dva nastavka serije "Osnove optičkih komunikacija" [1,2] rezimirane su osnove tehnologije i tehnike prijenosa digitalnih informacija optičkim sustavima. U prvoj epizodi obrađen je optički valovod sa svojim glavnim prijenosnim svojstvima, a to su disperzija i gušenje. Ta dva faktora ograničavaju performanciju transmisijskog sustava izraženu umnoškom ostvarive širine pojasa i dometa veze. Gušenje je tehnološki svedeno u red veličine 0.2 dB/km pri valnoj duljini od 1550 nm u pojasu širokom oko 25 THz. U svezi s disperzijom može se reći da najveću propusnu moć, tj. najmanju disperziju, pokazuju jednomodna optička vlakna. Red veličine njihove disperzije danas je oko 15 ps/nm/km za nekompenzirana vlakna, odnosno oko 2.5 ps/nm/km za disperzijski pomaknuta vlakna, uz cijenu gušenja uvećanog za 0.05 dB/km. Primjenom niskodisperzijskih vlakana u kombinaciji s tehnikama kompenzacije disperzije nelinearnom pobudom vlakna, moguće je ostvariti praktički bezdisperzijski prijenos i, s tim u svezi, planetarne udaljenosti na kojima je moguće uspostaviti brze i ultrabrze veze digitalnim podacima. Tu se ističu dvije tehnike: uporaba kompenzacijskih odsječaka vlakana, kod kojih fazna samomodulacija u nelinearnom optičkom mediju poništava do tada nagomilanu disperziju, odnosno uporaba solitonskih impulsa, koji ne trpe od disperzije.

U drugoj epizodi vidjeli smo fizikalno-tehničke temelje odašiljanja, pojačanja i prijema optičkih signala. Danas najaktualniji izvori optičkih impulsa su laserske injekcijske diode (LD), koje su u apsolutnoj prednosti pred LED diodama s nečistom spektralnom linijom. Čistoća spektralne linije potrebna je radi postizanja što manje kromatske disperzije monomodnog vlakna, koja potječe upravo od polikromatskog signala laserskoga izvora. Lasersko staklo dopirano rijetkom zemljom erbijem (Er), ima metastabilni prijelaz na valnoj duljini od 1540 nm, dakle unutar prozora transparentije silica stakla, pa se može iskoristiti za optičko pojačanje uređajem zvanim erbijem dopirano svjetlovodno pojačalo (EDFA). Širina pojasa EDFA pojačala je nekih 2.5 THz, što omogućuje realizaciju sustava s multipleksiranjem valnih duljina (WDM), odnosno susta-

va ultrabrzih komunikacija. U današnje doba prilazi se granici brzine prijenosa od 1 Tb/s. Pri tome se nailazi na probleme sporosti elektroničkih komponenti i sustava, te sporosti laserskih izvora i poluvodičkih detektora zračenja. U ovoj, posljednjoj epizodi serije "Osnove optičkih komunikacija", pozabavit ćemo se problematikom sasvim druge vrste. Rješavanje tehnoloških problema optičke transmisije nije samo po sebi dovoljno da bi sustav transmisije funkcionirao. Mora postojati jasan koncept prijenosa digitalnih informacija kroz tako moćan širokopojsni medij, kao što je mreža optičkih vlakana. Zapravo, većina inženjera u praksi se susreće s pristupnom, tzv. multipleksnom i linijskom opremom, koja fizički omogućava da korisnik sa svojom informacijom stigne na prijenosni medij. Pristupna oprema predstavlja ulazna vrata u svaki transmisijski sustav. Suvremeno rješenje transporta digitalnih informacija optičkim mrežama bazira se na sustavima znanima pod imenima SDH (Synchronous Digital Hierarchy, sinkrona digitalna hijerarhija), odnosno SONET (Synchronous Optical Network, sinkrona optička mreža), od kojih se prvi rabi u Europi, a potonji u Americi. Sinkroni sustavi definirani su koherentnim skupom preporuka ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunications standard sector, Međunarodna telekomunikacijska udruga - sektor standardizacije telekomunikacija) o općim aspektima sinkronih digitalnih prijenosnih sustava [3,4,5]. ITU je međunarodni organ koji se bavi normizacijom u telekomunikacijama i radiokomunikacijama, nastao od bivših konzultativnih komiteta CCITT i CCIR. SDH i SONET su sustavi čije su standardizirane brzine jednake počevši od prvog prijenosnog modula (155 Mb/s), dočim se na nižim razinama te brzine razlikuju radi drugačijih uvriježenih digitalnih sustava koji su se odvojeno razvili u Europi i Americi.

Prvo poglavlje ove epizode posvećeno je okvirnom pregledu pleziokrone digitalne hijerarhije, jer korisnička oprema pripada uglavnom toj skupini uređaja, a tek se na višim razinama multipleksiranja ulazi u sinkroni sustav. Bit će objašnjene osnove PCM-a (Pulse Code Modulation, pulsno kodna modulacija) i principi pakiranja različitih priložnih signala (tributary signals) iste nominalne, ali u za-

danim okvirima različite stvarne digitalne brzine, u okviru slijedeće hijerarhijske razine. To se ostvaruje procesom poravnanja (justification). Nefleksibilnost PDH sustava (Plesiochronous Digital Hierarchy, pleziokrona digitalna hijerarhija) očituje se najviše u teškoćama ostvarenja tzv. add-drop funkcija (dodaj-ispusti), kod kojih se u čvoru mreže na mjesto kanala koji tu završava može umetnuti drugi, neovisni kanal, pri čemu je potrebno izvršiti demultipleksiranje sve do one hijerarhijske razine unutar koje se želi ostvariti add-drop funkcija, te ponovno multipleksiranje u novi digitalni slijed visokog ranga. Što je razlika razine na kojoj se vrši add-drop operacija i razine magistralnog toka informacija veća, to količina potrebne opreme eksponencijalno raste. Problem je u nemogućnosti direktnog dohvata korisničke informacije iz složenog signala višega ranga, radi čega PDH sustavi suštinski nisu pogodni za ostvarenje transmisijskih mreža vrlo visokih kapaciteta. Stoga je načinjena nova filozofija sinkronog prijenosa, koja je omogućila upravo direktan dohvat multipleksiranih poruka bez demultipleksiranja, s obzirom da je čitava koncepcija podešena tako da se u formatu sinkronog transmisijskog modula uvijek zna točan položaj *početka okvira* svake pritočne informacije, bez obzira koliko niske hijerarhijske razine ona bila. Sinkroni sustavi postali su zato opcija izbora u izgradnji mreža velikih kapaciteta. Ovaj članak će u svome drugom poglavlju čitatelju pružiti temeljnu informaciju kako je to ostvareno. Premda spomenute preporuke ITU-T [3,4,5] definiraju SDH, one radi svoje suhoparnosti zahtijevaju dugo i pažljivo studiranje. Namjena ovoga teksta je u prvom redu da skрати taj put podrobnim objašnjenjem temeljnih ideja, nakon čega će čitatelj lakše pratiti ostalu literaturu.

Treće poglavlje dat će najsažetiji pregled danas najvećih prijenosnih svjetlovodnih sustava, baziranih upravo na SDH, koji su, ili će uskoro, spojiti različite kontinente velikim brojem raspoloživih kanala. Velika prednost optičkih globalnih veza pred satelitskim radijskim transmisijskim sustavima je mnogo veća ostvariva širina pojasa i mnogo manje kašnjenje signala. Naime, dok je međukontinentalni razmak kojega treba premostiti optički kabel uvijek u redu veličine ispod 10000 km, kod veze preko geostacionarnog satelita na visini od 36000 km ta udaljenost iznosi 72000 km, dakle tipično desetak puta više. U slijedećoj dekadi vjerojatno će čitav svijet biti povezan sustavima podmorskih preoceanskih komunikacijskih kabela, što će zacijelo ostati jednim od velikih dostignuća civilizacije 20. stoljeća.

1. PLEZIOKRONA DIGITALNA HIJERARHIJA - PDH

1.1. Pulsno kodna modulacija - PCM

Način na koji čovjek percipira informacije koje mu pristižu iz okoline je analogan. Receptori zvuka, slike i drugih podražaja rade analogno. Prvi sustavi prijenosa informacija - spomenimo npr. telefoniju i radio - bili su sagrađeni na istom principu. Međutim, analogna informacija je osjetljiva na šum. Jednom zagađena, ona se više ne može dovesti u bolje stanje. Činjenica je da analogni prijenos informacija zahtijeva malu širinu spektra. Ipak, iz uglavnom dva razloga prešlo se na digitalni način transmisijske.

U prvom redu, digitalni signal zagađen šumom nije nepopravljiv. U regeneratorskim točkama on se može osvježiti

i dovesti u bolju kondiciju. Digitalni signal je, poput analognog, nekakav naponski ili strujni signal ugrožen šumom. No, kod njega nije bitna bilo koja trenutna vrijednost, već je samo važno da li je momentalni iznos signala u *trenutku očitavanja* ispod ili iznad određenog praga, u svezi s čime on poprima binarnu vrijednost 0 ili 1. Fluktuacije signala nastale uslijed izobličenja i šuma mogu se zato u najvećoj mjeri eliminirati jednostavnim regeneratorskim sklopovima, koji u pogodnim trenucima vremena uzimaju uzorke signala i temeljem njih konstruiraju novi niz električnih impulsa, oslobođen od utjecaja šuma i izobličenja. Sofisticiranije tehnike omogućavaju najprije korekciju izobličenja postupkom ekvalizacije, a zatim i otklanjanja u prijenosu nastalih grešaka djelovanjem zaštitnih kodova. Da bi zaštitni kod mogao prepoznati bitove koji su pogrešno primljeni, u informaciji mora biti prisutna po čvrstim pravilima unešena redundancija, što rezultira tipično dvostruko većim potrebnim brojem bita u jedinici vremena za prijenos iste informacije. Zaštita digitalnog sadržaja od djelovanja šuma košta nas dakle dodatnog potrebnog spektra.

Drugi glavni razlog prelaska na digitalne sustave je silni napredak digitalnih računala i metoda digitalne obrade signala. Diskretizirana informacija može se, za razliku od analogne, obrađivati pomoću mikroprocesora s *programima* koji zamjenjuju sklopove. To omogućuje minijaturizaciju uređaja i povećava njihovu kompleksnost i multifunkcionalnost, uz stalan pad cijene.

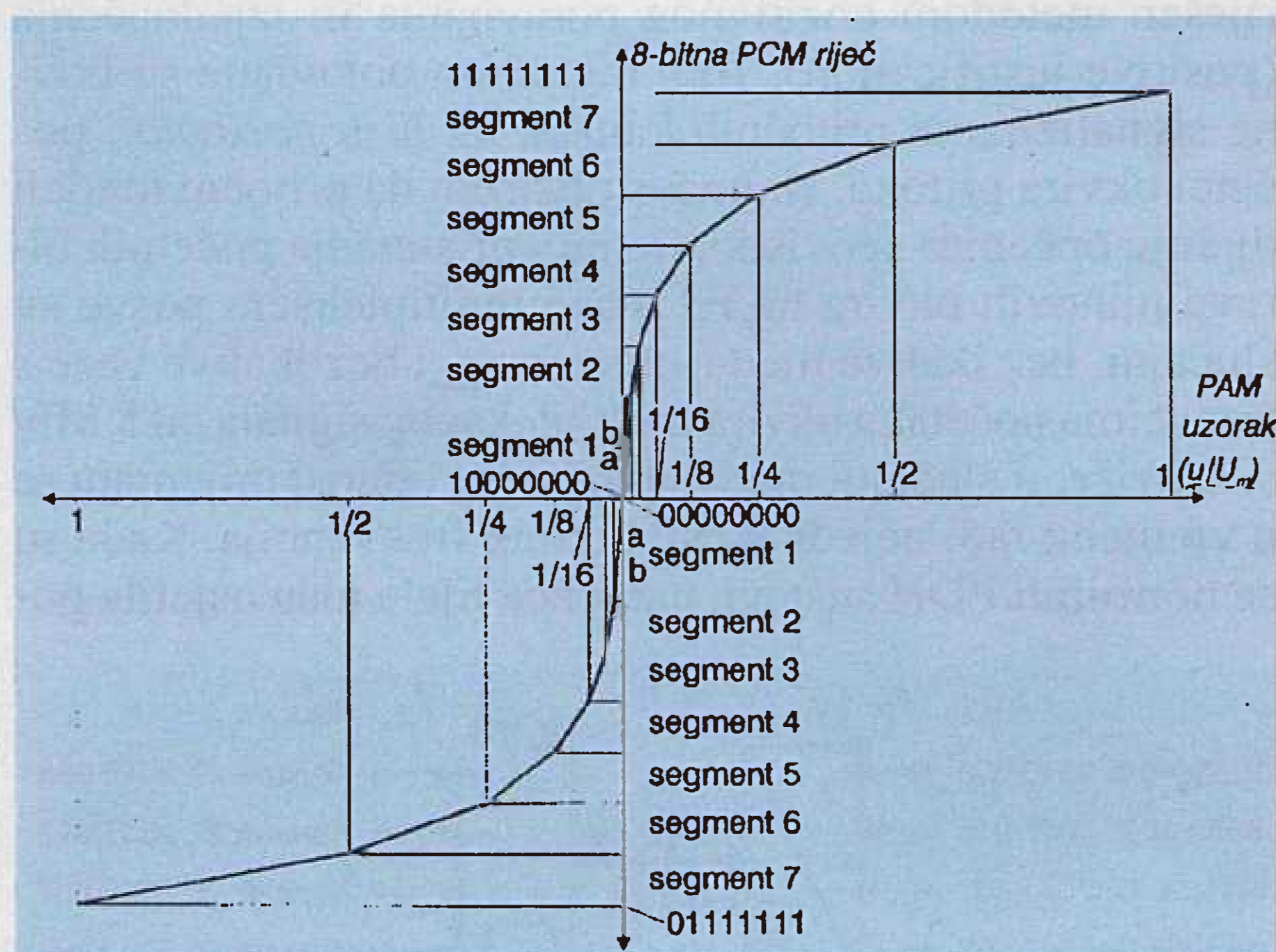
Dakle, bez obzira na potrebu analogno - digitalne konverzije i znatno veće spektralne zahtjeve, digitalni sustavi su radi svojih komparativnih prednosti potisnuli analogne, omogućivši pouzdan prijenos informacija na vrlo velike udaljenosti, te realizaciju vrlo velikih i kompleksnih mreža.

Analogno - digitalna pretvorba ovisi o vrsti izvora informacije. Početak priče u telefoniji je izvor govornog signala. Iskustvo govori da je za prijenos govora zadovoljavajućom kvalitetom dovoljno odozgo ograničiti spektralni sadržaj signala na 3.4 kHz. Pretvorba tako filtriranog analognog signala u digitalni teče u dva koraka. Najprije se u regularnim vremenskim odsječcima signal uzorkuje, da bi se saznala njegova stvarna momentalna vrijednost u trenutku uzimanja uzorka. Rezultat tog postupka je pulsno - amplitudno modulirani impuls (PAM, Pulse Amplitude Modulation). Frekvencija uzorkovanja mora prema Shannonovom teoremu biti barem dvostruko viša od najviše prenošene, dakle od 3.4 kHz. Pošto se analogni signal zbog nesavršenosti filtera ne može idealno ograničiti na tu maksimalnu frekvenciju, frekvencija uzorkovanja mora biti još nešto veća. U telefoniji je odabrano da ona bude 8000 puta u sekundi, tj. 8 kHz. Ako je ta frekvencija preniska, nemoguća je kasnija rekonstrukcija izvornog signala.

Slijedeći korak je kvantiziranje. Stvarna trenutna vrijednost uzorka mora se zamijeniti najbližom propisanom diskretnom vrijednošću. Odabrano je da se telefonski signal kvantizira sa 8 binarnih znamenki, što daje $2^8 = 256 = \pm 128$ diskretnih razina. Svaki se uzorak vrednuje *binarnim brojem* koji odgovara rednom broju najbliže razine. Time je unešena greška ili *šum kvantizacije*. Kod svakog uzorka ona očito može biti najviše $\pm \Delta/2$, gdje je Δ korak kvantizacije. Nadalje u sustavu više ne postoji analogna informacija, već slijed binarnih brojeva. Svaki od 8000 uzorka u sekundi vrednovan je sa 8 bita, što daje 64 kb/s. Ovaj

podatak čitatelj će sigurno mnogo puta sresti - riječ je o standardnoj brzini signaliziranja digitalnog govornog kanala.

Kvantiziranje može biti jednoliko, nejednoliko ili kombinirano. Kod jednolikog, veličina Δ je konstantna preko cijelog nominalnog raspona analognog signala, i iznosi $\Delta = U_m / 128$, ako je kretanje momentalnih vrijednosti analognog signala elektronički ograničeno na interval napona od $-U_m$ do $+U_m$. Veliki nedostatak uniformnog kvantiziranja je upravo jednolikost šuma kvantizacije po cijelom opsegu, što znači da signali malih amplituda (npr. tihi govor) bivaju jako oštećeni. Primjerice, ima li analogni signal amplitudu manju ili jednaku od $3\Delta/2$, jedino što će se kvantizirati je njegov trenutni predznak, što je vrlo loše. Nejednolikim kvantiziranjem može se postići da se male vrijednosti uzoraka kvantiziraju finije, tj. da korak Δ raste s veličinom PAM uzoraka. Radi jednostavnosti, u stvarnosti je primijenjena mješavina jednolikog i nejednolikog postupka, specificirana preporukom [6]. Ukupno područje od $256 = \pm 128$ binarnih vrijednosti dijeli se u 13 segmenata, od kojih se centralni (oko nulte vrijednosti PAM impulsa) dijeli u četiri jednaka podsegmenta. U kodnoj riječi prvi bit označuje predznak uzorka, slijedeća tri bita lociraju jedan od mogućih 8 segmenata ili podsegmenata za svaki polaritet, a preostalih 4 bita označuje 16 diskretnih razina u svakom segmentu ili podsegmentu. Dakle, svaki segment i podsegment ima 16 diskretnih stanja. Segment 1 sastoji se od 4 podsegmenta, dva za pozitivne i dva za negativne vrijednosti oko nule, pa sadrži $4 \times 16 = 64$ razine. Drugi, treći i četvrti bit kodne riječi adresiraju direktno podsegmente unutar segmenta 1, kao i sve druge segmente. PAM uzorci kodiraju se nejednoliko, prema tzv. A-zakonu [6]. Dajmo primjer za pozitivne signale. (Na negativnoj strani situacija je potpuno analogna). Dakle, niža polovina pozitivnog dijela segmenta 1 jednoliko kvantizira uzorke od 0 do $U_m/128$. Viša polovina pozitivnog dijela segmenta 1 jednoliko kvantizira uzorke od $U_m/128$ do $U_m/64$. Segment 2 radi to isto s uzorcima od $U_m/64$ do $U_m/32$, itd, sve do segmenta 7, koji jednoliko kvantizira uzorke od $U_m/2$ do U_m . S obzirom da su svi segmenti i podsegmenti jednaki (16 bita), očigledno je kvantizacija to grublja, što je redni broj segmenta veći, jer je veće područje signala koje on zahvaća. A-zakon je linearan u cijelom



Slika 1. Ilustracija A- zakona kod PCM-a

segmentu 1, a lomljen u ostalima, i to tako da aproksimira logaritamsku krivulju. Situacija se jasno vidi na slici 1. Na taj način je dinamičko područje kvantizacije protegnuto na nekih 40 dB (tj. od U_m do $U_m/100$), uz odnos signala i šuma kvantizacije bolji od 36 dB. Kroz čak 50 dB dinamike taj je odnos bolji od 25 dB. PAM signali unutar svakog pojedinog segmenta kvantiziraju se jednoliko, ali segmenti obuhvaćaju nejednake dijelove dinamičkog područja signala, pa je očito riječ o kombiniranom jednoliko - nejednolikom postupku. Na prijemnoj strani vrši se digitalno - analogna konverzija po obratnoj karakteristici. Tehničke detalje rada konvertera nije ovdje potrebno davati. Čitatelju će dostajati da zapamti na koji se način u principu od analognog govora stiže do 64 kb/s, tj. do govornog kanala u digitalnom sustavu.

Druge vrste izvora informacije daju druge digitalne brzine. Primjerice, kod prijenosa muzike, a ne samo govora, potrebno je uzorkovati signal širok 16 kHz umjesto 3.4 kHz. Širina spektra analognog TV signala je veća od 5 MHz. Osim širine osnovnog pojasa, rezultatna digitalna brzina razmjerna je i finoći uzorkovanja, tj. broju bita po uzorku. Što želimo kvalitetniji prijenos, to moramo žrtvovati više spektra.

1.2. Pleziokroni sustavi i njihova primjena

Signali se nazivaju *pleziokronima* ako njihove brzine takta imaju jednake nazivne vrijednosti, ali im je u stvarnosti dozvoljeno neko malo odstupanje od nje. Pri tome signali iz različitih izvora (opreme korisnika) ne moraju imati jednake taktne frekvencije, i doista ih nemaju. Ova devijacija izražava se veličinom Δf , dakle odstupanjem frekvencije takta. Problemi se javljaju uslijed toga što načelno svaki uređaj može imati svoj vlastiti neovisni izvor takta, koji samo mora zadovoljiti propisane uvjete točnosti frekvencije. Koliko god ta točnost bila velika, ona je ipak konačna, i nemoguće je postići da dva neovisna oscilatora rade točno istim frekvencijama. Suštinski to nije velik problem, dokle god se transmisija vrši na istoj hijerarhijskoj razini digitalne brzine na kojoj su i komunicirajući uređaji. Tada se obično takt prijemne strane sinkronizira taktom dolaznog signala. Problemi u pleziokronom sustavu nastaju kada se više korisničkih kanala općenito malo različitih brzina multipleksira na jedan kanal veće brzine.

Multipleksiranje u PDH sustavima ostvareno je podjelom vremena. Princip je *uvijek* takav da se digitalni nizovi od 4 kanala niže razine multipleksiraju u jedan kanal više razine na taj način da *multiplekser* tijekom trajanja jednog intervala signaliziranja (trajanja bita) niže razine T_{F2} "obiđe" redom sva četiri svoja ulaza, i uzme digitalnu vrijednost svakoga od njih (bit by bit interleaving), te tako formira novi digitalni niz četverostruko veće digitalne brzine. Međutim, kako su u novoformiranom nizu potrebni dodatni bitovi, koji nose neke informacije koje ćemo spomenuti malo kasnije, nova digitalna brzina je nužno još nešto veća, pa vrijedi $T_{F1} < T_{F2}/4$. Oznake F1 i F2 u žargonu označuju stranu multipleksera više hijerarhijske razine (F1), odnosno niže hijerarhijske razine (F2).

Osnovni hijerarhijski nivo u europskoj varijanti PDH sustava predstavlja signal nominalne brzine 2048 kb/s, ili skraćeno 2 Mb/s. On se kratko označuje simbolom E1. Takav signal sadrži 32 PCM kanala, od kojih dva ne služe za promet, već su rezervirani za signalizacijske svrhe i sin-

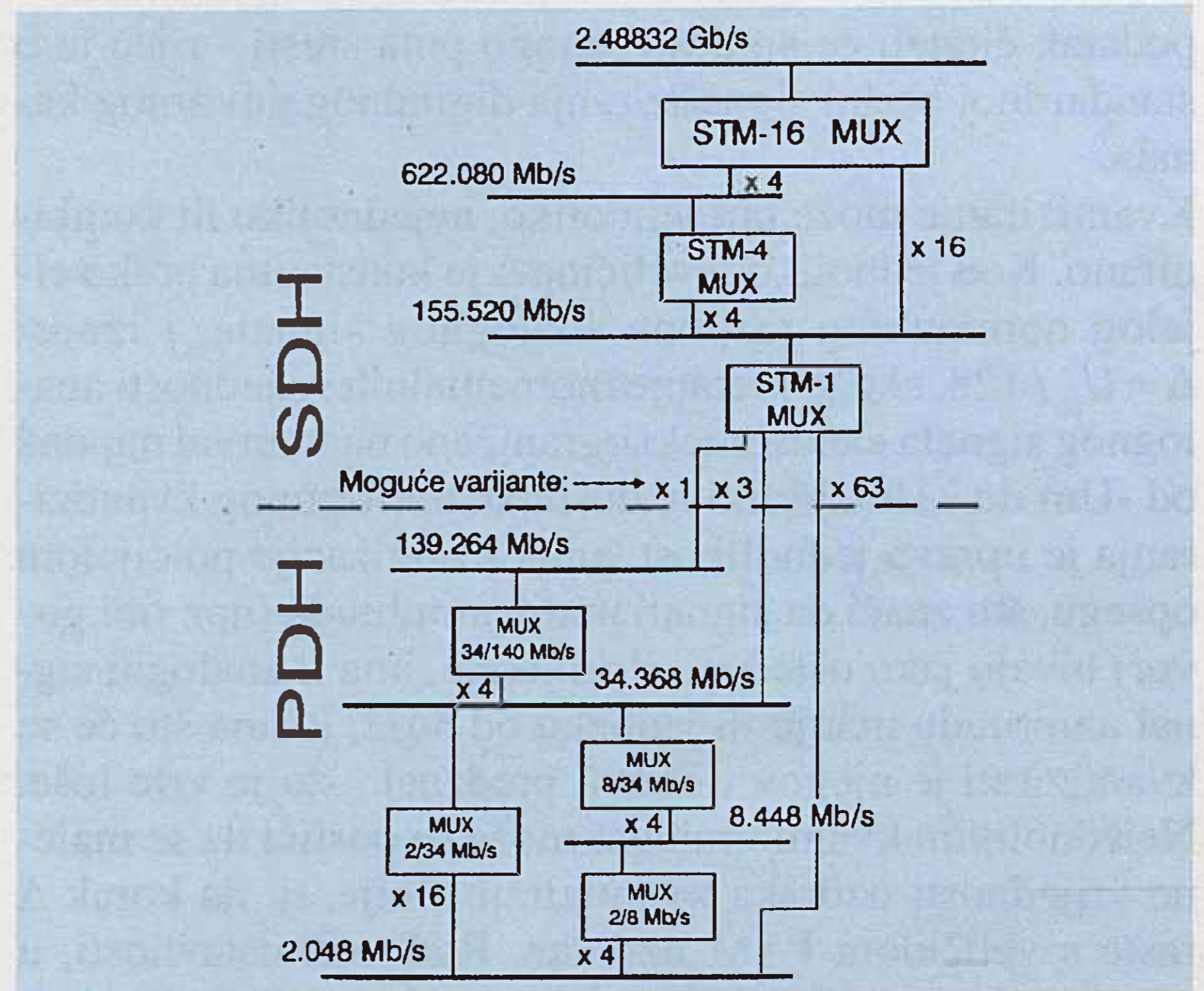
kronizaciju okvira, pa se takav sustav često naziva PCM30. Američki i japanski sustavi temeljeni su na 24 kanalnom PCM-u, i oni se u ovom članku neće razmatrati. Brojka od 2048 kb/s dobija se množenjem 32×64 kb/s. Multipleksiranje 30 govornih kanala od 64 kb/s vrši se bajt po bajt od svakoga kanala (byte by byte interleaving). To znači da nakon informacijskog bajta n -tog kanala slijedi odmah bajt iz $(n+1)$ -og kanala. Za ovih 30 kanala, koji iz nulte hijerarhijske razine multipleksiranjem pristižu na prvu razinu (E1), kažemo da su pritočni kanali (tributary channels), jer doprinose digitalnom sadržaju formata više razine poput potoka koji pridonose sadržaju vodotoka rijeke. (U nekim recentnim projektima i napisima na hrvatskom jeziku koje je autor imao prigode vidjeti, pisci nisu uspjeli prevesti englesku riječ *tributary*, pa su formirali doista nakaradnu posvojenicu *tributerijski* ili *tributarijski*, te s tim u svezi imenicu *tributarija*. Međutim, doslovno značenje riječi *tributary* je pritočni u smislu u kojemu je jedna rijeka pritočna nekoj drugoj većoj, i u engleskom jeziku se koristi baš u tom kontekstu. Hrvatska riječ pritočni potpuno odgovara značenju koje treba imati u našem slučaju. Zapravo, teško bi bilo naći bolju. Zato ćemo u daljnjem tekstu rabiti isključivo riječi *pritočni*, *pritok* itd, a čitatelj će u engleskim izvornicima nailaziti na njihovu riječ identičnog značenja *tributary*. Problem engleskih tehničkih tekstova u kojima se u žargonima koriste neobične riječi i konstrukcije vjerojatno je poznat svakom našem čitatelju koji ih prati. Primjerice, završni konektor s nekoliko metara optičke niti zove se *pig tail* (svinjski rep). Na to se jednostavno treba naviknuti.)

Europski standard pleziokrone digitalne hijerarhije po Europskoj konferenciji poštanskih i telekomunikacijskih uprava (CEPT, Conference Europeane des administrations des Postes et des Telecommunications) ima dakle za osnovicu signal nominalne brzine 2048 kb/s. Norma je formirana od nulte podrazine i pet razina, prema tablici 1. Vidimo da je broj prometnih kanala u svakoj razini točno 4 puta veći od onoga u prethodnoj, ali je nominalna digitalna brzina *više* od 4 puta veća. Već je spomenuto da je u višem formatu potrebno prenijeti neke dodatne informacije, koje traže svoju širinu pojasa.

Tablica 1. Europski standard pleziokrone digitalne hijerarhije

Hijerarhijska razina	0	1	2	3	4	5
Broj kanala od 64 kb/s	1	30	120	480	1920	7680
Nazivna brzina [kb/s]	64	2048	8448	34368	139264	564992
Skraćena oznaka [Mb/s]	/	2	8	34	140	565

Namjena formiranja bilo kakve hijerarhijske strukture prijenosa je upravo u omogućavanju istodobnog višekanalnog komuniciranja po jednom spojnom putu. Tako npr. digitalni signal razine 140 Mb/s može jednim spojnim putem (npr. radiorelejom vezom) prenijeti 1920 simultanih telefonskih razgovora. Kako ćemo nadalje vidjeti, PDH sustavi nisu baš jako zgodni za formiranje mreža na vrlo visokim razinama. Filozofija realizacije takvih mreža koja se danas slijedi je da sa najviše 140 Mb/s PDH signala ulazi u SDH sustav, tj. u njegovu prvu razinu od 155

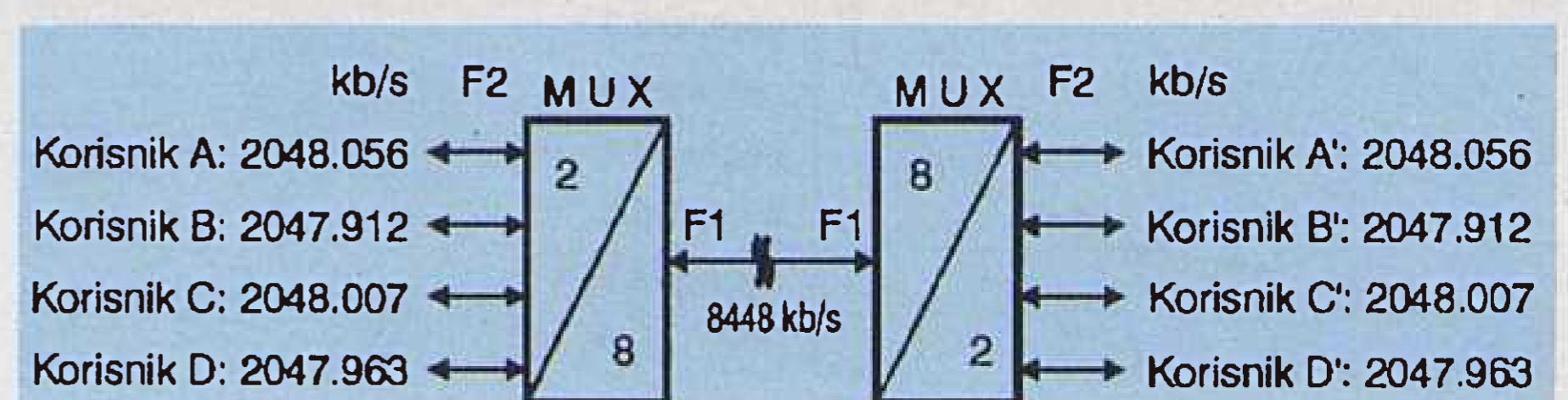


Slika 2. Pregled multipleksiranja u PDH i SDH po CEPT-u

Mb/s. Pregled mogućih varijanti multipleksiranja u PDH i SDH sustavima dan je na slici 2.

1.3. Pozitivno poravnanje i drop-insert funkcije

U čemu je, dakle, osnovni problem PDH sustava iz kojega su u krajnjoj liniji proizašle mane koje su potaknule razvoj SDH? Prisjetimo se da na četiri pritočna ulaza jednog multipleksera mogu biti privedena četiri nezavisna kanala, od npr. četiri različita korisnika. Svaki od pritočnih uređaja može imati vlastiti takt unutar dozvoljene tolerancije, koja primjerice na razini 2048 kb/s iznosi $\pm 5 \times 10^{-5}$ ili ± 102 b/s. Prema tome, svaki od pritočnih 2 Mb/s uređaja može trenutno raditi bilo kojom brzinom između 2047.898 kb/s i 2048.102 kb/s. Krunski problem PDH sustava skiciran je slikom 3 upravo na primjeru multipleksiranja četiriju signala od 2 Mb/s u jedan od 8 Mb/s. Svaki od korisnika ima svoje uređaje priključene na obje F2 strane, a ostvaruje svojih 30 govornih veza posredovanjem signala od 8 Mb/s. Npr. korisnik A mora ući sa svojih 2048.056 kb/s u sustav, korisnik B sa svojih 2047.912 kb/s, i tako redom. Svi oni moraju proći kroz jedinstveni format od 8 Mb/s, jedinstvenom digitalnom brzinom, da bi se na drugome kraju nužno demultipleksirali ponovno na svoje *polazne* brzine. To nije sasvim jednostavan tehnički problem. On je u PDH riješen metodom pozitivnog poravnanja ili izjednačenja (positive justification). Tom metodom poravnate su brzine signaliziranja pritočnih kanala, ali *nisu poravnati* početci okvira pritoka. Naime, s obzirom da pritočni uređaji djeluju općenito neovisno, trenuci pristizanja početnih bitova njihovih okvira na F2 ulaze multipleksera posve su slučajni, bez ikakve međusobne veze, i bez ikakve veze s trenucima početaka okvira multipleksnog signala od 8 Mb/s. Štoviše, ti slučajni međusobni fazni odnosi mijenjaju se u vremenu radi nejednakosti taktnih frekvencija. Kada su se normirali PDH sustavi, nadležna tijela nisu osjetila po-



Slika 3. Ilustracija problema multipleksiranja u PDH sustavima

trebu da negdje u formatu više razine zapišu točne lokacije početnih bitova pritočnih okvira, zbog čega je pritočna informacija unutar okvira više razine potpuno neprepoznatljiva, dokle god se ne izvrši potpuno demultipleksiranje na pritočni nivo i sinkronizacija okvira pritoka. Multipleksirati u PDH sustavu znači ubaciti četiri pritočne kverte informacija u jednu crnu i zaključanu kutiju. U svakom trenutku mi znamo da unutra postoje četiri omotnice koje točno stanu unutra, ali ne možemo znati ništa više o njima prije nego li kutiju otključamo, izvadimo omote i otvorimo ih. Kasnije, kako su apetiti za prijenosnim mogućnostima rasli, ovo svojstvo PDH sustava pokazalo se krajnje nezgodnim.

Sama ideja pozitivnog poravnanja nije komplicirana. Proizvođači opreme koriste tzv. *elastične spremnike* (elastic store), čiji princip rada je ovakav: mali broj (tipično osam) jednobitnih memorijskih jedinica (bistabila), koji čine elastični spremnik, može se upisivati i čitati asinkrono (tj. bilo kada). Bitovi ulaznog pritočnog signala upisuju se redom u bistabile 1, 2, 3 ... 8, zatim opet 1 do 8, i tako ciklički dalje. Brzina upisivanja odgovara taktu ulaznog pritočnog kanala. Cikličkim čitanjem, pak, upravlja takt dobiven dijeljenjem frekvencije takta F1 strane sa 4, koji je namjerno učinjen *malo bržim* od ulaznog takta. Razliku trenutnih adresa upisivanja i čitanja nadgleda cijelo vrijeme adresni komparator. Adresa upisivanja uvijek je, naravno, veća od adrese čitanja, ali, pošto je takt čitanja brži, razlika se s vremenom smanjuje. Kada ta razlika padne na samo 3, adresni komparator generira *bit poravnanja* na taj način da jednostavno već dosegnuti bistabil pročita još jednom, čime je razlika adresa opet povećana za 1. Kada god se ukaže potreba, proces se ponavlja. Svaki pritočni kanal ima svoj elastični spremnik. Ovim postupkom prilagođuju se brzine signaliziranja pritočnih kanala na frekvenciju takta F1 strane multipleksera. Sada se može izvršiti multipleksiranje ovako priređenih pritoka u signal više hijerarhijske razine. Treba reći da u tome signalu valja osigurati informaciju o tome da li je vršeno poravnanje pojedinog pritočnog kanala, ili ono nije bilo potrebno tijekom tekućeg okvira. Nadalje, potrebno je dodati i digitalnu riječ za sinkronizaciju okvira F1 razine (FAW, Frame Alignment Word, tj. FAS, Frame Alignment Signal), te još nekoliko bitova za potrebe prijenosa servisnih informacija. Time je formiran okvir višega nivoa. Unutar njega pojedine pozicije pridijeljene su FAW-u, odnosno pritočnim i poravnavajućim bitovima pojedinih pritočnih kanala. Uvijek se zna koji bit po redu u okviru pripada kojem pritoku i što je njegova uloga, ali se *nikada ne zna gdje počinju FAW signali pritočnih kanala* sadržanih u promatranom. Zato se okvir pritočnog kanala nikako ne može prepoznati kao dio rezultatnoga okvira. Na ulaznim priključnicama multipleksera pritoci se tretiraju kao obične neformatirane porvorke nula i jedinica. Da bi se odgovorilo na pitanje je li tu riječ o katastrofalnoj konceptualnoj pogrešci, ili naprosto o odluci normalnoj za svoje vrijeme, bilo bi potrebno temeljito istraživanje kronologije napretka znanosti, struke i normizacije u ovom području.

Pogledajmo jedan drastičan primjer. Pretpostavimo da imamo jednostavno konfiguriranu mrežu tipa A-B-C. Dakle, veza mjesta A i mjesta C ostvarena je preko mjesta B. Neka ona ima kapacitet od 140 Mb/s, što iznosi 64 kanala od 2 Mb/s. Neki od tih kanala spajat će direktno mjesta A i C, a mjesto B za njih će biti samo repetitorska točka. No,

jedan broj kanala, npr. njih 17, potrebno je osigurati samo za vezu A-B. Pitanje glasi: je li moguće da do točke C stigne svih 64 kanala, ili samo 47? Naravno, moguće je. 17 kanala oslobođenih u točki B može se uporabiti za direktnu vezu B-C, koja nema ništa zajedničko s informacijama nošenim u 17 kanala veze A-B. Operacija u točki B koja to može ostvariti naziva se dvama ravnopravnim slikovitim imenima: *add-drop* (dodaj-ispusti), tj. *drop-insert* (ispusti-umetni). Da bi se došlo do sadržaja proizvoljnog kanala od 2 Mb/s, očito je potrebno imati 1 multiplekser za konverziju 140/34 Mb/s, 4 multipleksera tipa 34/8 Mb/s i 16 multipleksera tipa 8/2 Mb/s. Time smo u točki B dobili mogućnost "skidanja" bilo kojih 17 kanala od 2 Mb/s iz smjera A, i imati ih na raspolaganju kao korisnici. Da bismo na njihova oslobođena mjesta do točke C umetnuli 17 novih kanala i prosljedili 47 preostalih po vezi od 140 Mb/s, treba nam još jedna isto takva hrpa opreme - ukupno 42 (!) multipleksera. Lako je rezimirati: ako želimo imati mogućnost proizvoljne add-drop operacije nad kanalima razine n u točki kojom prolazi transmisijski sustav razine m , potreban broj osnovnih multipleksera je:

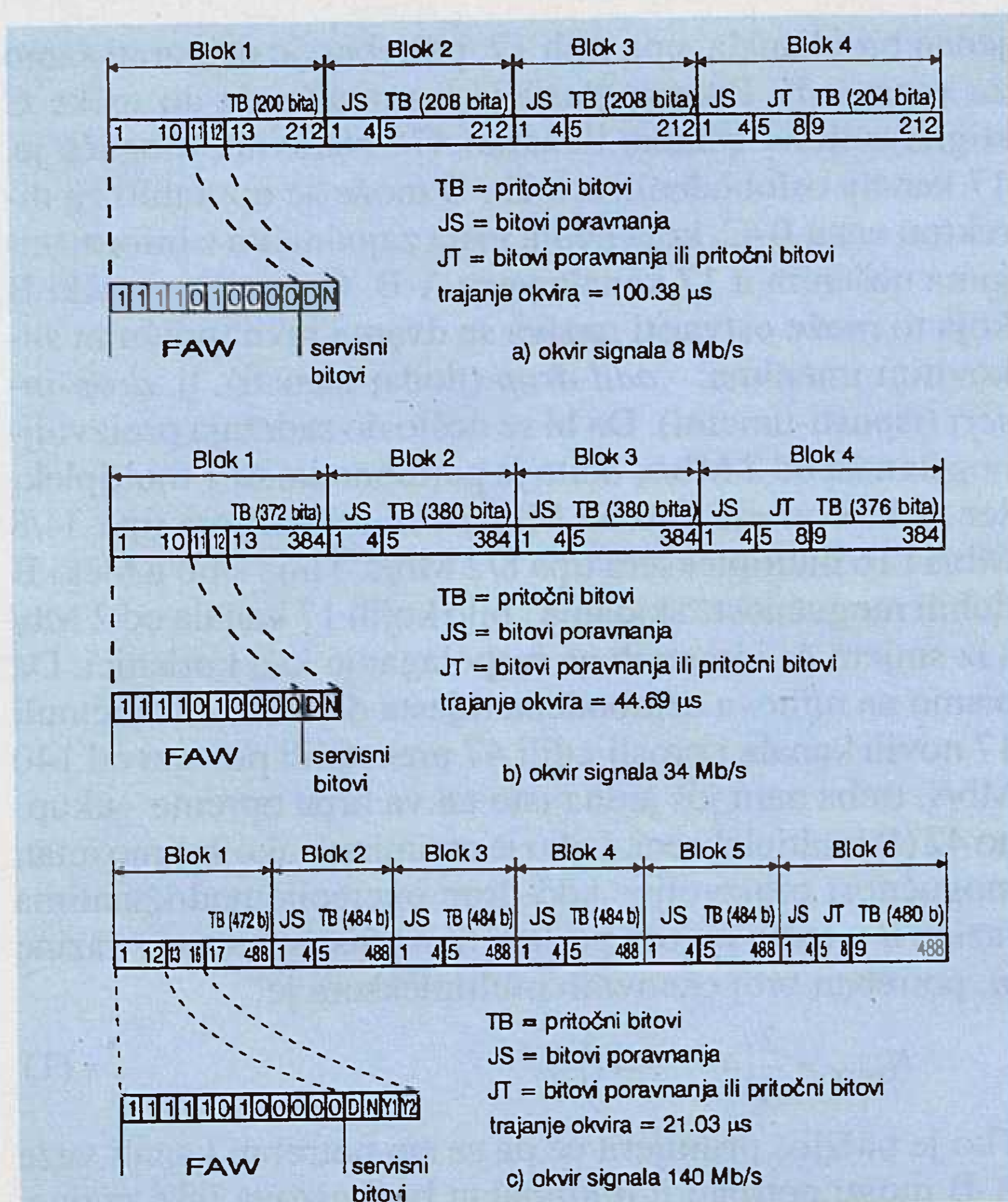
$$N_{\text{MUX}} = \frac{2}{3} \left(4^{m-n-1} - 1 \right) . \quad (1)$$

Tko je pažljiv, primijetit će da se svi potrebni kanali veze A-B mogu potrpiti u minimalan broj nizova više razine, čime se može uštedjeti ponešto od broja multipleksera iz (1). Međutim, takvo rješenje nije fleksibilno prema promjenama koje mogu nastati u eksploataciji sustava. Primjerice, naših 17 kanala možemo grupirati u najmanje 5 signala brzine 8 Mb/s, što stane u najmanje dvije grupe od 34 Mb/s. Prema tome, za skidanje kanala A-B trebamo 1 multiplekser tipa 140/34 Mb/s, 2 multipleksera tipa 34/8 Mb/s, te 5 multipleksera tipa 8/2 Mb/s. Sve to potrebno je i za dizanje natrag na razinu 140 Mb/s. Ukupan potrebni broj multipleksera je sada samo 16, ali je zaliha preostala za dodatne drop-insert zahvate samo 3 kanala, do potpune grupe od 8 Mb/s. Pojavi li se u eksploataciji potreba za većim brojem drop-insert kanala, moraju se poduzeti radovi na opremi, što je redovito povezano s razmjerno visokim troškovima i vremenom izvođenja posla.

Očito je da teškoće kod izvođenja add-drop operacija ograničavaju uporabu PDH sustava u velikim mrežama i u brzim transmisijskim sustavima. SDH sustav je, naprotiv, ponudio direktan dohvat *svakog* pritočnog kanala iz složenog signala visoke hijerarhijske razine, do razine na kojoj je on kao PDH signal ušao u SDH mrežu. Primjerice, ako koristimo sučelja za ubacivanje 34 Mb/s PDH kanala u SDH sustav, prirodno je da iz SDH signala ne možemo direktno izdvojiti kanal od 2Mb/s, jer je taj skriven u prije priređenom PDH signalu od 34 Mb/s. No, ako koristimo sučelja za E1 PDH signale, tada iz SDH formata možemo direktno dohvatiti svaki PCM30 kanal. PDH signalom razine niže od 2 Mb/s ne može se ući u sinkronu mrežu.

1.4. Strukture okvira PDH signala od 8, 34 i 140 Mb/s

Slike 4 a, b i c redom će prikazati strukture okvira hijerarhijskih razina 8, 34 i 140 Mb/s. Svaki okvir počinje riječju FAW, koja na prijemnoj strani služi za detekciju početka okvira (sinkronizaciju okvira), omogućujući određivanje rednog broja svakog slijedećeg bita, što je važno za utvrđivanje njegove uloge u okviru. Pored toga, stalnim praćenjem FAW-a kroz duže vrijeme procjenjuje se učestalost



Slika 4. Strukture okvira PDH signala razina 8 Mb/s (a), 34 Mb/s (b) i 140 Mb/s (c)

pojave pogrešnih bitova (BER, Bit Error Rate). To je moguće jer FAW uvijek ima istu binarnu vrijednost. Odmah nakon FAW-a prenose se signalizacijski bitovi D i N, koji nose informacije o stanju prijenosa istim kanalom, ali u suprotnom smjeru. D bit prenosi hitne alarme, a N bit nehitne. Ako se korištenje N bita u tu svrhu smatra nepotrebno, on se može rabiti kao kapacitet za prijenos drugih podataka brzinom od 9.9 kb/s kod okvira od 8 Mb/s (tzv. Y podatkovni kanal preko V.11 sučelja). U okviru 140 Mb/s postoje iza D i N još dva bita s namjenom prijenosa drugih servisnih informacija: Y1 i Y2. Blokovi na crtežima označeni sa TB (Tributary Bits) predstavljaju pritočne bitove od četiri pritočna kanala, multipleksirane bit po bit. Ponovimo da oni sadrže FAW, D, N i J bitove nastale na svim nižim razinama, te da lokacije njihovih FAW signala unutar okvira nisu nigdje zapisane. Blokovi JS (Justification Service bits) govore da li se na mjestu JT (Justification or Tributary bit) nalazi bit poravnanja ili stvarni pritočni bit. Blokovi JS uvijek su dugi 4 bita, po jedan za svaki pritočni kanal. Prema slici, u svakom okviru na razinama 8 i 34 Mb/s postoje 3 JS bita po pritočnom kanalu, a na 140 Mb/s postoji njih 5 po pritočnom kanalu. Pri odlučivanju da li je JT pritočni ili poravnavajući bit primjenjuje se princip većine (majority vote principle): ako je među JS bitovima nekog pritoka više jedinica nego li nula, na odgovarajućem JT mjestu nalazi se bit poravnanja. Multiplekser tipa 2/8 Mb/s i 8/34 Mb/s uvijek odašilje 3 ista JS bita: 111 za poravnavajući bit, a 000 za pritočni. Multiplekser 34/140 Mb/s odašilje nizove 11111 i 00000. To je učinjeno jer pogrešna interpretacija JS sadržaja uslijed pogrešaka u prijenosu dovodi neizbježno do gubitka sinkronizacije pritočnoga kanala pri demultipleksiranju. Načelo većine glasova dozvoljava kvarenje jednoga od tri, odno-

sno dva od pet JS bitova, a da to još uvijek ne izazove desinkronizaciju okvira niže hijerarhijske razine.

Tablica 2 daje presjek najvažnijih podataka kroz hijerarhijske razine PDH sustava. Jedino što se u njoj pojavljuje, a nije spominjano u ranijem tekstu, jesu linijski kodovi HDB3 i CMI. HDB3 pripada RZ (Return to Zero) vrsti kodova, kod kojega impuls traje samo polovinu intervala binarnog signaliziranja. CMI se odabire za najviše brzine prijenosa radi njegova lakog generiranja pomoću jednostavnih linija za kašnjenje i logičkih funkcija. HDB3 rabi se jer ne sadrži istosmjernu komponentu, i vrlo je pogodan za regeneraciju takta na prijemnoj strani. Kada se koriste sučelja za optičku prijenosnu liniju, ne može se upotrijebiti nikakav bipolarni (trorazinski) kod, radi intenzitetne modulacije lasera, koja je zasad isključivo dvorazinskog tipa (ima/nema, on/off). Detaljan pregled linijskih kodova čitatelj će naći u [7].

Tablica 2. Presjek kroz hijerarhijske razine signala PDH sustava

Razina [Mb/s]	2	8	34	140
Nominalna frekvencija takta [kb/s]	2048	8448	34368	139264
Tolerancija takta	$\pm 5 \times 10^{-5}$	$\pm 3 \times 10^{-5}$	$\pm 2 \times 10^{-5}$	$\pm 1.5 \times 10^{-5}$
Četvrtina nominalne brzine takta [kb/s]	/	2112	8592	34816
Trajanje okvira [μs]	125	100.32	44.69	21.03
Broj bitova u jednom okviru	256	848	1536	2928
Broj bitova po pritočnom kanalu u jednom okviru	/	205 ili 206	377 ili 378	722 ili 723
Broj okvira po sekundi	8000	9962	22372	45562
Trajanje jednog bita [ns]	488	118	29.1	7.18
Širina impulsa jednog bita [ns] i linijski kod	244, HDB3	59, HDB3	14.55, HDB3	7.18 ili 3.59, CMI
Dopušteni udio pogrešnih bitova BER	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-6}
Brzina signaliziranja Y - kanala [kb/s]	/	9.9	4.8	9.6

2. SINKRONA DIGITALNA HIJERARHIJA

2.1. Glavne zamisli sinkrone digitalne hijerarhije

Prisjetimo se još jednom glavnog nedostatka PDH sustava: pri multipleksiranju četiriju pritočnih kanala k -te hijerarhijske razine u signal $k+1$ razine, nigdje u okviru $k+1$ nivoa ne zapisuje se informacija o lokacijama početaka FAW-a pritočnih signala k -te razine, pa je prema tome direktan zahvat informacije k -te razine iz okvira $k+1$ razine potpuno nemoguć. Nadalje, strukture okvira različitih hijerarhijskih razina se međusobno razlikuju. To čini add-drop funkcije hardverski vrlo kompleksnima. Kod pleziokronog načina rada pritočni signali općenito nemaju iste taktne frekvencije, već one šetaju negdje u dozvoljenom pojasu oko nominalne vrijednosti. Međusobni položaj njihovih FAW-a zato se mijenja u vremenu. Čak i početni

fazni odnos pritočnih okvira i njihov fazni odnos prema FAW-u novog okvira više hijerarhijske razine predstavlja stohastičke varijable, koje ovise npr. o trenutku uključenja pojedinog pritočnog uređaja.

Sinkroni sustavi uklonili su ovu manu. Ključna operacija u njima je *poravnanje pokazivača pritočnika* (pointer justification). Pokazivač (pointer) je digitalna riječ sazdana od nekoliko bajtova (byte) u kojoj se nalazi zabilježen fazni odnos početka neke informacijske strukture niže razine prema početku strukture više razine, u koju je pritočna informacija multipleksirana. Tako pritočne informacije (što god to ovoga trenutka značilo) mogu kliziti kroz okvire kao u PDH sustavu, ali su pointeri pritočnih informacija *uvijek* na strogo propisanom mjestu u okviru, i *uvijek* pokazuju gdje je početak "njihove" pritočne informacije. Valja pojasniti: za svaku pritočnu informaciju definiran je pointer, koji pokazuje mjesto u strukturi gdje počinje prvi bajt okvira pritočne informacije. Kasnije ćemo vidjeti da se informacijski kapacitet koji prihvaća pritočni kanal naziva kontejnerom, a kontejner s pridodanim pokazivačem zove se virtualnim kontejnerom. To znači da jedan okvir pritočne informacije može zaista započeti *bilo kada* tijekom SDH okvira, te se prema tome njegov sadržaj može protegnuti na dva susjedna SDH okvira. Uloga pokazivača je da ukaže gdje počinje pritočni okvir, koji je radi toga, premda slobodan da pluta kroz kontejner (floating mode), uvijek dohvatljiv jednostavnim prebrojavanjem bajtova u danoj strukturi. U normalnom pogonu svi uređaji SDH mreže sinkronizirani su jednim izvorom takta vrhunске kvalitete. Međutim, ime *sinkroni sustavi* duguje se djelomice i činjenici da su faze svih pritočnih okvira *uvijek* poznate, pa za *sinkronizaciju* tih okvira nije potrebno izvršiti njihovo demultipleksiranje i zatim pronalaženje FAW-a, već se ona odmah sinkronizira. Ne čini, dakle, samo vrhunski sinkronizam neki sustav sinkronim, već ga takvime čine vrhunski sinkronizam u zajednici sa dosljednim sustavom pointera, koji omogućuju navigaciju kroz vrlo složen format SDH signala. Add-drop operacije time su bitno olakšane, i dobivena je maksimalna fleksibilnost sustava.

Za razliku od PDH sustava, SDH i SONET primjenjuju unificiranu sinkronizaciju čitave mreže. Takt uvijek pristiže iz jednog glavnog izvora, koji sinkronizira sve druge multipleksne uređaje i sekundarne izvore takta u mreži. Sekundarni i rezervni izvori služe za razvođenje takta po mreži i davanje primarnog takta u slučaju kvara vezanog za glavni izvor.

Sinkroni sustavi kadri su prihvatiti većinu PDH razina standardiziranih od ITU-T u preporuci G.703 [8]. Primjerice, od europskih razina u SDH mogu ući 2 Mb/s, 34 Mb/s i 140 Mb/s. Ulaz signala od 8 Mb/s i 565 Mb/s nije predviđen. SONET može primiti nivoe od 1.5 Mb/s, 6 Mb/s i 45 Mb/s. S obzirom da je ideja sinkronih mreža američkog porijekla, SDH sustav nije mogao baš najsretnije riješiti prijam europskih PDH signala. Naime, u osnovni SDH okvir brzine 155 Mb/s, zvan STM-1 (Synchronous Transport Module - level 1, sinkroni transportni modul prve razine), stane 3 kanala od 34 Mb/s, a ne 4, za koliko ih inače ima mjesta. Isto tako, umjesto 64 kanala od 2 Mb/s, STM-1 ih prima samo 63. Kratko rečeno, sinkroni transportni moduli optimirani su za prihvat standardnih signala američkog PDH sustava, radi čega je europski donekle zakinut. O tome će biti više riječi u odjeljku 2.3.1.

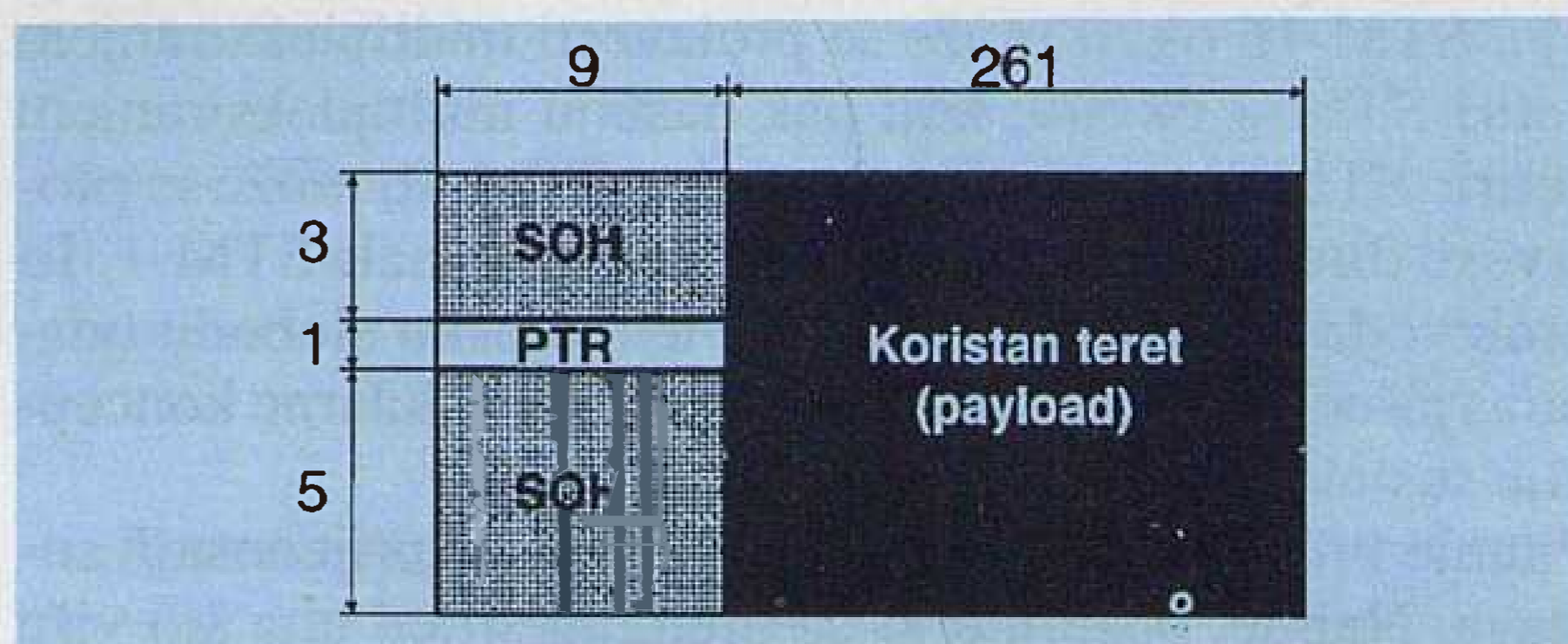
Multipleksiranje u SDH sustavu obavlja se po principu *bajt po bajt* (byte by byte interleaving), a ne bit po bit kao u PDH. Shema multipleksiranja vrlo je složena. U ovome članku naznačit ćemo samo glavne ideje, a svi primjeri ni iz daleka neće moći biti prikazani. Čitatelj se upućuje na [5], premda autor smatra da je bolje, umjesto suhoparnog teksta preporuke G.709 ITU-T, početi čitati neki udžbenik, poput [9].

2.2. Struktura sinkronih transportnih modula

Sinkroni transportni modul prve razine, STM-1, osnovni je signal SDH sustava. On se sastoji od 2430 bajta po 8 bitova, i traje ukupno 125 ms. Dakle, tijekom 1 sekunde izreda se 8000 STM-1 okvira. Jednako toliko traju i okviri viših SDH razina, a to su zasad STM-4 i STM-16. Brzina signaliziranja STM-1 iznosi 155.52 Mb/s, dočim je brzina STM-N modula *točno N* puta veća. To je prva vrlo uočljiva suštinska razlika prema PDH sustavu. Nadalje, osnovna struktura STM modula svih razina je identična. Princip multipleksiranja je bajt po bajt.

S obzirom na veliku duljinu STM-1 modula izraženu u bajtovima, prikaz okvira u jednoj liniji, poput prikaza PDH okvira na slici 4, ne bi bio pregledan. Osim toga, i struktura okvira je donekle periodična, pa ju je zgodnije predočiti u dvodimenzionalnoj formi. STM-1 crta se kao polje od 9 redaka po 270 stupaca (bajtova), kao na slici 5. Gledano u vremenu, iščitava se najprije prvi redak slijeva nadesno do kraja, zatim drugi, treći, itd, sve do kraja devetog retka - dakle poput pisaćeg stroja. Zatim slijedi idući okvir od 125 μ s. STM-1 okvir sastoji se od 3 glavna bloka: sekcij-skog zaglavlja (SOH, Section Overhead), pokazivača (PTR, Pointer) i bloka pritočnih informacija, tzv. korisnog tereta (payload). Uloga svakoga od njih bit će razjašnjena u daljnjem tekstu. Čitatelj se treba naviknuti da brojevi na ilustracijama vezanim za SDH i SONET označuju količine bajtova, a ne bitova kao kod PDH.

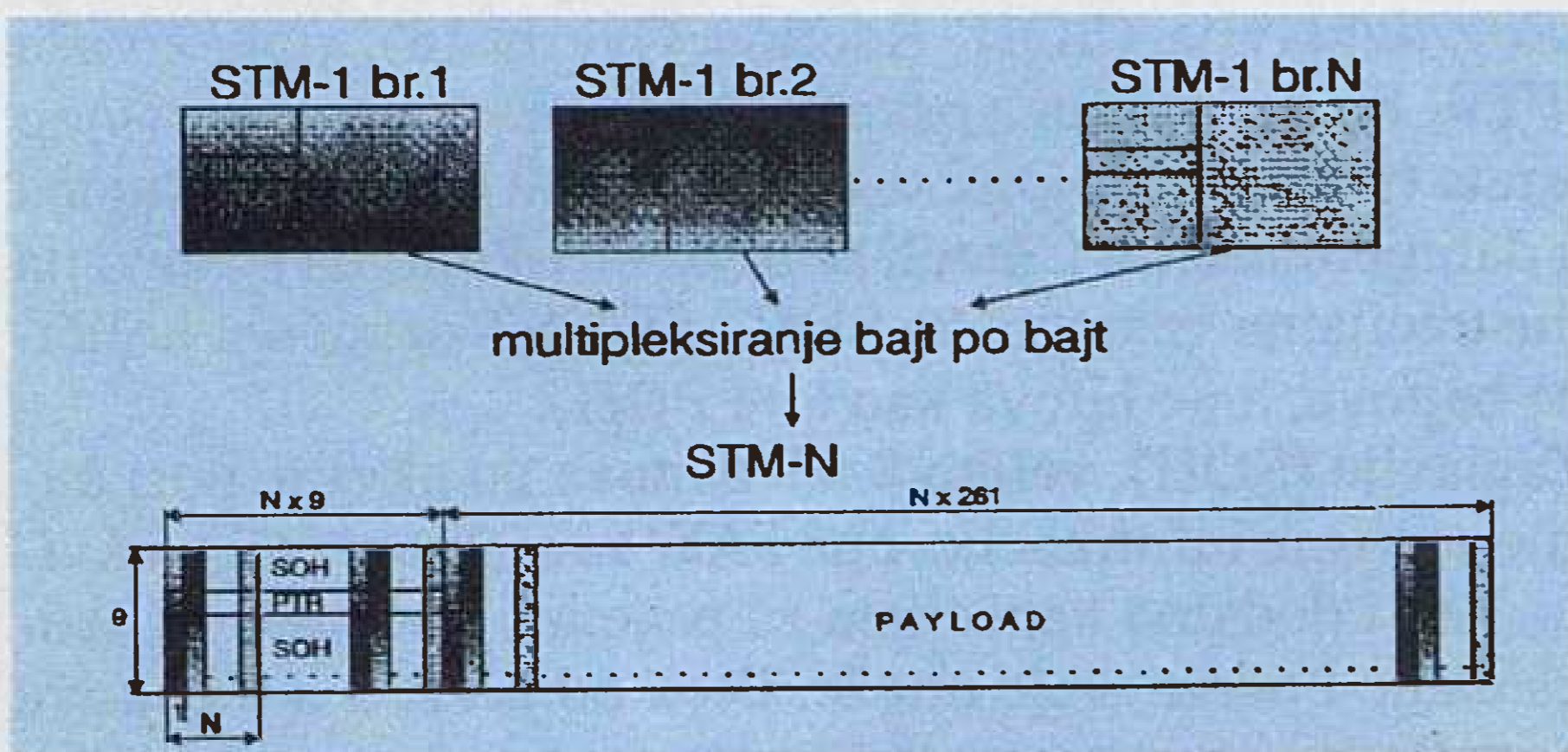
Zaglavlje (SOH), veliko 8 x 9 bajtova po okviru, nosi nužne servisne informacije, npr. FAW za sinkronizaciju okvira, kao i dodatne kapacitete za prijenos podataka za nadgledanje i održavanje mreže. Blok od prvih 3 x 9 bajtova pripada pritom regeneratorima na spojnim putevima, a naziva se regeneratorski SOH ili RSOH (Regenerator SOH). Preostalih 5 x 9 bajtova naziva se multipleksni SOH ili MSOH (Multiplex SOH), i pripada multipleksnoj opremi. Korisni teret (payload) nosi u sebi pritočne PDH kanale, multipleksirane na načine koji će biti raspravljani kasnije. Pokazivač (pointer) je smješten na početku četvrtoga retka okvira STM-1. On nosi informaciju o faznom odnosu STM okvira i korisnoga tereta, te omogućuje direktan pristup pritočnim informacijama sve do razine na kojoj su one ušle u STM-1 kao PDH signal. Ako u STM-1 ulazimo s 2 Mb/s pritočnicima, tada ih možemo direktno dohvatiti bez



Slika 5. Temeljna struktura okvira signala STM-1

demultipleksiranja čitavog signala. No, ako u STM-1 ulazimo s pritočnim signalom od 140 Mb/s, tada *ne možemo* direktno pročitati niti njegove 2 Mb/s, niti 34 Mb/s pritoke, jer su oni *prije* ulaska u sinkroni modul multipleksirani u niz od 140 Mb/s po pravilima PDH. Želimo li dohvatiti direktno PDH informaciju iz STM-1 okvira, moramo demodulirati samo onu jedinicu toga okvira, koja nosi pritočni PDH signal, a to je kontejner. Sav preostali sadržaj STM-1 može ostati netaknut. Nakon toga slijedi njegova demodulacija izvan SDH sustava.

STM-N signal proizvodi se multipleksiranjem N signala STM-1 bajt po bajt. To znači da se najprije uzima 1. bajt prvoga STM-1 okvira, zatim prvi bajt drugoga, itd, sve do zadnjega koraka, u kojemu se uzima 2430. bajt prvoga STM-1, zatim 2430. bajt drugoga, pa sve do 2430. bajta N-toga signala STM-1. Trajanje svakog bajta po tom multipleksiranju N puta je manje nego u STM-1. Rezultat toga postupka vidi se na slici 6. Ukupno trajanje STM-N signala opet je 125 μ s, a digitalna brzina je *točno* N puta veća od one u STM-1. Tako u signalu STM-4 ona biva 622.08 Mb/s, a u STM-16 2.48832 Gb/s. Skraćene oznake digitalnih brzina za današnje od ITU-T standardizirane N-te nivoe SDH sustava su: 155 Mb/s za N=1, 622 Mb/s za N=4 i 2.5 Gb/s za N=16. Za ostale vrijednosti N ne postoje preporuke, ali važeća preporuka [3] definira da je za svaki mogući N digitalna brzina jednaka točno $N \times 155.52$ Mb/s. Zamijetimo na ilustraciji da je struktura STM-N signala *identična* strukturi STM-1 okvira. I dalje imamo 9 redaka s jednakim rasporedom blokova SOH, PTR i payload. Broj stupaca (bajtova) po retku je N puta veći, ali je

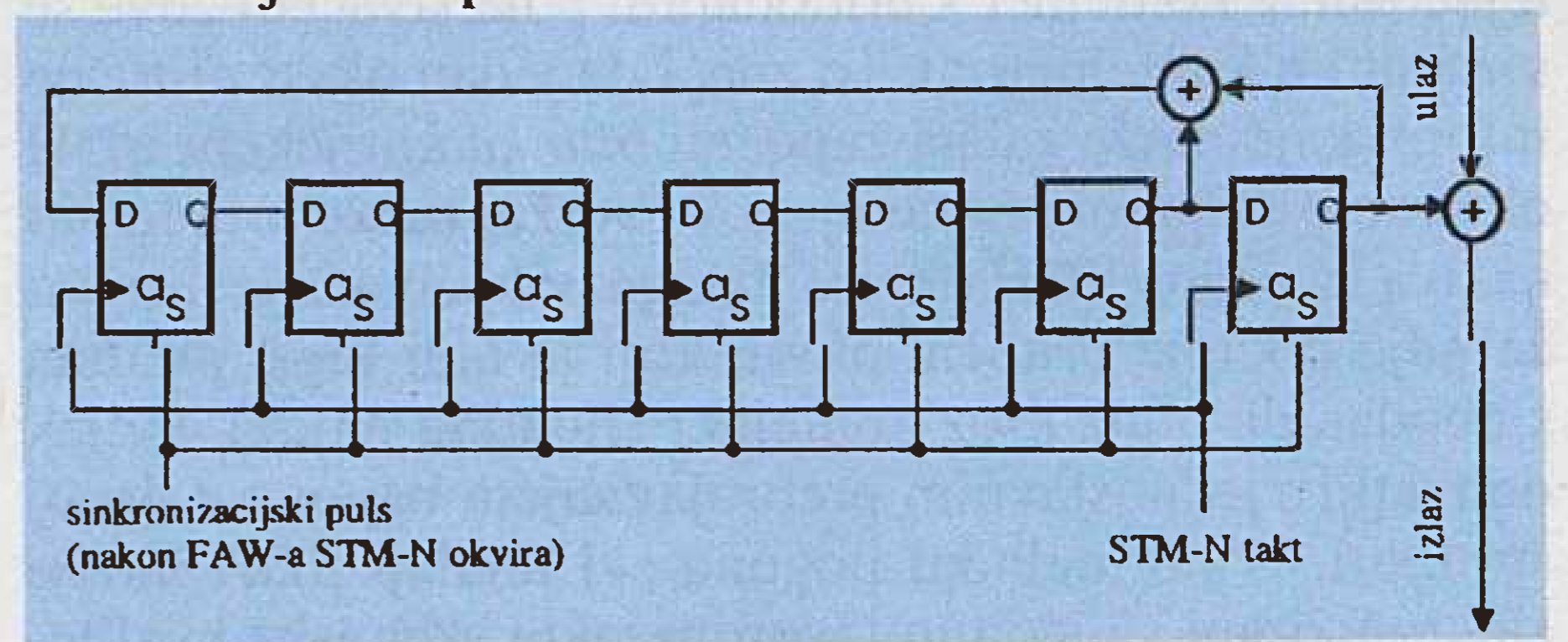


Slika 6. Temeljna struktura okvira STM-N

trajanje retka u realnom vremenu isto, jer je brzina signaliziranja točno N puta veća. Ovo svojstvo daje mogućnost modularne proizvodnje STM-N signala. Sve *komplikirane* operacije sa multipleksiranjem obavljaju se na razini STM-1, nakon čega se N priređenih STM-1 modula jednostavno bajt po bajt multipleksira u STM-N signal. Jedino SOH u tom postupku doživljava minimalne promjene, o kojima će se više reći u odjeljku 2.4.1. Prisjetimo se da kod PDH to nije tako. SDH sustav otvoren je za buduću nadogradnju. STM-16 okvir može se proizvesti multipleksiranjem četiri STM-4 okvira, koji pak nastaju multipleksiranjem četiri STM-1 okvira. No, isto tako, STM-16 može se proizvesti direktnim multipleksiranjem 16 signala STM-1. To proizvođačima opreme ostavlja tehnološku slobodu odabira rješenja i mogućnost maksimalno modularne koncepcije sustava.

Pitanje linijskog koda uvijek je važno kod prijenosnih sustava. Naime, poželjno je da digitalni slijed ima što više tranzicija između stanja 0 i 1, tj. 1 i 0, a što manje dugač-

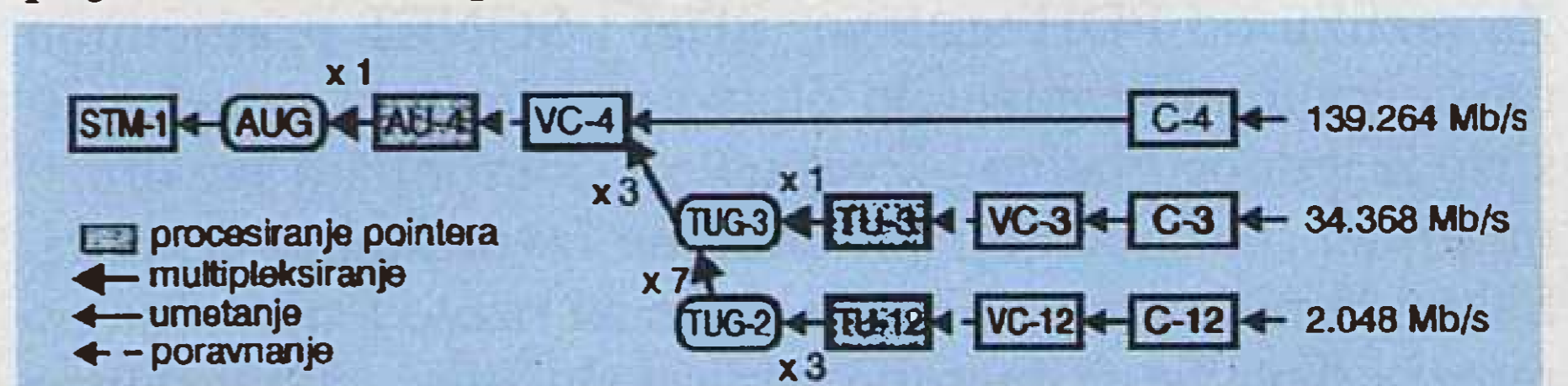
kih povorki bitova iste logičke vrijednosti. Temeljem tih tranzicija moguće je na prijemnoj strani lakše regeneriranje takta dolaznog signala. U sučeljima za električne linije kod STM-1 uređaja rabi se kod CMI. Kod optičkih sučelja koristi se najjednostavniji NRZ (Non Return to Zero, bez povratka na nulu - impuls traje koliko i interval binarnog signaliziranja) kod, koji sam po sebi ne može osigurati pouzdanu regeneraciju takta. Radi toga se STM-1 signal podvrgava prolasku kroz pseudoslučajni koder duljine sekvencije 127 bita, s generatorskim polinomom $1 + x^6 + x^7$. Taj sklop, prikazan na slici 7, u engleskoj se terminologiji naziva scrambler. Kroz njega se propuštaju svi bajtovi STM-1 okvira, osim prvih devet bajtova SOH-a, koji sadrže FAW STM-1 okvira, pa se njihov binarni sadržaj ne smije mijenjati. Sklop osigurava dovoljno tranzicija u slučaju pojave dugačkih uzastopnih nizova. Kod STM-N signala ovaj se postupak vrši tek kada su pritočni STM-1 okviri multipleksirani na razinu STM-N. Oni sami se prije multipleksiranja ne podvrgavaju prolasku kroz pseudoslučajni sklop.



Slika 7. Digitalni sklop za kodiranje i dekodiranje pseudoslučajnim kodom (scrambler / descrambler)

2.2.1. Gradivni elementi STM-1 signala

Slika 8 je vjerojatno najvažnija ilustracija za razumijevanje onoga što se događa pri formiranju STM-1 okvira. Na njoj su naznačeni samo putevi multipleksiranja koje se odigrava pri pakiranju CEPT-ovih, dakle europskih, PDH signala u STM-1 signal. Na početku ćemo definirati važne pojmove, stalno pritom gledajući sliku 8.



Slika 8. Gradivni elementi STM-1 signala

Kontejner (C, Container) je definirani prijenosni kapacitet sinkroniziran od strane SDH mreže, u koji se ubacuju pritočne informacije iz pleziokronog sustava, pa prema tome predstavlja sučelje pleziokronog i sinkronog sustava. Uloga kontejnera je da priredi pleziokrone signale za prijenos sinkronom mrežom. Veličina kontejnera daje se u bajtovima. Pritočne informacije podvrgavaju se postupcima pozitivnog i negativnog poravnanja takta, prema trenutnoj potrebi, kako bi se uklopile u odgovarajuće kontejnere. Da bi se dohvatila pritočna informacija iz SDH sustava, potrebno je demultipleksirati kontejner u kojemu je ona smještena. Koncept pozitivnog poravnanja trebao bi čitatelju biti jasan iz poglavlja o PDH. Negativno poravnanje omogućeno je tako što kontejner ima određeni broj slobodnih mjesta koja ne nose informaciju, a koja se u slučaju potrebe (pre-

brzi pritočni kanal) mogu uporabiti za smještaj "viška" informacije u jedinici vremena. Tablica 3 daje oznake svih vrsta kontejnera u SDH sustavu s njihovim namjenama i veličinama. Kontejneri C-11 i C-2 služe samo za prihvata PDH signala američkog standarda, pa na slici 8 naravno ne figuriraju. Kontejner sadrži četiri vrste informacija: čisti PDH pritočni signal, fiksne bajtove i bitove poravnanja (fixed stuff) za približno poravnanje, varijabilne bitove poravnanja za precizno poravnanje (oni mogu biti korišteni kao pritočni ili kao poravnavajući), te bitove indikacije da li su varijabilni bitovi poravnanja zauzeti informacijom ili ne. Postoje slijedeće vrste kontejnera važnih za multipleksiranje europskih PDH kanala: C-12 za prihvata signala od 2 Mb/s, C-3 za 34 Mb/s, te C-4 za 140 Mb/s. C-3 služi još i za prihvata američkog signala od 45 Mb/s.

Tablica 3. Kontejneri i virtualni kontejneri u sinkronoj digitalnoj hijerarhiji

Oznaka	Namjena za prihvata PDH okvira [kb/s]	Veličina kontejnera [byte]	Brzina kontejnera [kb/s]
<i>Kontejneri</i>			
C-11	1544	25	1600
C-12	2048	34	2176
C-2	6312	106	6784
C-3	44736 ili 34368	756	48384
C-4	139264	2340	149760
<i>Virtualni kontejneri</i>			
VC-11		26	1664
VC-12		35	2240
VC-2		107	6848
VC-3		765	48960
VC-4		2349	150336

Virtualni kontejner (VC, Virtual Container) nastaje tako da se kontejneru C doda zaglavlje puta (POH, Path Overhead). Put (path) je pojam vezan za kontejner. On se ne odnosi na bilo koju pojedinu dionicu ili skupinu uzastopnih dionica kojima putuje signal STM-1, već točno na put od točke do točke u kojima se kontejner formira i razgrađuje. POH nosi dodatne informacije koje osiguravaju pouzdan transport kontejnera od njegova izvora do ponora. POH sadrži informacije o nadgledanju i održavanju puta kontejnera proslojenog kroz SDH mrežu. Postoji distinkcija između virtualnih kontejnera višeg reda (HO VC, Higher Order VC) i nižeg reda (LO VC, Lower Order VC). Vrsti LO VC pripada onaj virtualni kontejner koji je sadržan u nekom većem kontejneru. Vrste virtualnih kontejnera su VC-11, VC-12, VC-2, VC-3 i VC-4. Oni su u direktnoj vezi s odgovarajućim kontejnerima - razlikuju se samo za POH. VC-11 i VC-2 ne pojavljuju se u europskoj varijanti sinkronih sustava. U tablici 3 vidimo da su virtualni kontejneri nešto veći i brži od odgovarajućih kontejnera. Veličina bloka POH za svaki VC lako se ekstrahira iz te tablice.

Administrativna jedinica (AU, Administrative Unit) je ona komponenta STM-1 signala unutar koje VC može kliziti, tj. plutati u odnosu na početak okvira. Veličina tog pomaka zapisana je, već smo rekli, u pokazivaču PTR. AU nastaje dodavanjem pointera HO VC-u. Postoje AU-3 i AU-4. AU-3 se ne koristi u europskom sustavu, jer je u njemu

VC-3 virtualni kontejner nižeg reda. (U američkom SONET-u VC-3 je višeg reda. Tamo se tri VC-3 prenose direktno u STM-1, bez posredovanja VC-4, pa je 9 bajtova pointera podijeljeno u tri puta po tri bajta. Zajednica "američkog" VC-3 i odgovarajuća 3 bajta pointera čini AU-3.)

Grupu administrativnih jedinica (AUG, Administrative Unit Group) čine tri AU-3 u američkom, odnosno jedna sama AU-4 u europskom sustavu. Kod nas, dakle, nema baš nikakve razlike između AUG i AU-4. AUG je definiran samo radi SONET-a. Veličina AU-3 je 786 byte, a brzina 50304 kb/s. AU-4 i AUG identične su jedinice veličine 2358 byte i brzine 150912 kb/s. Primijetimo da je AUG točno trostruko veći od AU-3. AUG dakle nastaje jednostavnim multipleksiranjem tri AU-3 bajt po bajt. STM-1 dobija se, konačno, dodavanjem SOH-a AUG-u.

Pritočna jedinica (TU, Tributary Unit) je komponenta (informacijski kapacitet) unutar HO VC-a u kojoj može kliziti pritočni LO VC, upotpunjena odgovarajućim pointerom, zvanim TU-PTR. Postoje TU-11, TU-12, TU-2 i TU-3. U europskom sustavu koriste se TU-12 i TU-3. TU-12 ima 36 byte i brzinu od 2304 kb/s. TU-3 zaprema 768 byte, uz brzinu od 49152 kb/s.

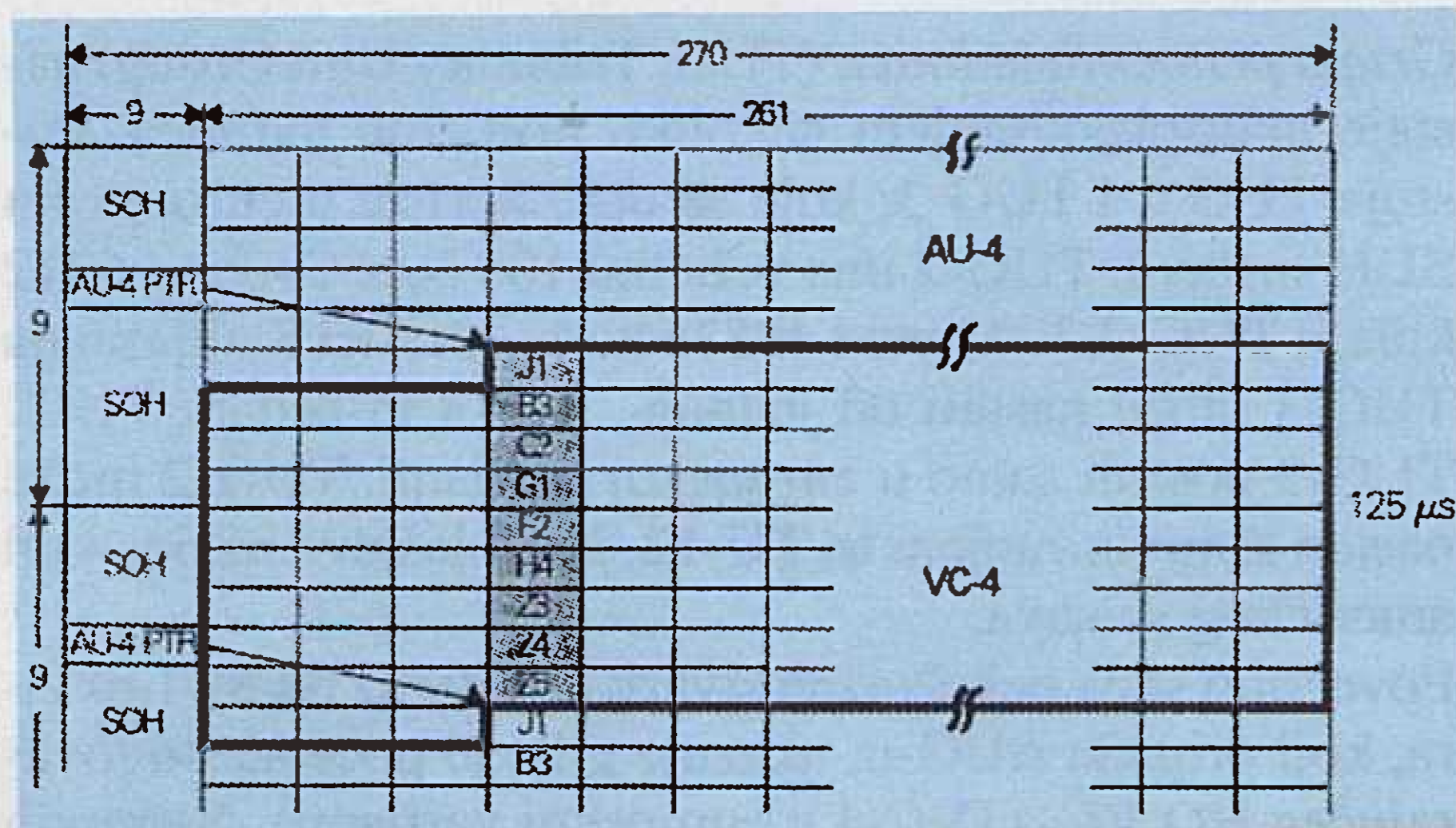
Grupa pritočnih jedinica (TUG, Tributary Unit Group) nastaje multipleksiranjem nekoliko pritočnih jedinica. Postoje TUG-2 i TUG-3, koje se obje koriste u europskom SDH sustavu. TUG-2 ima veličinu 108 byte i brzinu 6912 kb/s, a TUG-3 774 byte i 49536 kb/s. Na slici 8 vidimo da TUG-3 može nastati od jednog TU-3 ili sedam TU-2. TUG-3 postoji samo u europskoj varijanti. TUG-2 može nastati kombiniranjem tri TU-12, ili na još dva načina kod američkog sustava.

Povežimo sada neke važne stvari: pointer iz STM-1 okvira, koji pripada AUG-u, ukazuje gdje je početak odgovarajućeg HO VC-a (VC-4 u europskoj varijanti). Njegovih pak 3 pointera, koji su na čvrsto definiranom mjestu unutar VC-4, ukazuju na početke TUG-ova koji ulaze u VC-4, a to su grupe TUG-3. Svaki TUG-3 ima pointer koji pokazuje na početak njegova virtualnog kontejnera tipa VC-3, kada je riječ o multipleksiranju PDH signala razine 34 Mb/s, odnosno početke grupa TUG-2, kojih po sedam pripada svakoj grupi TUG-3, ako se radi o multipleksiranju PDH signala od 2 Mb/s. U europskoj varijanti TUG-2 nastaje slaganjem tri pritočne jedinice TU-12 smještene u VC-12, bajt po bajt. Na početku TUG-2 nalaze se tri bajta pointera priteklih iz jedinica TU-12, koji ukazuju na njihove početke unutar TU-2. Poanta je u slijedećem: položaj pointera u svakom entitetu SDH sustava koji ga ima, čvrsto je definiran u odnosu na STM-1 okvir. Sama pritočna informacija u tom entitetu može plutati, jer se njen općenito varijabilan položaj nalazi zapisan u pointeru, na fiksnom mjestu. Tako se praćenjem vrijednosti pointera u *hodu*, bez memoriranja okvira (buffering), korak po korak, dolazi do sve detaljnije adrese kontejnera u kojem se nalazi nama zanimljiv PDH kanal. Demultipleksiranje cijelog STM-1 okvira samo radi dohvata jednog od možda mnogobrojnih PDH kanala nije dakle potrebno.

Čitava priča oko slaganja signala STM-1 može se svesti u nekoliko "matematičkih" izraza, koji se lako provjeravaju na slici 8:

$$\left. \begin{aligned} C + POH &= VC \\ LO VC + PTR &= TU \\ HO VC + PTR &= AU \\ AU &\rightarrow AUG \\ AUG + SOH &= STM - 1 \end{aligned} \right\} (2)$$

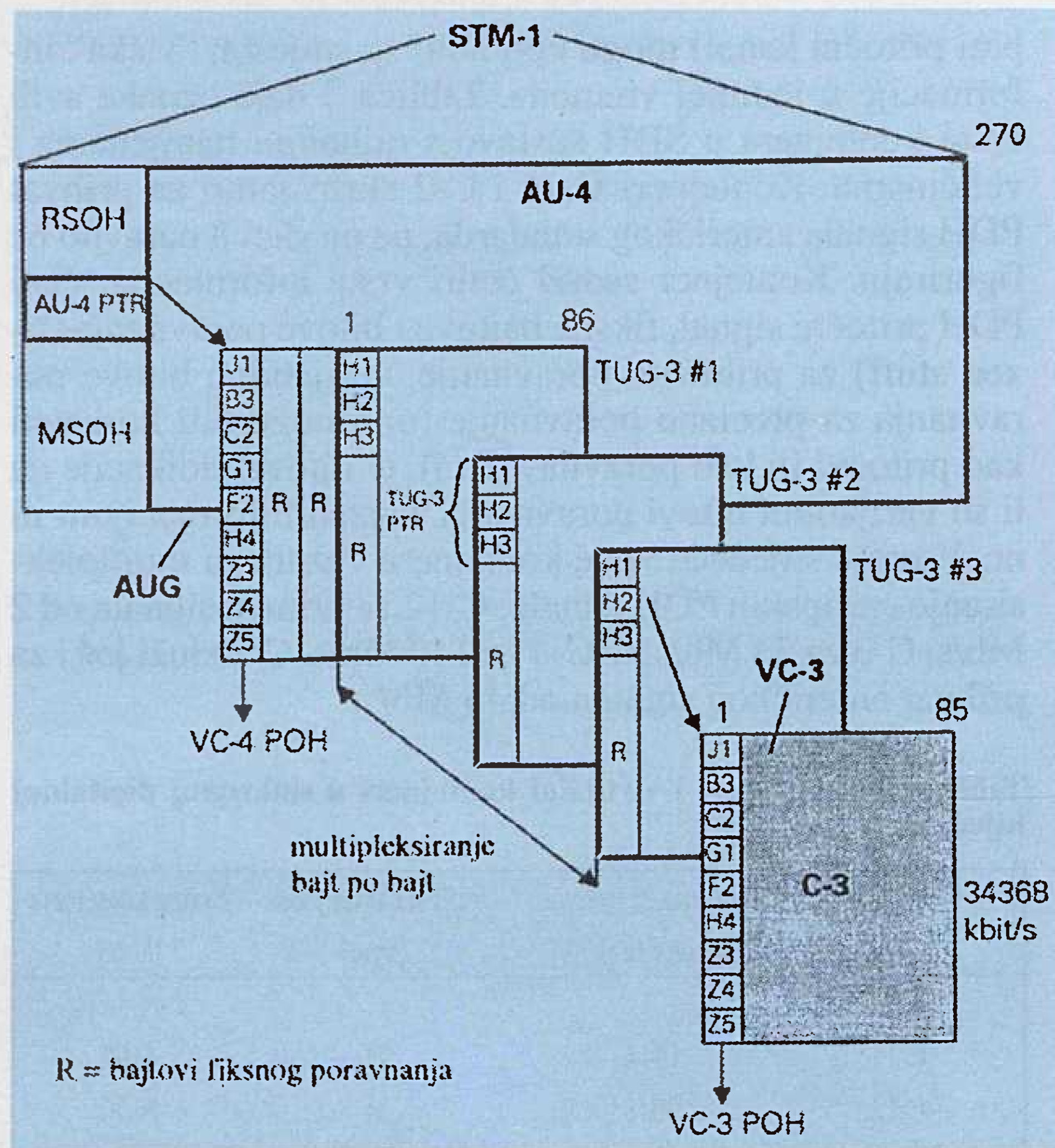
Slika 9 prikazuje na primjeru pointera jedinice AU-4 što u stvari znači da pritočna informacija pluta ili klizi kroz AU-4. Uvodni prikaz STM-1 okvira sa slike 5 nedovoljno je precizan da bi to definirao. Potrebno je promatrati vremenski slijed više okvira. Da bi se izbjeglo memoriranje silnih podataka iz jednog STM-1 okvira, pointer nužno mora pokazivati adresu (redni broj bajta u STM-1 okviru) koja u vremenu nailazi *poslije* njega. U najboljem slučaju to može biti adresa u njegovu, četvrtom retku okvira. Radi toga se granice VC-4 ne poklapaju s granicama kojima je omeđen koristan teret (payload) na slici 5. Prvi stupac u VC-4, ako on prima direktno kontejner C-4, je njegov POH, koji se sastoji od 9 bajtova posebnih namjena. O tome će biti govora u odjeljku 2.4.2. Slična situacija je i u drugim slučajevima. Mjesto pointera *uvijek* je u danoj strukturi fiksno, a mjesto početka informacije *nije*.



Slika 9. Funkcija pokazivača AU-4 PTR i pojam AU-4 i VC-4

Slika 10 nam malo detaljnije pokazuje kako se od triju pritočnih PDH kanala ranga 34 Mb/s dolazi do STM-1 okvira. Taj primjer odabran je radi jednostavnosti. Kod svih drugih složenijih slučajeva vrijede isti, već par puta ponovljeni principi, pa će te slučajeve čitatelj suočen s njima u literaturi lako prozrijeti. Na slici 10 po prvi put se pojavljuje POH, čija uloga je objašnjena u odjeljku 2.4.2.

Na ovom mjestu valja spomenuti da u nekim strukturama nije moglo biti ostavljeno dovoljno mjesta za pointer, a da bi on mogao adresirati sve bajtove te strukture prisutne u jednom okviru. Da ne bude zabune, naglasimo da pointer treba moći adresirati *svaki bajt* strukture. Krivo bi bilo misliti da pointer strukture sa M pritočnih jedinica treba moći adresirati M lokacija. Naprotiv, struktura sa M pritoka treba imati M pointera. Tada ukupno adresno polje svakoga od njih može biti M puta manje radi multipleksiranja bajt po bajt, koje u čvrsto definiranom sustavu razdjeljuje raspoloživi format na M dijelova točno pridodanih svakoj pritoci. Kratko rečeno, adresno polje pointera veliko je $(2^S/M) - B_p$, gdje je S veličina strukture u bajtovima. Suptrahend $-B_p$ u izrazu postoji zato što pointer ne treba adresirati samoga sebe. B_p je veličina pointera u bajtovima. Radi toga pointer treba imati najmanje ovoliko bitova:



Slika 10. Slaganje STM-1 okvira od tri pritočna PDH kanala ranga 34 Mb/s

$$b_{p,\min} = \left\lceil \log_2 \left(\frac{2^S}{M} - B_p \right) \right\rceil. \quad (3)$$

U svakom slučaju, broj adresa za koje je zadužen pojedini pointer zna biti dosta velik, a da sam pointer nije dovoljno dugačak prema (3). Primjerice, u tablici 3 vidimo da je VC-12 velik 2240 bajta. Samo jedan od njih je pointer, čije je adresno polje veliko očigledno 2239 bajta. Kako jedan bajt pointera (8 bitova) može adresirati samo 256 lokacija, on nije dovoljan za potrebe VC-12. Zato se pointer prenosi u 4 uzastopna okvira, i tako redom. Struktura od četiri STM-1 okvira naziva se *multiokvir*, a uvedena je upravo radi toga.

Detaljna struktura samih pointera ovdje se neće prikazivati radi nedostatka prostora. Autor smatra da je opće poznavanje njegove ključne uloge u SDH sustavu dostatno kao osnovna informacija potrebna za daljnje studiranje literature. Podrobnije informacije mogu se naći u [5]. Najvažnije je memorirati da je sustav pointera ono suštinski važno, što čini prednosti SDH sustava ispred njegovog starijeg PDH rođaka.

2.3. Kontejneri

Kontejner je sučelje dvaju svjetova - PDH i SDH. On prihvaća pleziokrone signale u SDH sustav. Prilagodba pleziokronih signala na digitalnu brzinu pojedinih kontejnera obavlja se kombiniranim poravnanjem bit po bit i bajt po bajt. Brzina kontejnera uvijek je veća od najveće moguće brzine pritočnog PDH kanala. Kontejner se može zamisliti kao okvir u kojemu se prenosi odgovarajući pleziokroni signal. Pored informacijskih bitova, u njemu se prenosi i izvjesna količina fiksnih poravnavajućih bitova i bajtova (fixed stuff), koja može biti znatna, zatim jedan broj bitova za fino poravnanje, te za indikaciju da li su ti bitovi

rabljeni za prijenos informacije ili za poravnanje. Položaj svih ovih bitova unutar okvira je stalan.

2.3.1. 34 Mb/s kanal u kontejneru C-3

Prikaz smještaja svih vrsta PDH kanala u odgovarajuće kontejnere SDH sustava tražio bi suviše mjesta. Princip će se zato dati na primjeru ubacivanja pleziokronog kanala od 34 Mb/s u kontejner C-3, na kojemu se najbolje vidi da sinkrona digitalna hijerarhija, prvotno osmišljena u Americi i optimirana na američki PDH sustav, ne omogućuje baš najefikasniji prihvat europskih PDH signala. Naime, u STM-1 signalu našlo se prostora samo za tri grupe od 34 Mb/s, iako bi moglo biti mjesta i za četiri.

Na slici 8 vidimo put kojim treba ići. 34 Mb/s signal ulazi u kontejner C-3, koji po dodjeli 9-bajtnog POH-a postaje VC-3. Dodatkom pointera dobija se TU-3. Pointer TU-3 ima tri bajta. Kada se tome doda još šest bajtova fiksnog poravnanja, nastaje TUG-3, koji se, dakle, ni u čemu bitnom ne razlikuje od TU-3. Dalje, multipleksiranjem triju grupa TUG-3 bajt po bajt, te dodavanjem odgovarajućeg POH-a od 9 bajtova, nastaje VC-4. Osnovni problem je u tome što je kontejner C-3 prilagođen američkoj PDH razini od 45 Mb/s, a služi i za europski signal od 34 Mb/s, za kojega je očito prevelik. Radi toga, da bi C-3 mogao primiti 34 Mb/s, treba u njega potrpiti mnoštvo beskorisnih bitova fiksnog poravnanja, koji premošćuju tu razliku u brzini, a ne služe prijenosu baš nikakve informacije. Da bi se izašlo u susret SONET-u, SDH-u je na taj način oduzeta jedna 34 Mb/s grupa.

Slično, ali manje drastično, dogodilo se kod primanja 2 Mb/s kanala u SDH. Umjesto njih 64, u STM-1 stane ih samo 63. Uzrok vidimo opet na slici 8. Kontejner C-12 namijenjen je, doduše, samo europskim signalima od 2 Mb/s. Međutim, grupa TUG-2 služi za signale oba sustava, a optimirana je na američke.

Tablica 4 daje pregled sadržaja onoga dijela virtualnog kontejnera VC-3 u koji se pakiraju bitovi jednog 34 Mb/s kanala. Vremenski redoslijed pobrojanih bitova fiksno je određen, ali nama sada nije važan. Vidimo da se preko 28% bitova troši na grubo poravnanje, dok je istodobno za fino poravnanje (ono u stvari kompenzira šetanje frekvencije PDH signala) dostatno samo 2 bita ili 0.099% ukupnog sadržaja. Bitovi poravnanja uzimaju više od trećine broja mjesta dodijeljenih čistoj informaciji. Kako VC-3 sadrži 3 identična dijela (za svaku pritočnu grupu) plus devet bajtova POH-a, jasno je da je na račun bitova fiksnog poravnanja u VC-3 *mogla* stati još jedna 34 Mb/s grupa, pri čemu bi i dalje ostao izvjestan broj slobodnih bitova za fiksno poravnanje.

Koja je glavna poruka ovoga odjeljka? Kada god je to moguće, u SDH sustav treba ulaziti direktno s PDH grupama razine 2 Mb/s, a ne njih pakirati u signale od 34 Mb/s, pa tada pristupiti na SDH. Dakle, kontejner C-3 treba koristi-

Tablica 4. Pakiranje jednog kanala od 34 Mb/s u jednu trećinu (tri retka) payload bloka virtualnog kontejnera VC-3

Sadržaj	Veličina [bit]	Udio [%]
Informacijski bitovi	1431	70.98
Bitovi grubog (fiksnog) poravnanja	537	28.42
Bitovi kontrole finog poravnanja	10	0.496
Bitovi finog poravnanja	2	0.099
Ukupno	2016	

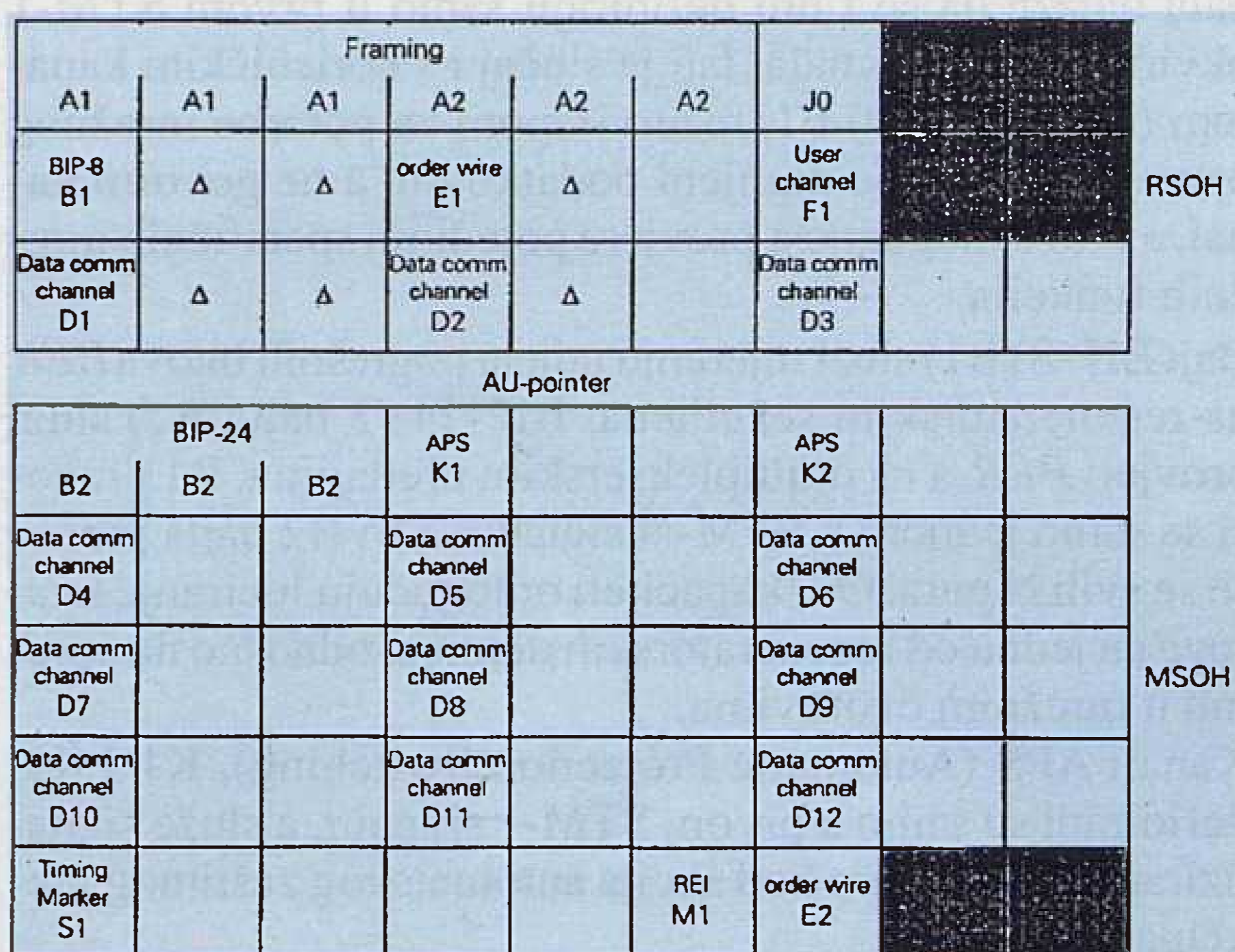
ti samo ako je neophodno potrebno prenositi širokopojsne signale, koji nisu sastavljeni od niza signala ranga 2 Mb/s. S prijenosom europske razine od 140 Mb/s modulom STM-1 nema nikakvih problema - ona direktno ulazi u kontejner C-4, tj. u virtualni kontejner VC-4.

2.4. Zaglavlje

Postoje dvije vrste zaglavlja: SOH i POH. SOH se pridjeljuje grupi AUG i s njom čini strukturu STM-1. To se vidi na slici 5. POH se dodjeljuje kontejneru, na putu od njegova izvora do ponora. Uloga zaglavlja u SDH sustavu je vrlo važna, a koncepcija mu je takva da se nalazi na točno određenim mjestima u formatu, odvojeno od informacijskog sadržaja na kojega se odnosi. To omogućuje da zaglavlje obavlja svoje funkcije i bez potrebe za demoduliranjem informacije.

2.4.1. Sekcijsko zaglavlje (SOH)

SOH se sastoji od dva dijela. Prva tri retka po 9 bajtova (slika 5) nazivaju se RSOH (Regenerator SOH), a preostala četiri retka MSOH (Multiplex SOH). RSOH predstavlja informacijski kapacitet raspoloživ za prijenos informacija o putu signala od jedne do druge regeneratorske točke, pa on sadrži bajtove ovisne o stanju prijenosnog medija, i one važne za regeneratorske uređaje. MSOH pak ima kapacitete za prijenos podataka koji se odnose na multipleksne uređaje u mreži. Detaljna struktura SOH-a vidi se na slici 11. Radi lakšeg čitateljevog snalaženja u literaturi, oznake bajtova i njihovi nazivi na slici su ostavljeni u izvornom, engleskom jeziku, a u tekstu će biti dan prijevod tih pojmova.



Slika 11. SOH u STM-1

Krenimo redom: prvih 6 bajtova tipa A1 i A2 predstavljaju FAW signal okvira STM-1. Njihov stalan binarni sadržaj je: A1 = 11110110 i A2 = 00101000. Kod slaganja STM-N signala oni se jednostavno redaju bajt po bajt iz svakog pritočnog STM-1 signala.

Simbolima D1 do D12 označeni su DCC (Data Communication Channel) bajtovi za komuniciranje podacima. Svaki osam-bitni bajt u STM-N signalu ima transmisijski kapacitet od 64 kb/s, jer se STM-N okvir ponavlja 8000 puta u sekundi. Bajtovi D1-D3 nalaze se u RSOH-u, a označu-

ju se skupnom kraticom DCC_R . Kako ih ima 3, njihov ukupni kapacitet je 192 kb/s. Ti kanali koriste se za potrebe mreže upravljanja telekomunikacijskog sustava TMN (Telecommunication Management Network). Bajtovi D4 do D12 nalaze se u MSOH-u i označuju se kraticom DCC_M . Kako njih ima 9, ukupan kapacitet im je 576 kb/s. U SDH mreži, jedan ili više mrežnih elemenata može imati sučelje za spoj na sustav upravljanja višeg reda. Takvi elementi zovu se "vratima" (GNE, Gateway Network Element). Zadaća DCC_R je prijenos komandi sa GNE na regeneratorske stanice, i transmisija podataka koje generiraju regeneratori od njih prema GNE. Svaki regenerator ima pristup DCC_R kanalima. DCC_M bajtovi omogućuju podatkovno komuniciranje između GNE i multipleksera koji imaju dostup DCC_M kanalima. U STM-N sustavu, svi kanali D1 - D12 definirani su samo u prvom STM-1 okviru, dok preostalih (N-1) ne prinosi DCC kanale u rezultatni STM-N signal. Prema tome, u svakom STM-N signalu uvijek je kapacitet DCC_R signala jednak 192 kb/s, a DCC_M kanala 576 kb/s. To je i normalno, jer prijenosni kapaciteti potrebni za TMN nemaju veze s transmisijskim kapacitetom sustava, već samo moraju dostajati za rad udaljenog operatera s opremom. Bitno je samo to da komunikacija s elementom mreže bude dovoljno brza za neometani rad.

Bajt J0 naziva se tragom regeneratorske sekcije. On u osnovi služi da bi prijelnik mogao provjeriti spoj na odgovarajući odašiljač, a može biti i nespecificiran, pri čemu mu je binarna vrijednost jednaka 00000001. J0 također postoji samo u prvom od N STM-1 okvira pakiranih u STM-N. Bajtovi E1 i E2 (orderwire) služe govornoj komunikaciji servisnog osoblja. E1 prenosi govor između regeneratorskih stanica, a E2 između čvorova mreže. Priroda ovih kanala nalaže da se i oni definiraju samo u prvom STM-1 okviru STM-N signala. Isti je slučaj i s korisničkim kanalom (user channel) F1, rezerviranom za potrebe mrežnog operatera. To je po namjeni podatkovni, a ne govorni kanal, a pruža mogućnost provjere pojedinih specifičnih mrežnih funkcija.

Bajt BIP-8 (B1) služi mjerenju udjela pogrešnih bitova *BER* na regeneratorskim sekcijama. BIP-24 (3 bajta B2) služi provjeri *BER*-a na multiplekserskim uređajima. B1 prenosi se samo jednom u STM-N signalu, a tri B2 bajta prenose se svih N puta. Ovi kapaciteti omogućuju lociranje kvarova na jednu od regeneratorskih dionica, odnosno na opremu u mrežnim čvorovima.

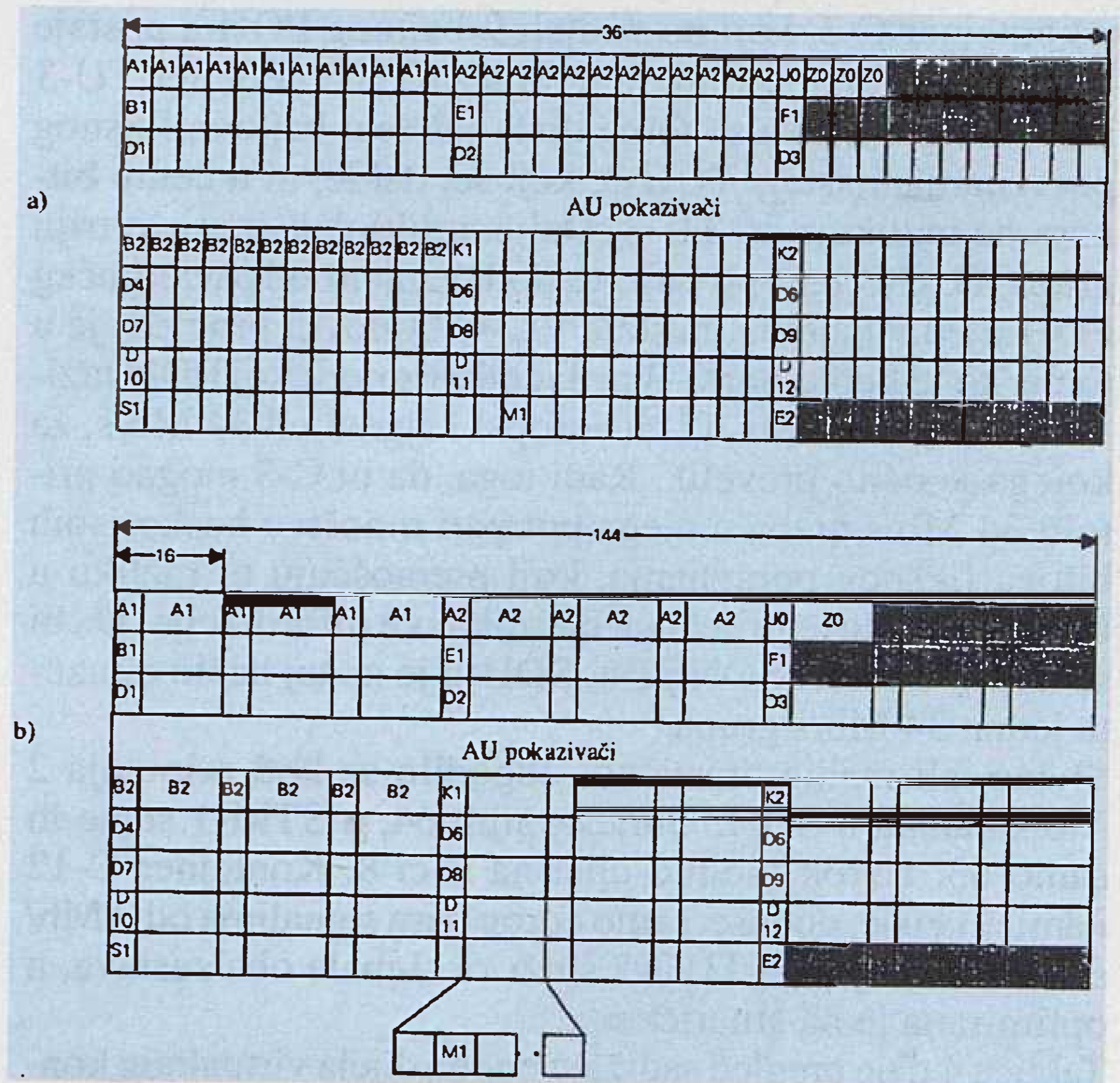
Kanali APS (Automatic Protection Switching), K1 i K2, definirani su samo u prvom STM-1 signalu, a služe signaliziranju potrebitom kod akcija automatskog zaštitnog preklapanja.

Bajt S1 (timing marker) služi sinkronizaciji SDH mreže na taj način da nosi informaciju o kvaliteti takta ulaznog STM signala. Taj podatak nije generiran u mreži, jer uređaji nemaju mogućnost kontrole stabilnosti frekvencije takta, već ga upisuje operater, odabravši ga iz grupe od nekoliko propisanih stupnjeva kvalitete označenih dogovorenim osam-bitnim kodom. Izborom sadržaja S1 može se utjecati na redoslijed događaja pri kvarovima izvora ili spojnog puta sinkronizacijskog signala, odnosno isprovocirati akcija kojom će se mreža automatski podvrgnuti pričuvnom režimu sinkronizacije na željeni način. S1 se prenosi samo jednom u STM-N.

Bajt M1 (MS-REI, Multiplex Section - Remote Error In-

dication) nosi informaciju o broju pogrešnih blokova detektiranih kodom BIP-24. Dopusnene binarne vrijednosti M1 su od 0 do 24 u STM-1, odnosno od 0 - 96 u STM-4. Ostalih 231, odnosno 159 vrijednosti, ne smije se pojaviti pod normalnim okolnostima. M1 se pojavljuje samo jednom u STM-N okviru.

Bajtovi Z1 i Z2 u SOH-u sačuvani su za još nedefinirane buduće funkcije, i to u svakom STM-1 unutar STM-N. Nepopunjeni bajtovi sa slike 11 su rezervirani za buduću internacionalnu standardizaciju, a zatamnjeni bajtovi slobodni su za standardizaciju na nacionalnoj razini. Informacijski kapaciteti u RSOH-u označeni sa Δ postoje radi prijenosa podataka vezanih za stanje prijenosnog medija regeneratorskih dionica.



Slika 12. SOH u STM-4 (a), odnosno u STM-16 (b)

Shvativši osnovnu ulogu pojedinih bajtova SOH-a u STM-1, i njihovu pojavnost u STM-N, čitatelj će lako razumjeti sliku 12, koja prikazuje sastav SOH-a u STM-4 i STM-16 signalima, te uočiti blaga odstupanja od običnog multipleksiranja bajt po bajt pri slaganju SOH-a u STM-N od pritočnih zaglavlja N signala STM-1. Sve drugo se podvrgava jednostavnom pravilu multipleksiranja bajt po bajt.

2.4.2. Zaglavlje puta (POH)

POH se dodaje kontejneru, da bi nastao virtualni kontejner, koji se prenosi duž svojega puta (path) kao nepromjenjivi entitet. POH sadrži informacije potrebne za pouzdan prijenos kontejnera. U VC-3 i VC-4 POH ima 9 bajtova, koji se nalaze u prvom stupcu VC-a, a redom se označuju sa: J1, B3, C2, G1, F2, H4, Z3, Z4, Z5. Bajt J1 je trag puta (path trace), koji služi za nadgledanje prospajanja puta kroz mrežu. On je ujedno i prvi bajt VC-a, na kojega pokazuje AU-pokazivač. Informacija se sastoji od 16 bajta, koji se prenose na mjestu J1 u šesnaest uzastopnih okvira. B3 služi za nadgledanje BER-a (BIP-8). Sadržaj signala C2 indicira sastav pritočne informacije virtualnog kontejnera. Primjerice, kod VC-4 treba indicirati da li u njega ulazi jedan C-4, tri TUG-3, ili pak ATM (Asynchronous Transfer Mode, asinkroni prijenosni mod) signal. G1 prikazuje stanje

puta (path status) na određeni način, kojega ovdje nije potrebno razlagati. F2 je standardni korisnički kanal rezerviran za operatera mreže. Indikator multiokvira (multiframe indicator) H4 služi kao pokazivač rednog broja okvira u multiokviru, ako je pritočna informacija rastavljena u nekoliko blokova, jer se njezin okvir ne može prenijeti u samo jednom okviru VC-a. Bajtovi Z3, Z4 i Z5 rezervirani su za buduću uporabu.

Virtualni kontejneri tipa VC-1x i VC-2, koji su uvijek vrste LO VC, imaju u jednom okviru mjesta samo za jedan bajt POH-a, tako da je za prijenos čitavog njihovog POH-a od 4 bajta potrebno četiri okvira u vremenskom slijedu (multiokvir od $4 \times 125 \mu s = 500 \mu s$), pri čemu se redom u svakom okviru prenose bajtovi V5, J2, Z6 i Z7. Bajt V5 nosi podatke važne za nadgledanje BER-a, označavanje vrste pritočnog kanala i indikaciju stanja puta virtualnog kontejnera. J2 je trag puta LO VC-a. Z6 i Z7 čuvaju se za buduću uporabu.

2.5. Uputa za daljnje čitanje

Do sada obrađeno gradivo čitatelj svakako može detaljizirati u već citiranoj literaturi. Radi ograničenog volumena članka, nažalost, moraju biti ispuštene dvije vrlo važne teme, naime *sinkronizacija i zaštita prometa*.

Intuitivno je jasno da pitanje sinkronizacije SDH mreže mora imati vrhunsku važnost. Problemi izvira iz raznolikosti rješenja mreža, uvjetovane mnogim faktorima: geografskim značajkama terena, namjeni mreže, brojem korisnika, prometnim opterećenjem, željenom sigurnošću prometa, ekonomskim mogućnostima, itd. Također, postoje teškoće oko očuvanja sinkronizma u teritorijalno velikim i razvedenim sustavima. Nema definitivnog recepta kako se to radi. Sinkronizacija je tema raspravljana već nebrojeno puta u mnogim stručnim časopisima i publikacijama. Čitatelju ne preostaje drugo nego da se osloni na udžbeničku literaturu poput npr. [9], kako bi usvojio temeljne koncepte, ili na stručne i znanstvene članke, te industrijske izvore, želi li ući duboko u problematiku. Najbolji izvor takvoga štiva vjerojatno su publikacije IEEE Communications Society.

Pitanje zaštite prometa vrlo je važno za operatere koji žive od prodaje telekomunikacijskih usluga. Niti jedan tehnički sustav nije imun na kvarove. Često puta postoji zahtjev da se promet sa dionice u kvaru *automatski* preusmjeri drugim putem, s kratkotrajnim ili nikakvim prekidom u komunikaciji. Varijante zaštite ovise o arhitektonskim pojedinostima mreže. Postoji više standardnih načina, koje će čitatelj lako shvatiti kada na njih naiđe u literaturi, jer je uglavnom riječ o pojmovno jednostavnim principima. Kriterij za aktiviranje zaštite je BER. Treba razlikovati zaštitu opreme pomoću pričuvnih (stand-by) uređaja, i zaštitu spojnog puta, na koju se više odnosi ovaj kratki ulomak. Najvažnije je skrenuti pozornost na metodu *zaštite prstena* (ring protection, self-healing ring). Naime, velike mreže nastoje se koncipirati u obliku zatvorenog prstena, tako da između svaka dva čvora postoje najmanje dva moguća spojna puta. Oprema se može tako programirati da u slučaju kvara jedne veze koja funkcionira pod normalnim okolnostima, jedan broj kanala, ili eventualno svi kanali, budu automatski preusmjereni na alternativni spojni put, u suprotnom smjeru prstena. Najmanji kvantum informacije koji se tako može štititi je kanal od 2 Mb/s, tj. VC-12,

odnosno 1.5 Mb/s u SONET-u. Žele li se štititi svi kanali, očito je da u jednostrukom prstenu treba predvidjeti dvostruko veći prometni kapacitet od onoga inače potrebnog. Obratno gledano, u slučaju kvara ona dionica koja preživi mora podnijeti jako povećani promet. U realnom svijetu velike mreže u pravilu se sastoje od više povezanih prstenova, koji se mogu dodirivati ne samo u pojedinim čvorovima, već i u čitavim granama. U tom slučaju je broj mogućih rješenja zaštitnog preusmjeravanja veći, a kod projektiranja treba pripaziti na razdiobu dodatnog tereta u svim predvidivim slučajevima pojedinačnog kvara vodova ili opreme. Naravno, operater ima mogućnost na opremi izvršiti takvo programiranje da štiti samo sebi najvažnije kanale, a one manje važne ne. To povećava iskoristivost kapaciteta mreže. Sigurnost transmisije plaća se smanjenjem raspoložive prijenosne moći sustava.

Na kraju, recimo da su sustavi SDH i SONET uređeni preporukama ITU-T. Koherentni skup od tri preporuke [3,4,5] već smo citirali. Tablica 5 pruža detaljniji popis preporuka ITU-T koje određuju sustave sinkrone digitalne hijerarhije. Čitatelj se upućuje na njih kao na meritornu referenciju.

Tablica 5. Popis preporuka ITU-T o sustavima sinkrone digitalne hijerarhije

Preporuka	Tema
G.707	digitalne brzine u SDH
G.708	sučelje mrežnog čvora za SDH
G.709	struktura multipleksiranja u SDH
G.781	struktura preporuka vezanih za SDH multipleksnu opremu
G.782	opće karakteristike SDH multipleksne opreme
G.783	karakteristike funkcionalnih blokova SDH multipleksne opreme
G.784	upravljanje SDH-om
G.sdx1	struktura preporuka vezanih za SDH prospojne panele
G.sdx2	opće karakteristike SDH prospojnih panela
G.sdx3	karakteristike funkcionalnih blokova SDH prospojnih panela
G.803	arhitekture prijenosnih mreža zasnovanih na SDH
G.825	kontrola podrhtavanja i šetanja (jitter and wander) u digitalnim mrežama zasnovanim na SDH
G.957	optička sučelja za SDH sustave i opremu
G.958	SDH digitalni linijski sustavi za svjetlovodne kabele
G.sna1	arhitekture SDH mreža
G.sna2	podaci o svojstvima SDH mreža
G.81s	SDH sinkronizacija i takt

2.6. O transmisijskoj mreži HEP-a

Elektroprivredne organizacije imaju relativno velike potrebe za telekomunikacijskim uslugama. Većina njih nastoji izgraditi vlastite sustave, kako ne bi morala plaćati skup zakup kapaciteta, koji se ipak ne koriste danonočno, a često se plaćaju paušalno. Elektroprivreda treba u prvom redu imati *raspoloživ* sustav, koji služi potrebama poslovanja tvrtke, vođenja i praćenja procesa, automatske obrade podataka, mobilnog komuniciranja terenskih ekipa i drugih službi, komuniciranju riječju i slikom, itd. Njegova vrijednost ogleda se prvenstveno u štetama koje mogu nastati radi nefunkcioniranja sustava veza u kriznim situacijama energetske sustava. HEP ima obvezujući dokument koji određuje potrebe pojedinih cjelina za komunikacijskim kapacitetima [10]. Pregled potreba u kraćem obliku

može se naći i u [11]. Što se tiče transmisijske mreže, najnužnije podatke o njoj čitatelj može pronaći u [12]. Ona će biti ostvarena kao prstenasta SDH mreža na razini 155 Mb/s (STM-1), mjestimično dopunjena PDH dionicama. Ukupno će biti ostvareno 8 SDH prstenova s djelomičnom automatskom zaštitom prometa. Okosnica mreže, dakle objekti u kojima će se nalaziti sinkroni multiplekseri, bit će mahom visokonaponske transformatorske stanice. Optički kabeli većinom su, ali ne svugdje, ugrađeni u zaštitnu užad dalekovoda, pa se to nameće kao prikladno rješenje. S obzirom da u Hrvatskoj postoje mnoge visokonaponske transformatorske stanice i drugi elektroprivredni objekti, nije bilo racionalno na svakoj lokaciji gdje bi se to inače moglo predvidjeti sinkronu opremu. Jedan broj objekata manjeg prometnog zahtjeva bit će zato povezan u obliku PDH lanaca "obješenih" u dva čvora SDH mreže. Pritom je zanimljivo i donekle specifično da su optičke niti tih lanaca dio istih kabela koji nose vlakna SDH dijela sustava. Drugim riječima, kabel primjerice fizički putuje dalekovodom od točke A do točke B preko točaka C i D. Sinkrona oprema nalazi se u A i B, ali ne i u C i D. Mjesta C i D karike su PDH lanca koji se u mjestima A i B pojavljuje kao pritočna grupa od 2 Mb/s, pored svih ostalih pritoka u stanicama A i B. Kanali iz lanca, potekli od 64 kb/s pritoka u C i D, stižu u sinkronoj stanici najprije na digitalni prospojnik, gdje se kombiniraju sa svim drugim kanalima objekta A, odnosno B, te kroz različite PCM30 grupe ulaze u SDH mrežu. Na taj način moguće je za neke od PDH kanala lanaca osigurati automatsku zaštitu. Kvarom kabela bilo gdje na dionici A-B, automatski strada i lanac koji sadrži odsječak C-D. U čitavoj mreži HEP-a postoje dvije dionice (u Istri i južnoj Dalmaciji), koje radi konfiguracije terena ne mogu biti dijelom prstena, već samo lanca na razini STM-1.

3. GLOBALNI PODMORSKI SUSTAVI OPTIČKIH VEZA

Već je više puta tijekom serije "Osnove optičkih komunikacija" rečeno da će tehnologija svjetlovodnih sustava konačno omogućiti pravo povezivanje čitavoga svijeta u jednu komunikacijsku mrežu. Ta je budućnost već počela. Ovdje ćemo u nekoliko riječi spomenuti što se na tom planu kani učiniti u slijedećih nekoliko godina. Dio ukupnoga posla već je dovršen. Opširne informacije o aktualnim podoceanskim optičkim sustavima nalaze se u [13]. Svima njima zajednička je primjena najsuvremenijih tehničkih rješenja. U prvom redu, radi se o primjeni EDFA pojačala [2], koja praktički omogućavaju premoštenje mnogih tisuća kilometara i dopuštaju buduće dogradnje i preinake sustava na veće digitalne brzine. Redovito se rabi danas najviša normirana SDH razina - STM-16. WDM tehnika omogućuje propuštanje više STM-16 signala kroz jedno vlakno. Ne treba zaboraviti ni velike dosege u tehnologiji podmorskih kabela, koji su izloženi vrlo velikim mehaničkim naprezanjima i kemijski izuzetno agresivnoj okolini.

Mreže koje se rade ili se planiraju su: *TAT-12/13* (Transatlantic Telephone, 12. i 13. trasa), koja SDH prstenom povezuje USA i Europu zaštićenim kapacitetom od 10 Gb/s; *FLAG* (Fibre optic Link Around the Globe), koji povezuje države Veliku Britaniju, Španjolsku, Italiju, Egipat, Ujedinjene Arapske Emirate, Indiju, Tailand, Maleziju, Kinu, Južnu Koreju i Japan, a koja nije prstenaste forme;

TPC-5 (Transpacific Cable, 5. trasa), koja povezuje zapadnu obalu USA s Japanom i pacifičkim otočjem; *APCN* (Asia Pacific Cable Network), koja veže Japan, Južnu Koreju, Taivan, Kinu, Singapur, Indoneziju, Maleziju, Tailand i Filipine; te *Africa ONE* (Africa Optical Network), koja će zaokružiti čitavu Afriku podmorskim kabelom dugim oko 40000 km, s kopnenim stanicama u četrdesetak zemalja priobalja toga kontinenta.

Pogledajmo primjera radi osnovnu mrežnu arhitekturu primijenjenu u sustavu TAT-12/13. U njemu postoje 4 kopnene stanice koje tvore jednostavan prsten, a to su redom u smjeru kazaljke na satu: Lands End (Engleska), Penmarch (Francuska), Shirley (New York, USA) i Green Hill (Rhode Island, USA). Postoje dakle 4 dionice podmorskog kabela koje ciklički vežu ova mjesta u SDH prsten. Svaka dionica ima dva para optičkih vlakana: jedan za redovnu uporabu (service pair) i jedan za zaštitu (restoration pair). Svako vlakno nosi dva STM-16 signala, koji u posebno razvijenim multiplekserima bivaju posloženi u digitalni niz brzine 2 x 2.5 Gb/s. Ovdje dakle nije rabljena WDM tehnika, nego klasično vremensko multipleksiranje. Između Europe i Amerike protežu se dvije takve dionice (Lands End - Green Hill i Penmarch - Shirley). Po svakoj od njih istodobno struje po dva multipleksirana STM-16 signala. Ukupni je kapacitet, dakle, 10 Gb/s. Isto toliki kapacitet imaju i zaštitni parovi vlakna, koji čuče u pričuvu, tako da je cjelokupni promet dvaju STM-16 modula automatski šticećen. Moguće je da će pričuvna vlakna biti iskorištena za promet manje važnosti. U tom slučaju kapacitet bi bio 20 Gb/s u ispravnom stanju, a 10 Gb/s u kvarnom stanju. Kod prekida jedne dionice, naime, pričuvna vlakna preostalih dionica automatski se oslobađaju za prihvatanje prometa iz servisnih vlakana, koji je veće važnosti. Kapacitet veze je prema tome 4032 E1 grupe ili 120960 govornih kanala po 64 kb/s. On je čitav zaštićen. Korištenjem rezervnih svjetlovodnih niti za obavljanje redovnoga prometa, mreža može ponijeti 8064 E1 grupe, tj. 241920 govornih kanala, s tim da polovica njih ne uživa zaštitu. Naravno, ovi brojevi dani su radi slikovitosti. Svi pritočni kanali neće biti govornog tipa.

4. ZAKLJUČAK

Suvremeni sustavi digitalnih optičkih komunikacija bazirani su na PDH i SDH. Sustavi PDH pogodni su za jednostavnije mreže prijenosnih kapaciteta do 140 Mb/s, a pogotovu za jednostavne veze, izvan mreža. SDH sustavi imaju više važnih prednosti u velikim mrežama velike brzine. PDH i SDH žive zajedno, jer kanali bilo koje vrste, koji se transportiraju sinkronim mrežama, potječu u stvari od opreme PDH vrste. Optičke su komunikacije omogućile snažno informacijsko povezivanje čitavog svijeta, koje je upravo u tijeku.

LITERATURA

- [1] D. SABOLIĆ: "Osnove optičkih komunikacija - I dio: Prijenos optičkih signala svjetlovodnim vlaknima", Energija 5/1997, Zagreb 1997.
- [2] D. SABOLIĆ: "Osnove optičkih komunikacija - II dio: Generiranje, detekcija i pojačanje svjetlosnih impulsa u digitalnim prijenosnim sustavima", Energija 6/1997, Zagreb 1997.

- [3] ITU-T: Recommendation G.707
- [4] ITU-T: Recommendation G.708
- [5] ITU-T: Recommendation G.709
- [6] ITU-T: Recommendation G.711
- [7] B. MODLIĆ, I. MODLIĆ, "Modulacije i modulatori," Školska knjiga, Zagreb 1995.
- [8] ITU-T: Recommendation G.703
- [9] C. A. SILLER Jr, M. SHAFI (Eds.): SONET/SDH: "A Sourcebook of Synchronous Networking", IEEE Press, 1996.
- [10] E. ŠEHOVIĆ, A. BOBANOVIĆ, "Generalni plan razvoja mreže HEP-a", Bilten HEP-a, Zagreb 1994.
- [11] A. BOBANOVIĆ, B. ŠIPEK: "Telekomunikacije - preduvjet dobrog poslovanja", Vjesnik HEP, god XI, br. 76, Zagreb, travanj 1997.
- [12] A. BOBANOVIĆ, M. HAMIDOVIĆ: "HEP mreža - prema zahtjevima sustava", Vjesnik HEP, god. XI, br. 74/75, Zagreb, veljača/ožujak 1997.
- [13] P. R. TRISCHITTA, W. C. MARRA (Eds.): "Global Undersea Communication Networks", IEEE Communicatins Magazine, pp. 20 - 57, Vol. 34, No. 2, Feb. 1996.

OPTICAL COMMUNICATION FUNCTIONS - PART THREE: PLEOCHROIC AND SYNCHRONIC DIGITAL HIEARCHY

Basic information on the pleochroic digital hierarchy (PDH) are given as opposed to the synchronic one (SDH). A short review of planned optical transmission network of the Croatian electric power supply company is given as well as of global connection by submarine optical lines.

LICHTSTRAHLTECHNISCHE AUFGABEN IM INFORMATIONSAUSTAUSCH - III TEIL: ZEITLICH NAHE UND ZEITLICH GLEICHE DIGITALE EINORDNUNG

Beschrieben sind die Grundlagen der zeitlich nahen digitalen Einordnung ("Pläsiocchrone digitale Hyerarchie" - PDH) und der zeitlich gleichen digitalen Einordnung ("Sincrone digitale Hyerarchie"-SDH). Geben ist ein möglichst kurzer Rückblick auf das beabsichtigte Lichtstrahlübertragungsnetz der Kroatischen Verbundgesellschaft und auf seine Verknüpfung an allgemeine lichtstrahltechnische Unterseekabelverbindungen.

Naslov pisca:

mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska električarstva d. d.
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1997-12-08.



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA

DJELOTVORNOST ZAŠTITE NAMOTA TERCIJARA TRANSFORMATORA ODVODNICIMA PRENAPONA U "NEPTUN" SPOJU

Stjepan B a n i ć, Zagreb

UDK 621.314.2:621.300.74
STRUČNI ČLANAK

U ostvarivanju prenaponske zaštite namota tercijara energetskih transformatora danas se najčešće koristi sklop odvodnika u "neptun" spoju. U elektroprivrednim organizacijama kod nas i u inozemstvu ovaj sklop prenaponske zaštite najčešće se koristi. Proizvođači odvodnika prenapona u svojim katalozima preporučaju ovaj sklop odvodnika za zaštitu namota tercijara transformatora svih naponskih razina. Članak analizira odziv sklopa odvodnika u "neptun" spoju u uvjetima prenaponskih pojava na namotu tercijara i daje ocjenu djelotvornosti zaštite ovim sklopom odvodnika.

Ključne riječi: prenaponi, "neptun" spoj, tercijar, prenaponska zaštita, odvodnik prenapona.

1. UVOD

Prenaponi u mrežama visokog napona su neizbježna posljedica različitih događaja: sklopnih operacija, naglih promjena opterećenja, raznih kratkih spojeva, udara groma u postrojenja i dalekovode ili u blizini ovih postrojenja. Oni dovode do maksimalnih naponskih naprezanja izolacije i zato predstavljaju osnovu za dimenzioniranje izolacije, i presudno utječu na pouzdanost rada postrojenja i VN sustava kao cjeline. Zato su od nastanka prvih mreža, tijekom njihovog razvoja i danas, prenaponske pojave predmet permanentnog istraživanja. Dielektrična naprezanja opreme u eksploataciji imaju različite uzroke. Ova naprezanja klasiraju se na slijedeći način:

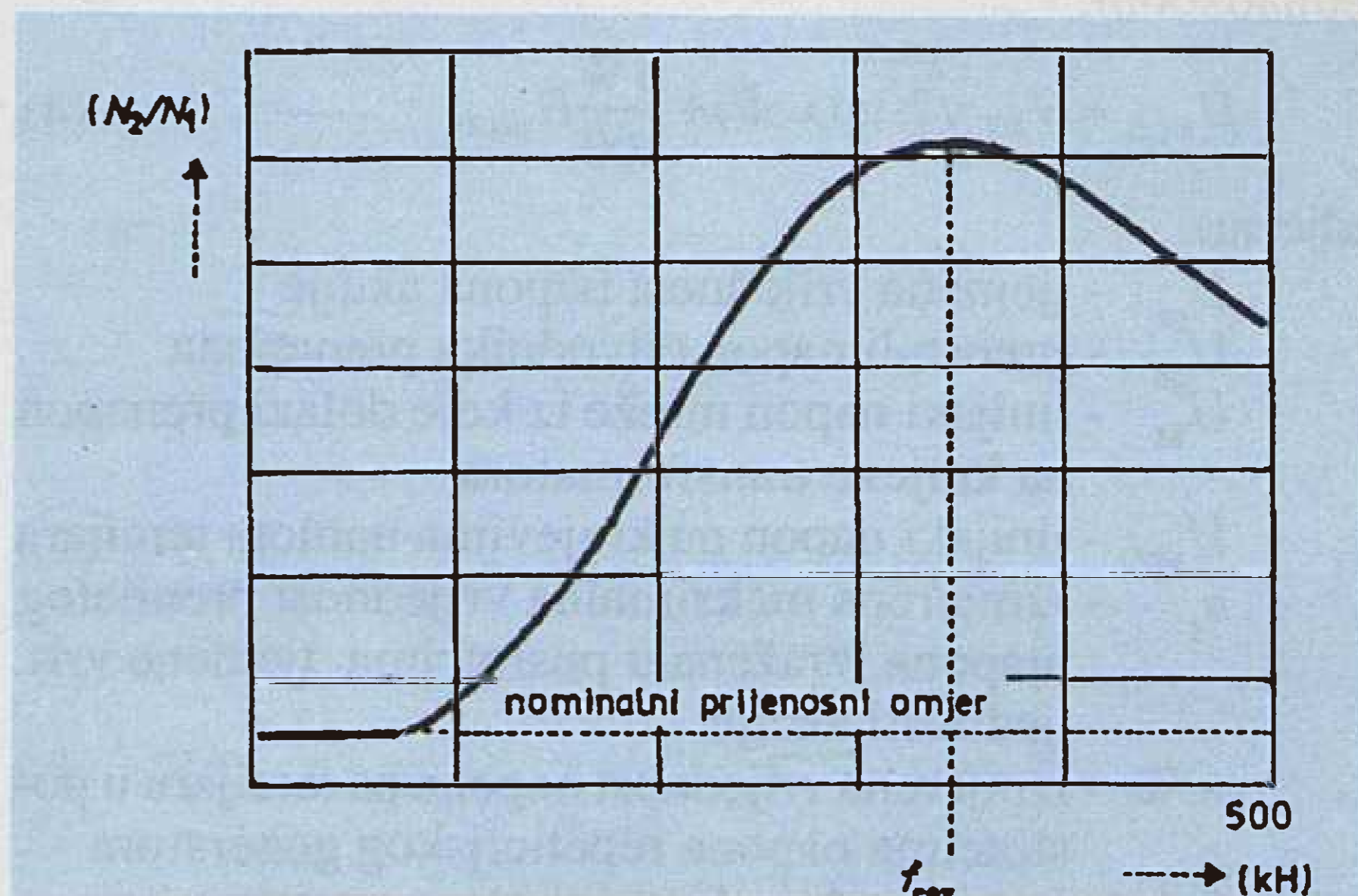
- naponi industrijske frekvencije u normalnim uvjetima eksploatacije, gdje naponi ne prelaze najviši napon kojem je oprema izložena u normalnom režimu bez poremećaja
- prekomjerna povećanja napona industrijske frekvencije ili privremeni prenaponi
- sklopni prenaponi
- atmosferski prenaponi.

Do pojave metalooksidnih odvodnika prenapona, studije o koordinaciji izolacije nisu se mnogo bavile privremenim prenaponima niti fluktuacijama pogonskog napona. Uzrok takvog pristupa je neosjetljivost klasičnih odvodnika ili iskrišta na ovu vrstu dielektričnih naprezanja. Uvođenje metalooksidnih odvodnika prenapona zahtijeva da se privremeni prenaponi što bolje definiraju, jer se preko njih definiraju parametri odvodnika prenapona. Međutim, vodeći računa da učestala naprezanja izolacije i prenaponi koji spadaju u dozvoljene, dovode do progresivne degradacije izolacije, potrebno je prenapone držati na što nižoj razini. Kvarovi na energetskim transformatorima najčešće su povezani s naponskim i dinamičkim naprezanjima namota tercijara transformatora. Zato se prenaposkoj za-

štiti namota tercijara posvjećuje velika pozornost stručnjaka.

2. KRATKA ANALIZA PRENESENIH PRENAPONA NA TERCIJAR

Namoti višeg i nižeg napona u transformatoru spregnuti su istodobno uzajamnom induktivnom i kapacitivnom spregom. Kada se na namot visokog napona narine strmi kratkotrajni aperiodični val ili prenapon visoke frekvencije, prevladava kapacitivna sprega između namota transformatora. Namoti visokog i niskog napona imaju različite električne parametre. Kod viših frekvencija namot visokog napona ponaša se kao lanac kondenzatora dok se istodobno namot nižeg napona ponaša kao sustav sa raspodijeljenim parametrima. Prijenosni omjer napona transformatora za nominalnu frekvenciju je N_1/N_2 . Kod viših frekvencija ovaj prijenosni omjer se mijenja. Porastom frekvencije prevladava kapacitivna sprega i prijenosni omjer raste sa porastom frekvencije. Na slici 1. prikazan je oblik krivulje pro-



Slika 1. Ovisnost prijenosnog omjera transformatora od frekvencije

mjene prijenosnog omjera s promjenom frekvencije napona transformatora gdje porastom frekvencije raste prijenosni omjer transformatora. Krivulja prijenosnog omjera ima svoj maksimum poslije čega dolazi do pada prijenosnog omjera. Maksimum prijenosnog omjera odgovara rezonantnoj frekvenciji namota nižeg napona. S aspekta promatranja prenešenih prenapona korisno je poznavati promjenu prijenosnog omjera u ovisnosti od frekvencije za svaki tip transformatora. Tako se točnije može procijeniti ponašanje transformatora u prijelaznom režimu rada u pogonskim uvjetima.

Upadni prenaponski val izaziva oscilatorni proces u namotu primara koji se induktivnim i kapacitivnim putem prenosi na namot nižeg napona. U namotu nižeg napona javljaju se oscilacije izazvane prenijetim naponskim valom. Superpozicijom prenijetih i induciranih prenapona dobija se ukupan napon u namotu nižeg napona.

Kvantitativna analiza može se izvršiti za konkretan transformator poznavajući njegovu konstrukciju. U praksi se mjeri vrijednost prenešenih prenapona ($n\%$) na tercijar kada se repeticijskim generatorom narije napon na višenaponsku stranu transformatora. Ova ispitivanja s različitim oblicima vala i odsječnim valom daju dragocjene podatke o ponašanju transformatora u uvjetima prenaponskog naprežanja. Mjerenjem odziva transformatora u ovim uvjetima može se analitički procijeniti ukupno naponsko preopterećenje tercijara transformatora i u pogonskim uvjetima.

Ako je transformator opremljen odvodnicima prenapona, tjemena vrijednost prenapona na namotima višeg napona iznosi:

$$U_{pr(x)} \leq U_{od} - \frac{U_M \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin(x) \quad (1)$$

Izmjerena vrijednost odziva u_t na namotu tercijara, kada se injektira napon repeticijskim generatorom na namotu višeg napona iznosi:

$$U_t = \frac{n\%}{100} U_{pr(x)} \quad (2)$$

Tada se uvažavanjem spoja transformatora (slika 2.), fazni prenapon $U_{f(x)}$ na krajevima tercijara može izračunati i u radnim uvjetima.

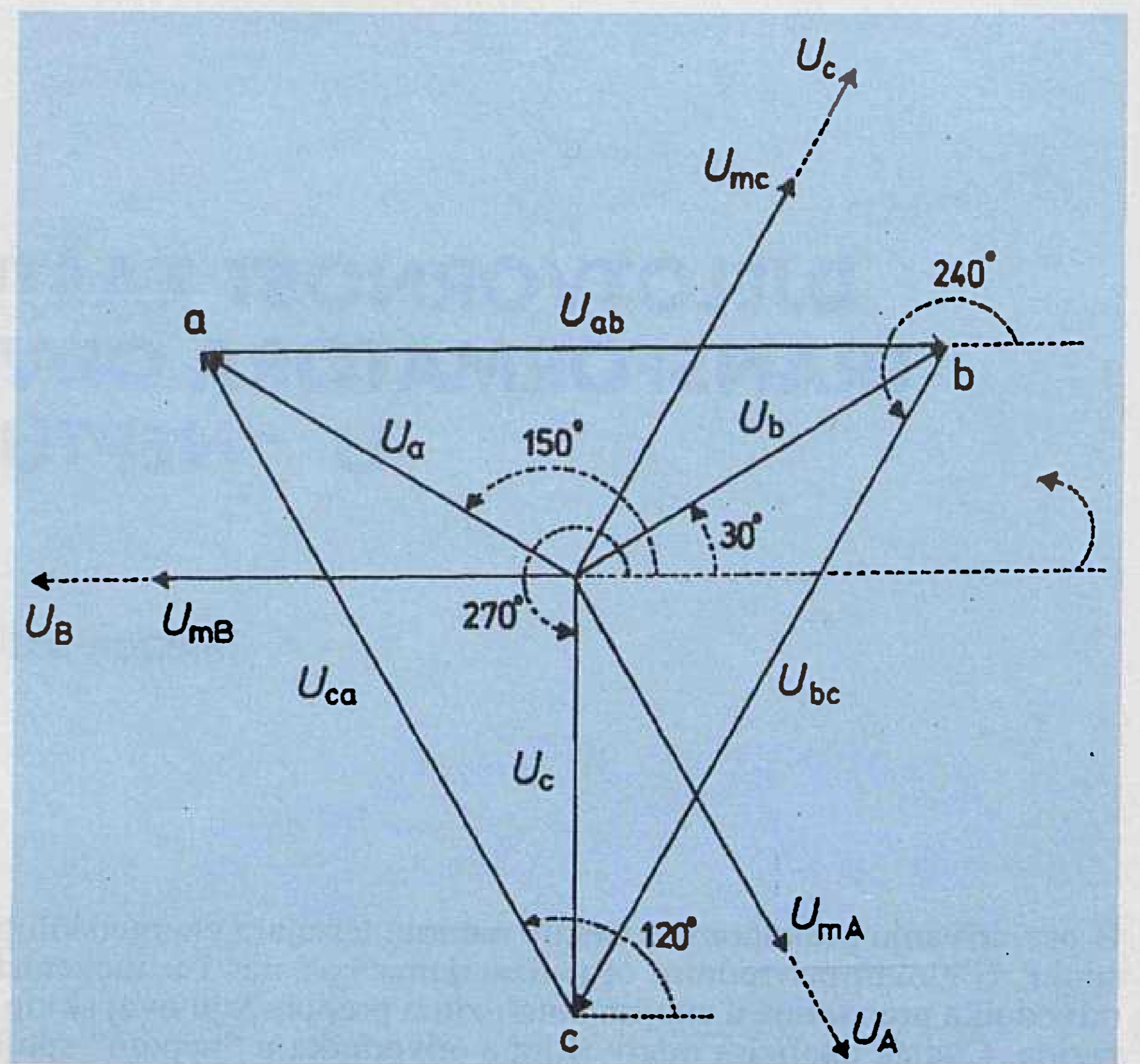
$$U_{f(x)} = \frac{U_{MT} \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin(x - \theta) + \frac{n\%}{100} U_{pr(x)} \quad (3)$$

Međufazni prenapon $U_{m(x)}$ na krajevima tercijara je dan jednadžbom:

$$U_{m(x)} = U_{MT} \sqrt{2} \sin(x - \theta) + \frac{n\%}{100} U_{pr(x)} \quad (4)$$

gdje su:

- U_{pr} - tjemena vrijednost napona akcije
- U_{od} - preostali napon odvodnika prenapona
- U_M - linijski napon mreže iz koje dolazi prenapon na krajeve transformatora
- U_{MT} - linijski napon na krajevima namota tercijara
- u_t - izmjerena maksimalna vrijednost prenijetog napona izražena u postocima tjemene vrijednosti akcije
- $n\%$ - izmjerena vrijednost napona na tercijaru u postocima napona repeticijskog generatora
- θ - kut između vektora sinusnog napona na namotu gdje se injektira napon i vektora sinusnog napona gdje se mjeri odziv



Slika 2. Fazorski dijagram napona transformatora spoja Y0y0d5

Maksimalne vrijednosti prenapona na namotu tercijara gdje se promatra odziv dobije se kada je:

$$\frac{d_{uf}(x)}{d_x} = 0 \text{ i } \frac{d_{um}(x)}{d_x} = 0 \quad (5)$$

Tada je:

$$x_{1,2} = \arctg \left(\frac{n\% \cdot U_M}{U_{MT}} - \cos\theta \right) \frac{1}{\sin\theta} \quad (6)$$

$$x_{3,4} = \arctg \left(\frac{n\% \cdot U_M}{U_{MT}\sqrt{3}} - \cos\theta \right) \frac{1}{\sin\theta} \quad (7)$$

Tada se dobiva ukupan prenapon na namotu tercijara:

$$u_{f(x)} = \frac{U_{MT}\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin(x - \theta) + \frac{n\%}{100} \left(U_{od} - \frac{U_M \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin x \right) \quad (8)$$

$$u_{m(x)} = U_{MT}\sqrt{2} \sin(x - \theta) + \frac{n\%}{100} \left(U_{od} - \frac{U_M \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin x \right) \quad (9)$$

Fazorski dijagram napona transformatora, spoja Y0y0d5 predstavljen je na slici 2. Mjereći vrijednosti odziva u_t na namotu tercijara, kada se repeticijskim generatorom narije naponski val na namot višeg napona, prema jednadžbama (8) i (9), mogu se izračunati najveće vrijednosti mogućih faznih i međufaznih prenapona na tercijaru u radnim uvjetima.

3. IZBOR PRENAPONSKE ZAŠTITE NAMOTA TERCIJARA

Izbor prenaponske zaštite transformatora predstavlja odabir karakteristika odvodnika prenapona, uvažavajući potrebni faktor zaštite namota transformatora.

3.1. Karakteristike odvodnika prenapona

Prvi pravi aparat, nastao tridesetih godina, čijom je primjenom ostvareno djelotvorno ograničenje prenapona i za-

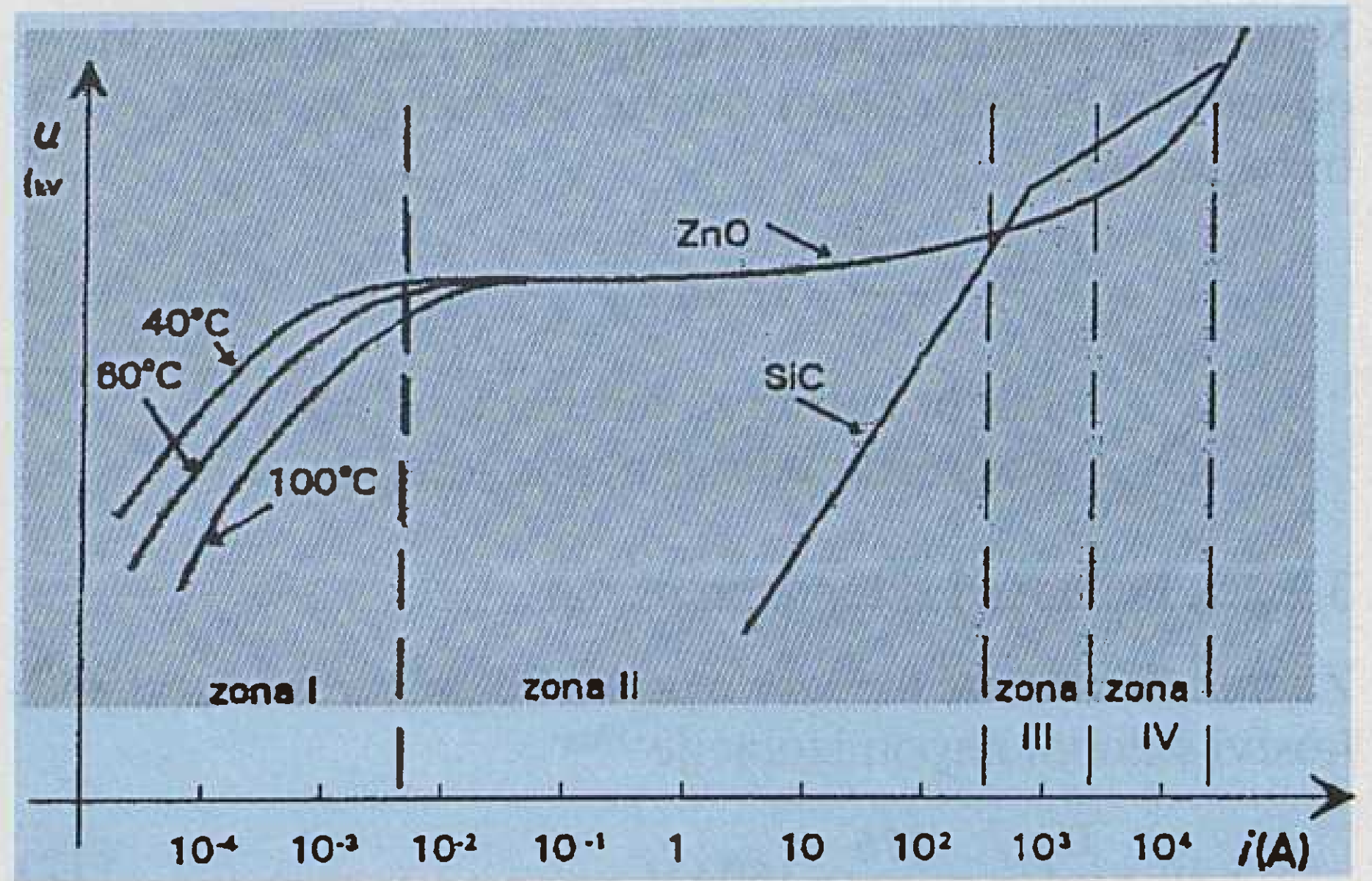
štita od prenapona je odvodnik prenapona. Odvodnik ima dva bitna elementa: otpornik SiC nelinearnog otpora i iskrište. Otpornik nelinearnog otpora je dio odvodnika čija je zadaća da ograniči prenapon tijekom djelovanja i da ga održava u određenim granicama, ali i da ograniči prapatnu struju. U zaštitnom dijelu karakteristike napon-struja, velikom porastu struja odgovaraju mali porasti napona, pa se napon na krajevima odvodnika održava u vrlo uskim granicama. Stupanj nelinearnosti za SiC-varistore iznosi oko 5. U području nazivnih napona odvodnika, ovi varistori imaju veliku trajnu struju, pa SiC varistori ne smiju biti izloženi nazivnom naponu trajno, nego samo u vremenu djelovanja prenapona, obično tijekom jedne poluperiode, do prvog prolaska struje kroz nulu. Zato, ovi varistori imaju iskrišta, vezana serijski sa varistorima. Iskrište, obično višestruko, je dio odvodnika koje obavlja dvije osnovne zadaće:

- da po nastanku prenapona, kada ovi dostignu određenu vrijednost, uključi varistore za što kraće vrijeme, i
- da nakon prestanka prenapona djelotvorno prekinu električni luk prapatne struje koja je posljedica mrežnog napona, i to kroz prvu nulu, kako bi se izbjeglo termičko razaranje varistora.

Klasični SiC odvodnik prenapona je realiziran u velikom broju konstrukcija. Među njima su brojne uspješne koje su dominirale u zaštiti od prenapona sve do 70-tih godina. Klasični odvodnici uspješno ograničavaju atmosferske prenapone, a za ostale vrste prenapona nisu dovoljno djelotvorni.

Šezdesetih godina istraživači razvijaju varistore nelinearnog otpora na osnovi metalnih oksida, koji su zato nazvani, metalo-oksidni odvodnici prenapona. Noviji varistori dostižu vrlo visoke nelinearnosti; njihovi faktori nelinearnosti često premašuju 20 u širim intervalima struja, a i preko 50, u užim intervalima. Izrazita nelinearnost metalooksidnih varistora u području velikih struja otvorila je mogućnost za ostvarenje još kvalitetnije zaštite od prenapona. Visoka nelinearnost u području malih struja i sposobnost varistora da bez oštećenja podnesu struje koje se pojavljuju kod radnih napona, omogućili su primjenu odvodnika bez iskrišta. Odvodnik prenapona bez iskrišta je uključen u mreži stalno, pa i u trenutku pojave prenapona, smanjujući njihove strmine i amplitude. Nelinearnost otpora varistora je izražena naponsko-strujnom dinamičnom i statičkom karakteristikom. Prikaz varistora sa dinamičnom karakteristikom je složen, s ciljem pojednostavljenja danas se koristi uglavnom statička karakteristika. Statička naponsko-strujna karakteristika je grafička predstava vrijednosti napona na krajevima odvodnika u ovisnosti od vrijednosti struja određenih oblika (sl. 3). Radi prikazivanja rezultata istraživanja MO odvodnika, njihove naponsko-strujne karakteristike se mogu promatrati po pojedinim dijelovima:

- zona I, predstavlja dio karakteristike od trajne radne struje do referentne struje
- zona II, predstavlja dio karakteristike od referentne struje, područje privremenih prenapona
- zona III, predstavlja dio karakteristike za područje sklopnih prenapona
- zona IV, predstavlja dio karakteristike za područje atmosferskih prenapona.



Slika 3. Statička U-I karakteristika MO odvodnika prenapona

S obzirom na ove karakteristike, proizvođači odvodnika u svijetu su napustili proizvodnju klasičnih SiC odvodnika, i u cijelosti se orijentirali na proizvodnju MO odvodnika prenapona.

3.2. Tercijar autotransformatora snage, spoja namota Y0y0d5, 400 ± 1x5 % / 231(115) / 31,5 kV

Za primjer promatranja uzet je tercijar ovoga autotransformatora, a može se promatrati tercijar i drugih transformatora snage.

3.2.1. Karakteristika namota tercijara 31,5 kV

Osnovni parametri namota tercijara su:

- nazivna snaga 100 MVA
- nazivni napon 31,5 kV
- podnosivi udarni napon oblika 1.2/50 sec 220(170) kV
- za transformatore u pogonu preko 20 godina podnosivi napon treba uzeti: $0,8 \times 220 = 176 \text{ kV}$
- ispitni napon iz stranog izvora - 50 Hz, 1 min 140kV
- ispitni inducirani napon. 82kV

S aspekta korištenja namota tercijara, postoje četiri mogućnosti:

1. Namot tercijara se koristi za napajanje transformatora vlastite potrošnje
2. Namot tercijara se koristi i na isti priključuje transformator vlastite potrošnje i prigušnica 50 MVA-a
3. Namot tercijara se ne koristi
4. Namot tercijara je otvoren.

Tercijari autotransformatora 400 kV u našoj elektroprivredi ne koriste se za napajanje vlastite potrošnje i **drži se uvijek zatvoren.**

3.2.2. Podnosivi naponi izolacije tercijara

3.2.2.1. Podnosivi atmosferski prenapon

Udarni atmosferski zaštitni nivo U_{pod} tercijara novih transformatora je 220 kV za oblik vala 1,2/50 μ sec. Za transformatore u pogonu preko 20 god treba uzeti podnosivi udarni napon:

$$U_{pod} = 0,8 \cdot 220 = 176 \text{ kV} \quad (10)$$

Najveći preostali napon, za oblik vala 1,2/50 μ sec, sklopa odvodnika između faza i zemlje, za faktor zaštite $k_z = 1,3$, treba iznositi:

$$U_z = \frac{U_{pod}}{k_z} = \frac{176}{1,3} = 135,4 \text{ kV} \quad (11)$$

k_z - faktor zaštite za tercijarni namot
 U_{pod} - podnosivi udarni napon tercijara

3.2.2.2. Podnosivi sklopni prenapon

Za transformatore u pogonu preko 20 god. treba uzeti podnosivi sklopni napon izolacije:

$$U_z = \frac{U_{pod}}{k_z} = \frac{176}{1,1} = 160 \text{ kV} \quad (12)$$

Najveći zaštitni nivo prema zemlji, sklopa odvodnika na sklopne prenapone, za starije transformatore može iznositi:

$$U_{ss} \leq \frac{U_z}{1,1} = \frac{135,4}{1,1} = 123 \text{ kV} \quad (13)$$

3.2.2.3. Privremeni prenapon prenešen iz VN mreže

Najveći privremeni prenapon u zdravoj fazi, kod zemljospoja u mreži 400 kV je:

$$U_{tov} = k \cdot k_z \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1,05 \cdot 1,4 \cdot \frac{420}{\sqrt{3}} = 356,4 \text{ kV} \quad (14)$$

Na tercijaru fazni napon u istoj fazi iznosi:

$$U = U_{tov} \cdot N = 365,5 \cdot \frac{31,5}{400} = 28 \text{ kV} \quad (15)$$

N - prijenosni omjer transformatora

k_z - faktor zemljospoja mreže

k - porast napona uslijed rasterećenja

Ovom faznom naponu odgovara najveći linijski napon na tercijaru 48,5 kV.

Najveći privremeni prenapon u zdravoj fazi, kod zemljospoja u mreži 220 kV je:

$$U_{tov} = k \cdot k_z \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1,05 \cdot 1,4 \cdot \frac{245}{\sqrt{3}} = 207,9 \text{ kV} \quad (16)$$

Na tercijaru fazni napon u istoj fazi iznosi:

$$U = U_{tov} \cdot N = 207,9 \cdot \frac{31,5}{220} = 29,7 \text{ kV} \quad (17)$$

Ovom faznom naponu odgovara najveći linijski napon na tercijaru 51,4 kV.

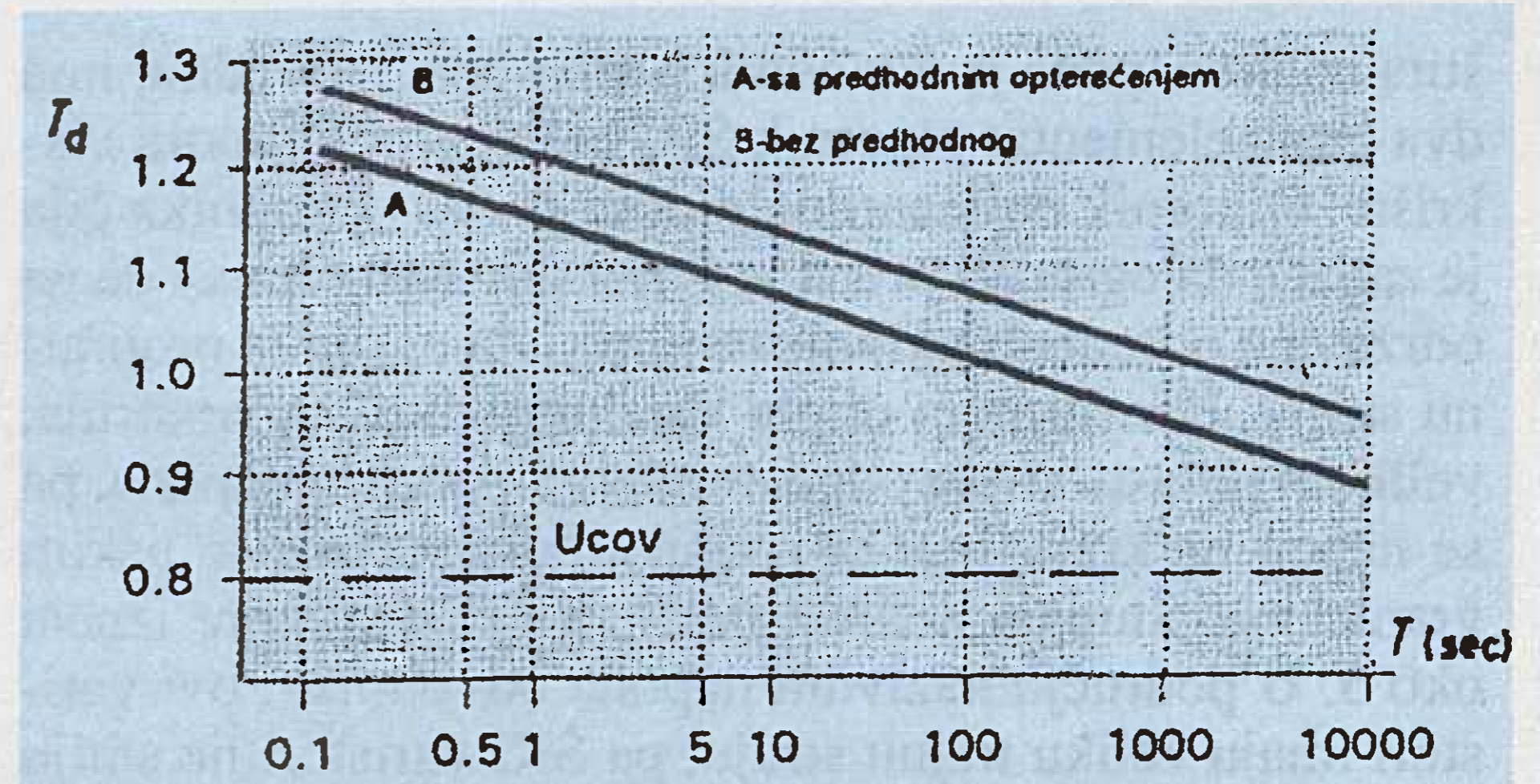
Najveći faktor prenapona (T_d) kod prenešenih prenapona uslijed zemljospoja iz višenaponske mreže je:

$$T_d = \frac{U_{pr}}{U_n} = \frac{51,4}{48} = 1,07 \text{ kV} \quad (18)$$

Za MO odvodnik prenapona s nominalnim naponom $U_n = 48$ kV, prema slici 4, trajanje ovog prenapona, odvodnik može izdržati preko 10 sec. Kako zemljospoj u mreži 220 i 400 kV može trajati najviše 1 sec, odvodnici u tercijaru nemaju velika energetska naprezanja kod prenešenih prenapona uslijed zemljospoja.

3.2.2.4. Najviši pogonski napon na tercijaru

Najveći pogonski napon u 400 kV mreži iznosi 420 kV. Konfiguracija naše 400 kV mreže nije zatvorena mreža i u



Slika 4. Krivulja preopterećenja MO odvodnika

nekim pogonskim uvjetima naponske prilike mogu izaći iz dozvoljenih granica. U takvim uvjetima regulacija napona u nul-točki se nepovoljno odražava na naponske prilike na tercijaru. Za krajnji stupanj regulacije kod najvećeg dozvoljenog napona od 420 kV, uz konstantan napon srednjeg namota, napon na tercijaru iznosi:

$$U_{ter} = \frac{U_{nt}}{100} \left(100 + \frac{5\%}{1 - \frac{U_{n220}}{U_{n400}}} \right) \frac{U_{m400}}{U_{n400}} \quad (19)$$

$$U_{ter} = \frac{31,5}{100} \left(100 + \frac{5\%}{1 - \frac{220}{400}} \right) \frac{420}{400} = 36,7 \text{ kV} \quad (20)$$

Za autotransformator sa srednjim naponom 115 kV najveći napon na tercijaru, prema jednadžbi (19) iznosi:

$$U_{ter} = \frac{31,5}{100} \left(100 + \frac{5\%}{1 - \frac{115}{400}} \right) \frac{420}{400} = 35,5 \text{ kV} \quad (21)$$

Ovi rezultati kazuju da su za odabir metalooksidnih odvodnika prenapona za zaštitu namota tercijara mjerodavni linijski napon tercijara u ekstremnom režimu trajnoga rada. Trajni napon MO odvodnika prenapona (U_{cov}) između faza mora biti veći od 36,7 kV, dobiven jednadžbom (19). **Prema tablici 2.** ovaj uvjet udovoljava odvodnik prenapona sa nominalnim naponom $U_n = 48$ kV i trajnim radnim naponom $U_{cov} = 38$ kV. Ovaj odvodnik može raditi u mreži čiji trajni linijski napon ne prelazi 38 kV. Ovom naponu tercijara odgovara maksimalni linijski napon u 400 kV mreži od 434,3 kV, prema jednadžbi (19).

Ako se procjenjuje da trajni linijski naponi mogu biti veći od 434,3 kV u nekom režimu rada, treba odabrati MO odvodnik prenapona s nominalnim naponom $U_n = 51$ kV i trajnim radnim naponom $U_{cov} = 41$ kV. **Trajnom radnom naponu od 41 kV na tercijaru odgovara linijski napon u 400 kV mreži od 468,5 kV što osigurava siguran rad odvodnika prenapona.**

Kada se tercijar transformatora ne koristi nema sklopni prenapona generiranih na strani tercijara. Ako je dobro riješena gromobrnska zaštita postrojenja ne postoji mogućnost direktnog udara struje groma u vodiče tercijara. Prenešeni atmosferski i sklopni prenaponi s višenaponskih strana transformatora su ograničeni prenaponskom zaštitom ispred transformatora.

Zato zaštitu tercijara transformatora ne treba dimenzionirati za prenapone prenešene iz višenaponske strane transformatora. Vidi se da mogući visoki pogonski naponi u mreži 400 kV dominantno utječu u odabiru odvodnika prenapona namota tercijara.

3.2.3. Iskustva iz eksploatacije tercijara

Dosadašnja iskustva u eksploataciji kazuju da treba izbjegavati korištenje tercijara kad god je to moguće. U slučaju potrebe za korištenje tercijara, potrebno je proanalizirati prenaponske zaštite tercijara i cjelokupne opreme priključene na tercijar.

U dosadašnjoj eksploataciji transformatora, može se zaključiti da su glavni uzroci teškoća na tercijaru koji se tere, sklopni prenaponi generirani u mreži tercijara. Ferorezonantni i oscilatorni prenaponi u krugovima tercijara uglavnom su posljedica problema u radu sa prekidačima tercijara. Povratno paljenje luka ili povratni preskoci u komori prekidača kod isklopa, bili su uzrok eksplozije prekidača i kvara tercijara transformatora. Opasnost je veća kada prekidač isklapa veća reaktivna opterećenja.

Kako je mreža tercijara izolirana, induktivni mjerni transformatori predstavljaju opasnost za generiranje ferorezonantnih prenapona u mreži tercijara. Ugradnjom omskog otpora u otvoreni trokut namota mjernih transformatora ova opasnost je smanjena.

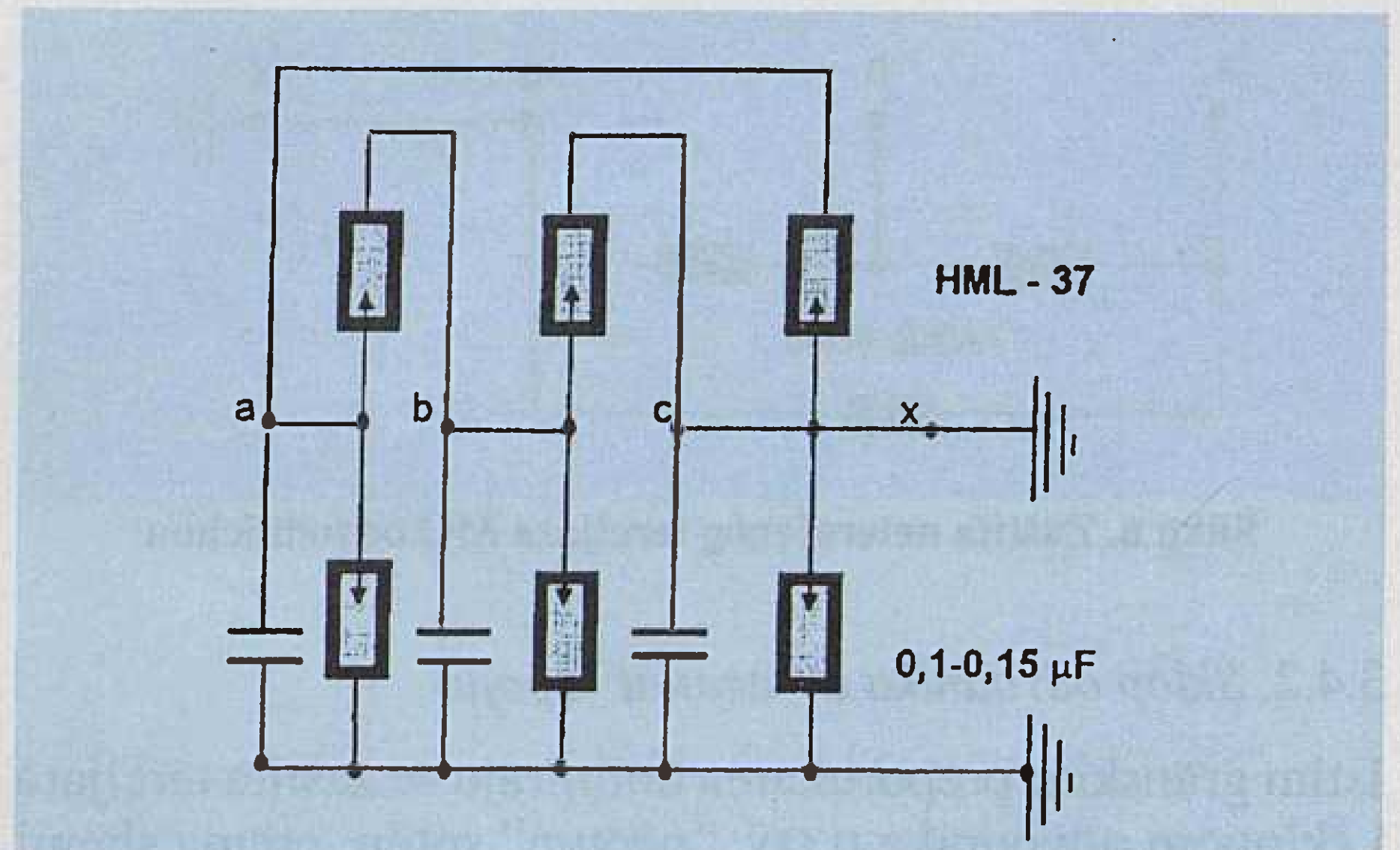
Međufazni kratki spoj u mreži tercijara dovodio je do kvara namota tercijara i samog transformatora. Kod pojave međufaznog kratkog spoja na strani tercijara dolazi do velikih dinamičkih napreznja koja mogu oštetiti namote tercijara. Iako se smatra da transformator mora izdržati ova napreznja, ovo je čest uzrok kvarova. Najčešći uzrok kratkog spoja su životinje i ptice, zato tercijar treba zaštititi od ove opasnosti. Mogućnost nastanka kratkog spoja je uvećana uobičajenim uzemljenjem točke $c-x$ na tercijaru. Na nekim transformatorima kratki spoj se dogodio zbog proboja kondenzatora u sklopu prenaponske zaštite tercijara sa klasičnim odvodnicima.

Dosadašnja iskustva u eksploataciji ovog tipa transformatora kazuju da treba izbjegavati korištenje tercijara kad god je to moguće. U slučaju potrebe za terećenje tercijara, potrebno je uraditi posebnu analizu prenaponske zaštite tercijara i cjelokupne opreme priključene na tercijar.

3.3. Dosadašnji način rješenja zaštite tercijara

3.3.1. Zaštita sa klasičnim odvodnicima

Sada je zaštita prenapona tercijara (sl. 5) riješena sklopom odvodnika i kondenzatora sa jednim uzemljenim vrhom tercijara. Sklop odvodnika i kondenzatora proveden je pre-



Slika 5. Zaštita tercijara klasičnim odvodnicima i kondenzatorima

ma tehničkoj preporuci granskim preporukama 57/86 od svibnja 1980. god. Kako u našoj elektroprivredi nije inovirana ova preporuka, norme su preuzete Zakonom o preuzimanju Zakona o standardizaciji koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuje kao republički zakon.

Sklop se sastoji od:

- tri odvodnika HML 37 između faznih vodiča
- tri odvodnika HML 37 između faznih vodiča i uzemljenja
- tri kondenzatora od 0,1 do 0,15 μF između faznog vodiča i uzemljenja, za maksimalni napon 52 kV.

Iako je ovaj sklop zaštite sa klasičnim odvodnicima, prisustvo kondenzatora poboljšava zaštitne karakteristike ovog sklopa, i u eksploataciji se pokazao kao dobro rješenje. Nedostatak su ponekad nedovoljna pouzdanost elemenata sklopa i komplicirana izvedba.

Iz zaštitnih karakteristika sklopa sa klasičnim odvodnicima se vidi da je postignut visok faktor zaštite na prenapone atmosferskog i sklopnog porijekla. Preostali napon na odvodniku je manji od postavljenih zahtjeva i za starije transformatore.

3.4. Zaštita metalooksidnim odvodnicima

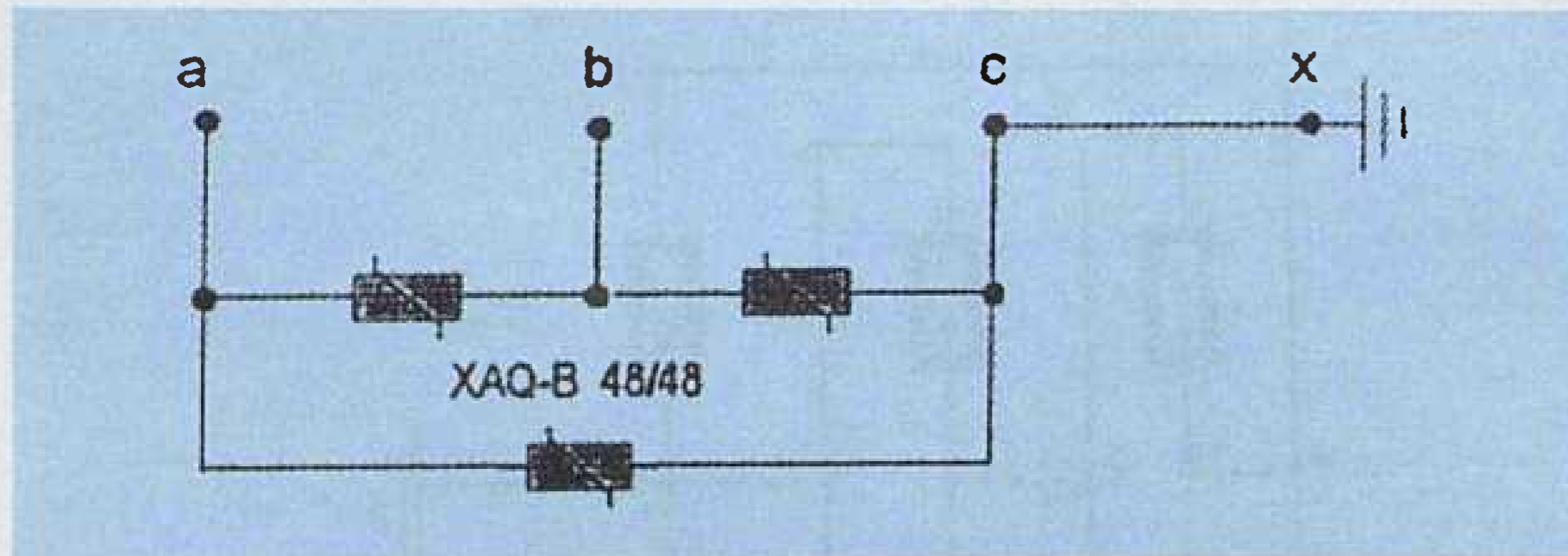
3.4.1. Odvodnici između faza - $c-x$ uzemljen

Prema granskim preporukama 57/86 [6], preporuča se zaštita tercijara metalooksidnim odvodnicima prenapona, i prema shemi sa slike 6. U granskoj preporuci definiraju se odvodnici tipa XAQ 52 A3/48 kV.

Ovo rješenje zahtjeva uzemljenje vrha $c-x$, jer ako tercijar nije uzemljen nema definiran potencijal prema zemlji. Može se koristiti samo kada se tercijar ne koristi. Nije poznato da je u našoj elektroprivredi ostvarena zaštita tercijara ovim sklopom MO odvodnika.

Tablica 1. Zaštitne karakteristike odvodnika HML-37 i HML -40

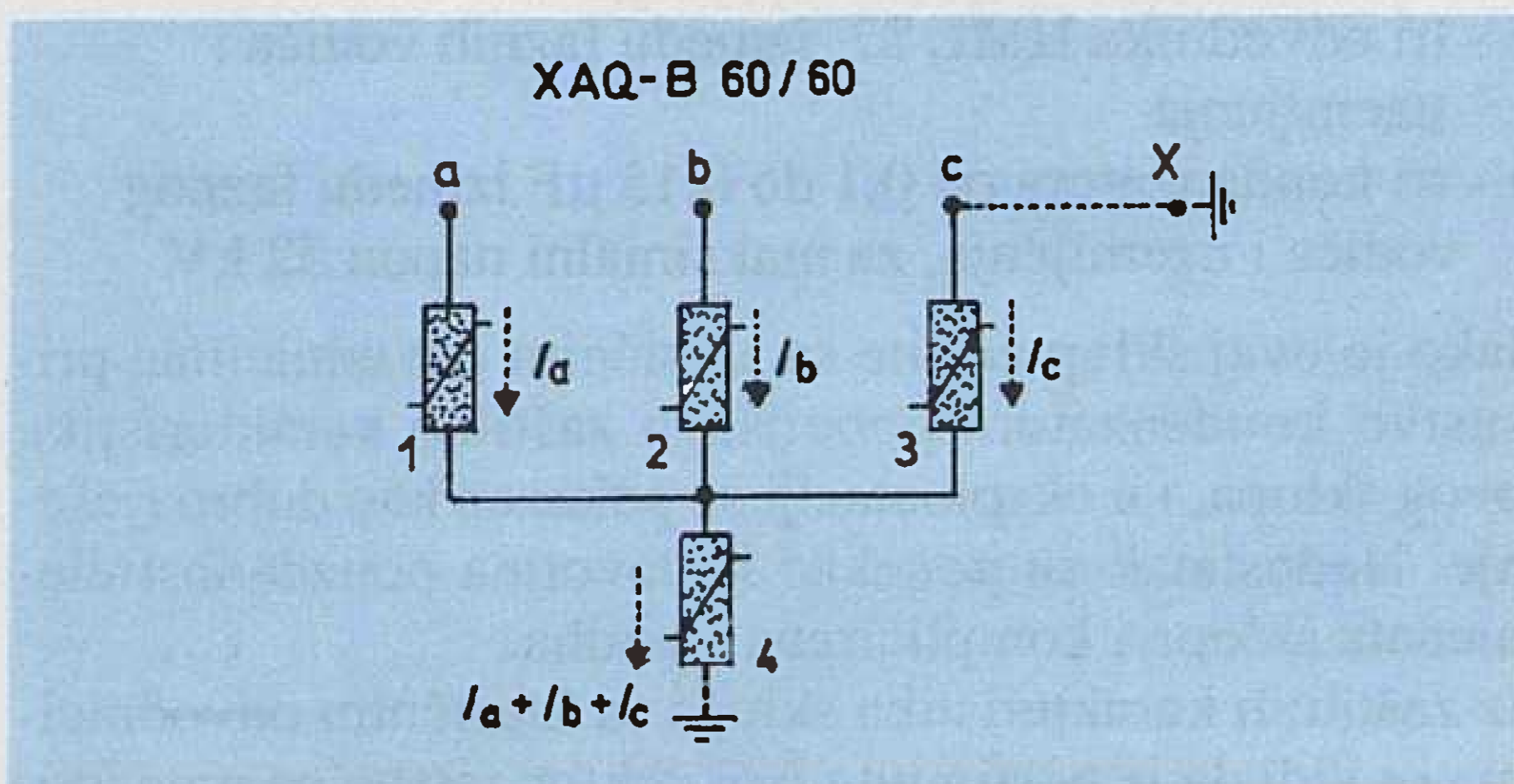
Tip HML	Unf-f. -f. f-f/f-z	Min.nap. reg.50Hz	Max.nap. reagiranja. sklopni.val $t_{\check{c}} > 30 \mu\text{sec}$	Max.100% nap. reag. atm. val 1,2/50 μsec	Max.nap. reag.na čelu atm. val 1,2/50 μsec	Max.preost. nap. (kVvrš) za val oblika 8/20 μsec		
						5 kA	10 kA	20 kA
37/37	37	63	110	105	130	73	78	84
40/40	40	68	120	110	135	79	84	91



Slika 6. Zaštita neterećenog tercijara MO odvodnicima

3.4.2. Sklop odvodnika u "neptun" spoju

Istim granskim preporukama definiraju se zaštita tercijara i sklopom odvodnika u tzv. "neptun" spoju, prema shemi sa slike 7. Zamjena klasičnih odvodnika prenapona sa metalooksidnim odvodnicima je svakako bolje rješenje. **Prema preporuci 57/86 predložen je sklop odvodnika u "neptun" spoju XMQ-B 60/60.** Može se konstatirati da se ovaj sklop najčešće koristi u rješavanju prenaponske zaštite tercijara u mnogim elektroprivredama. Proizvođači MO odvodnika prenapona su predložili ovaj sklop, kao zamjenu zaštite s klasičnim odvodnicima i preporučaju ga u svojim katalogima.



Slika 7. Zaštita tercijara MO odvodnicima u "neptun" spoju

Tablica br. 2 Zaštitne karakteristike sklopa MO odvodnika

Tip sklop.	Nom.nap U_n f-f / f-z kVef	Max.traj. U_{cov} f-f / f-z kVef	Maksimalni preostali napon za oblik vala				
			sklopni $t_c > 30 \mu\text{sec}$		udarni $8/20 \mu\text{sec}$		
			0,1 kA	1 kA	1 kA	5 kA	10 kA
			kV vrš	kV vrš	kV vrš	kV vrš	kV vrš
XMQ	42 / 42	34	79	86	87	97	103
XMQ	48 / 48	38	90	98	100	111	118
EXLIMQ	51	41	100	102	110	117	123
XMQ	54 / 54	43	101	110	112	125	133
XMQ	60 / 60	48	112	122	124	139	147

3.4.3. Analiza sklopa MO odvodnika u "neptun" spoju

Sklop odvodnika u "neptun spoju" 60/60 kV ima vrijednosti:

- nominalni napon faza - faza 60 kV
- nominalni napon faza - zemlja 60 kV.

Predloženi sklop odvodnika u "neptun" spoju ima nominalni napon između faza, između faza i zemlje $U_n = 60$ kV. Između faza, kao i između faza i zemlje, vezana su po dva odvodnika od čega svaki ima:

- nominalni napon $U_{n1} = 30$ kV
- maksimalni trajni napon $U_{cov1} = 24$ kV

Maksimalni linijski napon tercijara u normalnom režimu rada iznosi 36,7 kV. Odvodnik prenapona sa nominalnim

naponom 60 kV počinje aktivno odvoditi energiju prenapona, bilo kojeg podrijetla, kada je tjemena vrijednost amplitude prenapona veća od referentnog napona $62\sqrt{2}=84,8$ kV. Ovoj vrijednosti napona odvodnika odgovara faktor linijskog prenapona na tercijaru od 1,77. Ispod ove vrijednosti, struja odvoda je kapacitivna i reda nekoliko mA.

Amplituda faznog prenapona 62 kVef odgovara faktoru faznog prenapona 3 p.u. za 35 kV mrežu. Kako se tercijar ne tereti, ovi prenaponi se ne generiraju na strani tercijara. Za aktivnu proradu odvodnika ovako visoki prenaponi mogu se prenijeti samo iz 220 kV ili 400 kV mreže.

Prema jednadžbi (17) najveći preneseni privremeni prenapon iz višenaponskih strana transformatora je **29,7 kV**. Ovom iznosu prenapona odgovara linijski prenapon od **41.7 kV**.

Nominalni napon odvodnika od 60 kV između faza kao i između faza i zemlje je veći od **41.7 kV** i ne štiti namot tercijara od prenijetih privremenih prenapona jer su amplitude prenapona na tercijaru manje od 62 kVef ili 84,8 kVvrš.

Iz zaštitnih karakteristika sklopa XMQ-B 60/60 se vidi da su preostali naponi visoki, dostižu **147 kV za atmosferski val** i **122 kV za sklopni val**. Ove vrijednosti za novi transformator daju dobar faktor zaštite, ali za starije transformatore predstavljaju gornju dozvoljenu granicu, prema jednadžbama (11) i (12).

Faktor prenapona od 3 p.u. ne predstavlja previsoku vrijednost za 35 kV naponsku razinu. Međutim, vodeći računa o tome da učestala naprezanja izolacije i prenaponi koji spadaju u dozvoljene, dovode do progresivne degradacije izolacije, potrebno je prenapone držati na što nižoj razini. Iz tih razloga osjeća se potreba analize rješenja prenaponske zaštite.

3.4.4. Analiza struja kroz odvodnik

Za pravilno dimenzioniran odvodnik, struja odvoda iznosi manje od 1 mA, kod nominalnog pogonskog napona. Veća trajna struja dovela bi do bržeg starenja odvodnika i "toplinskog pobjega" odvodnika i stradanja istog i kod nominalnog napona.

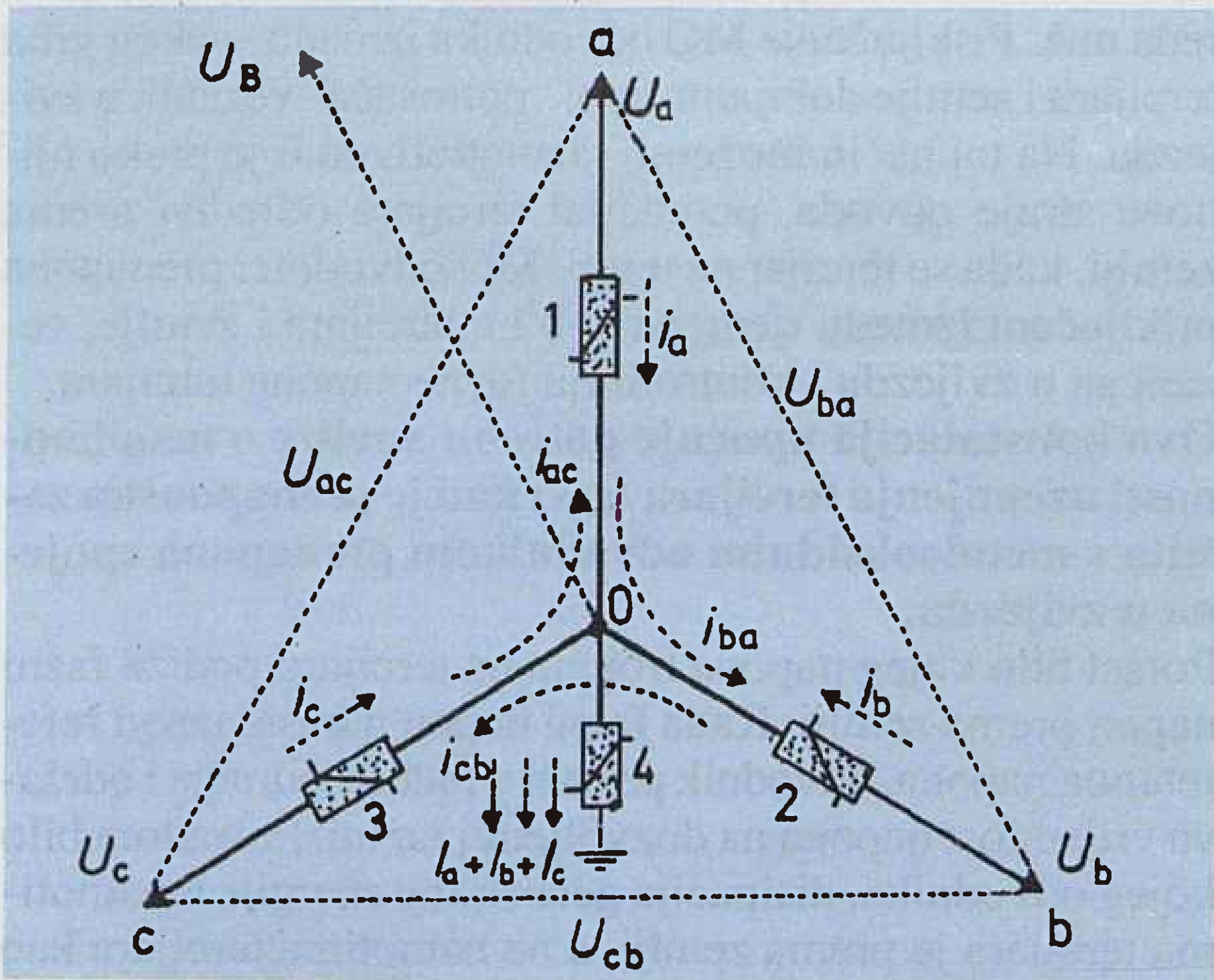
Primjera radi, odvodnici EXLIM Q imaju struju odvoda kod nominalnog napona ispod 1 mA, a struju odvoda od 2 mA, kod referentnog napona koji je nešto veći od nominalnog napona odvodnika. Međutim, referentnu struju odvoda od 2 mA ovi odvodnici moraju izdržati najmanje 10 sec.

Do vrijednosti referentnog napona, struja je **kapacitivna**, a poslije referentne struje naglo raste, postaje **radna** i u fazi sa naponom na odvodnicima. Naponi koji vladaju na pojedinim MO odvodnicima u ovom sklopu, i struje kroz odvodnike, prikazani su na slici 8.

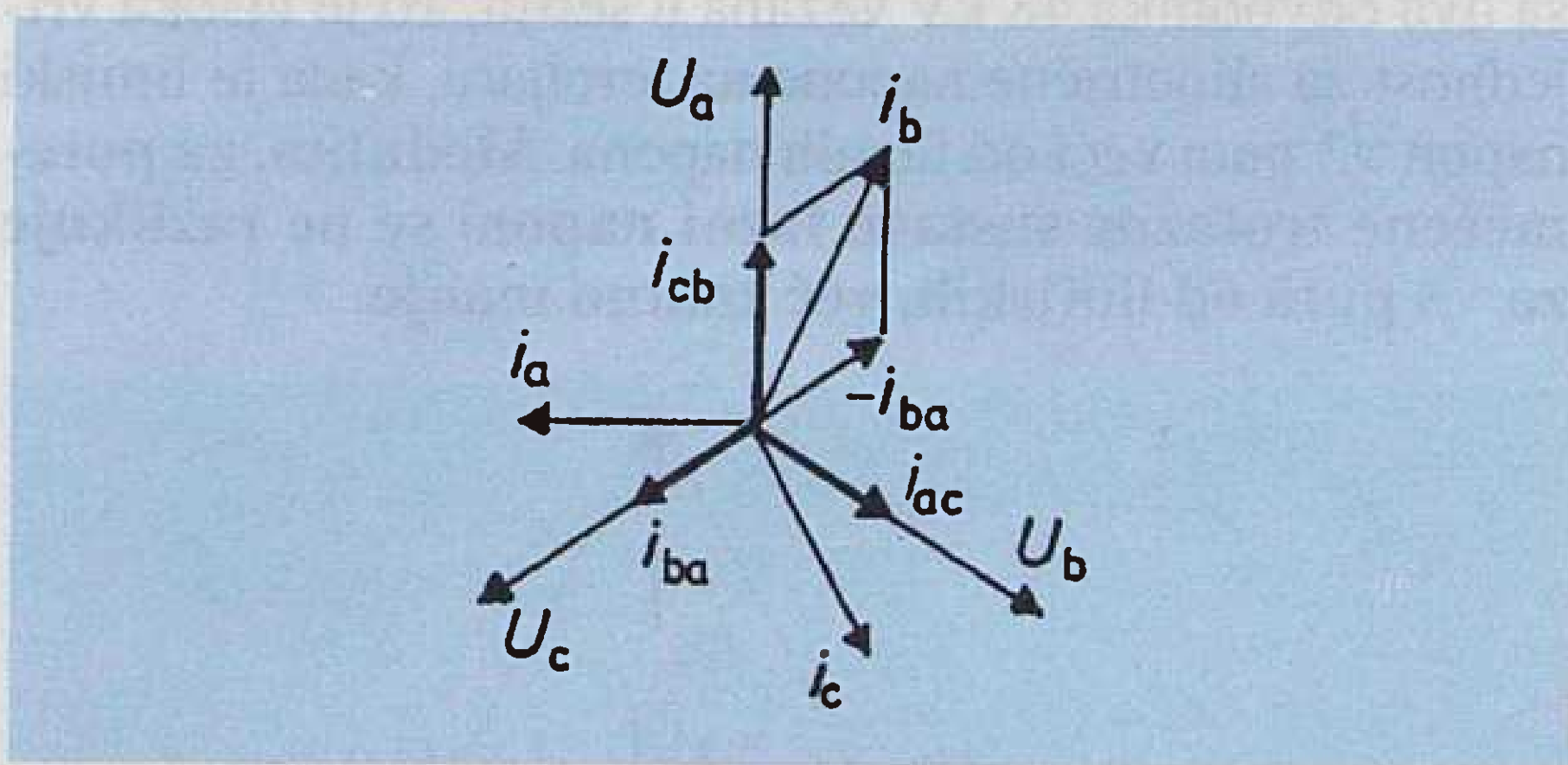
Kada vrh $c-x$ nije uzemljen, vektorski zbroj kapacitivnih struja (slika 8.) u zajedničkom odvodniku, kod pogonskog napona jednak je nuli. Znači da je točka O na slici 8 na nultom potencijalu i da kroz odvodnik br. 4 ne teče struja. **Kroz zajednički odvodnik br.4 može proteći struja ako:**

$$\vec{I}_a + \vec{I}_b + \vec{I}_c = 0 \quad (22)$$

U odvodniku koji je vezan na vrh trokuta b , postoji vektorski zbroj struja $\vec{I}_{cb} + \vec{I}_{ba}$ (sl. 9.). Na isti način mogu se dobiti i struje odvoda u ostalim tjemena. **Vektorski zbroj**



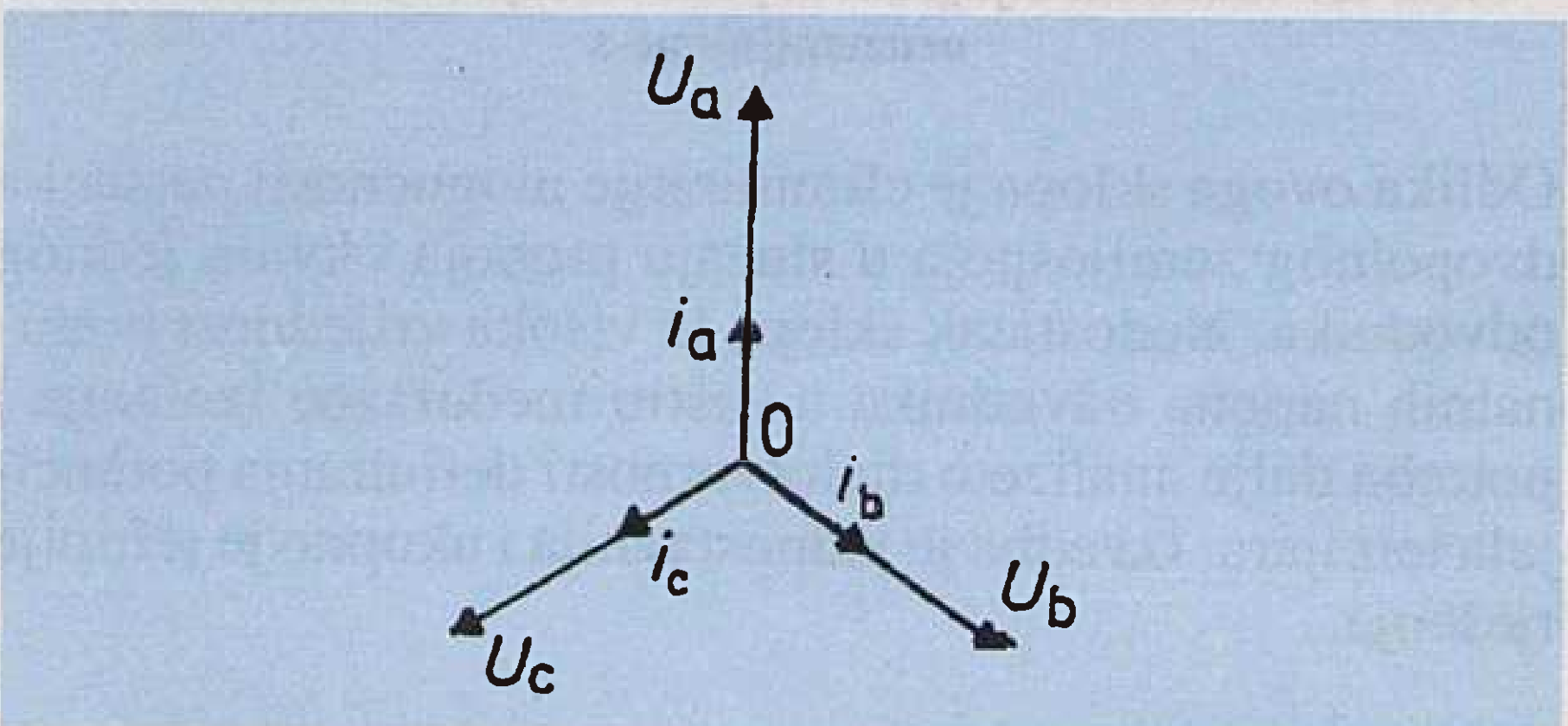
Slika 8. Naponi i struje MO odvodnika u "neptun" spoju



Slika 9. Vektorski dijagram kapacitivnih struja MO odvodnika u "neptun" spoju

trajnih struja kroz bilo koji odvodnik, ne smije biti veća od dozvoljene trajne struje odvoda.

Ako pretpostavimo simetrični skok sva tri linijska napona tercijara, na proizvoljno visoku vrijednost, struje kroz odvodnike 1, 2 i 3 postaju radne, jednake po amplitudi i u fazi sa naponima na priključcima odvodnika. Ovo radno stanje možemo predstaviti na slici 10.

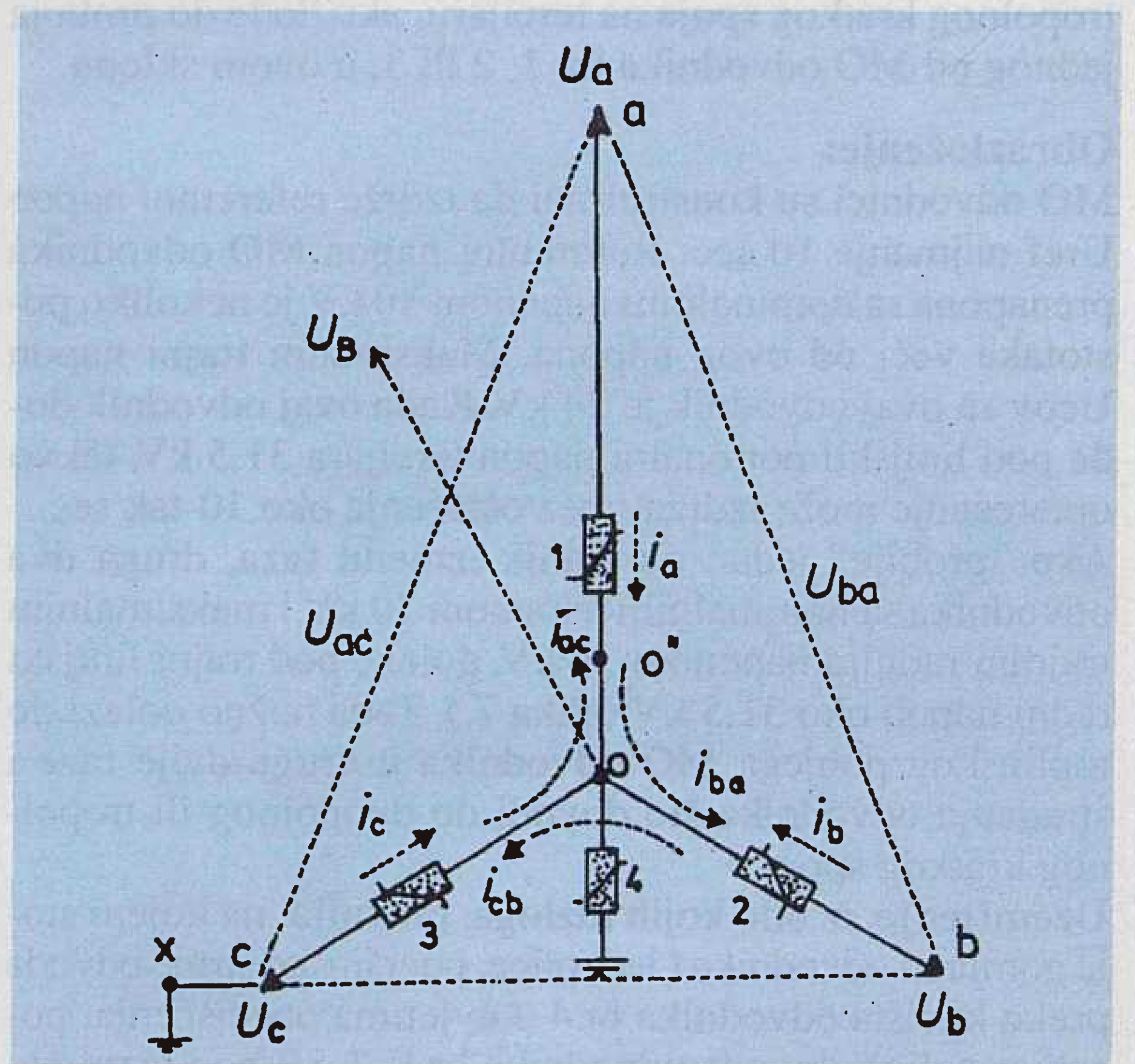


Slika 10. Vektorski dijagram radnih struja kod simetričnih napona

Vektorski zbroj struja u točki O jednak je nuli i kroz odvodnik 4 ne teče radna struja sve dok napon na odvodniku ne prijeđe nominalni napon odvodnika. Struje se zatvaraju kroz namote tercijara i odvodnike priključene na linijske napone na tercijaru. Generirana energija disipira se kroz otpore namota tercijara. Ako potencijal točke O u odnosu na uzemljivač naraste iznad nominalnog napona odvodnika br.4, ovaj će reagirati i održavati točku O udaljenu od zemlje na vrijednosti preostalog napona odvodnika.

Ako pretpostavimo prenapon koji se prenese iz faze primara ili sekundara na jedan namot tercijara vezan za tje-

me a, doći će do deformacije simetričnih napona na tercijaru. Povećanje jednog napona na tercijaru povlači za sobom povećanje oba linijska napona vezana na tjemena a. Za primjer prikazan na slici 11. doći će do povećanja linijskih napona U_{ba} i U_{ac} . Na linijski napon U_{ba} vezani su odvodnici br. 1 i 2, a na linijski napon U_{ac} odvodnici br.1 i 3.



Slika 11. Dijagram napona na tercijaru kod prenijetog prenapona sa VN strane

Tjemena trokuta a vezano je prema zemlji sa odvodnicima prenapona br. 1 i 4. Kako su linijski naponi uvijek veći od odgovarajućih faznih napona, prije će proraditi odvodnici u trokutu tercijara. Njihovom proradom, s obzirom na jednak preostali napon na odvodnicima za istu struju, točka O postavi se na približno jednaku udaljenost od tjemena a, b i c. Odvodnik prenapona br. 4 nema napona za prorađivanje sve dok potencijal točke O nije iznad 30 kV.

Odvodnik prenapona br.4 ima teškoće da sudjeluje u odvođenju generirane energije na tercijaru u početnom trenutku njegove pojave. On se uključuje u odvođenje samo dijela energije u kombinaciji sa preostalim naponom ostalih odvodnika u trokutu, gdje se vrši glavna disipacija energije. Za razna pretpostavljena stanja, točka O može se naći na bilo kojem mjestu unutar trokuta linijskih napona tercijara. Za bilo koju poziciju točke O u trokutu, uvijek su linijski naponi veći od odgovarajućih faznih napona, što znači da uvijek prvo prorade odvodnici u trokutu, vezani na linijske napone, što onemogućava odvođenje generirane energije odvodnikom br. 4, ako su im isti nominalni naponi. Proizlazi da MO odvodnik br. 4 služi samo kao potporni izolator ovoga sklopa zaštite.

Da bi prvo proradivali odvodnici prema zemlji morali bi nominalni naponi odvodnika faza-zemlja biti za 3 puta manji od nominalnih napona odvodnika između faza. U razmatranom sklopu, nominalni napon kombinacije odvodnika prema zemlji, treba biti manji od 34,6 kV.

Ako se tjemena c-x uzemlji, tada je odvodnik br.4 zapravo paralelno vezan sa odvodnikom br.3. Ovi odvodnici dijele energiju kod prorade i zapravo odvodnik br.4 i nema drugu zadaću. Naponski uvjeti prorade odvodnika trokuta neće se promijeniti, u odnosu kada c-x nije uzemljen, jer odvodnici br.1, 2, i 3 ostaju uvijek vezani na linijske napo-

ne tercijara. Ipak, uzemljenim c-x energija se ne rasipa prvo u otporima namota tercijara, već odvodi i u zemlju, tercijar je kruto vezan za uzemljivač i sa ovog aspekta predstavlja bolje rješenje.

Iako su fazni i međufazni nominalni naponi ovog sklopa čak 60 kV, nije se pobjeglo od opasnosti dvopolnog ili trolnog kratkog spoja na tercijaru, ako dođe do proboja jednog od MO odvodnika br. 1, 2 ili 3. u ovom sklopu.

Obrazloženje:

MO odvodnici su konstruirani da izdrže referentni napon U_{ref} najmanje 10 sec. Referentni napon MO odvodnika prenapona sa nominalnim naponom 30 kV je nekoliko postotaka veći od ovog napona. Maksimalni trajni napon U_{cov} za ovaj odvodnik je 24 kV. Kada ovaj odvodnik dođe pod linijski nominalni napon tercijara 31.5 kV, takvo opterećenje može izdržati bez oštećenja oko 10-tak sec.

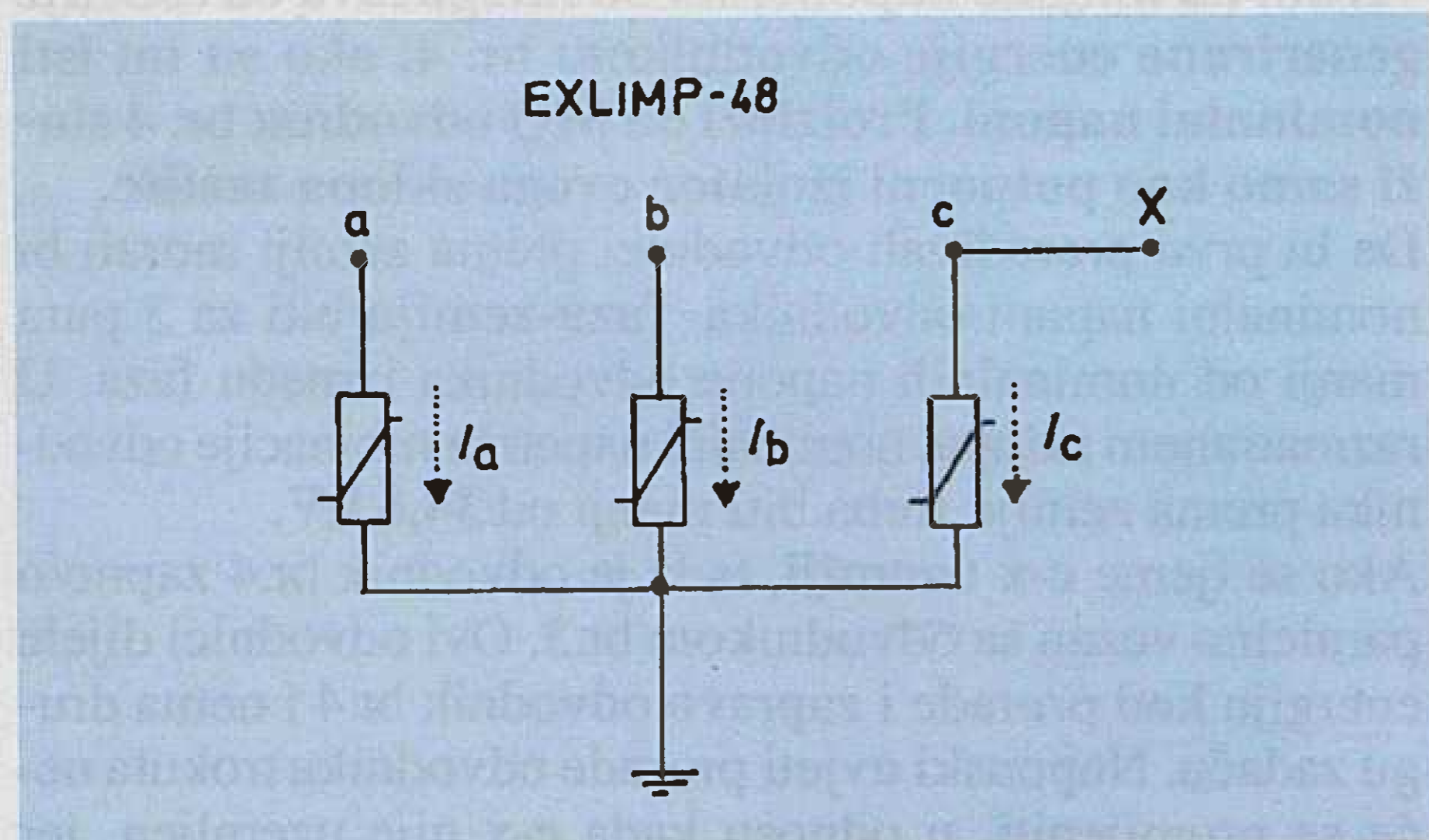
Ako "probije" jedan odvodnik između faza, druga dva odvodnika sa nominalnim naponom 30 kV i maksimalnim trajnim radnim naponom 24 kV, dolaze pod trajni linijski radni napon oko 31.5 kV (slika 7.). Tada nužno dolazi do toplinskog pobjega MO odvodnika u druge dvije faze i stradanja odvodnika što dovodi do dvopolnog ili trolnog kratkog spoja.

Uzemljenje, iz bilo kojih razloga, **postolja**, na kojem stoje gornja tri odvodnika (led, ptica, površinske struje odvoda preko kućišta odvodnika br.4 u uvjetima onečišćenja, posebice solju), dovode odvodnike br.1, 2, i 3 pod fazni napon 31,5-36,7 kV. Kako je nominalni napon odvodnika 30 kV može se očekivati oštećenje odvodnika i opasnost nastanka dvopolnog ili trolnog kratkog spoja u tim uvjetima.

3.4.5. Sklop tri MO odvodnika

3.4.5.1. Izoliran vrh (c-x)

Sada je praksa, kod tercijara koji se ne tereti, uzemljenje vrha c-x tercijara zbog definiranja potencijala tercijara. Ovo je potrebno jer klasični odvodnici zbog iskrišta, nemaju ostvareni galvanski spoj između faznog vodiča i zemlje. Sa uzemljenim jednim vrhom tercijara, dolazilo je do dvopolnog kratkog spoja, kada iz bilo kojeg razloga dođe do zemljospoja u drugoj fazi. Uzemljenje jednog vrha tercijara diže potencijal druge dvije faze prema zemlji na puni linijski napon (slika 12). Zato se prenaponska zaštita dimenzionira za linijski napon tercijara. Metalooksidni odvodnici prenapona nemaju iskriše i stalno su galvanski spojeni između faze i zemlje. Kroz njih teče stalna struja

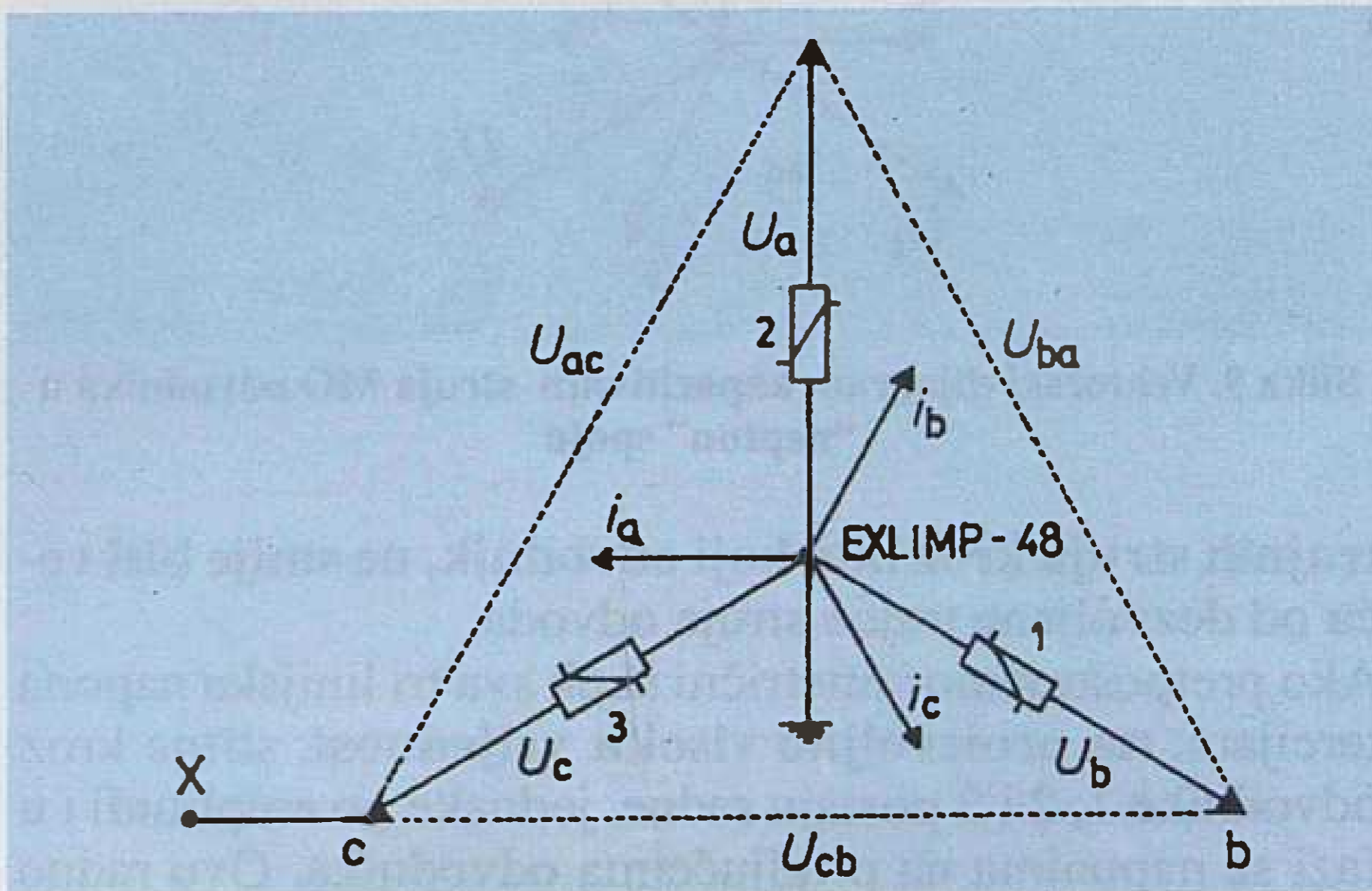


Slika 12. Sklop zaštite tercijara sa tri odvodnika

reda mA. Priklučenje MO odvodnika između svakog vrha tercijara i zemlje dobijamo spoj "potrošača" vezanih u zvijezdu. Na taj način možemo razmatrati, da li je preko njihove struje odvoda, potencijal tercijara određen prema zemlji, kada se tercijar ne tereti. MO odvodnici prenapona priključeni između tjemena a, b i c tercijara i zemlje, vezani su u zvijezdu i kontroliraju fazne napone tercijara.

Ova konstatacija upućuje potrebu analize o neophodnosti uzemljenja tercijara (c-x) kad je prenaponska zaštita s metalooksidnim odvodnikom prenapona spojena u zvijezdu.

Porast bilo kojeg napona trokuta na tercijaru podiže fazni napon prema zemlji. Kada fazni napon naraste iznad referentnog napona, odvodnik prelazi u radno područje i održava vrijednost napona na dozvoljenoj razini. Proradom bilo kojeg odvodnika, disipacija generirane energije u namotima tercijara je prema zemlji, a ne namotima tercijara kao kod "neptun" sklopa. Međufazna zaštita ovog sklopa je sa dva odvodnika 48 kV vezana u seriju. To je visoka vrijednost za simetrične napone na tercijaru, kada je linijski napon $\sqrt{3}$ puta veći od faznih napona. **Međutim, za poremećene trofazne sustave fazni naponi se ne razlikuju za $\sqrt{3}$ puta od linijskih, već znatno manje.**



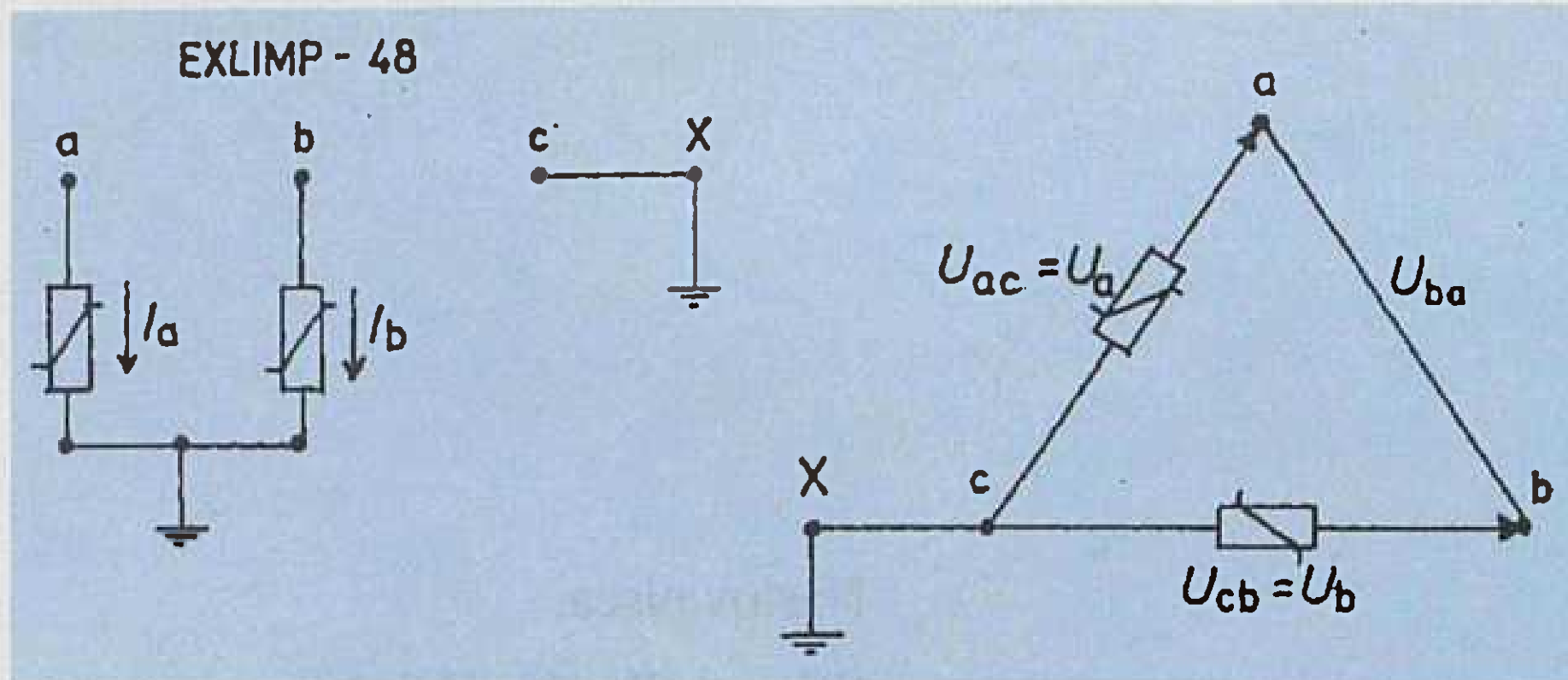
Slika 13. Vektorski dijagram napona i struja MO odvodnika sa neuzemljenim c-x

Odlika ovoga sklopa je eliminiranje mogućnosti nastanka dvopolnog zemljospoja u slučaju proboja i kvara jednog odvodnika. Nedostatak sklopa je visoka vrijednost nominalnih napona odvodnika u zaštiti međufazne izolacije i potreba dalje analize o djelotvornosti definiranja potencijala tercijara. Izvedba je jednostavnija i ukupno je jeftinije rješenje.

3.4.5.2. Uzemljen c-x

Sa sklopom odvodnika sa slike 12. može se držati uzemljen c-x kada se tercijar ne koristi. Sa uzemljenim c-x na slici 12., odvodnik br. 3 je premošten, a fazni naponi postaju linijski naponi. Odvodnici br.1 i 2 kontroliraju linijske napone U_{cb} i U_{bc} , a samim tim i napon U_{ba} . Odvodnici br. 1 i 2 počinju odvoditi radnu struju kada fazni naponi narastu na $48/\sqrt{3}$ -27,7 kV i tada se postiže najbolja zaštita faznih i linijskih napona tercijara, od svih razmatranih sklopova.

Ako se opredijelimo za ovaj sklop tada je odvodnik br.3 premošten i nije potreban. Tada dobivamo sklop odvodnika prikazan na slici 14. **Dovoljna su dva MO odvodnika**



Slika 14. Sklop sa dva MO odvodnika za zaštitu tercijara i naponi odvodnika

prenapona vezana u vrh trokuta a i b, a vrh trokuta c-x se uzemlji. Ostvaruje se neusporedivo bolji faktor zaštite (tablica br. 2) namota tercijara u omjeru na sklop u "neptun" spoju a rizik od dvopolnog zemljospoja je manji u usporedbi s "neptun" sklopom.

3.5. Ostvareni faktor zaštite namota tercijara

Namot tercijara starijih transformatora ima podnosive napone:

- udarni val oblika 1,2/50 μ sec 176 kV
- sklopni val oblika 250/2500 μ sec 150 kV

Za 35 kV naponsku razinu faktor zaštite treba biti $k_z \geq 1,3$.

3.5.1. Ostvareni faktori zaštite tercijara s razmatranim sklopom odvodnika:

XMQ-B 60/60: za atmosferski val: za sklopni val:

$$k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{176}{159} = 1,1 \quad k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{150}{124} = 1,2$$

XMQ-54/54: za atmosferski val: za sklopni val:

$$k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{176}{130} = 1,35 \quad k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{150}{108} = 1,38$$

EXLIMQ-51: za atmosferski val: za sklopni val:

$$k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{176}{123} = 1,43 \quad k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{150}{102} = 1,47$$

EXLIMQ-48: za atmosferski val: za sklopni val:

$$k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{176}{121} = 1,45 \quad k_z = \frac{U_{pod}}{U_{od}} = \frac{150}{97,2} = 1,54$$

Analiza usvojenih rješenja, prenaponske zaštite energetskih transformatora 400/231/31,5 kV, pokazala je nedostatke u ostvarivanju potrebnog faktora zaštite tercijara,

Tablica 3. Ostvareni faktor zaštite namota tercijara

Tip odvod.	podnos.napon namota atmosf. sklop.		Max. preostali napon na odv. atmosf. val	Max. preostali napon na odv. sklop. val	ostvareni faktor zašt. Kz	
	kVcrest	kVcrest			atmosf	sklop.
XMQ-B 60/60	176	150	159	124	1,1	1,2
EXLIM Q-54	176	150	130	108	1,35	1,38
EXLIM Q-51	176	150	123	102	1,43	1,36
EXLIM Q-48	176	150	121	97,2	1,45	1,54
EXLIM Q-198	760	649	523	410	1,45	1,58
EXLIM Q-336	1140	974	844	676	1,35	1,44

posebno za starije energetske transformatore. Sklop odvodnika XMQ-B 60/60 u "neptun" spoju ostvaruje faktor zaštite koji je na donjoj granici za starije transformatore.

4. ZAKLJUČAK

1. Provedenom analizom sklopa odvodnika u "neptun" spoju dolazi se do spoznaje da ovaj sklop ima poteškoće kod odvođenja prenaponskog vala prema zemlji. Prema danim parametrima odvodnika uvijek prvo prorađuju odvodnici priključeni na međufazne napone namota tercijara, a odvodnik između zvjezdišta sklopa i zemlje nema uvjeta za prorađivanje.
2. Analiza pokazuje da je najpovoljniji sklop od dva odvodnika prema slici 14, s uzemljenim vrhom (c-x) za zaštitu namota tercijara. Nominalni napon odvodnika u tercijaru određuju maksimalni pogonski napon mreže 400 kV:

- a) MO odvodnik prenapona s nominalnim naponom $U_n = 48$ kV i trajnim radnim naponom $U_{cov} = 38$ kV

Ovaj odvodnik može raditi u tercijaru čiji trajni linijski napon ne prelazi 38 kV. Ovom naponu tercijara odgovara maksimalni linijski napon u 400 kV mreži od 434,3 kV, prema jednadžbi (19).

- a) MO odvodnik prenapona s nominalnim naponom $U_n = 51$ kV i trajnim radnim naponom $U_{cov} = 41$ kV

Ako se procjenjuje da trajni linijski naponi, u kriznom režimu el. energetskog sustava mogu biti veći od 434,3 kV. Trajnom radnom naponu od 41 kV na tercijaru odgovara linijski napon u 400 kV mreži od 468,5 kV, što osigurava siguran rad odvodnika prenapona.

3. Prenaponska zaštita transformatora snage 400/231(115)/31,5 kV regulirana je granskom preporukom 57/86 iz 1986. godine. Sa ovom preporukom usvojena je zaštita namota tercijara sa metalooksidnim odvodnicima prenapona u "neptun" spoju XMQ-60/60. S obzirom da su preporuke preuzete i u našoj elektroprivredi, predlaže se izrada naše preporuke kojom bi se riješili iznijeti tehnički problemi.

LITERATURA

- [1] T. KELEMEN: "Tercijar transformatora, što i kako s njim?", Energija br.2, travanj 1994.
- [2] A. J. ERIKSSON: "An improved electrogeometric model for trans. lines shielding analysis", IEEE Trns, Vol.PWRD-2, No 3. July 1987.
- [3] IEEE Working Group: "A Simplified Method for Estimating Lightning Performace of Transmission Lines", IEEE, PAS 1984, Washington, 17 July 1984.
- [4] Granska preporuka 57/86 iz 1986. god.
- [5] SELECTION GUIDE for ABB HV Surge arresters, Publ.SE-SWG/A 2300 E, 1990.god.
- [6] CATALOG 86A OHIO BRASS COMPANY, Copyright 1989.
- [7] EDF-Direkcija za studije i istraživanja, Koordinacija mreže 220 kV, 1988. god.
- [8] S. BANIĆ, suradnici: S. BOJIĆ, A. SEKSO, J. MUŽNY, Đ. STANKOVIĆ: "Prenaponska zaštita autotransformatora snage, spoja namota Y0y0d5, 400 \pm 1x5 % / 231/ 31,5 kV u TS Meline", svibanj 1997. god.

EFFICIENCY OF WINDING PROTECTION OF AN UNLOADED TRANSFORMER TERTIARY BY ARRESTERS IN A "NEPTUNE" LINK

In trying to realise the overvoltage protection of the tertiary winding of energy transformers electric power companies at home and abroad nowadays mostly use the arresters in the "Neptune" link . Producers of arresters recommend in their catalogues this arrester unit for the protection of tertiary winding of all voltage levels. The paper analyses the response of the arrester unit in the "Neptune" link in the case of overvoltage on the tertiary winding and estimates the efficiency of that protection.

DIE WIRKSAMKEIT DES WICKLUNGSSCHUTZES DES UNBELASTETEN TRANSFORMATOREN-TERTIÄRS MITTELS ÜBERSPANNUNGSABLEITERN IN DER - "NEPTUN"-SCHALTUNG

Der Überspannungsschutz von Tertiärwicklungen energetischer Umspanner mit Überspannungsableitern in "Neptun"-Schaltung findet in der Stromversorgung überall Anwendung. Hersteller von Überspannungsableitern empfehlen in ihren Druckschriften diese Schaltung zum Schutz der Tertiärwicklungen aller Spannungsstufen. Das Artikel setzt sich mit dem Ansprechen des "Neptun"-Schaltungssatzes von Überspannungsableitern bei Überspannungseignissen an der Tertiärwicklung auseinander und bewertet die Schutzwirkung eines solchen Überspannungsableitersatzes.

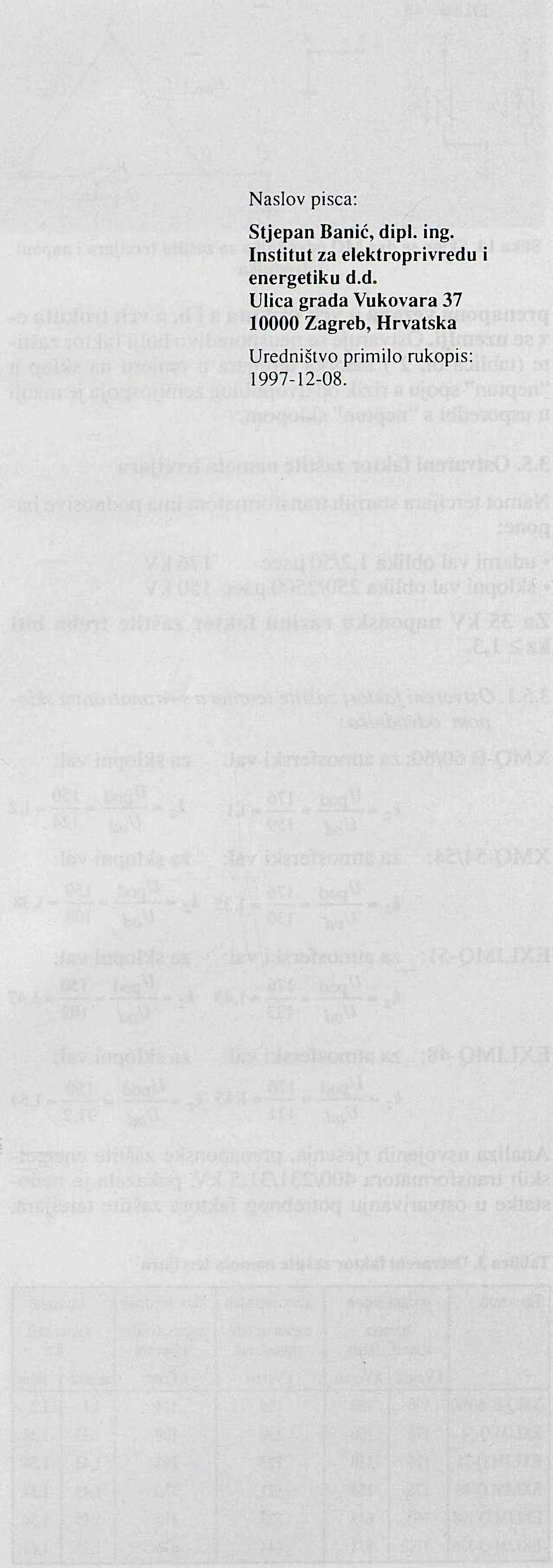
Naslov pisca:

Stjepan Banić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1997-12-08.

LITERATURA

- [1] T. KALEBIĆ: "Metode namaganja i zaštite u mrežama", Zagreb, 1984.
- [2] A. J. ERKINOV: "An interval electrodynamic model for transient lightning analysis", IEEE Trans. Vol. PWRS-2, No. 2, July 1987.
- [3] IEEE Working Group: "A Simplified Method for Determining the Peak Performance of Transformer Lines", IEEE PAS 1984, Winter Meeting, 17-21 Jan 1984.
- [4] Grafička priponka 2700 iz 1984. god.
- [5] SELECTION GUIDE for ABB HV surge arresters, Part 2B, SWGA 230E, 1991 god.
- [6] CATALOG 87A OHIO BRASS COMPANY, Copyright 1987.
- [7] BSC-Discoje za zaštite i razbijanja, Kooptacionijsko društvo 230 kV, 1986. god.
- [8] Z. BANIĆ, suradnik S. BORIĆ, A. SEKOŠIĆ, I. MUŠNYIĆ, STANKOVIĆ: "Prilagodba zaštite sekundarnih namagnih spojeva energetskih 400 kV i 230 kV 50 Hz MT", arhivski broj 1997. god.



EKSPLOATACIJA POSTOJEĆIH ULJNIH KABELA NAZIVNOG NAPONA 10 kV, POD NAPONOM 20 kV

Enio Bugarin — Davor Mišković — mr. Elio Sterpin, Pula

UDK 621.315.211.3
STRUČNI ČLANAK

U "Elektroistri" je predviđeno ažuriranje studija definiranja distributivnog napona grada Pule, 10 kV ili 20 kV. U svijetlu tog problema, u referatu se razmatra mogućnost upotrebe postojećih uljnih kabela, nazivnog napona 10 kV, pod naponom 20 kV. Prikazuju se eksploatacijska iskustva na kabelima i kabelskoj opremi za mrežu pogona Buzet, koja je u pogonu po 20 kV od 1989. godine. Inicira se izmjena propisa za korištenje opreme 10 kV pod naponom 20 kV. Iznose se podaci o ekonomskoj opravdanosti ovakvog postupka.

Ključne riječi: eksploatacija kabela, prijelaz na 20 kV napajanje.

1. UVOD

Krajem 70-ih godina u "Elektroistri", se donose odluke o prelasu sredjenaponskih mreža svih pogona na 20 kV napona. Jedino se na osnovi studije razvoja sredjenaponske mreže grada Pule odlučilo da grad Pula, zbog veoma razvijene, kvalitetne i relativno nove kabelske mreže 10 kV i 35 kV, zadrži 10 kV napon.

Godinu dana nakon toga, 1979. g., izašao je "Pravilnik o tehničkim normativima za el. energetska postrojenja nazivnog napona 10 kV, za rad pod 20 kV" (Sl. list 10/79). U Pravilniku se navodi da dalekovodi, razvodna postrojenja i trafostanice, građeni za napon 10 kV mogu raditi pod naponom 20 kV ako se:

- uzemlji neutralna točka mreže preko male impedance
- zamijeni sva oprema 10 kV potpornih i provodnih izolatora, sabirnica i rastavljača.

Iz navedenog Pravilnika slijedi implicite, da se kabeli nazivnog napona 10 kV ne mogu koristiti pod naponom 20 kV. Ova je konstatacija usporila prelazak na 20 kV napajanje mreža, koje sadrže 10 kV kabele. Ipak, ovaj je Pravilnik dao snažan impuls pripremama za prelazak na 20 kV napajanje izvangradskih zračnih mreža.

2. MOGUĆNOST UPOTREBE KABELA NAZIVNOG NAPONA 10 kV, POD NAPONOM 20 kV

Neka saznanja i istraživanja na kabelima, koja su se dotad izvršila, upućivala su na to da bi i kabeli nazivnog napona 10 kV mogli raditi pod 20 kV naponom. Nije se, međutim, znalo kolika bi bila njihova nova životna dob. S tim ciljem su "Elektroistra" i "Elektra"-Sisak zajednički naručili izradu studije: "Istraživanja mogućnosti upotrebe kabela 10 kV, položenih u mrežama Rovinja i Siska, za pogon pod naponom 20 kV" [1]. Studija je dovršena 1983. g., a izradio ju je Institut za elektroprivredu (autor J. Mužny). Ovdje će se dati kratki prikaz rezultata studije:

Kabelska mreža Siska imala je te godine 52.4 km kabela, od toga gotovo sve uljni kabeli IPO 13, a samo 1.9 km

plastičnih kabela PP41 i PP45/48. U Rovinju su bili isključivo uljni kabeli IPO 13 i podvodni kabel NPO, ukupne dužine 15.0 km. Prosječna starost obiju mreža bila je oko 10 god., znači mreže su bile relativno nove. Analiza kvarova nije ukazivala na to da je bilo kvarova kao posljedica djelovanja el. polja, već su sve bili mehanički kvarovi. Za ispitivanje su odabrani kabeli IPO 13-A i PP41-A. Treba napomenuti da plastični kabeli PP41 nemaju električnu zaštitu ni ispod ni iznad izolacije.

Mjerenja kuta gubitaka $\text{tg } \delta$ kao funkcija narinutog napona izvršena su na narinutim naponima 0.5 U_0 , 1.25 U_0 i 2 U_0 , za 10 i 20 kV (šest napona od 3 kV do 23.5 kV), na uzorcima kabela. Uljni kabeli su zadovoljili, a plastični kabeli nisu.

Mjerenja kuta gubitaka $\text{tg } \delta$ kao funkcija temperature izvršena su na istim uzorcima na temperaturama 20, 40 i 60°C. Uljni kabeli ispitivani su pri faznom naponu 12 kV i zadovoljili su, a plastični kabeli su ispitani (u skladu sa propisima) na naponu 2 kV i također su zadovoljili (na tom naponu još nema parcijalnih izbijanja).

Ispitivanja su pokazala da kabelski pribor (prema VDE 0278), s visokim izmjeničnim naponom 55 kV u trajanju 1 min. za nazivni napon 12/20 kV, nije zadovoljio. Svi proboji nastali su na 10 kV kabelskim glavama ili 10 kV spojnicama. Očito je da 10 kV pribor ne zadovoljava ispitne napone za 20 kV. Sav pribor zamijenjen je novim, 20 kV priborom, a na sve kabelske glave ugrađeni su deflektori. Ponovljena ispitivanja zadovoljio je pribor i za uljne i za plastične kabele.

Ispitivanja udarnim naponom amplitude 125 kV, oblika 1-5/40-60 μsek , su zadovoljila 10 udara pozitivnog i negativnog polariteta. Uljni kabel se prethodno zagrijavao na 60°C, a plastični na 75°C.

Najvažnije ispitivanje bilo je dugotrajno naponsko ispitivanje prema EdF (HN 33-S-22). Uzorci sa priborom podvrgnuti su ciklusima grijanja i hlađenja uz neprekidno naponsko naprezanje do proboja izolacije. Uzorci su grijani na radnu temperaturu 8 sati, da bi se zatim 16 sati hladili. Ispitni napon je variran. Životna dob se izračunala prema Peek-ovoj formuli:

$$T_{20} = t(E/20)^n$$

gdje su

E i t varirani ispitni napon i odgovarajuće vrijeme do proboja

T_{20} životna dob kabela na 20 kV

$n = 7.3$ za uljne i $n = 9.1$ za plastične kabele.

Posebno su se bilježili kvarovi na kabelima, a posebno na 20 kV priboru. Izračunate su sljedeće srednje životne dobi:

za uljne kabele:	kabel	22.2 god
	spojnica	18.6 god
	KG vanjska	14.8 god
	KG unutarnja	18.9 god
za plastične kabele:	kabel	1.8 god
	spojnica	2.2 god

Vidi se da 10 kV plastični kabel, tipa PP41, čak i sa spojnim priborom za 20 kV ne može raditi pod naponom 20 kV.

Ispitivanje ugrađenih kabela istosmjernim naponom 48 kV u trajanju 5 min, izvršeno je uspješno u Sisku na većem broju kabela, dok je u Rovinju obustavljeno nakon nekoliko probijenih kabljskih glava 10 kV, zbog nekvalitetne izrade.

Rezultati studije ukazali su da se uljni kabeli 10 kV mogu, uz zamjenu spojnog pribora, u prelaznom razdoblju od 10 godina koristiti za rad pod 20 kV naponom. Pri tom je uvjet da se zvjezdaste 20 kV mreže uzemlje preko djelatnog otpora male vrijednosti, te da se naročita pozornost posveti zaštiti kabela odvodnicima prenapona.

3. PRELAZAK MREŽE POGONA BUZET NA 20 kV NAPAJSANJE

Mreža pogona Buzet prešla je na napajanje po 20 kV naponu 1989. godine prvim dijelom i 1992. godine drugim dijelom. Razlozi prelaska bili su veliki padovi napona u 10 kV mreži. Kod prelaska na 20 kV napajanje koristili su se kriteriji iz ranije spomenutog Pravilnika, ali i rezultati studije iz 1983. godine. To znači da su se svi uljni kabeli, građeni za 10 kV napon, koristili na naponu 20 kV, dok su se 10 kV plastični kabeli zamijenili novima.

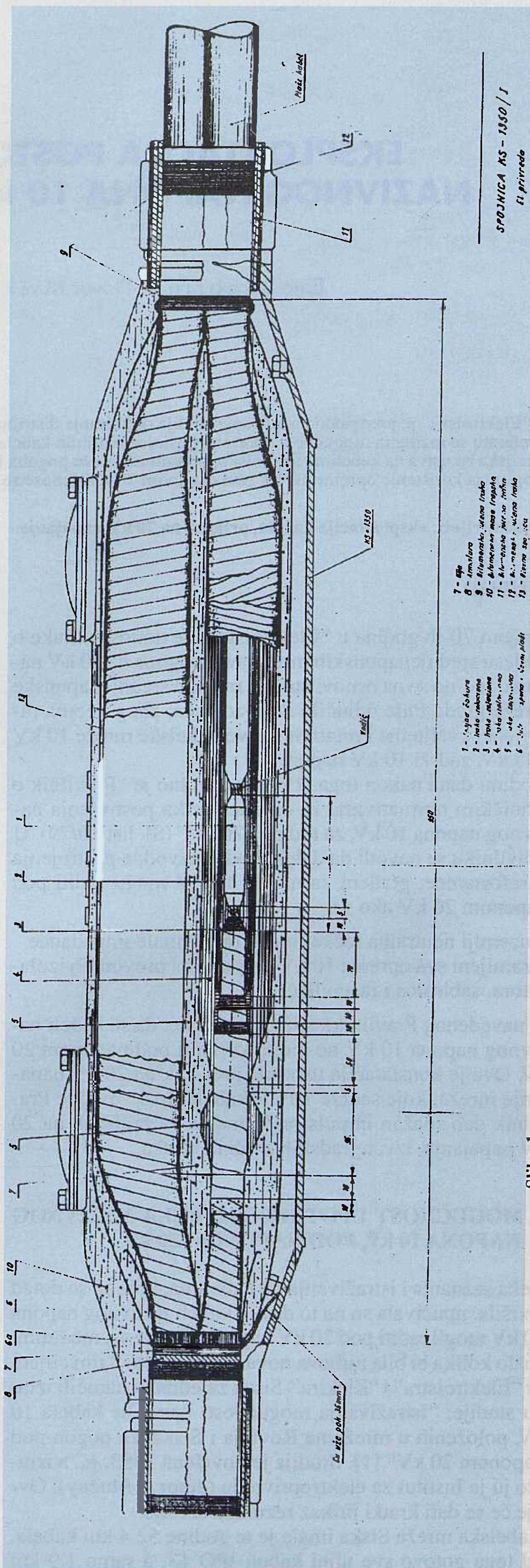
U vrijeme prelaska na 20 kV napajanje, 1. faza, na 20 kV napajanje su prešli isključivo 20 kV kabeli i to:

20 kV	XHP 48-A	7 dionica	3.641 m
	EHP 48-A	6 dionica	2.166 m

U drugoj fazi na 20 kV napajanje prešli su sljedeći kabeli:

20 kV:	XHP 48-A	više dionica	16.739 m
	EHP 48-A	6 dionica	2.615 m
10 kV:	IPO 13-A	3 dionica	1.253 m

Od 10 kV kabela IPO13-A, dva su bila presjeka 185 mm², dok je jedan bio 95 mm². U vrijeme prelaska na 20 kV napajanje bili su stari 17-18 godina. Na njima je bilo ukupno pet kabljskih spojnica 10 kV tipa KS, i šest kompleta kabljskih glava za unutarnju montažu. Odlučeno je da se kabljske glave zamijene (u skladu sa rezultatima studije). Ugrađene su nove kabljske glave, specijalne izrade, tipa KGU 20/OK 7, proizvođača TEP Zagreb. To su kabljske glave 20 kV za 10 kV kabel, s ugrađenim deflektorom za



Slika 1.

homogenizaciju električnog polja na mjestu gdje je olovni plašt prerezan (sl. 1). Za kabelaške spojnice je odlučeno da se ne mijenjaju unaprijed, već da se zamijene, ako dođe do njihovog proboja. Treba naglasiti da u to vrijeme, kao ni danas, nije bilo tehničke regulative koja bi obrađivala tu problematiku, tako da se kod stavljanja 10 kV uljnih kabela pod 20 kV napon, svjesno išlo u rizik. Rizik je bio umanjen nizom mjera koje su se poduzele prije takvog pogona. Uzemljila se neutralna točka 20 kV mreže, kontrolirano je i korigirano zaštitno uzemljenje po svim TS 10(20)/04 kV, te ispitala zaštita po vodnim poljima. Prije prelaska na 20 kV napajanje u mreži je bio samo jedan kabel tipa PP 41, građen za 10 kV, dužine 100 m. Taj je kabel zamijenjen odgovarajućim, tipa XHE 49-A.

4. EKSPLOATACIONA ISKUSTVA

Nakon prelaska na 20 kV napajanje, organiziran je pojačani monitoring nad opremom, s praćenjem vremenskih uvjeta kod pojave kvarova. Općenito, na cjelokupnoj opremi nije primijećen zamjetno povećani broj kvarova. Kod kabela je, međutim, došlo do povećanog broja proboja. U prvim danima zabilježeni su sljedeći proboji:

20 kV kabeli	XHP 48	nakon 2 dana
	XHP 48	nakon 40 dana
10 kV kabel	IPO 13	nakon 40 dana

Nakon pronalaženja mjesta kvara, pronađeno je da su kabeli s krutim dielektrikom probijeli na mjestima ranijih mehaničkih oštećenja, od građevinskih radova u blizini koja nisu bila evidentirana. Uljni kabel je probio na mjestu gdje je imao kabelašku spojnicu, i to vjerojatno kao posljedica prenapona nastalog probojem kabela XHP. Očividno je ustanovljeno da su i na mjestu ovog proboja bili izvođeni naknadni građevinski radovi. Kabelaška spojnica je pronađena suha, bez ulja. Ugrađena je nova 20 kV spojnica, specijalne izrade, za 10 kV uljni kabel tipa KS 1350 EP, proizvođača TEP Zagreb (sl. 2). Nova spojnica je imala deflektor.

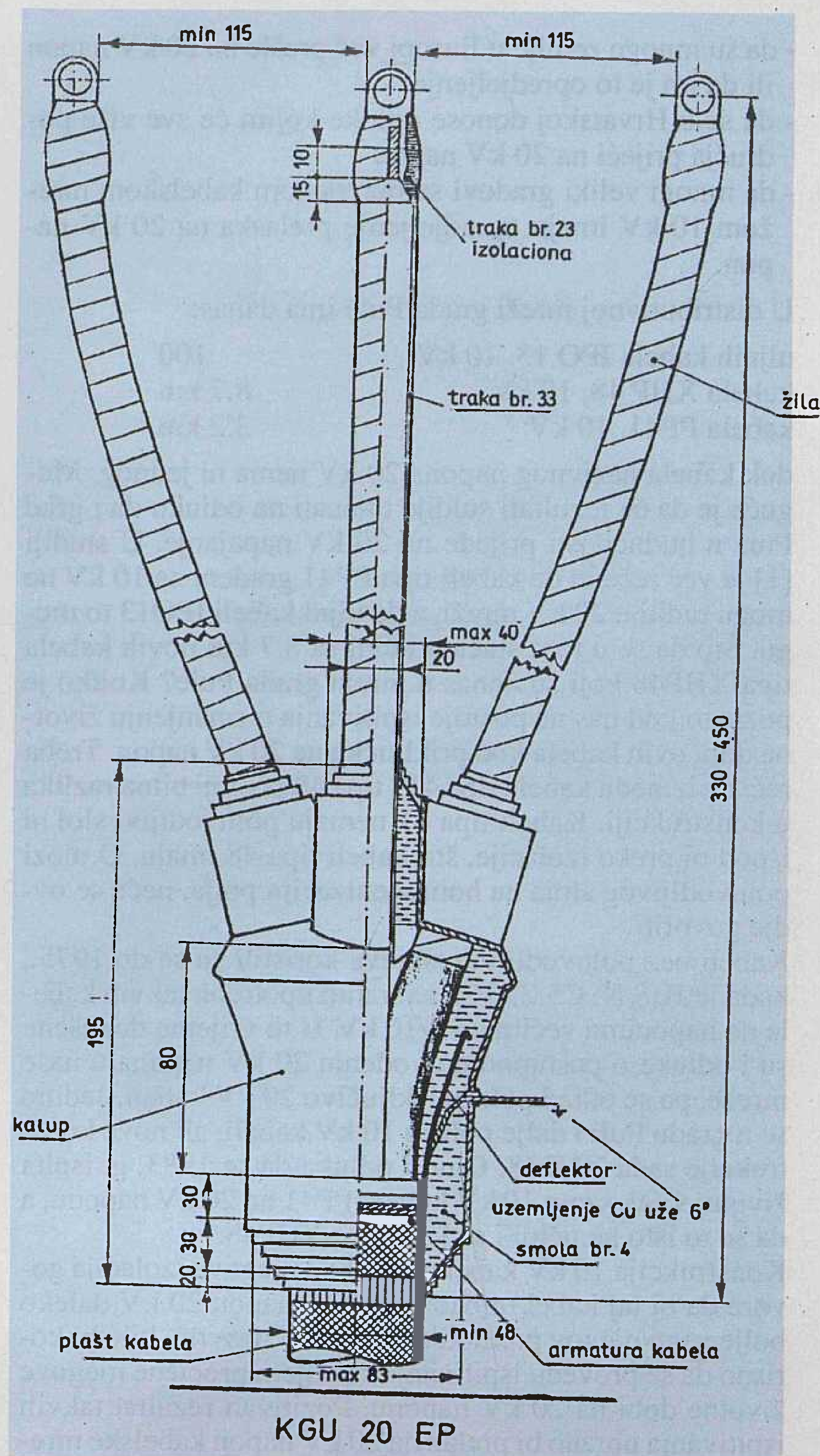
U sljedećem periodu do danas, četiri godine nakon prelaska na 20 kV napon, u Buzetu nije bilo novih proboja 10 kV uljnih kabela. Treba napomenuti da je u međuvremenu jedan od uljnih kabela supstituiran novim 20 kV kablom tipa XHP, koji je položen potrebe izgradnje novog kabelaškog raspleta u dijelu mreže. Kod kabela sa krutim dielektrikom došlo je u međuvremenu do:

- četiri proboja kabla u živo
- dva proboja na kabelaškim glavama, vanjska montaža, zbog nekvalitetne izrade.

Na prvi pogled izgleda da je više proboja bilo na 20 kV kablom, nego na 10 kV kablom koji su radili pod naponom 20 kV. Da bi se pravilnije ocijenio udio kvarova u pojedinoj grupaciji kvarova, treba broj kvarova staviti u odnos sa dužinom pojedine mreže i vremenom u kojem su bili pod 20 kV naponom. Ako se na taj način promatra broj kvarova, onda je srednji broj kvarova bio:

kabeli sa krutim dielektrikom	7.4 kvara po 100 km x god
uljni kabeli	28 kvara po 100 km x god

Ovdje treba istaći da je na 10 kV uljnim kablom bio samo jedan kvar, pa je ova statistika vrlo nepouzdana. Pored toga uljni kabeli su danas stari preko 20 god, dok su kabeli s krutim dielektrikom stari nešto preko 10 god.



Slika 2.

Ako se promatra financijski učinak od ovakvog korištenja uljnih kabela, onda se on ne sastoji u tome da se jedna investicija izbjegne, već da se ona odgodi. Ove uljne kabele će ipak trebati zamijeniti, kad se na njima počnu javljati češći kvarovi. Njihovo starenje pod ovakvim uvjetima rada je višestruko brže nego da su izloženi svom nominalnom naponu. Pored ovog, ovakvom odgodom investicije, rasterećuje se sam čin prelaska na 20 kV napajanje, koji je i bez ovog, bremenit organizacijskim investicijskim, terminskim i drugim problemima.

5. PRIMJENA 10 kV KABELA S KRUTOM IZOLACIJOM NA 20 kV NAPONU

U tijeku je izrada studije koja će nakon 18 godina ponovno preispitati odluku o zadržavanju srednjeg napona 10 kV u gradu Puli. Nova se studija radi u svjetlu novih saznanja: - da uljni kabeli 10 kV mogu u prelaznom periodu raditi pod naponom 20 kV

- da su mnoge zemlje u Europi već prešle na 20 kV napon ili da im je to opredjeljenje
- da se u Hrvatskoj donose odluke kojim će sve više područja prijeći na 20 kV napon
- da mnogi veliki gradovi sa razvijenom kabelskom mrežom 10 kV imaju opredjeljenje prelaska na 20 kV napon.

U distributivnoj mreži grada Pule ima danas:

uljnih kabela IPO 13, 10 kV	100
kabela XHP 48, 10 kV	8.7 km
kabela PP41, 10 kV	3.2 km

dok kabela nazivnog napona 20 kV nema ni jednog. Možeće je da će rezultati studije utjecati na odluku da i grad Pula u budućnosti prijeđe na 20 kV napajanje. U studiji [1] je već rečeno da kabele tipa PP41 građeni za 10 kV ne mogu raditi u 20 kV mreži, a da uljni kabele IPO13 to mogu. Što da se u tom slučaju učini sa 8.7 km novih kabela tipa XHP48 koji su danas u mreži grada Pule? Koliko je poznato kod nas ne postoje ispitivanja o smanjenju životne dobi ovih kabela kod priključka na 20 kV napon. Treba reći da između kabela tipa 41 i tipa 48 postoji bitna razlika u konstrukciji. Kabele tipa 41 nemaju poluvodljivi sloj ni ispod ni preko izolacije, što kabele tipa 48 imaju. O ulozi poluvodljivog sloja na homogenizaciju polja, neće se ovdje govoriti.

Kabele bez poluvodljivih slojeva koristili su se do 1975., kada je JUS N. C5.220/75 zabranio upotrebu takvih kabela na naponima većim od 6/10 kV. U to vrijeme donešene su i odluke o postupnom uvođenju 20 kV napona u naše mreže, pa se odtad polažu isključivo 20 kV kabele. Jedino se u gradu Puli i dalje polažu 10 kV kabele, ali nove konstrukcije sada XHP48. Otud i odluka da se 1983. g. ispita životni vijek samo 10 kV kabela PP41 na 20 kV naponu, a da se to isto ne učini i sa kabelom XHP48.

Konstrukcija 10 kV kabela XHP48 i njegova izolacija govore da bi taj kabel trebao podnijeti napon 20 kV daleko bolje nego njegov prethodnik PP41. U tu svrhu bilo bi korisno da se provedu ispitivanja sa ciljem procjene njegove životne dobi na 20 kV naponu. Pozitivan rezultat takvih ispitivanja ubrzao bi prelaz na 20 kV napon kabelske mreže 10 kV.

6. IZMJENA REGULATIVE O RADU 10 kV OPREME POD NAPONOM 20 kV

Već je rečeno da u Pravilniku koji regulira vrstu opreme 10 kV koja pod određenim uvjetima i rokovima može raditi pod 20 kV naponom, nema 10 kV uljnih kabela. Nakon određenih ispitivanja na tim kabelima, koja su dala pozitivan rezultat, u "Elektroistri" je ocijenjeno da se može prihvatiti tehnički rizik stavljanja tih kabela pod 20 kV napon. Zamijenjene su samo kabelske glave, dok se spojnice nisu ni dirale. Četverogodišnje iskustvo rada tih kabela na 20 kV naponu ocjenjuje se kao iznimno dobro. Osim početnog kvara na 10 kV spojnici iz koje je iscurilo ulje, nije bilo drugih kvarova.

Iz tog razloga predlaže se da se učini izmjena u navedenom Pravilniku na način da se u popis opreme koja može raditi pod 20 kV naponom, uvedu i 10 kV uljni kabele na kojima treba zamijeniti sve kabelske glave i spojnice odgovarajućim. Rok zamjene tih kabela u 20 kV mreži trebao bi biti deset godina.

7. ZAKLJUČAK

Ispitivanja koja su provedena na 10 kV uljnim kabelima IPO13 ukazala su na mogućnost korištenja tih kabela pod 20 kV naponom uz određeno smanjenje životne dobi. Pri tom je potrebno zamijeniti sav spojni pribor. Četverogodišnje pogonsko iskustvo tih kabela na 20 kV naponu je dobro, pa se predlaže da se i 10 kV uljni kabele uvedu u popis 10 kV opreme koja može raditi pod naponom 20 kV. Konstrukcija 10 kV kabela XHP48 i njegova izolacija govore da bi i ovaj kabel mogao podnijeti napon 20 kV, pa se predlažu odgovarajuća ispitivanja.

LITERATURA

- [1] Istraživanja mogućnosti upotrebe kabela 10 kV, položenih u mrežama Rovinja i Siska, za pogon pod naponom 20 kV – studija Instituta za elektroprivredu, 1983. g.
- [2] Referati sa simpozija o energetskim kabelima – CIGRE

OPERATION OF EXISTING OIL CABLES OF NOMINAL 10 kV VOLTAGE UNDER 20 kV VOLTAGE

In the frame of the dilemma whether to introduce 20 kV voltage instead of 10 kV in Pula, the possibility of using existing oil cables of 10 kV nominal voltage under 20 kV is analysed. Exploitation experiences of the Buzet network where cables and equipment are working under 20 kV since 1989 are given. The change of regulation for the usage of 10 kV equipment under 20 kV is initialised. The data on cost benefits are also given.

DER BETRIEB BESTEHENDER 10 kV-STROMKABELN MIT 20 kV

Es bestehen Schwierigkeiten bei der Erwägung des Möglichen Überganges in der Stromversorgung der Stadt auf 20 kV, die bestehenden 10 kV-Kabeln nutzend. Dargestellt werden Betriebserfahrungen der Stadt Buzet wo sich die 10 kV-Kabeln und Kabelzubehör bereits seit 1989 unter 20 kV im Einsatz befinden. Angeregt wird eine Änderung der 10 kV-Kabel Vorschriften, welche den Betrieb dieser Kabeln unter 20 kV zulassen würde. Es wird die wirtschaftliche Berechtigung eines solchen Unterfangens dargestellt.

Naslov pisaca:

Enio Bugarin, dipl. ing.
Davor Mišković, dipl. ing.
mr. Elio Sterpin, dipl. ing.
HEP DP "Elektroistra" – Pula
Vergerijeva 10
52000 Pula, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1997-12-09.

POTVRĐIVANJE UGOVORA O ENERGETSKOJ POVELJI

Na sastanku u lipnju 1990. godine u Dublinu Europsko vijeće je konstatalo da gospodarska obnova u istočnoj Europi i u tadašnjem Sovjetskom savezu može biti pospješena i ubrzana suradnjom u energetske sektoru. Tako je Komisija Europske zajednice dobila zadatak da prouči kako da se najbolje ostvari takva suradnja. U veljači 1991. godine Komisija je predložila koncept Europske energetske povelje. Nakon pregovora Povelja je usvojena potpisivanjem Zaključnog dokumenta na Konferenciji u Hagu u prosincu 1991. godine. Slijedili su pregovori o energetske povelji i Protokolu o energetske učinkovitosti koji su završeni u prosincu 1994. godine. Na Konferenciji Europske energetske povelje 16. i 17. prosinca 1994. godine u Lisabonu sklopljen je Ugovor o energetske povelji kojeg je potpisala i naša zemlja. Kako Ugovor o energetske povelji podliježe ratifikaciji to je učinila i naša zemlja. Zakon o potvrđivanju Ugovora o energetske povelji objavljen je u Narodnim novinama - dodatak - Međunarodni ugovori broj 15 od 15. listopada ove godine.

Ugovor o energetske povelji predstavlja osnovni sporazum i promiče industrijsku suradnju Istok - Zapad osiguravajući zakonska jamstva u područjima kao što su investicije, transport i trgovina. Ugovor ne donosi nikakve zahtjeve u pogledu obveza u gospodarske djelatnosti koje su izvan gospodarske djelatnosti u energetske sektoru. Pod gospodarske djelatnošću u energetske sektoru podrazumijevaju se:

- traženje, iskorištavanje te vađenje nafte, plina, ugljena i urana
- izgradnja i korištenje energetske postrojenja za proizvodnju uključujući i ona na vjetar te druge obnovljive energetske izvore
- zemaljski transport, distribuciju, uskladištenje i opskrbu energetske materijalima i proizvodima, primjerice pomoću prijenosnih i distributivnih mreža i cjevovoda ili pomoću namjenskih željezničkih pruga, te izgradnja postrojenja kao što je polaganje cjevovoda za naftu, plin i žitki ugljen
- odstranjivanje i odlaganje otpada iz energetske postrojenja kao što su elektrane, uključujući nuklearni radioaktivni otpad iz nuklearnih elektrana
- zatvaranje energetske postrojenja, uključujući naftne bušaće garniture, naftne rafinerije i elektrane
- trgovinu i prodaju energetske materijala i proizvoda odnosno maloprodaju benzina
- istraživanje, savjetovanje, planiranje, upravljanje i projektiranje vezano uz navedene djelatnosti, uključujući one namijenjene poboljšanju energetske učinkovitosti.

Pod energetske materijalima i proizvodima podrazumijevaju se materijali i proizvodi zasnovani na Harmoniziranom sustavu Savjeta za carinsku suradnju te na kombiniranoj nomenklaturi Europske zajednice. Tu se ubrajaju rude i koncentradi urana i torija, radioaktivni kemijski elementi i radioaktivni izotopi i njihovi spojevi, ugljen, prirodni plin, nafta, naftni proizvodi i električna energija.

Temeljna pobudna zamisao Energetske povelje sastoji se u pospješivanju gospodarske rasta pomoću mjera za liberalizaciju investicija i trgovine u energetici. Imajući u vidu cilj postupne liberalizacije međunarodne trgovine, te načelo izbjegavanja pristranosti u međunarodnoj trgovini koje je proglašeno u Općem sporazumu o carinama i trgovini (dalje GATT) te u njegovim pripadajućim dokumentima, potpisnice su odlučne postupno otkloniti tehničke, administrativne i druge zapreke u trgovini energetske materijalima i proizvodima te pripadnoj opremi i tehnologiji i uslugama. Pri tome se uzima u obzir Okvirna konvencija Ujedi-

njenih naroda o klimatske promjeni, Konvencija o ograničenju prekomjernog zagađivanja zraka i njene protokole, te druge međunarodne sporazume o okolišu sa stajališta energije. Nisu zaboravljeni ni rastuća i hitna potreba za mjerama zaštite okoliša, uključujući i zatvaranje energetske postrojenja i odlaganje otpada, te međunarodno dogovoreni ciljevi i kriteriji u te svrhe.

Ugovor o energetske povelji utemeljuje pravni okvir za unapređenje dugoročne suradnje na području energetike zasnovane na dopunjavanju i uzajamnoj koristi u skladu s ciljevima i načelima Energetske povelje. Sa stajališta međunarodnog tržišta ugovorne strane će djelovati na unapređenju pristupa međunarodnim tržištima na trgovinskim temeljima te općenito da bi razvile otvoreno i natjecateljsko tržište za energetske materijale i proizvode. Svaka će ugovorna strana raditi na ublažavanju tržišnih poremećaja i prepreka za natjecanje u gospodarske djelatnosti u energetske sektoru. Zato mora osigurati da ima i uvodi takve zakone koji su nužni i pogodni da se nedvosmisleno usredotočuju na ponašanje suprotno natjecanju u gospodarske djelatnosti u energetske sektoru. Međutim, ugovorne stranke koje imaju iskustva u primjeni natjecateljskih pravila dat će na zahtjev, a u okviru raspoloživih izvora punu pozornost tehničkoj pomoći za razvoj i provođenje natjecateljskih pravila kod drugih ugovornih strana.

Ugovorne strane će poticati mjerodavne ustanove na suradnju u:

- modernizaciji sredstava za prijenos energije potrebnih za transport energetske materijala i proizvoda
- razvoju i djelovanju sredstava za prijenos energije koja služe područjima više od jedne ugovorne strane.
- mjerama za ublažavanje posljedica prekida u isporuci energetske materijala i proizvoda
- olakšavanju međupovezivanja sredstava za prijenos energije.

Međutim, ugovorna strana kroz čije područje mogu prolaziti energetske materijali i proizvodi nije obvezna da:

- dozvoli izgradnju ili izmjenu sredstava za prijenos energije
- odobri novi ili dodatni prolazak kroz postojeća sredstva za prijenos energije koja daje drugim zainteresiranim ugovornim stranama ako bi to ugrozilo sigurnost ili učinkovitost njenog energetske sustava uključujući i sigurnost dobave.

Ugovorne strane jamče uspostavljanje tokova energetske materijala i proizvoda prema, od ili između područja drugih ugovornih strana.

Sredstva za prijenos sastoje se od visokotlačnih plinskih prijenosnih cijevi, visokonaponske električne prijenosne mreže i vodova, naftovoda za sirovu naftu, cjevovoda za žitki ugljen, cjevovoda za naftne proizvode te od drugih čvrstih specifičnih postrojenja za rukovanje energetske materijalima i proizvodima.

U svezi s prijenosom tehnologije postignuta je suglasnost da u skladu sa svojim zakonima te zaštitom prava intelektualnog vlasništva unapređuju pristup i prijenos energetske tehnologije na trgovinskim i nepristranim temeljima u svrhu promicanja učinkovite trgovine neenergetske materijalima i proizvodima, te neće stvarati prepreke u tom smislu.

Utvrđen je pristup kapitalu, promicanje, zaštita i postupanje s investicijama, naknada za gubitke, izvlaštenje, prijenos u svezi s investicijama, prijenos prava te odnos prema drugim ugovorima. Što se tiče suvereniteta ugovorne strane priznaju državni suverenitet i suverena prava nad energetske dobrima.

Uključena su i stajališta u svezi s okolišem. U nastojanju za postizanjem održivog razvoja te uzimajući u obzir svoje obveze u okviru onih međunarodnih sporazuma koji se tiču okoliša svaka će ugovorna strana nastojati smanjiti na gospodarski učinkovit način štetne utjecaje na okoliš, a na temelju svih djelatnosti u okviru energetske ciklusa na njenom području uzimajući pri tom

u obzir vlastitu sigurnost. Nastojat će poduzimati mjere opreza kako bi spriječila ili umanjila uništavanje okoliša. Zagađivači moraju u načelu snositi troškove zagađivanja uključujući i zagađivanje izvan granice, s obzirom na javni interes te bez poremećaja investicije u energetsom ciklusu ili u međunarodnoj trgovini.

SBK

NACRT ZAKONA O HRVATSKOJ INŽENJERSKOJ KOMORI

U javnoj raspravi je Nacrt zakona (Nacrt) o hrvatskoj inženjerskoj komori (Komora). Nacrt sadrži uz opće odredbe, organizaciju Komore, način osiguranja odgovornosti, način upisa u imenik Komore, način financiranja Komore, utvrđuje disciplinsku odgovornost ovlaštenog inženjera, te kaznene odredbe.

Odredbama prva četiri članka Nacrta određen je sadržaj Zakona kao i obveza udruživanja inženjera koji pružaju stručne usluge iz područja arhitektonske i inženjerske djelatnosti prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD - razred 74.20.) u Hrvatsku inženjersku komoru. Članovi Komore su samo oni diplomirani inženjeri koji obavljaju poslove projektiranja, stručnog nadzora i s tim u svezi tehnička savjetovanja (intelektualne usluge). Prema tome, članovi Komore nisu oni djelatnici koji obavljaju poslove izvođenja radova. Tako Komora ne predstavlja sve inženjere u cijelosti.

Komora je samostalna i neovisna organizacija u svojstvu pravne osobe, pa dijelom ima i javne ovlasti. Rad ovlaštenih inženjera i Komore prati i nadzire Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja.

Daljnijim odredbama utvrđuju se organizacija i tijela Komore: središnja tijela, strukovne sekcije i tajništvo Komore.

Središnja tijela Komore su: Predsjednik, Predsjedništvo Komore, Upravni odbor Komore i Skupština Komore. Predložene su dvije varijante podjele na strukovne sekcije. Po jednoj varijanti to su sekcija arhitekata i sekcija inženjera. Po drugoj varijanti to su sekcija arhitekata, sekcija građevinara, sekcija geodeta i sekcija drugih inženjera. Nakon javne rasprave utvrdit će se konačan prijedlog.

Statutom kao općim aktom Komore uređuje se ustrojstvo, nadležnost, sastav i način izbora tijela, prava i dužnosti članova te ostalo potrebno za funkcioniranje Komore.

Kodeksom strukovne etike utvrđuje se skup načela i pravila kojih se članovi Komore moraju pridržavati pri obavljanju djelatnosti.

Skupština donosi cjenik usluga. Komora vodi imenik i evidencije ovlaštenih inženjera.

Pitanje primjene obveznog osiguranja od profesionalne odgovornosti uređuje se na način da je ovlašten inženjer dužan putem Komore osigurati se od odgovornosti za štetu koju bi mogao počinuti trećima obavljanjem svoje djelatnosti pod uvjetima ovog zakona.

Također se utvrđuju uvjeti i način upisa u imenik Komore, odbijanje zahtjeva za upis, mirovanje i prestanak članstva u Komori te ponovni upis i način prigovora.

Utvrđena su načela i pravila za disciplinsku odgovornost ovlaštenog inženjera, disciplinske mjere, pokretanje postupka te pravo žalbe.

Nakon donošenja zakona u roku od tri mjeseca Ministar prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja imenovat će Osnivački i Privremeni odbor za upis inženjera u imenik ovlaštenih inženjera. Osnivački odbor će sazvati prvu Skupštinu Komore.

SBK

TREĆE SAVJETOVANJE CIGRÉ

Hrvatski komitet CIGRÉ (međunarodne konferencije za velike električne sustave) organizirao je treće savjetovanje od 26. do

30. listopada 1997. godine u Cavtatu. Bilo je to ujedno i jubilarno savjetovanje jer se navršilo 5 godina od prijema Hrvatskog komiteta kao nacionalnog komiteta međunarodne CIGRÉ. Stručni rad savjetovanja se zasnivao na referatima o kojima se raspravljalo u po pojedinim stručnim grupama. Nastavno je dan pregled referata.

R 11-01, Prilog efikasnijem održavanju hidrogeneratora (*Ivan Aničić-Čolo*)

R 11-02, Trajno mjerenje parcijalnih izbijanja izolacije namota rotacijskih strojeva (*Zoran Bertalančić, Đuro Stanković, Predoje Zubović*)

R 11-03, Ispitivanja ventilacijsko-toplinskih parametara hidrogeneratora 100 MVA (*Veljko Filipan, Rajka Budin, Damir Kufner*)

R 11-04, Obnova hidrogeneratora u HE Varaždin (*Petar Kovaček, Damir Kufner, Veljko Filipan*)

R 11-05, Pristup izboru generatora za male hidroelektrane (*Velimir Vrzić, Kristina Čelić-Baran, Milica Pužar*)

R 11-06, Proračun i analiza elektromagnetskih parametara turbogeneratorskog primjenom 2D metode konačnih elemenata (*Drago Ban, Damir Žarko*)

R 11-07, Modernizacija elektromotornih pogona velikih snaga u svrhu smanjenja pogonskih gubitaka (*Kristina Čelić-Baran, Jerko Kraljević, Dag Rodinis*)

R 11-08, Poboljšanje karakteristika visokonaponskih asinkronih motora (*Miroslav Mađerčić, Marijan Bogut*)

R 11-09, Projektno i konstrukcijsko rješenje visokonaponskog vertikalnog asinkronog generatora s posebnim osvrtom na dinamičku stabilnost gibanja (*Vladimir Jarić, Kristina Čelić-Baran, Darko Šeremet, Marijan Kljaić*)

R 12-01, Obnavljanje svojstava transformatorskih ulja (*Sonja Čabrajac, Božena Musulin, Nikola Jaman, Zvonimir Kraić*)

R 12-02, Pregled kvarova mjernih transformatora u prijenosnoj mreži Slovenije (*Nikola Jaman, Krunoslav Bučanac*)

R 12-03, Nova koncepcija kapacitivnih naponskih transformatora tipa VCU (*Miroslav Poljak, Boris Bojanić*)

R 12-04, Određivanje sadržaja vode u papiru izolacijskog sustava uljnih transformatora (*Zdenko Godec, Antun Mikulecky, Nikola Knez, Siniša Gazivoda*)

R 12-05, Dielektrično dimenzioniranje namota suhih distributivnih transformatora primjenom personalnog računala (*Nedim Sarajlić, Hamid Zildžo*)

R 12-06, Rezultati istraživanja starenja izolacije transformatora na modelima (*Antun Mikulecky, Sonja Čabrajac, Zdenko Godec*)

R 12-07, Obnova ratom oštećenih energetskih transformatora (*Ninoslav Vidović, Kemal Gutlić*)

R 13-01, Upotreba plina sumpornog heksafluorida (SF₆) u visokonaponskim sklopnim aparaturnama (*Krešimir Meštović*)

R 13-02, Izvedba sustava uzemljenja u SF₆ plinom izoliranim sklopnim aparaturnama visokog napona (*Krešimir Meštović*)

R 13-03, Računska analiza isklapanja VN motora vakuumskim sklopnikom (*Vedad Hadžagić*)

R 13-04, Nova serija vakuumskih prekidača srednjeg napona (*Radovan Milošević*)

R 15-01, Dijagnostika međuzavoynih spojeva namota rotora turbogeneratorskog udarnim impulsnim naponom (*Josip Polak, Miroslav Pavičić*)

R 15-02, Određivanje degradacije celuloze analizom furana (*Anđela Hadži-Skerlev, Sonja Čabrajac*)

R 15-03, Ovisnost procjene preostalog vijeka trajanja transformatora o početnim i konačnim vrijednostima stupnja polimerizacije papira (*Vladimir Firingner, Sonja Čabrajac*)

R 15-04, Procjena stanja izolacijskog sustava električnih grija-

- ćih elemenata mjerenjem vodljivosti vodenog ekstrakta (*Bosiljka Kosar*)
- R 21-01, Jadranski otoci, 35 kV transport i polaganje podmorskih kabela (*Petar Čerina*)
- R 21-02, Hladnoskupljajuća kabelska spojnica svojom konstrukcijom kvalitetno oblikuje električno polje i osigurava vodonepropusnost (*Viktor Lovrenčić*)
- R 21-03, Univerzalni i ekonomični sustav kabelskih priključnih adaptera sa SF₆ - izolirana postrojenja (*Josip Bošnjak*)
- R 21-04, Eksploatacija postojećih uljnih kabela nazivnog napona 10 kV, pod naponom 20 kV (*Enio Bugarin, Davor Mišković, Elio Sterpin*)
- R 21-05, Prilog izboru metaloksidnih odvodnika prenapona, namijenjenih zaštiti plašteva kabela koji su uzemljeni samo na jednom kraju (*Ivan Sarajčev*)
- R 21-06, Utjecaji energetske kabela 110 kV Dugi Rat - Brač na telekomunikacijske vodove (*Slavko Saša*)
- R 22-01, Upotreba spojnice na NN i SN mrežama (*Miljenko Jugovac*),
- R 22-02, Sredjenaponski nadzemni vodovi s izoliranim vodičima povećali sigurnost napajanja u teškim zimskim uvjetima u Sloveniji (*Viktor Lovrenčić*)
- R 22-03, Problematika elektromagnetskog utjecaja i prostorne prosudbe na okoliš dalekovoda 400 kV Cirkovce - Mađarska (*Franc Jakl, Janez Marušić*)
- R 22-04, Problematika mehaničkih i termičkih ispitivanja zaštitnog užeta s ugrađenim svjetlovodnim vlaknima (OP-GW) (*Franc Jakl, Janez Kern, Andrej Jakl*)
- R 22-05, Razvoj programa za projektiranje dalekovoda pod MS Windows operacijskim sustavima (*Davor Petranović*)
- R 22-06, Sustav dugog dometa - praćenje atmosferskog električnog pražnjenja (PAEP) (*Branko Cividini*)
- R 22-07, Božićna ciklona 1996. godine i štete na dalekovodnoj mreži Hrvatske (*Gordana Hrabak-Tumpa, Ivo Vuković*)
- R 22-08, Praćenje meteoroloških fenomena za potrebe Hrvatske elektroprivrede s posebnim osvrtom na prijenosnu mrežu (*Gordana Hrabak-Tumpa, Ivo Vuković, Ante Delonga*)
- R 22-09, Dosadašnja pogonska iskustva pri korištenju privremenih rješenja dalekovoda izgrađenih tijekom rata u prijenosnom području Osijek (*Franjo Škrtić, Ivica Modrić*)
- R 22-10, Sanacija dalekovoda 110 kV Kraljevac - Imotski - Grude (*Vojmir Dvornik, Ante Delonga*)
- R 22-11, Rekonstrukcija AB stupova 110 kV dalekovoda Kraljevac - Imotski (*Jure Radnić, Marijan Ricov*)
- R 23-01, Revitalizacija transformatorskih stanica 400-110/x kV u prijenosnoj mreži (*Miroslav Mesić*)
- R 23-02, Pristup rekonstrukciji - modernizaciji distributivnih rasklopno-transformatorskih postrojenja na području DP-a Elektroprimorje Rijeka (*Vojko Sirotnjak, Franjo Klarić, Karlo Malik*)
- R 23-03, Mehanička opterećenja visokonaponskih potpornih izolatora u slučaju primjene cijevnih vodiča (*Željko Radošević, Velimir Ravlić*)
- R 23-04, Zamjena 400 kV sabirnica u TS 400/110/30 kV Tumbri (*Želimir Gongola, Miroslav Mesić, Davor Pavlović*)
- R 23-05, Analiza strukture trošila pomoćnih istosmjernih razvoda elektroenergetskih postrojenja (*Juraj Šimunić, Branka Dobraš, Marijana Živić*)
- R 23-06, Analiza strukture razvoda podsustava istosmjernog napajanja 220 i 48 V u TS 220-110/x kV (*Juraj Šimunić, Goran Gudac, Dean Dobrec, Duško Buršić*)
- R 23-07, Integralna pouzdanost podsustava istosmjernog napajanja elektroenergetskih postrojenja (*Josip Godić, Dragurin Mihalić*)
- R 23-08, Rekonstrukcija sustava istosmjernog razvoda i napajanja 220 i 48 V u TS 400/110/x kV (*Miroslav Mesić, Juraj Šimunić, Goran Gudac*)
- R 23-09, Vrlo baterije - powersafe u elektroprivredi (*Drago Karaga, R.P. Bullough, Juraj Šimunić*)
- R 23-10, Postrojenje za kompenzaciju jalove snage u mreži 35 i 10 kV Slavonije i Baranje (*Josip Savičević, Darko Biuk, Ante Tičić, Damir Karavidović*)
- R 23-11, Parametri prvog postrojenja 110 kV za kompenzaciju jalove snage i filtriranje viših harmonika u Hrvatskoj (*Nikola Vagić, Dražen Zubović*)
- R 23-12, Razvoj programa za projektiranje transformatorskih stanica pod MS Windows operacijskim sustavima (*Davor Petranović*)
- R 23-13, CAD uzemljivača električnog postrojenja (*Slavko Vujević, Mate Kurtović*)
- R 23-14, Proračun elektrostatskih polja složenih geometrija električnih aparata primjenom frontalnog generiranja mreže konačnih elemenata (*Hamid Zildžo, Nedim Sarajlić*)
- R 23-15, Neuobičajeni transformatori i mjerni senzori u sredjenaponskim rasklopnim postrojenjima (*Damir Karavidović, Saša Miletić*)
- R 31-01, Odabir elemenata u shemi stupne transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV, s aspekta ekonomičnosti i pouzdanosti (*Franjo Majdančić*)
- R 31-02, Izolirani nadzemni vodovi srednjeg napona - rješenje za specifičnu ili opću namjenu (*Ernest Mihalek, Srđan Žutobradić*)
- R 31-03, Utjecaj nesimetrije opterećenja u niskonaponskim mrežama na proračun padova napona i gubitaka (*Richard Schenner*)
- R 31-04, Analiza kvarova u mreži 10(20) kV na području DP "Elektroistra" Pula (*Srđan Žutobradić, Davor Mišković, Denis Brajković*)
- R 31-05, Kompenzacija jalove snage u distributivnoj elektroenergetskoj mreži Hrvatske (*Željko Rajić*)
- R 31-06, Ovisnost raspoloživosti korčulanske razdjelne mreže o smještaju i shemi TS 110/x kV (*Vladimir Mikuličić, Zdenko Šimić*)
- R 31-07, Karakteristike napona u javnim distributivnim mrežama prema europskoj normi EN 50160: 1994 (*Zlatko Kosek*)
- R 31-08, Grafički integrirani programski paket za proračun kratkih spojeva i provjeru rasklopne opreme u distributivnim mrežama (*Srete Nikolovski, Zoran Kovač*)
- R 33-01, Ponašanje kompozitnih izolatora u uvjetima djelomičnog vlaženja i noćnih kondenzacija (*Stjepan Banić, Srećko Bojić, Ante Sekso*)
- R 33-02, Primjena polimerne izolacije na dalekovodima (*Davorim Kremer*)
- R 33-03, Održavanje vanjske visokonaponske izolacije (*Ivica Dolić, Ante Sekso*)
- R 33-04, Pranje izolatora pod naponom (*Jadranko Radovanić*)
- R 33-05, Uspostava daljinskog sustava praćenja grmljavina u suradnji Slovenije i Hrvatske (*Ante Sekso, Maks Babuder, Janko Kosmač*)
- R 33-06, Značaj modeliranja V-T karakteristike zračnog raspora u proračunu zaštite od atmosferskih prenapona (*Velimir Ilijanić*)
- R 33-07, Primjena elektrometrijskog modela na postrojenja kod analize atmosferskih prenapona (*Velimir Ilijanić*)
- R 33-08, Mjerenja veoma visokih prenapona prilikom proboja SF₆ izolacije (*Miroslav Ljevak*)
- R 33-09, Širenje prenapona izazvanih sklapanjima rastavljača unutar i izvan metalom oklopljenih postrojenja (*Ivo Uglešić, Mažana Lukić, Srećko Bojić*)
- R 33-10, Analiza prenapona na podmorskim kabelima nastalim atmosferskim pražnjenjima i uslijed sklopnih operacija (*Milan Puntarić, Lahorko Wagmann*)

- R 33-11, Analiza uzroka netočnosti i određivanje kriterija racionalnog proračuna prijelaznih elektromagnetskih stanja (*Ivan Sarajčev*)
- R 33-12, Novi međunarodni standardi u koordinaciji izolacije i primjena na interkonekciju 400 kV Hrvatska - Mađarska (*Ante Sekso*)
- R 33-13, Analiza i izbor prenaponske zaštite u TS Žerjavinec (*Božidar Filipović-Grčić, Igor Ivanković, Danijela Klopotan, Gorki Vrtodušić, Ivica Sičaja*)
- R 33-14, Djelotvornost koordinacijskih iskrišta u ograničavanju atmosferskih prenapona (*Stjepan Banić, Velimir Ilijanić*)
- R 33-15, Unificirani zaštitni rogovi za izolatorske lance 110 kV (*Miroslav Ljevak*)
- R 33-16, Pojava prenapona atmosferskog porijekla i učinkovita zaštita instalacija i trošila (*Damir Karavidović, Saša Miletić, Mario Pisačić*)
- R 33-17, Poboljšanje prenaponskih karakteristika visokonaponskih vodova primjenom linijskih odvodnika prenapona (*Salih Sadović*)
- R 33-18, O izboru klase odvođenja voda metaloksidnih odvodnika prenapona (*Ivan Sarajčev*)
- R 33-19, Poboljšanje prenaponske zaštite u 400 kV mreži (*Željko Ćosić*)
- R 34-01, Primjena neizrazite logike u algoritmu digitalnog lokatora kvara (*Marina Valentinčić Čavlović, Ante Marušić*)
- R 34-02, Računska simulacija stanja prouzročnog havarijskim događajem u mreži 400 kV od 09.02.1996. godine (*Ivan Sarajčev, Srećko Perišić, Vinko Žaja*)
- R 34-03, Revitalizacija relejne zaštite dalekovoda 220 kV u TS Mraclin (*Božidar Filipović-Grčić, Igor Ivanković, Josip Capari*)
- R 34-04, Moderne metode ispitivanja relejne zaštite (*Božidar Filipović-Grčić, Danijela Klopotan, Igor Ivanković*)
- R 34-05, Numerička zaštita elektrovučnih podstanica 110/25 kV i kontaktne mreže 25 kV 50 Hz (*Darko Jergović, Ivan Bogutovac*)
- R 34-06, TS 220/110 kV Đakovo - djelomična rekonstrukcija sekundarne opreme (*Jadran Franotović, Stjepan Mović*)
- R 34-07, Revitalizacija zaštite u trafostanici 110/10(20) kV Velika Gorica (*Marijan Lukač*)
- R 34-08, Primjena numeričke zaštite sabirnica i zaštite od otkaza prekidača na rasklopištu HE Gojak (*Dragutin Andročec, Josip Spolador, Branimir Pinčić*)
- R 35-01, Metode zaštite transmisijskog spojnog puta u SDH telekomunikacijskoj mreži HEP (*Dean Kosty, Boris Stipetić, Neven Branković*)
- R 35-02, Pozicija VF veza po vodovima visokog napona u svijetu suvremenih telekomunikacijskih tehnologija (*Petar Kiralj, Marijan Zapušek*)
- R 35-03, Razvoj sustava MTU (*Damir Bandl*)
- R 35-04, Optimalno rješenje izmjeničnog besprekidnog napajanja za vođenje i upravljanje elektroenergetskih sustava (*Zlatko Drinković, Boris Regvart*)
- R 35-05, Digitalni komunikacijski sustav DP Elektra Zagreb (*Krunoslav Slivarić, Vladimir Kavur, Stjepan Strbad, Branko Tokić*)
- R 35-06, Posebne funkcije u komutacijskom sustavu privatne mreže (*Vladimir Kavur, Krunoslav Slivarić, Branko Tokić, Dario Dragičević*)
- R 35-07, Proračun tokova snaga i gubitaka u distributivnoj elektroenergetskoj mreži (*Vlatko Debeljuh, Ivica Pavić, Marko Delimar*)
- R 35-08, Sustav daljinskog vođenja distributivne energetske mreže s dislociranim područnim centrima (*Vinko Vuković, Dubravko Radić, Zoltan Solga*)
- R 35-09, Nadzor sredjenaponske mreže daljinski upravljivim rastavnim napravama za nadzemne vodove (*Tibor Acs, Dražen Lovrić, Josip Spolador*)
- R 35-10, Integracija programskog sustava NETSY SN sa SCADA sustavom PROZA OPEN i tehničkim informacijskim sustavom distributivnog područja (*Krunoslav Slivarić, Zlatko Špehar, Zoltan Solga*)
- R 35-11, Pogonska iskustva dispečerske službe u DC Slavonski Brod s programskom podrškom u sklopu DMS sustava NETSY SN (*Ivan Daidžić, Vlatko Debeljuh*)
- R 36-01, Granične jakosti polja radio smetnji kod nadzemnih vodova visokog napona i ugrađene opreme u frekvencijskom pojasu od 0,15 do 30 MHz (*Milan Sinjeri*)
- R 36-02, Katodna zaštita uzemljivača (*Mladen Begović, Darko Stipetić*)
- R 36-03, Biološka djelovanja elektromagnetskih polja (elektrostres - elektromog) (*Vladimir Potočnik*)
- R 36-04, Suvremena kretanja u istraživanjima i normizaciji zaštite ljudi od neionizirajućih elektromagnetskih polja (*Dubravko Sabolić, Božidar Poldrugac*)
- R 36-05, Izloženost zračenju radiofrekvencija mobilnih telefona (*Vera Garaj-Vrhovac, Aleksandra Fučić, Saša Vojvodić*)
- R 36-06, Kvaliteta mreže i istosmjerni sustavi napajanja za telekomunikacijske sustave upravljanja energetske postrojenjima (*Boris Regvart*)
- R 37-01, Štete zbog neisporučene električne energije (*Goran Slipac*)
- R 37-02, Što Hrvatska može ponuditi međunarodnom tržištu električne energije? (*Mladen Zeljko*)
- R 37-03, HEP, restrukturiranje i privatizacija - osnove pristupa (*Goran Granić, Nada Jandrilović*)
- R 37-04, IRP u Hrvatskoj i njegov utjecaj na elektroenergetski sustav (*Ante Jelčić, Damir Pešut*)
- R 37-05, Energetsko ekonomska vrijednost i cijena novih HE i TE u Hrvatskoj i revitalizacija postojećih (*Marijan Magdić*)
- R 37-06, Sadašnja i buduća raspoloživost energenata za proizvodnju električne energije (*Željko Tomšić, Danilo Feretić, Tea Kovačević*)
- R 37-07, Postupak procjene utjecaja termoelektrana na okoliš i tehnologije za kontrolu dimnih plinova (*Maja Božičević, Danilo Feretić*)
- R 37-08, Razvoj novih tehnoloških rješenja za termoelektrane ložene ugljenom (*Branimir Loš*)
- R 37-09, Iskustva s elektranama nadkritičnih parametara (*Sven Kjaer*)
- R 37-10, Uloga i mjesto elektroprivredne organizacije u nacionalnoj strategiji zaštite okoliša (*Josip Lebegner, Renata Matanić*)
- R 37-11, Mogućnosti za povećanje sigurnosti rada prijenosnog sustava Hrvatske primjenom suvremenih tehnologija (*Srđan Babić, Vitimir Komen*)
- R 38-01, Proračun pouzdanosti EES programskim paketom COMREL (*Srete Nikolovski, Damir Šljivac, Ivan Mravak, Stjepan Maković, Josip Sabo*)
- R 38-02, Analiza struja kratkih spojeva u EES-u na PC u WINDOWS grafičkom okruženju (*Matislav Majstrovic, Ranko Goić, Eugen Mudnić, Elis Sutlović*)
- R 38-03, Utjecaj viših harmonika na rješenje sustavne kompenzacije u TS 220/11 kV Đakovo (*Marijan Kalea*)
- R 38-04, Prethodna istraživanja u EES Slavonije i Baranje u funkciji izgradnje postrojenja za sustavnu kompenzaciju jalove snage (*Stanko Milun, Ljubomir Božiković, Damir Karavidović*)
- R 38-05, Praktična provjera proračuna kratkog spoja u visokonaponskoj mreži (*Davor Nevečerel*)
- R 38-06, Utjecaj mjesta kratkog spoja na ponašanje revitaliziranih generatora HE Zakučac i generatora HE Orlovac u tranzientnom periodu (*Matislav Majstrovic, Davor Bajs, Ranko Goić, Elis Sutlović, Eugen Mudnić*)

- R 38-07, Prijelazna stabilnost elektroenergetskog sustava pri IS padu 400 kV dalekovoda Tumbri - Melina - Obrovac - Konjsko u uvjetima prijenosa velikih snaga (*Davor Bajs, Srđan Babić*)
- R 38-08, Stabilnost EES Hrvatske u UCPTTE interkonekciji s novom velikom termoelektranom u južnom dijelu (*Milan Stojsavljević, Darko Nemeć*)
- R 38-09, Analiza dnevnog dijagrama opterećenja Hrvatskog elektroenergetskog sustava (*Ivica Toljan*)
- R 39-01, Primjena novih tehnologija u procesnom upravljanju hidroelektranom (*Vladimir Srzentić*)
- R 39-02, Sustav upravljanja HE Messochora u Grčkoj (*Branimir Premer, Tomi Dužević, Zdeslav Crnković*)
- R 39-03, Kratki prikaz problema nadzora i sigurnosti u vođenju elektroenergetskog sustava na području Dalmacije (*Marko Lovrić*)
- R 39-04, Vođenje pogona mreže Prijenosnog područja Osijek tijekom domovinskog rata (*Branko Štefić, Stjepan Maković, Franjo Škrtić, Josip Benović*)
- R 39-05, Incidentne situacije i sustavno rasterećenje u mreži Prijenosnog područja Osijek (*Josip Benović, Stjepan Maković, Branko Štefić*)
- R 39-06, Kompenzacija jalove snage u elektroenergetskoj mreži Slavonije i Baranje (*Marijan Kalea, Damir Karavidić*)
- R 39-07, Automatska sekundarna regulacija frekvencije i djelatne snage u izoliranom elektroenergetskom sustavu s hidroelektranama primjenom neizrazite logike (*Ognjen Kuljača, Branko Strah, Krunoslav Horvat*)
- R 39-08, ESVARPC - ekspertni sustav za regulaciju napona i jalove snage (*Sejid Tešnjak, Igor Kuzle, Mario Mikac*)
- R 39-09, Kompenzacija jalove energije za električnu vuču sustava 25 kV, 50 Hz (*Mate Lukač, Darko Jergović*)
- R 39-10, Metode neizrazitog (fuzzy) upravljanja industrijskim procesima i energetskim pretvaračima (*Petar Crnošija, Zdenko Kovačić, Stjepan Bogdan, Mario Balenović*)
- R 39-11, Objektno orijentirani dizajn kratkoročne simulacije rada i dispečinga radne snage u elektroenergetskom sustavu s pretežitim udjelom hidroelektrana (*Ranko Goić, Matislav Majstrovic, Tomislav Vicković, Marko Lovrić, Eugen Mudnić*)

SBK

PRAVILNIK O UVJETIMA ZA POSTUPANJE S OTPADOM

Zakon o otpadu donesen je 1995. godine (Narodne novine broj 34 od 19.05.1995.). Zakonom se uređuju prava, obveze i odgovornosti pravnih i fizičkih osoba, jedinica lokalne samouprave i uprave u postupanju s otpadom. Uvjeti za postupanje s otpadom, oprema i opremljenost prostora kao i ostali uvjeti iz članka 37 ovog zakona detaljnije su utvrđeni u Pravilniku o uvjetima za postupanje s otpadom (Narodne novine broj 123 od 19. studenog 1997.). Naime, ovim Pravilnikom se određuju uvjeti tehničko-tehnološke opremljenosti prostora, opreme i građevina za skladištenje i obrađivanje otpada, odlagališta otpada, kategorije odlagališta, tehnički uvjeti gradnje, način rada, zatvaranje odlagališta otpada, rok saniranja postojećih odlagališta otpada i stručna sprema za obavljanje poslova postupanja s otpadom. Međutim, Pravilnik se ne odnosi na postupanje s opasnim otpadom.

Građevina za skladištenje otpada mora biti tako opremljena da omogućuje skladištenje otpada po vrstama. Građevina za obrađivanje otpada, namijenjena za termičko, fizikalno-kemijsko ili biološko obrađivanje otpada, mora imati prostor i opremu za skladištenje, odgovarajući protok tvari u sustavu tehnoloških operacija obrađivanja otpada, opremu za predobrađivanje otpada te opremu za obrađivanje otpadnih plinova i otpadnih voda kojom

se smanjuju emisije onečišćujućih tvari u okoliš te opremu za postupanje s obrađenim otpadom.

Otpad se mora skupljati u odgovarajuće spremnike, kontejnere i prevoziti u vozilima namijenjenim za prijevoz otpada.

Odlagalište otpada razvrstava se u dvije kategorije: I. i II. prema vrstama otpada. Komunalni otpad odlaže se na odlagalište I. kategorije. Tehnološki otpad odlaže se na odlagalište otpada I., odnosno II. kategorije ovisno o sastavu eluata prema slijedećoj tablici:

Dopuštene masene koncentracije tvari i vrijednosti fizikalno-kemijskih veličina u eluatu za odlagalište I. i II. kategorije

Kontrolirane tvari i fizikalno-kemijske veličine	Odlagalište I. kategorije (do mg/l)	Odlagalište II. kategorije (do mg/l)
ukupni organski ugljik (TOC)	200	20
arsen	0,5	0,2
olovo	1,0	0,2
kadmij	0,1	0,05
krom	0,1	0,05
nikal	1,0	0,2
cink	5,0	2,0
bakar	5,0	1,0
živa	0,02	0,005
fenoli	50	0,2
fluoridi	25	5,0
amonij	250	4,0
cijanid (lako oslobodivi)	0,5	0,1
nitriti	3 - 6	3,0
organski halogeni spojevi koji se daju ekstrahirati (AOX)	1,5	0,3
isparni ostatak	do 6 % masenih	do 3 % masenih
vodljivost	50.000 µS/cm	10.000 µS/cm
pH vrijednost	5,5 - 13	5,5 - 13

Osim toga, Pravilnikom je utvrđeno da za zatvoreno odlagalište otpada I. kategorije na kojem je odložen samo komunalni otpad, općina, odnosno grad, mora osigurati praćenje utjecaja na okoliš najmanje 20 godina od dana zatvaranja odlagališta otpada. To se odnosi i na zatvoreno odlagalište otpada I. kategorije na kojem je uz komunalni otpad odložen i tehnološki otpad. Nakon zatvaranja odlagališta I. kategorije obvezno je mjeriti količinu i sastav odlagališnih plinova, procjednih voda, sustav podzemnih voda dva puta godišnje najmanje 10 godina od dana zatvaranja odlagališta. Nakon isteka roka od 10 godina od dana zatvaranja odlagališta I. kategorije ova mjerenja moraju se provoditi jednom u dvije godine.

Za zatvoreno odlagalište otpada II. kategorije praćenje utjecaja na okoliš traje najmanje 10 godina.

SBK

POTPISANO PISMO NAMJERE

Agencija za poseni otpad (APO) i Hrvatska elektroprivreda (HEP) potpisali su 12. studenog 1997. godine Pismo namjere o dugoročnoj suradnji na zbrinjavanju tehnološkog otpada. Pismom namjere se utvrđuje gospodarenje tehnološkim otpadom u svim proizvodnim, prijenosnim i distribucijskim objektima Hrvatske elektroprivrede. Cilj Pisma namjere je smanjenje utjecaja na okoliš pri proizvodnji, prijenosu i pohrani otpada po uzoru na svjetsku praksu. Hrvatska elektroprivreda je svojim dosadašnjim djelovanjem pokazala da želi trajno voditi brigu o zaštiti okoliša uz punu odgovornost za rad postrojenja u elektroenergetskom sustavu. Prema nekim procjenama o količini tehnološkog otpada u Hrvatskoj godišnje nastaje oko 300.000 tona opasnog otpada. Osim

spalionice smeća na Jakuševcu Hrvatska nema objekte za uništavanje otpada. Sukladno Strategiji prostornog uređenja svaka će županija morati imati mjesto za uništavanje otpada.

SBK

POSTAVLJENI RADIOLOŠKI MONITORI

Prema informacijama iz Hrvatskog nuklearnog društva (HND - Nucleus, br. 5/97.) od nedavno u mreži za rano otkrivanje nuklearnih nesreća Hrvatska ima osam radioloških monitora. Uz tehničku pomoć Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) iz Beča nabavljeno je 5 kompleta uz ranija tri. Uskoro se očekuje još pet dodatnih uređaja. U odabiru pet novih lokacija vodilo se računa o mjestima koja su pogodna za brzo otkrivanje nuklearnih nesreća koje se mogu dogoditi u susjednim zemljama. Tako su odabrane lokacije: Stojgrad i Sveti Križ u blizini NE Krško, Bilogora i Osijek radi nuklearne elektrane Paks u Mađarskoj i Dubrovnik kao najjužnije sjedište Hrvatske. Dodatnih pet uređaja bit će na lokacijama: Klanjec, Jastrebarsko, Učka, Bio-kovo i meteorološka stanica Knin.

Zbog potrebe stalnog nadzora uređaji su postavljeni u radarskim i telekomunikacijskim centrima Hidrometeorološkog zavoda i HPT. U slučaju nesreće, uređaji uz pomoć adekvatnog softvera izračunavaju širenje radioaktivnog oblaka, kontaminaciju zemljišta i objekata te doze ozračenja stanovništva.

SBK

ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

Radioaktivni otpad kao neupotrebljiva radioaktivna tvar rezultat je upotrebe nuklearne tehnologije. Radioaktivni materijali kao što su nuklearno gorivo i neki izvori zračenja nakon upotrebe i dalje zadrže veliku radioaktivnost koju su imali ili stekli za vrijeme upotrebe. U procesu korištenja radioaktivnih materijala mogu postati radioaktivnima i mnogi obični materijali kao što je ambalaža, oprema, odjeća i dr.

Prema klasifikaciji radioaktivni otpad* se dijeli na klase (prema tablici 1.).

Tablica 1. Klasifikacija radioaktivnog otpada

Naziv klase	Tipične značajke	Odlaganje
1. Izuzeti otpad	Aktivnosti ne prelaze razine oslobađanja (koje se temelje na ograničenju godišnje doze ispod 0,01 mSv za osobe u stanovništvu)	Bez radioloških ograničenja
2. Nisko i srednje aktivni otpad	Aktivnosti iznad razine oslobađanja i toplinska snaga ispod (približno) 2 kW/m ³	
2. Kratkovječni 1. otpad	Ograničena koncentracija dugovječnih radionuklida (ograničenje za dugovječne alfa emitere iznosi 4.000 Bq/g za pojedinačne pakete i 400 Bq/g za prosječni iznos u svim paketima)	Odlaganje blizu površine ili u duboko geološko odlagalište
2. Dugovječni 2. otpad	Koncentracije dugovječnih radionuklida prelaze navedena ograničenja za kratkovječni otpad	Duboko geološko odlagalište
3. Visokoaktivni otpad	Toplinska snaga iznad (približno) 2 kW/m ³ i koncentracije dugovječnih radionuklida iznad ograničenja za kratkovječni otpad	Duboko geološko odlagalište

* Izvor: APO, br 2, listopad 1997.

Izuzeti otpad predstavlja otpad čija je radioaktivnost tako mala da se mogu smatrati bezopasnim. Nisko i srednje aktivni otpad ima dvije klase: kratkovječni otpad i dugovječni otpad. Kratkovječni otpad sadrži male koncentracije dugovječnih radionuklida kojima je poluraspad duži od 30 godina. Dugovječni otpad sadrži tako veliku količinu radionuklida da je potrebna djelotvorna izolacija od biosfere u dugom vremenskom razdoblju. Visokoaktivni otpad sadrži visoke koncentracije i kratkovječni i dugovječni radionuklida i razvija znatnu količinu topline radioaktivnim raspadom.

I prirodni materijali u čovjekovu okolišu su radioaktivni, ali se na njihovo zračenje ne može utjecati. Kolika je radioaktivnost nekih objekata i materijala prikazano je u tablici 2.

Tablica 2. Radioaktivnost nekih materijala i objekata

1		radioizotopni izvor za teleterapiju	100.000 milijardi	Bq
1	kg	50-godišnjeg vitrificiranog visokoaktivnog otpada	10.000 milijardi	Bq
1	kg	urana	10.000.000	Bq
1	kg	tipičnog nisko aktivnog otpada	1.000.000	Bq
1		kućni radioaktivni dojavljivač dima	30.000	Bq
1	m ³	morske vode	12.000	Bq
1	kg	superfosfatnog gnojiva	5.000	Bq
1		prosječni čovjek	3.000	Bq
100	m ³	zraka u prosječnoj kući (radon)	3.000	Bq
1	kg	ugljenog pepela	2.000	Bq
1	kg	kave	1.000	Bq
1	kg	prosječnog granita	1.000	Bq

Skrb o radioaktivnom otpadu ima za cilj da se radioaktivni otpad pohrani na način da se zaštiti ljudsko zdravlje i okoliš, sada i u budućnosti. Dosadašnja iskustva su pokazala da je potrebno radioaktivni otpad što bolje izolirati od okoliša tako dugo dok ne prestane biti opasan. Otpad treba odlagati na takva mjesta gdje prirodni procesi neće pogodovati postupnom prodoru radionuklida u biosferu. To su odlagališta u čvrstom tlu.

Hrvatska mora izgraditi svoje odlagalište radioaktivnog otpada čak i kada bi sav nuklearni otpad ostao u Sloveniji. Razlog tome je otpad koji nastaje u raznim medicinskim ustanovama, industriji i zasad se čuva u privremenim skladištima uglavnom u Institutu Ruđer Bošković i Institutu za medicinska istraživanja. Provedena su opsežna istraživanja na cijelom državnom teritoriju potencijalnih lokacija za odlagalište. Nakon selekcije ostalo je samo nekoliko koje će biti uključene u prostorne planove.

Kao okvirno-planski dokument Sabor je usvojio Strategiju prostornog uređenja Republike Hrvatske. Program prostornog uređenja Republike Hrvatske kad bude usvojen imat će zakonodavnu snagu. U tom dokumentu bit će predložen uži krug potencijalnih lokacija za odlagalište opasnog i radioaktivnog otpada. Od potencijalnih lokacija ostale su dvije: lokacija u središnjem dijelu Trgovske gore na Banovini i lokacija na sjevernom dijelu Moslavačke gore. Od te dvije lokacije Sabor će trebati izabrati jednu.

SBK

STATISTIČKI POKAZATELJI ZA RAZDOBLJE OD I-IX. 1997.

Od prvog siječnja ove godine statistička izvješća se prikupljaju za područje industrije i rudarstva (u koje je uključena i elektroprivreda) po Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD). Statističke jedinice za mjesečna izvješća jesu trgovačka društva razvrstana u područja C, D i E u Registru poslovnih subjekata. Pri određivanju statističkih jedinica poštivan je i teritorijani princip na razini županija, tj. jedna statistička jedinica obuhvaća samo jednu županiju, pa je Hrvatska elektroprivreda dužna ispuniti toliko izvješća koliko ima županija, iako je jedan poslovni subjekt.

Između statističkih podataka objavljenih u Mjesečnom statističkom izvješću 10/1997. Državnog zavoda za statistiku izabrani su najinteresantniji podaci za elektroprivrednu djelatnost, za razdoblje I-IX. 1997. godine. Obuhvaćeni su:

- indeksi fizičkog obujma proizvodnje
- podaci o proizvodnji električne energije
- podaci o broju zaposlenih u elektroprivredi,
- podaci o bruto i neto plaći po zaposlenom u elektroprivredi, te
- indeksi cijena.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje za industrijske grane djelatnosti izračunati su po Laspeyresovoj formuli. Za izračunavanje indeksa temelj su podaci o proizvodnji u naturalnom izrazu prema nomenklaturi industrijskih proizvoda i pondera za te proizvode koji predstavljaju dodanu vrijednost za jediničnu proizvodnju u kojoj se proizvod iskazuje u naturalnom izrazu. Indeksi ukupnog fizičkog obujma industrijske proizvodnje izračunati su na temelju indeksa odjeljaka i stopa kojom odjeljci sudjeluju u ukupnoj dodanoj vrijednosti u području industrije i rudarstva.

Tablica 1a. Indeksi fizičkog obujma opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom (1995. = 100)

(Izvor: Mjesečno statističko izvješće, br. 10.)

1993./O1995	1994./O1995.	1996./O1995.	1996./O1995.			1997./O1995.					
			VIII.	IX.	X.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
103,2	95,3	125,4	94,7	105,9	142,9	169,0	158,1	130,2	123,3	130,0	138,2

Tablica 1b. Indeksi fizičkog obujma opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom

1994./O1993.	1995./O1994.	I-IX.1996./ I-IX.1995.	I-IX.1997./ I-IX.1996.	1996./O1996.			1997./O1996.				
				VIII.	IX.	X.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
92,4	104,9	121,2	130,6	75,5	84,4	114,0	126,1	103,8	98,4	103,7	110,2

Tablica 2. Proizvodnja električne energije

	1995.	1996.	I-IX.		1996.					1997.					
			1996.	1997.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Elektroenergija -MWh ukupno	9145654	11464516	8168919	6406731	721799	806929	1089414	1058012	1148171	714235	759619	651068	591852	548288	605494
Hidroenergija MWh	5614448	8137914	5661862	3406735	473939	478664	770883	807280	897889	343692	431702	347073	265140	209870	188493
Termoenergija MWh	3531206	3326602	2507057	2999996	247840	328265	318531	250732	250282	370543	327917	303995	326712	338418	417001

- obnašanje vojne obveze
- topli obrok i
- regres za godišnji odmor.

Bruto-plaća po zaposlenom i indeksi bruto plaće u elektroprivredi prikazana je u tablici 5.

Mjesečna bruto-plaća obuhvaća sve vrste neto isplata na osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze Nominalni indeksi neto i bruto plaća izračunavaju se iz podataka o prosječnim mjesečnim iznosima neto i bruto plaća po zaposlenom.

U tablici 6. prikazan je broj zaposlenih u Opskrbi električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom. Podaci su iskazani kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvješćem sa stanjem 31. ožujka i 30 rujna. Podaci o zaposlenima za mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovnog mjesečnog izvješća.

U tablici 7. prikazane su prosječne neto i prosječne bruto plaće po zaposlenom za kolovoz 1997. godine i za razdoblje siječanj - kolovoz 1997. godine.

U tablici 8. prikazani su indeksi cijena električne energije. Indeksi cijena pri proizvođačima dostavljaju izabrane izvještajne jedinice za najvažnije proizvode, tj. proizvode s najvećom prodajom na domaćem tržištu, čije cijene mogu reprezentirati opće

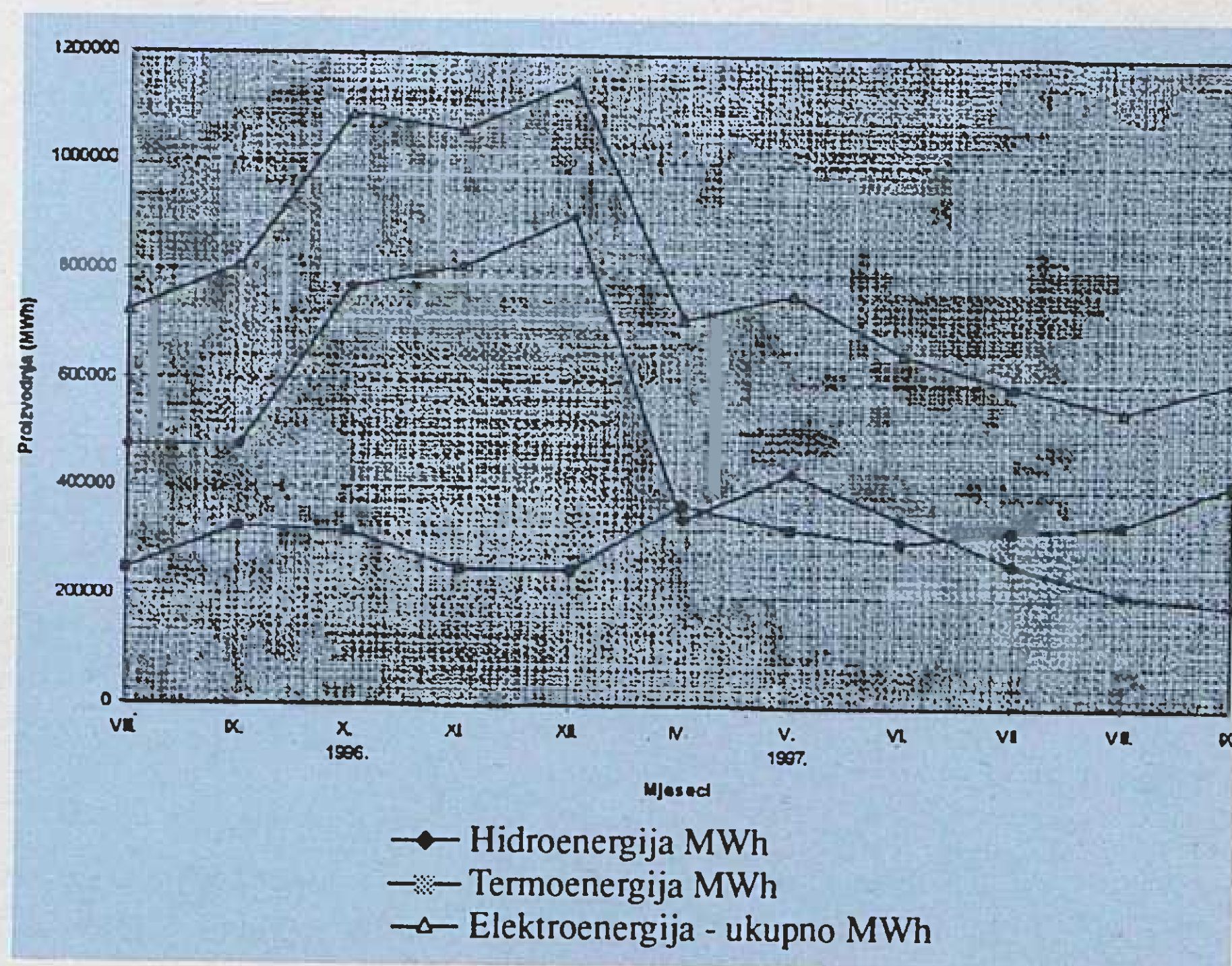
Znak "O" ispred brojčane vrijednosti označava godišnji prosjek. Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za elektroprivrednu djelatnost prikazani su u tablici 1a i b.

U tablici 2. i slici 1. prikazana je ukupna proizvodnja električne energije, te količine električne energije proizvedene u hidroelektranama i termoelektranama.

Podaci o prosječnim neto-plaćama po zaposlenom i indeksima neto plaća u elektroprivredi prikazani su u tablicama 3 i 4. U zaposlene se ubrajaju svi zaposleni, bez obzira na to jesu li svoj radni odnos zasnovali na određeno ili neodređeno vrijeme. Mjesečna neto plaća obuhvaća plaće zaposlenih za izvršene poslove po osnovi redovitog radnog odnosa i naknade za:

- godišnji odmor
- bolovanja do 42 dana
- državne blagdane
- plaćeni dopust
- obavljanje građanskih dužnosti
- čekanje i zastoje bez krivnje zaposlenog
- odsustvo za stručno obrazovanje

kretanje cijena i po namjeni proizvoda. Opći indeks cijena i indeksi cijena po granama utvrđuju se ponderiranim postupkom, pri čemu se za pondere uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu.



Slika 1. Proizvodnja električne energije

Tablica 3. Neto plaća po zaposlenom

Prosjek		Prosjek I.-VIII.		1996.			1997.			
1995.	1996.	1996.	1997.	VI.	VII.	VIII.	V.	VI.	VII.	VIII.
2032	2529	2545	2794	2352	2617	2588	2826	2846	2829	2816

Tablica 4. Indeksi neto plaće

Prosjek		Prosjek I.-VIII.		1996.			1997.			
1994.	1995.	1996.	1997.	VI.	VII.	VIII.	V.	VI.	VII.	VIII.
53.4	80.3	100.6	110.5	93	103.5	102.3	111.7	112.5	111.9	111.4

Tablica 5. Bruto plaća i indeksi bruto plaće po zaposlenom

Prosječne bruto plaće po zaposlenom (u kunama)					Indeksi bruto plaće po zaposlenom		
V.1997.	VI.1997.	VII.1997.	VIII.1997.	I.-VIII.1997.	VI.1997./ V.1997.	VII.1997./ VI.1997.	VIII.1997./ VII.1997.
4346	4394	4366	4325	4300	101.1	99.4	99.1

Tablica 6. Broj zaposlenih

1997.								
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
18,3	18,3	18,3	18,3	18,2	18,2	18,3	18,3	18,4

Tablica 7. Neto i bruto plaće po zaposlenom

Prosječne neto plaće					Prosječne bruto plaće				
Prosjek			Minimalni indeksi		Prosjek			Minimalni indeksi	
1996.	VIII.1997.	I.-VIII.1997.	VIII.1997./ O1996.	I.-VIII.1997./ O1996.	1996	VIII.1997.	I.-VIII.1997.	VIII.1997./ O1996.	I.-VIII.1997./ O1996.
2474	2769	2750	111.9	111.1	3973	4245	4224	106.9	106.3

Tablica 8. Indeksi cijena

1994.	1995.	1996.						1997.								
		VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
104,4	99,2	89,4	89,4	89,4	89,4	116,5	116,5	116,5	116,5	89,3	89,3	89,3	89,3	89,3	92,0	92,0

SBK

KORIŠTENJE BIOMASE U AUSTRIJI

U lipnju 1997. započela je u austrijskoj termoelektrani Zeltweg (Štajerska) gradnja uređaja za uplinjavanje biomase, čime bi se stvorilo domaće gorivo kao dodatak ugljenu. (O energetske upotrebi biomase vidjeti Energija god. 44(1995), br. 5/6, god. 45(1996), br. 2 i br. 5.). Uređaj bi trošio drvene otpatke, a snaga bi mu bila 10 MW. Kao demonstracijski objekt privukao je na suradnju mnoge stručnjake i tvrtke, pobudio međunarodni interes, a zainteresirao je i energetske stručnjake EU. Cijeli je projekt procijenjen na 64 milijuna šilinga, u kojoj svoti participira EU s 18 milijuna šilinga. Za ovakvo korištenje biomase zanima se i šumsko gospodarstvo. Samo u Štajerskoj godišnji prirast drvene mase iznosi 5,5 milijuna kubika, a troši se 3,5 milijuna kubika. Premda bi opisanim uređajem u termoelektrani Zeltweg bilo uštedeno samo 3 % ugljena, na raspolaganju su znatne količine biomase koje bi se mogle, kao domaće gorivo, iskoristiti za energetske svrhe.

VEÖ Journal, god. 1997, br. 7/8

Mrk

ČAMAC ZA ISPITIVANJE DNA VODNIH TOKOVA I AKUMULACIJA

Uprava austrijskih dravskih elektrana (Draukraft) nabavila je plovilo za mjerenje u vodotoku i u akumulacijama. Taj mjerni čamac ima duljinu 7,2 m i izvanbrodski motor 200 KS. Bogato je opremljen mjernim instrumentima kao dubinomjerom s digitalnom registracijom i satelitskim navigacijskim sustavom. Ispitivanja se obavljaju jednom godišnje, a osim toga i nakon velikih voda.

VEÖ Journal, god. 1997, br. 7/8

Mrk

NOVA KOMBI TERMOELEKTRANA U BEČU

U jakoj međunarodnoj konkurenciji, austrijska tvrtka Drauconsulting sklopila je ugovor o projektiranju kombinirane plinsko-parne termoelektrane u Beču, nazvane "Donaustadt Blockkraftwerk 3". Elektrana će imati električnu snagu 350 MW, a kao toplana toplinsku od 250 MW. Planira se da bi ukupna korisnost, kod punog toplinskog opterećenja iznosila 87 %, što je vrh u svjetskim razmjerima. Novim će se postrojenjem povećati učinkovitost, a time i ekonomičnost, a smanjiti emisija štetnih plinova. Cijela investicijska suma za cijelo postrojenje procjenjuje se na oko 2,5 milijardi šilinga.

VEÖ Journal, god. 1997, br. 9

Mrk

ELEKTROBUSI U LJEČILIŠTU FÜSSING

U lječilištu Bad Füssing, u jugozapadnoj Bavarskoj, uvedena su u promet tri elektrobuse (1993), kao pilot projekt. Autobusi imaju konvencionalne olovne baterije težine 1,6 t. Doseg vožnje jednim punjenjem je 50 do 80 km. U dvorištu pogona baterije se mijenjaju, što traje oko 5 minuta i tako se dnevno prijeđe linijska vožnja od 160 km. Potrošak električne energije iznosi 0,7 do 1,0 kWh/km. Razlog uvođenja elektrovozila u unutarnjem prometu lječilišta je smanjenje buke i zagađenja.

Na početku su troškovi, zbog potpore ministarstva okoliša bili podjednaki s troškovima za autobuse s dizelskim motorima. No, od 1998. ta se potpora ukida, što će povisiti troškove za 20 do 25 %. Skuplja je nabava vozila, a osobito održavanje.

Vozila su zbog čestih kvarova imala velike poteškoće, no nakon izmjene čitavog električnog dijela 1996. kvarovi su bitno smanjeni. U daljnjoj perspektivi planira se prijelaz na niklene hibridne baterije i pogonske motore na zemni plin.

VEÖ Journal, god. 1997, br. 9

Mrk

ENERGIJA U SVIJETU 1996.

U cijelom svijetu 1996. godine utrošeno je energije, izraženo u jedinicama ekvivalentne nafte, sadržano u različitim energentima, 8,4 milijarde tona. Gdje je koliko utrošeno u kojim glavnim nosiocima energije, u postocima, vidi se iz slijedeće tablice:

Područje	%	Energenti	%
Sjeverna Amerika i		Nafta	39,5
Meksiko	29,4	Ugljen	26,9
Afrika	3,0	Zemni plin	23,5
Azija i Pacifik	27,3	Nuklearna energija	7,4
Bliski istok	3,9	Vodne snage	2,6
Zapadna Europa	21,3		
Južna Amerika	4,1		
ex USSSR	11,0		

Sveukupni potrošak energije u 1996. godini bio je za 3 % veći od potroška prethodne godine. Taj je porast dvostruko veći od prosječnog porasta minulih deset godina i ujedno najveći skok od godine 1988. Najveći potrošač energije, naročito nafte, je Sjeverna Amerika, a najmanji zemlje u razvoju.

ETZ, god. 118(1997), br. 18

Mrk

PROŠIRIVANJE ZNANJA ELEKTROINŽENJERA

Visoka stručna škola u Koblenzu (Njemačka) uz pomoć Tehničko znanstvenog instituta organizirala je tečaj za proširenje znanja elektroinženjera koji rade u elektroprivredi. Pokazalo se, da se danas od elektroinženjera ne traži samo klasično stručno znanje o optimalnom korištenju energije, već je potrebno obuhvatiti i znanja o pogonskom gospodarstvu, vođenju osoblja i specifičnim pravnim pitanjima. Uz to je potrebno poznavanje menadžerstva, timskog rada, elektroprivrednog marketinga i tehnike prodaje.

Nastava se održava svakih 14 dana petkom popodne i subotom cijeli dan.

ETZ, god. 118(1997), br. 18

Mrk

150 GODINA TVRTKE SIEMENS

Rođaci Johann Georg i Werner Siemens sa suradnikom Johann Georg Halskeom osnovali su 1847. godine poduzeće "Telegraphen - Ban - Anstalt von Siemens und Halske" sa 10 zaposlenih. Poduzeće se naglo razvijalo pa je 1852. imalo već 90 zaposlenih. Početkom druge polovice prošlog stoljeća poduzeće se internacionaliziralo pa je 1890. od oko 5 500 zaposlenih skoro polovica radila u inozemstvu. Godine 1897. poduzeće je preimenovano u

“Siemens und Halske AG”. Od godine 1903. dio poduzeća koji obuhvaća tehniku jake struje organiziran je u “Siemens - Schuckertwerke GmbH”. Iste je godine Siemens s tvrtkom AEG osnovao “Telefunken” uskoro vodeću tvrtku u radiotehnici, a zatim i u televiziji. Posljednjih decenija tvrtka je vrlo aktivna u području elektronike. Godine 1989. tvrtka se prestrukturira u 17 područja i uvodi nove djelatnosti. Danas zapošljava oko 370 000 djelatnika i prvi je put prekoračen prag ugovora vrijednih 100 milijardi DEM.

ETZ, god. 118(1997), br. 19

Mrk

SUPRAVODLJIVI MAGNETSKI AKUMULATOR ENERGIJE

Pod tim je naslovom već pisano u ovoj rubrici (Energija, god. 44(1995), br. 1). Napomenuto je da se na problemu takvog akumulatora intenzivno radi u SAD i Japanu, jer mogu dobro služiti za lokalni popravak i stabilizaciju mreže. Sada u Njemačkoj upravo ulazi u pogon supravodljivi magnetski akumulator energije pod nazivom brzi kompenzator. Njegov energetska kapacitet iznosi 250 kJ, a montiran je blizu pilane u mjestu Fuschweier. Kompenzator je konstruirao Institut za tehničku fiziku, istraživačkog centra u Karlsruhe.

Glavni dio uređaja je supravodljivi svitak od žice niobij - tantal, hlađen tekućim vodikom na temperaturi 4,3 K (-269° C). Svitak je predviđen za brzo preuzimanje i oduzimanje energije uz male gubitke, dobrih dinamičkih osobina i dugog vijeka trajanja. Drugi je važan dio brzi elektronički pretvarač priključen na trofaznu mrežu 400 V, snage 80 kVA. Uređaj kompenzira nepovoljni utjecaj potrošača na mrežu i štiti druge potrošače od smetnji. S odgovarajućom regulacijom na priključnoj točki moguće je izgladiti udarce jalove snage, izobličenja, flikere i pulzaciju snage do frekvencije od nekoliko Hz. Da se omogući pratiti njegovo djelovanje i testirati rad smješten je blizu pilane, koja je izvor različitih udaraca i smetnji u mreži.

ETZ, god. 118(1979), br. 19

Mrk

ZAPOSLENOST INŽENJERA U NJEMAČKOJ

Potražnja za inženjerima u Njemačkoj stabilizirala se u prvih 6 mjeseci 1997. godine. U prvom je kvartalu 1996. nešto pala, a zatim se opet povećala. Prema struci potražnja za inženjerima strojarstva povećala se za 12 %, za elektroinženjerima 8 %, za kemičarima 13 %, a informatičarima 23 %. Znatno se smanjila potražnja za građevinarima (- 24 %).

Pojedine privredne grane različito su povećale ponudu radnih mjesta za inženjere. Prednjačila su energetska poduzeća s povećanjem od 74 %, metalna industrija s 30 %, automobilska industrija sa 15 % i strojogradnja s 8 %. Potreba za inženjerima u obrtu povećana je prema 1996. godini za 11 %.

ETZ, god. 118(1997), br. 19

Mrk

110 GODINA MOSENERGO

Jedno od najvećih na svijetu proizvođača i opskrbljivača električnom i toplinskom energijom je poduzeće Mosenergo. Ono je 1997. proslavilo 110. godišnjicu opskrbe Moskve i njene oblasti (16 milijuna stanovnika) energijom. U Moskvi je elektrifikacija počela osnutkom “Društva za električnu rasvjetu 1886. godine”, a praktično djelovanje društva počelo je u srpnju 1887. potpisivanjem ugovora o rasvjeti grada. Taj je datum uzet kao početak djelovanja današnjeg Mosenerga.

Godine 1888. ušla je u pogon prva elektrana “Georgievskaja”, a zatim još tri elektrane ukupne snage 93 MW i vod visokog napona 70 kV.

Dolaskom Sovjeta na vlast društvo za elektrifikaciju je 1917. podržavljeno, a daljnja je elektrifikacija obuhvaćena godine 1920. državnim planom elektrifikacije GOELRO, koji je predviđao porast snage moskovskog elektrosustava 8 puta.

Početak tridesetih godina počela je toplifikacija Moskve pomoću elektrana - toplana. Uoči rata 1941. područje je raspolagalo snagom generatora od 1160 MW, a koncem godine, nakon premještanja dijela industrije na istok samo sa 665 MW. Nakon završetka rata, već 1946., snaga je iznosila 1166 MW. Prvi veliki turbinski blok, s visokim parametrima pare, snage 300 MW, ugrađen je u energetska sustav 1967. godine. Za pokrivanje vršnih opterećenja Mosenergo je sedamdesetih godina počeo ugrađivati plinske turbine. Sada se takve turbine ugrađuju sa snagom od 150 MW.

U tijeku svog razvitka Mosenergo se razvilo u akcionarsko društvo svjetske veličine. Danas raspolaže s 21 elektranom, ukupne električne snage 14 700 MW i toplinskom snagom 34,2 tisuće Gcal. 14 moskovskih toplana opskrbljuje 86 % područja toplinskom energijom. Uvode se i manje elektrane - toplane za mjesta u Podmoskovlju. Prvo će takvo postrojenje od 68 MW ući u pogon 1998. godine.

U godini 1996. Mosenergo je proizveo 73 000 GWh električne energije, što je 10 % ukupne proizvodnje Rusije, i 82,9 milijuna Gcal toplinske energije. U usporedbi s 1995. godinom proizvodnja električne energije povećala se 0,5 %. Opća se potrošnja prema 1995. godini smanjila za 0,6 %. U posljednjih 5 godina ona se snizila za 20 %, no sada je trend pada znatno manji.

Do godine 2010. predviđaju se manje rekonstrukcije i zamjene blokova snage od 4 419,4 MW, a novogradnje 2 889 MW. Današnji Mosenergo kao dioničko društvo radi i planira na strogo ekonomskim principima.

Električeskie stancii, Posebni broj 1997.

Mrk

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ U LAGANOM SNIŽENJU

Cijene električne energije za posebne potrošače po ugovoru u posljednjoj su godini u Njemačkoj nešto snižene. U zapadnom dijelu Njemačke sniženje je oko 1,1 %, a u istočnom 2,9 %. Sniženja su različita u različitim elektroprivrednim poduzećima. Na zapadu one se kreću od 0,6 % do 10,1 %, a na istoku od 0,1 % do 10,5 %. Najviše su cijene u poduzeću BEWAG u Berlinu, a najniže u HASTRA u Hannoveru. Na istoku zemlje najniža je cijena od 19,15 Pf/kWh.

Ukupno uzevši raspon cijena se kreće između 16,67 Pf/kWh do 21,47 Pf/kWh, a to je razlika od 32,2 %.

Energie Spectrum, god. 12(1997), br. 10

Mrk

POVEĆANJE CIJENE KAMENOG UGLJENA

Cijene uvoznog ugljena u Njemačkoj osjetno su skočile. Tona kamenog ugljena sredinom 1997. stajala je 83,01 DEM, što je za 11 DEM više nego prije godinu dana. No, time još uvijek nije mnogo smanjena razlika cijene između uvoznog i domaćeg ugljena, jer je cijena domaćeg ugljena 291 DEM po toni ekvivalentnog ugljena. U prvih 6 mjeseci 1997. porastao je uvoz ugljena, koksa i briketa za 25 %, a osjetno je povećanje od 26 % bilo u 1996. godini prema 1995. 70 % uvoznog ugljena trošile su termoelektrane. Glavni razlog povećanom uvozu ugljena je smanjenje državne potpore domaćim rudnicima.

Energie Spectrum, god. 12(1997), br. 10

Mrk

PLINOVOD ZA POVEĆANI DOVOD RUSKOG PLINA

Između njemačkih gradova Malnow u Brandesburgu i Rückerdorf u Tiringiji počelo je polaganje plinovoda za dovod ruskog zemnog plina sa poluotoka Jamal. Ova plinovodna veza nazvana Jagal bit će duga 330 km, a investicije se procjenjuju na okruglo 1 milijardu DEM. Sad se gradi prva etapa od 99 km. Promjer plinovodnih cijevi iznosi 120 cm, a provodit će godišnje 28 milijardi m³ zemnog plina.

Energie Spectrum, god. 12(1997), br. 10

Mrk

PRIJENOSNO ELEKTRIČNO VOZILO SA ZAŠTIĆENOM KABINOM

U velikoj njemačkoj nuklearnoj elektrani Biblis (RWE), koja sa svoja dva velika nuklearna bloka (A - 1200 MW i B - 1300 MW) radi uspješno već preko dva desetljeća, uvode se stalno inovacije i poboljšanja, u prvom redu u području sigurnosti. Od jeseni 1996. godine u upotrebi je specijalno električno vozilo za prenošenje tereta, s kabinom zaštićenom od zračenja. Vozilo je prvenstveno namijenjeno prijenosu bačava s kratkotrajno aktivnim otpadom, npr. papirom, plastikom, metalnom strugotinom i slično. Ukratko rečeno, materijalom čija radijacija stvara tek zanemarivu toplinu. Nosivost vozila je 5,5 t, a podizaj 5,25 m. Zaštićena kabina načinjena je od čeličnog lima, debljine 35 mm, a staklo iz specijalnog zaštitnog stakla protiv radijacije. Kako je vozačeva mogućnost pregleda okoline ograničena, vozilo ima ugrađenu videokameru zbog kontrole svih pokreta u vožnji i podizanju. Time vozač u kabini ima pregled čitave okoline pomoću monitora. Osim toga na vozilu je ugrađeno 5 laserskih skenera za osiguranje od mogućih sudara. Približi li se vozilo nekoj zapreci na udaljenosti od 1 m, vozač dobiva optički i zvučni signal. Ako je smanjen minimalni razmak od 500 mm automatski se smanjuje brzina vožnje (maksimalno 6 km/h), a ako se pak vozilo približi zapreci na manje od 250 mm vozilo biva magnetskom kočnicom zakočeno. Za sigurno hvatanje bačava služi hidraulični pokretan čelični hvatač koji sigurno hvata po dvije bačve. Ovo specijalno električno prijenosno vozilo pokazalo se kao vrlo dobro i radi na opće zadovoljstvo.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 17

Mrk

U NJEMAČKOJ RASTE ZANIMANJE ZA TOPLINSKE CRPKE

U Njemačkoj raste zanimanje za grijanje toplinskim crpkama na električni pogon. Tih je uređaja u 1996. godini ugrađeno oko 20 % više nego prethodne godine. U usporedbi pak sa 1994. godinom broj novih uređaja skoro je udvostručen. Ukupno je koncem 1996. u Njemačkoj ugrađeno 47 380 toplinskih crpki. Razlog povećanog zanimanja za ovakve uređaje je njihova visoka tehnička kvaliteta, mjere unapređenja i zaštita okoliša. Toplinske će crpke i ubuduće biti važni energetske izvor. Korištenje topline zemlje i sunca akumulirane u podzemnoj vodi i zraku u usporedbi s modernim centralnim loženjem ili plinom ušteduje oko 50 % primarne energije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 20

Mrk

PLANOVI AUSTRIJSKE ELEKTROPRIVREDE

Prema koordiniranom planu kojeg je objavio Savez austrijske elektroprivrede (VEÖ) potrošnja će električne energije do godi-

ne 2006. prosječno rasti 1,9 % godišnje. takav će trend uslijediti unatoč mjerama koje su poduzete za prigušenje potrošnje.

Ukoliko bi sva udružena elektroprivredna poduzeća ostvarila planove do 2006. godine, snaga hidroelektrana povećala bi se za 630 MW, a termoelektrana za 1020 MW. No, pri tome treba reći da veliki dio tih projekata nema još potrebnih odobrenja, a niti su utvrđeni rokovi stavljanja u pogon. Nova dunavska hidroelektrana Freudenu, koja će godišnje proizvoditi 1037 GWh, predstavlja već 50 % predviđene nove hidrosnage.

Austrijska će se elektroprivreda prilagoditi smjernicama EU i bit će kao vrlo pouzdana temeljena u prvom redu na hidroenergiji, elektranama - toplanama i djelomično na termoelektranama s domaćim gorivom (smeđi ugljen, otpatci).

U okviru interesa potrošača i zemlje austrijska će se elektroprivreda pripremiti za buduće slobodno tržište električnom energijom i osigurati sigurnu, dovoljnu i ekonomičnu dobavu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 20

Mrk

USPOREDBA PROSJEČNE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE U FRANCUSKOJ I NJEMAČKOJ

Grupa autora u Njemačkoj izradila je studiju s ciljem da analizira utjecajne čimbenike na prosječnu cijenu električne energije u Francuskoj i Njemačkoj, budući da su razlike osjetljive. Kao osnova uzeta je prosječna cijena u francuskoj od 13,9 Pf/kWh, prema cijeni u zapadnom dijelu Njemačke od 18,1 Pf/kWh i istočnom od 22, Pf/kWh.

Jedan od glavnih čimbenika razlike u cijeni je različitost u strukturi elektroprivrednih sustava i različitost principa procjene. Razlike u području elektrana i mreže su u strukturi specijalnih investicijskih troškova usporedivih komponenata postrojenja kao i starosna struktura, a time i stupanj otpisa komponenata. Razlika je i tehnološka, jer u Francuskoj dominiraju nuklearne elektrane. U obzir treba uzeti različitost u organizaciji i financiranju zbrinjavanja nuklearnog otpada i izdatke za osoblje. Na cijenu također utječu troškovi koncesija i davanja općinama. Tako npr. troškovi mreže su u Zapadnoj Njemačkoj 29,6 % veći (46,8 % u istočnoj Njemačkoj), troškovi proizvodnje 30,3 % veći (12,3 % u istočnoj Njemačkoj), troškovi za osoblje 21,4 % veći (24,7 % u istočnoj Njemačkoj), a izdaci za koncesije 18,7 % veći (16,1 % u istočnoj Njemačkoj).

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 20

Mrk

EUROPSKA KOMISIJA RAZMIŠLJA O PROBLEMIMA PRISTUPA ISTOČNOEUROPSKIH ZEMALJA

Europska komisija tvrdi da čak ni Rusija nije jedna od zemalja prvog kruga širenja Europske unije na istok. To će se najbolje vidjeti u energetske politici u budućnosti. Za svaku zemlju - kandidata (Češka, Poljska, Mađarska, Slovenija i Estonija) identificirala je aspekte domaće politike kojoj će trebati posvetiti pozornost. U svom izvješću Agenda 2000 Komisija ukazuje da u budućoj politici mora uzeti u obzir veću vezanost za Rusiju, tj. glavne probleme nuklearne sigurnosti, troškove osiguranja energetske spremnosti i sigurnost nabave, ekološke probleme, te socijalne i regionalne posljedice potrebnog restrukturiranja. Komisija također tvrdi, kada je riječ o spremnosti zemalja identificiranih za prvi krug proširenja EU i inkorporiranja zakonodavstva i prakse EU, da će trebati učiniti značajne i dugoročne korekcije u energetske sektoru i kod ostalih pa i u EU.

Manjak u energetske sferi naglašen je osobito u Mađarskoj, iako nije jasno iz stava energetske sekcije o prijemu Mađarske u članstvo zašto je to tako. Dano je mišljenje o svakoj od deset zemalja kandidata za prijem u EU, iako su samo Estonija, Ma-

đarska, Poljska, Češka i Slovenija dobile prolaznu ocjenu. Bugarskoj, Rumunjskoj, Slovačkoj, Latviji i Litvaniji je rečeno da trebaju poboljšati svoje stanje pa će Komisija analizirati njihov napredak u 1998. godini.

Komisija ne očekuje velike probleme pri proširenju u energetske sektoru, iako priznaje da završetak restrukturiranja unutrašnjeg energetskog tržišta može stvarati poteškoće u proširenju EU. Očekuju se diskusije o nuklearnim problemima, što može značiti i povećani priljev novca iz EUROATOM-a. Prednost proširenja za EU bit će ne samo povezivanje s dobavljačima iz Rusije i centralne Azije već i sa Srednjim istokom i uključivanje u teritorij EU velike sekcije glavnih tranzitnih puteva. Druge koristi će biti sinergije u energetske istraživanju i tehnološkom razvoju, nova tržišta za europske energetske kompanije i veća stabilnost u opskrbi energijom.

Novi Phare program sada je i bit će ubuduće glavni izvor financiranja unapređenja ekonomskog razvoja zemalja - kandidata do razine koja će im omogućiti pristup EU. Komisija se nada da će nakon isteka tekućeg programa u 2000. godini doći do povećanja budžeta Phare programa. To povećava ulogu Phare programa kao katalizatora i važnost koordinacije između različitih zemalja u području nuklearne sigurnosti.

Sigurno je da će energetske sektor izvući korist iz budućih istraživanja, razvoja i dovršenja transeuropskih mreža.

Agenda 2000 predstavlja podlogu uz izvješća svake zemlje na temelju koje će Komisija odlučiti kojih je pet zemalja spremno za članstvo u EU. Sadrži detaljnu analizu za svaku zemlju - kandidata i strategiju čija provedba će omogućiti prijem u EU. Tu se također razmatraju specijalni problemi nuklearne industrije s težištem na nuklearkama Dukovany i Temelin u Češkoj, Paks u Mađarskoj i određene jedinice u nuklearkama Bohunice i Mochovce u Slovačkoj te Kozloduj u Bugarskoj kao i one sovjetske konstrukcije koje su sposobne da implementiraju međunarodne standarde sigurnosti. Komisija misli da bi međunarodni standardi mogli biti potpuno implementirani u razdoblju od 7 do 10 godina.

Prema mišljenju Komisije glavne su poteškoće u području energetike monopoli, subvencije krutih goriva, cijene energije i pristup mrežama. Zemlja može s energetskog aspekta imati sve uvjete za pristup, ali ako to nije i u drugim područjima onda su ona barijera pristupu.

East European Energy Report, August 1997, 71/9

DK

KRITIČNA PROCJENA UTJECAJA PHARE I TACIS PROGRAMA

Suradnički programi EU za istočnu Europu Phare i Tacis počivaju na principu "demand-driven". Prema nedavno objavljenoj internoj ocjeni ovih programa ovi principi predstavljaju slabu točku. Izvješća naglašavaju nedostatke u upravljanju programima i pretjeranu birokraciju kako u samoj Komisiji tako i u zemljama partnerima. Izvješća o ovim programima sadrže niz preporuka za poboljšanja.

Međutim, promjene su već u tijeku. Partnerstvo i kooperacijski dogovori koji sada povećavaju troškove Tacis projekata u budućnosti će se voditi pomoću konzultanata koji su izvršili evaluaciju ovog programa. Vjeruje se da će to biti prilika da Tacis projekti dobiju "političko vodstvo i veću efektivnost". Naime principi demand-driven omogućili su slabe koristi od Tacis programa, jer ni korisnici formulirajući zahtjeve niti Komisija nisu mogli jasno definirati strategiju stavljajući zahtjeve u širi kontekst tranzicije.

Prema pojedinačnim izvješćima konzultanata principi "accession-driven" Phare programa omogućit će "ultimativno dogovorno djelovanje". Sugerira se da to može biti korisno za postavljanje posrednih ciljeva za specifično financirane Phare programe. Raspravljajući o uzrocima ostvarivanja rezultata Tacis i Phare

programa u izvješću o Phare programu konstatirano je da se možda precijenilo sposobnost istočno-europskih partnera iz programa da odluče o svojim potrebama. To dovodi do slabljenja napora i raspršivanja resursa sa suprotnim efektima na performanse programa. Program je dao manje od svojih mogućnosti.

Dio problema programa Tacis proizlaze iz prekida u komunikaciji. Tacis nije uvijek u mogućnosti dati jasne smjernice korisnicima. Praćenjem ostvarenja prema ranijim izvješćima jasno je da zemlje uključene u Tacis program očekuju velika investicijska sredstva ili opskrbu opremom.

Rezultati programa Tacis su vrlo promjenljivi. Sudionici u evaluaciji programa vjeruju da je iskustvo EU u privatizaciji imalo utjecaja na formuliranje politike, odlučivanje i implementiranje vezano uz restrukturiranje i reguliranje energetskog tržišta, što je vidljivo na primjeru Ukrajine i Armenije. Edukacija o upravljanju u rudniku ugljena pokazala se vrlo korisnom, ali ne i odnos prema radu. Budućnost centara za štednju energije neizvjesna je radi pomanjkanja potražnje na tržištu. U zamjenu, vlade u nekim zemljama osnivaju svoje vlastite odbore za štednju energije.

Kao opća kritika na nisku razinu razmjene iskustava unutar Tacis programa u izvješću se naglašava da energetske centri služe kao primjer gdje se nema što naučiti dok ne dođu nove generacije. Izvješće je također kritično u pogledu sinergije u suradničkim programima nuklearne sigurnosti iznoseći da nije bila u potpunosti iskorištena. To se više odnosi na rad u Ukrajini nego u Rusiji. U Ukrajini nisu ni otvoreni uredi za ugovaranje i implementiranje projekata.

Prema ocjeni pregovarača Armenija je ocijenila da je Tacis program imao visok utjecaj na njihovu zemlju u nuklearnoj sigurnosti i u energetici u sektorima gdje je primijenjen. Bjelorusija i Ukrajina su ocijenile utjecaj srednjim u području nuklearne sigurnosti, a Kazahstan niskim. Za druge zemlje pitanje nije relevantno ili nisu odgovorile (Rusija, Mongolija, Uzbekistan i Moldavija). Općenito je procijenjeno da je utjecaj na energetske sektor visok u Kirgistanu, srednji u Kazahstanu, Azerbejdžanu, Ukrajini i Turkmenistanu, a niski u Bjelorusiji. Analitičari Phare programa nisu prikupili ovakva izvješća i za taj program.

Ima još veliki broj projekata energetike i nuklearne sigurnosti koje treba ugovoriti u okviru Tacis programa. Najveći među njima su projekti vrijedni 3 milijuna ECU-a, a odnose se na energetske efikasnost u ruskom stambenom sektoru, na ekspertize i trening programe u području nafte i plina u Turkmenistanu, na financiranje štednje energije u Ukrajini, na razvoj metroloških i analitičkih kapaciteta kao podrške nuklearnoj sigurnosti u Rusiji, na korištenje 3,5 milijuna ECU-a za potrebe provedbe nuklearne sigurnosti i kontrole nuklearnog materijala, te na korištenje 19,5 milijuna ECU-a za projekte i studije za postrojenje za obradu krutog otpada u Černobilju koje se financira prema G-7 planu EU.

Za energetske dio u okviru programa Phare stoji u izvješću da je pomoć značajno utjecala na izabrane energetske prioritete rangirane prema energetske efikasnosti. U drugu ruku, službena politika zemalja, čiji su predstavnici članovi Komisije, negativno je utjecala na implementaciju multinacionalnih energetskih programa. Pojavile su se i organizacijske poteškoće koje su proistekle iz istovremenih nacionalnih i multinacionalnih energetskih programa. Osim toga projekti koji se odnose na politiku pristupa ne motiviraju partnere Phare programa jer su neodređeni i nisu orijentirani na postizanje konkretnih rezultata. Phare program je omogućio određeno poboljšanje sigurnosti nuklearnih elektrana, ali ne onoliko koliko je moglo biti. Glavni razlozi su nedostatak odgovornosti i suradnje zemalja - partnera, te nedostatak koordinacije sponzora programa.

East European Energy Report, August 1997, 71/9

DK

PREPORUKE EU ZA ISTOČNOEUROPSKE KANDIDATE

Razmatrajući stanje zemalja - kandidata za članstvo, EU je utvrdila

uvjete koje ove zemlje moraju ispuniti da bi postale njene članice. Ukratko preporuke EU su slijedeće:

- Bugarska:** Potrebno je povećati napore u suzbijanju monopola, fiksiranju cijena i smanjenju državne intervencije u sektoru krutog goriva. Potrebno je načiniti brojne modifikacije u zakonodavstvu u području nuklearne energetike da bi se usaglasilo sa zakonodavstvom EU.
- Estonija:** Mora se i dalje suzbijati monopol, osigurati pristup mrežama, utvrditi cijene energije i restrukturirati industriju nafte.
- Mađarska:** Potrebno je još načiniti napore u suzbijanju monopola, fiksiranju cijena, omogućiti pristup mrežama i smanjiti državnu intervenciju u sektoru krutog goriva i nuklearnog goriva (uran). Naći rješenje za odlaganje nuklearnog otpada.
- Latvija:** Potrebno je raditi na formiranju cijena energije, pristupu mrežama, energetske efikasnosti i normama za zaštitu okoliša.
- Litvanija:** Bez obzira na dogovorene rokove zatvaranja nuklearke Ignalina, Litvanija mora u kratkom vremenu primijeniti standarde sigurnosti. Inače, nema većih problema, iako se mora i dalje raditi na suzbijanju monopola, pristupu mrežama i formiranju cijena energije.
- Poljska:** Problemi su formiranje cijena energije, uvozne barijere za naftne proizvode i državna intervencija u sektoru ugljena.
- Češka:** Treba nastaviti i dalje raditi na formiranju cijena energije, smanjenju državne intervencije u sektoru krutog goriva i osiguranju pristupa mrežama.
- Rumunjska:** Problemi su: formiranje cijena, državna intervencija u sektorima krutog i nuklearnog (uran) goriva, te monopoli. Treba riješiti odlaganje nuklearnog otpada.
- Slovenija:** Treba uložiti dodatne napore na suzbijanju monopola. Problemi su formiranje cijena, pristup mrežama i državna intervencija u sektoru krutog goriva. Treba riješiti odlaganje nuklearnog otpada.
- Slovačka:** Potrebno je i dalje raditi na suzbijanju monopola, formiranju cijena, pristupu mrežama i smanjenju državne intervencije u sektoru krutog goriva. Također je potrebno riješiti odlaganje nuklearnog otpada.

East European Energy Report, August 1997, 71/9

DK

GRUPA EUROPSKIH FIRMI DOBILA POSAO U KINI

Kinesko poduzeće Three Gorges Project Development Corp. izabralo je dobavljače turbina i generatora za prvu fazu realizacije hidroelektrane Three Gorges (Tri klisure). Većina dobavljača su iz Europe. U međuvremenu su ugovore za građevinske radove dobila tri kineska poduzeća. Što se tiče ugovora za elektromehaničku opremu, GEC Alsthom će isporučiti osam turbina u vrijednosti od 212 milijuna američkih dolara. ABB će isporučiti osam generatora. Konzorcij Voitha i Siemens s poduzećem GE Canada iz Kanade isporučit će daljnjih šest turbina i generatora. Elektrana se gradi na rijeci Yangtze u provinciji Hubei u centralnoj Kini. Građevinski radovi su započeli.

Izgradnja će se odvijati u fazama. Izgradnja prve faze koja obuhvaća ugradnju osam turbina i generatora sa potrebnom opremom i građevinskim objektima na desnoj strani započet će najkasnije ove godine. Završetak prve faze izgradnje predviđa se 2003. godine. Slijedećih šest turbina sa potrebnom opremom i građevinskim objektima na lijevoj strani trebaju biti stavljeni u pogon 2006. godine. Proizvodni kapacitet svake jedinice je 700 MW.

Planira se izgradnja još 12 jedinica, po šest na svakoj strani, koje bi trebale biti stavljene u pogon 2009. godine. Ukupni kapacitet će iznositi 18.200 MW. Hidroelektrana Three Gorges bit će najveća hidroelektrana na svijetu, uključujući i hidroelektranu Itaipu na rijeci Parana na granici Brazila i Paragvaja.

GEC Alsthom, koji je prvi isporučitelj osam turbina, dogovara hidraulički projekt i izradu tri turbinska kola s firmom Kvaerner. Podružnice GEC Alsthoma iz Brazila i Kine bit će također uključene u ugovor.

USA i Japan nisu dobili nijedan ugovor. Naime, američka Export-Import banka je odbila dati garancije za projekt koji prema mišljenju američke vlade ne udovoljava uvjetima zaštite i očuvanja okoliša. Japanska vlada je ponudila garancije sa uvjetima za zaštitu okoliša.

Prema Reuterovom izvješću tri kineska poduzeća dobila su ugovore vrijedne 807 milijuna američkih dolara za gradnju brane i radionica za hidroelektranu. Tri poduzeća Gezhouba Share Holding Ltd., Yichang Qingyun Hydropower Joint Management Co. i Yichang Three Gorges Project Construction 378 Joint Management bit će odgovorne za izgradnju platoa za istovar, radionica i nasipa na lijevoj obali rijeke Yangtze.

Electrical World, September 1997, 3

DK

POD Vodna veza švedske mreže s poljskom

Švedska vlada je odobrila povezivanje svoje baltičke električne mreže s poljskom mrežom pomoću kabela smještenog u tunel ispod mora. Procjenjuje se da će troškovi izgradnje ovakve veze iznositi oko 260 milijuna američkih dolara. Radove će izvoditi poduzeća SvePol Link, Svenska Kraftnat, švedsko državno poduzeće za prijenos i elektroprivredno poduzeće Swedish Utility Vattenfall. Poljsko državno elektroprivredno poduzeće PPGC ima 1 % dionica u poduzeću SvePol Link. Planira se da će projekt izvesti poduzeće ABB. Vezom će se prenositi snaga od 600 MW, a bit će završena 1999. godine. Veza između Švedske i Njemačke je izgrađena već prije tri godine.

Electrical World, September 1997, 3

DK

HEP POVEĆAVA REITING

Prema ocjeni agencije Standard & Poors Hrvatskoj elektroprivredi (HEP) rejting raste. Pri tome je imala utjecaja i organizacijska struktura HEP-a, koja osigurava opskrbu oko 95 % potrošnje električne energije. Osim toga, HEP ima i snažnu vladinu potporu, a i izravno je uključena u reformu energetske politike i ekonomskog restrukturiranja nakon rata od 1991.-1995. godine.

Agencija ističe da HEP ima dobru strukturu kapitala i stalan odnos dug/kapital u maksimalnom iznosu od 30 % kroz tekući investicijski ciklus, zdrave razine novčanih tokova, visok udio hidro kapaciteta u ukupnim proizvodnim kapacitetima, tendenciju snižavanja prosječnih proizvodnih troškova i siguran rast potrošnje od najmanje 5 - 7 % u razdoblju slijedećih pet godina.

Uza sve to, agencija također ističe da su tarifni stavovi za kućanstva i dalje prenisko vrednovani s obzirom na dugoročne troškove opskrbe električnom energijom. Osim toga tarifni sustav djelomično nije jasno definiran kao ni mehanizmi za buduće rebalansiranje i rast tarifa.

Tu su i proizvodni kapaciteti od 650 MW koje je Hrvatska elektroprivreda izgradila u Bosni i Hercegovini te Srbiji koji donose gubitke. To je potencirano i činjenicom da je oko 80 % hidropotencijala u akumulacijama sa limitiranim kapacitetom. To sili poduzeće da kao temeljne elektrane koristi relativno neefikasne termoelektrane na mazut ili plin kada su hidrološki uvjeti nepovoljni.

U rujnu 1997. godine HEP je objavila da mu je dodijeljen prvi zajam Njemačke u iznosu od 120 milijuna njemačkih maraka s 0,65 % iznad libora. Taj će se kredit koristiti za refinanciranje starog nepovoljnog kratkoročnog kredita te za financiranje rekonstrukcije mreže u Podunavlju te ostale prijenosne i distributivne mreže. Kredit će se otplaćivati pet godina. Kredit je dao konzorcij direktora 16 internacionalnih banaka bez garancije države ili banke. Hrvatska elektroprivreda smatra taj kredit povoljnim jer je npr. INA dobila kredit od 150 milijuna s 0,875 % iznad libora.

Prosječnu dnevnu kamatu utvrđuje upravni odbor sastavljen od direktora četiriju najjačih londonskih banaka (2 britanske, jedna američka i jedna japanska) u 11 sati od ponedjeljka do petka u Londonu. Tako utvrđena kamata, između 3,75 i 4,75 %, obračunava se tromjesečno prosječno na pozajmljeni iznos glavnice, a naziva se liborom. Novac po cijeni ispod libora mogu dobiti najuspješniji i najsigurniji u svijetu, dok ostali plaćaju skuplje, ako uopće imaju rejting.

East European Energy Report, Seprember 1997, 72/23

DK

SVJETSKA BANKA SUSPENDIRALA ENERGETSKI KREDIT UKRAJINI

U svezi s ukrajinskim obvezama strpljenu Svjetske banke došao je kraj koncem 1997. godine. Privremeno je obustavila isplatu 50 % neiskorištenog energetskeg kredita namijenjenog za razvoj konkurencije na domaćem energetskeg tržištu te za povećanje efikasnosti termoelektrana. Zbog viših troškova isporuke električne energije kućanstvima Ukrajina je trebala uvesti 10 - 20 % više cijene kućanstvima od industrije. To je trebao biti najvažniji korak u procesu liberalizacije cijena. Ova sugestija Svjetske banke postala je problem u Ukrajini zbog predstojećih izbora. Sadašnja tarifa za kućanstva od 8,3 kopjejk po kWh (oko 4,5 američkih centi) trebala bi se povećati na 10 kopjejk po kWh (oko 5,46 američkih centi). Prosječna cijena za industriju od oko 3,8 američkih centa ne bi porasla prije primjene tarifa za električnu energiju baziranih na potpunoj uspostavi energetskeg tržišta.

Na drugoj strani Vlada je poduzela korake da unaprijedi naplatu električne energije pa je registrirana naplata od 100 % kod kućanstava. Kod poduzeća naplata je između 20 i 30 %.

Kredit o kome se govori sastoji se od četiri dijela. Prvi dio od 141,6 milijuna američkih dolara bio je namijenjen za izgradnju rezervoara za tekuće gorivo pri 14 termoelektrana. To je i realizirano koncem 1996. godine. Drugi dio u iznosu od 144,24 milijuna američkih dolara bio je namijenjen za izgradnju skladišta rezervnih dijelova za potrebe održavanja 14 elektrana i realizira se prema planu. Dio od 50 % rezervnih dijelova i uređaja nabavljen je, a dijelovi ugrađeni tijekom 1996. godine, 40 % će biti ugrađeno u 1997. godini i 10 % u 1998. godini.

Treći dio kredita u iznosu od 83,26 milijuna američkih dolara namijenjen je za nabavu mjernih i komunikacijskih uređaja da se osigura evidencija potrošene električne energije. Ugradnja ovih uređaja obaviti će se u tri faze u razdoblju od 1996. godine do lipnja 1999. godine.

Četvrti dio kredita u iznosu 8,5 milijuna američkih dolara namijenjen je za pripremu uvođenja financijskog menadžmenta i razvoj programa privatizacije.

Svjetska banka će ukinuti suspenziju kredita ukoliko ukrajinska vlada ispuni uvjete u dijelu korekcija veleprodajnih i maloprodajnih cijena električne energije.

East European Energy Report, August 1997, 71/2

DK

SIEMENS DIZEL ELEKTRANE U INDONEZIJI

Siemens Industrial Projects i Technical Services Group (ATD) primila je od Indonezije narudžbu vrijednu oko 113 milijuna DM za isporuku "ključ u ruke" 11 dizel-elektrana sa ukupno 26 dizel-blokova. Naručitelj je nacionalna elektroprivreda PT Perusahaan Listrik Nagara iz Perseroa. Ovaj projekt postavljanja dizel električnih elektrana dio je programa elektrifikacije indonezijskih otoka koju provodi vlada. Elektrane, koje će biti postavljene diljem indonežanskih otoka, imaju od 3 do 11,5 MW. Zadnja dizel elektrana bi trebala biti stavljena u pogon u jesen 1999. godine. S instaliranim kapacitetom od oko 7.000 MW, ova energetska postrojenja će proizvoditi približno jednu trećinu indonežanske električne energije. Potrošnje električne energije po glavi stanovnika Indonezije iznosi 7 % potrošnje po glavi stanovnika Njemačke.

Siemens Press Release, October 1997.

DK

NORME O ELEKTROMAGNETSKOJ KOMPATIBILNOSTI

Međunarodna elektrotehnička komisija izdala je publikaciju koja sadrži pregled rada komisije u području elektromagnetske kompatibilnosti. Autor ove publikacije je G. Goldberg. Publikacija nosi naziv "Electromagnetic compability - The role and contribution of IEC standards" (ISBN: 2-8318-4075-9,) i sadrži najbitnije iz ovog područja. Publikacija objašnjava ciljeve IEC-a u pogledu normizacije elektromagnetske kompatibilnosti. Osim organizacije rada relevantne komisije, sadrži pregled normi i projekata koji su poslužili kao podloga. Razvoj elektromagnetske kompatibilnosti usko je vezan sa električnim i elektroničkim uređajima i opremom. Cilj je osigurati pouzdanost i sigurnost svih vrsta opreme i sustava gdje god bili korišteni. Razmatraju se npr. elektronički elementi u pacemakerima, ABS kočnim sustavima, zračnoj i prometnoj kontroli. Da se osigura elektromagnetska kompatibilnost mora se promatrati s dva različita aspekta: električnog aspekta respektirajući energetske sustave i elektroničkog aspekta gdje se promatraju kontrolni i komunikacijski sustavi. EMC norme traže od uređaja maksimalno dopušteno emitiranje elektromagnetskih smetnji i mogućnost ispravnog rada uređaja pod utjecajem tih smetnji. Norme su samo jedan aspekt tih problema elektromagnetske kompatibilnosti. Dok EMC norme opisuju performanse uređaja koje se moraju postići u proizvodnji, na proizvođačima je da to i postignu.

IEC News Release, 1997.11.03

DK

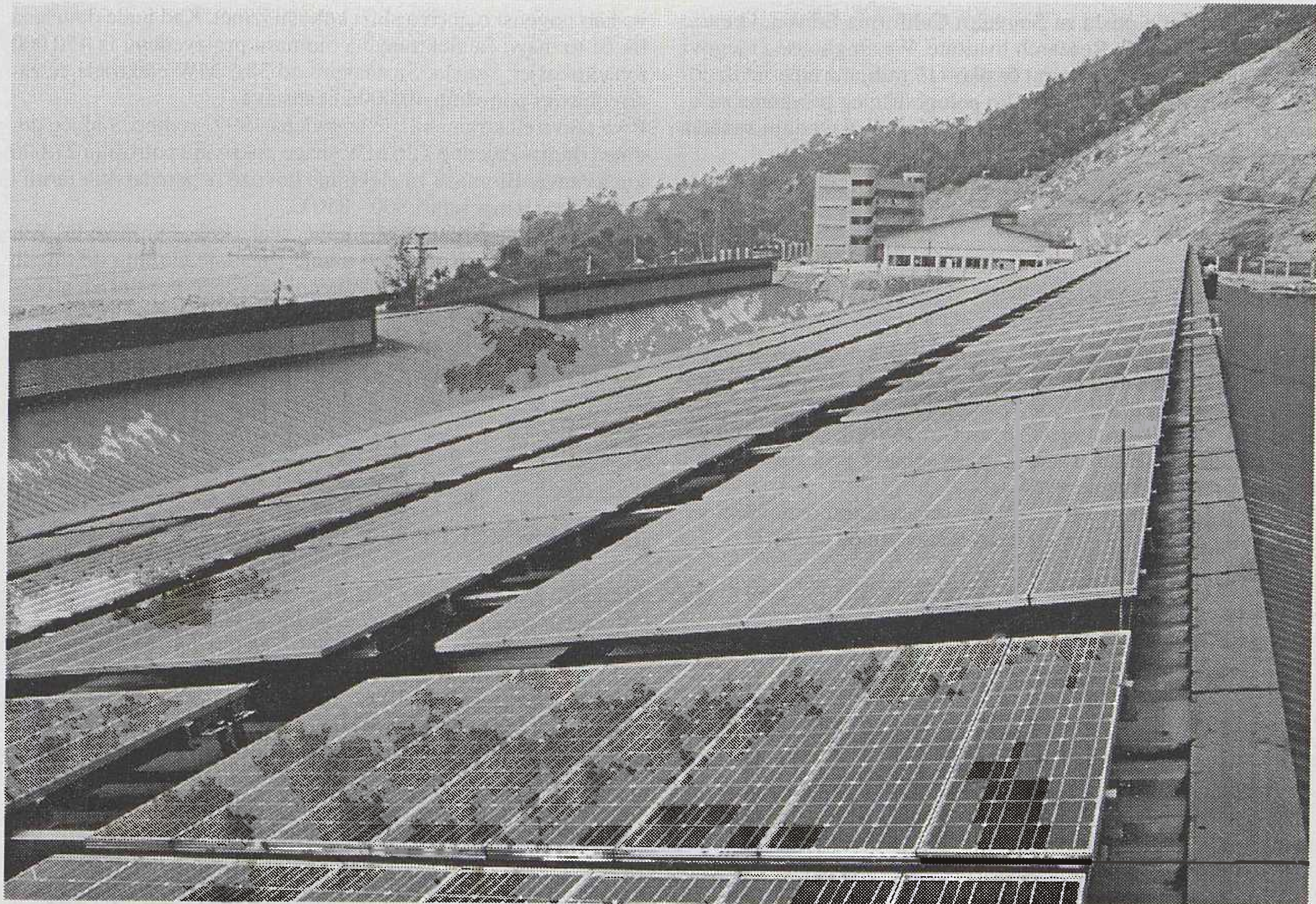
SIEMENS SOLAR INSTALIRA NAJVEĆI FOTOVOLTAIČKI SUSTAV U KINI

Siemens Solar GmbH instalirao je fotovoltaički sustav u kineskoj pokrajini Shenzen (na slici 1.) koji je, ne računajući Japan, najveći na svijetu. Kompanija Siemens Solar ima oko 20 % dionica u fotovoltaičkoj industriji i vodeća je na tom području u svijetu. Simensovi inženjeri isporučili su također energetske solarni sustav s maksimumom od 144 kW nizozemskoj industriji kofekcije Van Melle. U razdoblju od 2 mjeseca ukupno su 2.062 solarna modula po 55 W svaki bili postavljeni na krovu tvornice. Fotovoltaički sustav je proradio nakon preuzimanja u rujnu 1996. godine. Njegov godišnji doprinos će biti oko 140.000 kWh, što odgovara približno 10 % snage ove elektrane.

Van Melle, koji već ima instaliran fotovoltaički sustav od 25 kW, na zgradi glavne uprave u Breda u Nizozemskoj, vidi novi fotovoltaički sustav u Kini kao daljnji korak u smislu poboljšanja zaštite okoliša. Sprovodeći zaštitne mjere, kao što je povećanje upotrebe obnovljive energije, očuvanje i pošumljavanje šuma, zaštita voda, nastoje se kompenzirati štete koje se nanose prirodi.

Siemens Press Release, October 1997

DK



Slika 1.

OSTAVKA ZBOG LOŠE PROVEDENIH MJERA SIGURNOSTI U NUKLEARKAMA U ONTARIO HYDRO

Izvršni direktor kompanije Ontario Hydro dao je ostavku nakon završenog izvješća o sigurnosti nuklearnih reaktora njegove kompanije. U nezavisnom izvješću o sigurnosti nuklearnih reaktora konstatirano je da za njih 7 nisu ispunjene sigurnosne norme. Izvješće su načinili američki nuklearni eksperti i osoblje kanadske elektroprivrede. Nakon toga Ontario Hydro je zatvorio postrojenje za tešku vodu i sedam reaktora da izvrši rekonstrukciju u vremenskom radoblju od oko godinu dana. Ovo će stajati kompaniju oko 3,5 milijardi američkih dolara. Isto tako se očekuje i gubitak zbog neisporuke električne energije SAD zbog zatvaranja. Očekuje se da će elektrane biti ponovno otvorene kada to ekonomski i tržišni uvjeti dozvole.

Prema izvješću Candu tehnologija korištena u reaktorima sigurna je, ali je iznijela na vidjelo probleme sustava upravljanja i procedura. Elektroprivreda ima 19 nuklearnih jedinica u pogonu. Smatra se da su problemi počeli u ranim devedesetim godinama. Ontario Hydro će ovaj nedostatak kapaciteta pokriti s porastom proizvodnje u elektranama na fosilna goriva.

Electrical World, September 1997, 5

DK

KINA KOMPLETIRA NUKLEARNI PROGRAM

Kineska nuklearna industrija je kompletirala program 1000 MW u nuklearnim jedinicama koje će biti u upotrebi u nuklearnim postrojenjima diljem Kine.

Izgradnja nuklearnih jedinica ostvarena je u suradnji s nekoliko međunarodnih partnera. Westinghouse, Mitsubishi Heavy Indus-

tries i Spanish Company Netec će udruženi opskrbiti sa glavnom opremom planirane nuklearne elektrane.

Electrical World, September 1997, 5

DK

ABB ZAVRŠILA STUDIJU ZA POTREBE POLJSKE

ABB je završila tehničku i ekonomsku studiju termoelektrane na plin od 1.000 MW koja će se graditi u Zarnowiccu, mjestu koje je u početku bilo izabrano za gradnju prve poljske nuklearne elektrane. Prvi generatorski blok od 250 MW treba biti ispitan u 2001. godini, a ostala tri do 2006. godine. Nadaju se da će se jedan od blokova opskrbljivati plinom iz Baltičkog mora.

East European Energy Report, August 1997, 71/32

DK

NAPREDAK U RAZVOJU GORIVIH ČELIJA

US sekretarijat za energiju DOE (Department of Energy) i Westinghouse potpisali su petogodišnji ugovor za posao vrijedan 200 milijuna američkih dolara. Radi se o razvoju čvrstih oksidnih gorivih ćelija za elektranu čija iskoristivost mora biti veća od 70%. Elektranu će ostvariti ovakvu iskoristivost kombinacijom gorivih ćelija i plinske turbine.

Prema ugovoru Westinghouse i DOE će podijeliti dio troškova razvoja koji se odnosi na povećanje stlačivanja u tehnologiji čvrstih gorivih ćelija. Ta tehnologija je razvijena u Westinghouseu u sklopu 20 godišnjih programa pod sponzorstvom državne uprave. Za početak se očekuje konstrukcija i testiranje 250 kW sustava. Izgradit će se i jedinice većeg kapaciteta sve do 1 MW.

Ostali sudionici u poslu su Southern California Edison, Ontario Hydro, Praxair i Gas Research Institute. Westinghouse i njegovi komercijalni partneri osigurat će oko 119 milijuna američkih dolara (59 % vrijednosti posla). Dio petogodišnjeg programa automatski uključuje i pravo na komercijalnu proizvodnju sustava čvrstih gorivih ćelija.

Modern Power System, October 1997, 3

DK

POKRETNI KOMPENZATORI JALOVE SNAGE

ABB je postavio četiri pokretna kompenzatora jalove snage u 400/275 kV prijenosnu mrežu za kompaniju National Grid Company u Velikoj Britaniji. Kompenzatori snage 0 - 60 MVAR vežu se na 13 kV tercijar postojećih transformatorskih stanica. Projektirani su da održavaju stabilnost i sposobnost prijenosa snage u mreži s promjenljivim uvjetima.

Transport kompenzatora se obavlja standardnim cestovnim vozilima bez poteškoća, jer je uređaj sastavljen od modula.

ABB Review, 5/97, 16-23

DK

NOVA VEZIVNA ŽBUKA RAZVIJENA U IVO

U razvojnom centru IVO (Švedska) razvijena je nova vrsta vezivne žbuke za popravak oštećenih kamenih brana. Pokus je izveden na brani Hagfors u Švedskoj. Novi materijal ima izvanredna adhezivna svojstva te svojstva skrućivanja u vodi. Naime, za popravak oštećenja odnosno injektiranje u pukotine nije potrebno spuštati vodenu liniju do nivoa oštećenja. Popravak se izvodi pod vodom (i nad vodom) prema potrebi bez pražnjenja akumulacije. Sve kontrole i provjere vršene nakon popravka oštećenja pokazale su da brana ponovno u cijelosti može primiti puni teret. Cijela operacija popravka od detekcije do završetka trajala je 14 dana i izvedena je uz pomoć 4 ronioaca.

IVO R&D News, 3/97, september 1997.

DK

AKU BATERIJA ELIMINIRA DOPUNSKI IZVOR ENERGIJE

Otok Metlakalta (južna Aljaska) energetska je izolirana regija sa sezonskom industrijom prerade ribe. Do 1987. godine otok je energijom opskrbljivala mala hidroelektrana od 4,9 MW. Elektrodistribucija je imala velikih problema s opskrbom električnom energijom specifičnih potrošača jer je vrijeme reagiranja hidrogeneratora iznosilo 10 s. To je stvaralo velike probleme industriji prerade ribe. Zbog toga je iste godine postavljen dizel agregat 3,3 MW uz trošak od 2 milijuna američkih dolara, koji je trebao riješiti problem sporog reagiranja na promjene opterećenja hidrogeneratora. Analizirajući ekonomiku rada ukupnog sustava (hidro + dizel) došlo se do zaključka da dizel agregat radi s pre niskim stupnjem iskorištenja. Odgovor je pronađen u povezivanju ovog sustava s aku baterijom 1,3 MW. Na taj način je značajno smanjeno vrijeme rada dizel agregata i povećan koeficijent iskoristivosti. Rješenje je interesantno za izolirane sredine, prvenstveno otoke. Posebno je interesantno tamo gdje se kao dopunski izvor koristi vjetroenergija ili mali dizel agregati.

Electrical World, June 1997, 39-40

DK

KOKOŠI OSIGURAVAJU BIOGORIVO ZA ELEKTRANU

U Velikoj Britaniji grade već treću elektranu na biomasu. Zapravo

vo kao pogonsko gorivo služi kokošji izmet. Kad bude dovršena bit će to najveća elektranu na biomasu proizvedenu iz 450.000 tona kokošjeg izmeta. Sa snagom od 38,5 MW elektranu će zadovoljavati potrošnju 40.000 kućanstava.

Prva takva elektranu bila je izgrađena 1992. godine, a iduće godine i druga. Zajedno s 26 MW snage pokrivaju potrošnju 27.000 kućanstava. Biomasu za elektrane dovoze iz peradarskih farmi i spaljuju na temperaturi 800 - 850°C.

Prema riječima direktora elektrane, svaka kokoš proizvodi 1 Wat energije. Ovo gorivo znatno manje zagađuje okolinu od drugih izvora. Jedini ostatak kod spaljivanja je pepeo bez dušika ali bogat kalijem i fosforom. Sve elektrane imaju posebne filtre za uklanjanje štetnih plinova iz dima.

Naš stik, Oktober 1997, 14

DK

IRAN - ENERGETSKE PERSPEKTIVE

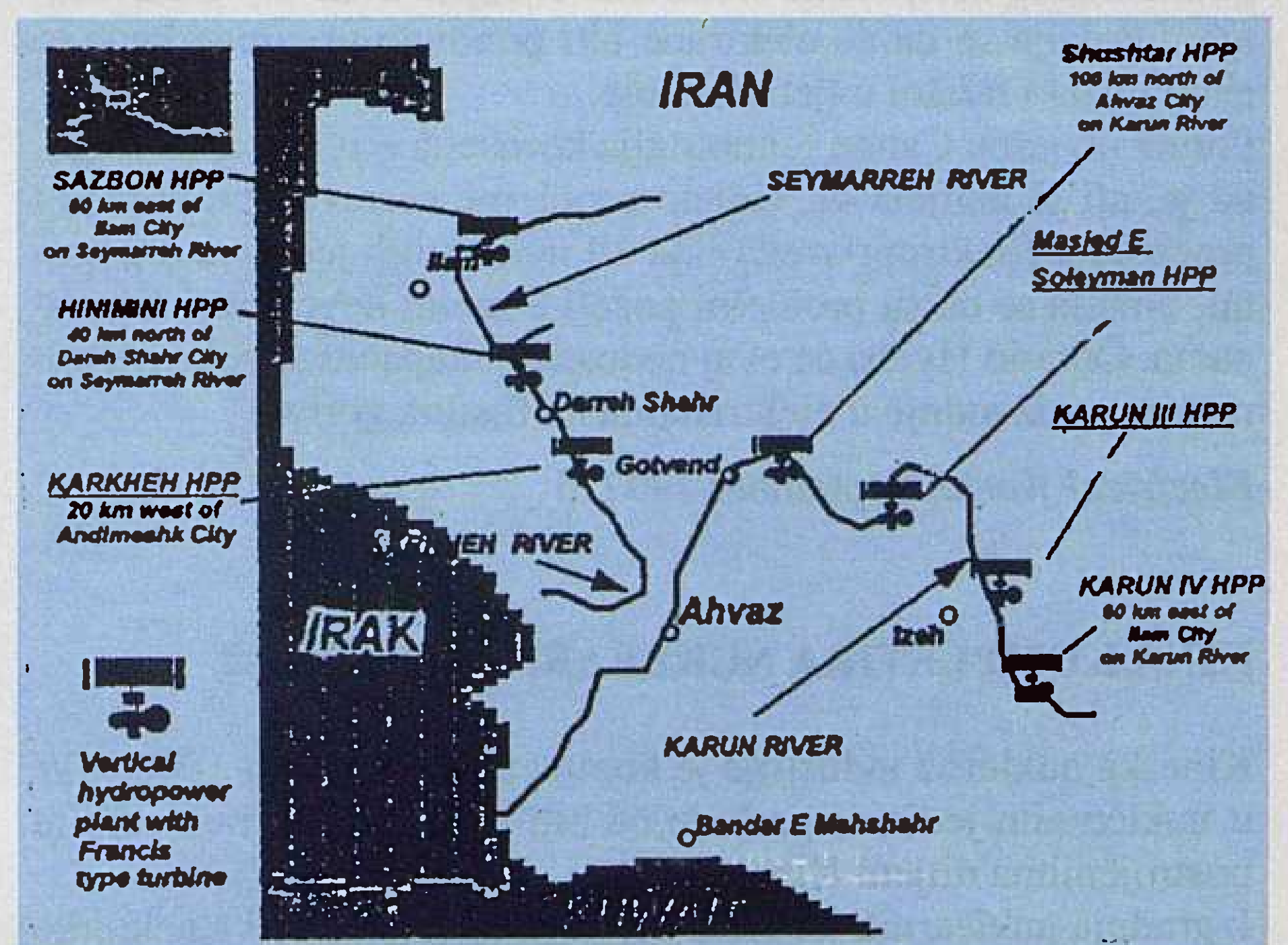
Od 1960. godine u Iranu je aktivan ELIN EV te je za posljednjih 20 godina do uspješne realizacije doveo više od 40 ugovora. Nakon hidroelektrana Latiyan i Jiroft sada se poslije više godina priprema ponovno uspio vratiti na to tržište.

U međuvremenu ELIN EV je postao važan partner iranskog ministarstva energetike i Farab Company. Do sada su u Iranu prednost za izgradnju imale termoelektrane radi kratkih rokova izgradnje. Danas se također forsira izgradnja i proširenje hidroelektrana, koje su, dugoročno gledano, ekonomičnije i prikladnije za okoliš. Ministarstvo energetike planira sadašnju instaliranu snagu 21.350 MW povećati do 2004. godine na gotovo 31.000 MW, od čega bi samo mali dio bio pokriven termoenergijom.

Posljednjih godina je konsekventno obrađivano iransko tržište te su konačno 1995. godine započeli pregovori sa Farab kompanijom. Tako će ELIN EV isporučiti generatore za tri hidroelektrane - Karun III, Masjed E. Soleyman i Karkheh, ukupne snage više od 3.400 MW. Te su hidroelektrane bile definirane petogodišnjim planom Irana pa su stoga imale prednost.

Financiranje tih triju projekata je realizirano pod vodstvom Berlinske privredne i Frankfurtske banke (u konzorciju sa Bank Austria i Bayerische Landesbank Girozentrale). Osiguranje je preuzela Austrijska kontrolna banka (G1/G3), koja je sa skupinom banaka prosudila da će se Iran privredno pozitivno razvijati i pojačavati kontakte s Europom.

Iran teži daljnjoj izgradnji objekata s obnovljenom energijom. Navedena tri projekta predstavljaju dugoročne investicije koje



Slika 1.

omogućavaju proizvodnju energije iz vode bez štetnih utjecaja na okoliš.

Znatnu dodatnu korist posebno predstavlja navodnjavanje vrlo suhih poljoprivrednih područja. Na taj će se način osigurati radna mjesta u poljoprivredi te će se spriječiti bijeg sa zemlje.

Izgradnjom hidroenergetskih objekata iransko ministarstvo energetike i Farab kompanija stvaraju zdravu osnovicu za zdravu budućnost Irana. Realiziranje projekata infrastrukture od velikog je značaja za oživljavanje industrije Irana.

Elektrana Karun III Iran Water and Power Development Company (IWPC) predstavlja početak izgradnje rijeke Karun na jugoistoku Irana. Prije svega će se koristiti za razvoj industrijskog područja oko glavnog grada provincije Ahvaz u Khuzestanu, ali također treba opskrbljivati enegijom i okolne provincije. Također i elektrane Masjed E Soleyman i Karkheh igraju važnu ulogu u gospodarskom razvoju Irana.

Isto se odnosi na angažiranje u poslu iranskih industrijskih poduzeća. Tako će Tamirat Niroo Co. u uskoj suradnji i uz pomoć ELIN EV izraditi znatan dio mehaničkih komponenata. Do 2002. godine bit će isporučeno ukupno 12 vertikalnih generatora po 263 MVA i 3 od po 140 MVA.

Elin News, 21/1997.

E. H.

SASTANAK IEEE U GRAZU

Od 15. do 18. srpnja 1997. godine sastalo se 270 sudionika IEEE (Institut of Electrical and Electronic Engineers) u Grazu, Austrija, na sastanku Komiteta za transformatore (Transformers Committee Meeting). Tom prigodom radilo se na razvoju unifikacije i s tim na "zajedničkom jeziku" u području tehnologije transformatora. Ovo je prvi put da se sastanak nije održao u Sjevernoj Americi već u Europi.

Komitet za transformatore IEEE-a sa sjedištem u USA, sastavljen od poduzeća za opskrbljivanje električnom energijom, proizvođača i konsultanata nastoji razraditi sukladne Standarde u US-tehnologiji transformatora. Sastanak u Grazu je među ostalim bio usmjeren na prilagođavanje i ujednačavanje US-američkih i europskih standarda.

Sastanak je bio uspješan, s mnogo sudionika. Ocijenjen je kao vrlo uspješan, a u radnim grupama je učinjen značajan napredak.

Elin News, 21/1997.

E. H.

HE ASAHAN, PRVA PRIVATNO FINANCIRANA HIDROELEKTRANA U INDONEZIJI

HE Asahan locirana na sjeveru Sumatre, koristit će suvišne vode jezera Toba, kako bi bila pokrivena sve veća potrošnja električne energije uslijed brzog rasta privrede u Indoneziji. Planira se u budućnosti energiju dovesti i u blisku električnu mrežu otoka Jave. Investitor je PT Bajradaya Sentranusa. Ugovor od 800 milijuna ATS obuhvaća isporuku, montažu i puštanje u pogon elektrotrojarske opreme koja se sastoji iz dva 100 MVA-generatora, dva transformatora 100 MVA, tehnike upravljanja, vlastite potrošnje, rasklopnih postrojenja i sustava automatike, što isporučuje ELIN EV, dok VOEST-ALPINE MCE isporučuje dvije Francis-turbine po 90 MW, tlačne cijevi i hidromehaničku opremu. U ugovor su uključena i oba lokalna posestrimska poduzeća P.T. ELIN Indonezija i P.T. VOEST-ALPINE DUTA I.C.E., koja će obaviti lokalne dobave i usluge.

Od 1990. godine navedene dvije austrijske firme sudjeluju u gotovo svakom projektu hidroelektrana u cijeloj Indoneziji, te su isporučile hidromehaničku, strojarsku i elektroopremu za 10 hidroelektrana.

Elin News, 21/1997.

E. H.

TRANSFORMATORI ZA VISOKONAPONSKU MREŽU MALEZIJE

Malezija kao jedna od pet Tigarskih država (Malezija, Singapur, Južna Koreja, Tajvan, Tajland) posljednjih godina je zabilježila prosječni privredni rast viši od 8%.

S ovim naglim privrednim rastom bilo je potrebno također osigurati nužnu infrastrukturu za opskrbljivanje električnom energijom.

Osim raznih projekata elektrana za prikrivanje potreba (godišnji rast 12-15%) stoga je Tenaga Nasional Berhad (TNB), planiralo izgradnju visokonaponske mreže 500 kV na poluotoku Malezija. Unutar TNB-a je oformljen tim projekatanta sa v.k.v. suradnicima, koji uz pomoć Ranhill-Black & Veatch International obavlja projektiranje rasklopnih postrojenja i dalekovoda, radi podloge za raspise i nadzire izvođenje.

Uz postojeće prenosne sustave 66 kV, 132 kV i 275 kV na poluotoku Malezija se gradi prijenosni sustav 500 kV.

To će prije svega uz smanjenje gubitaka prijenosa znatno poboljšati stabilnost dosadašnje nacionalne mreže. Izgradnja buduće mreže najvišeg napona obaviti će se u tri koraka.

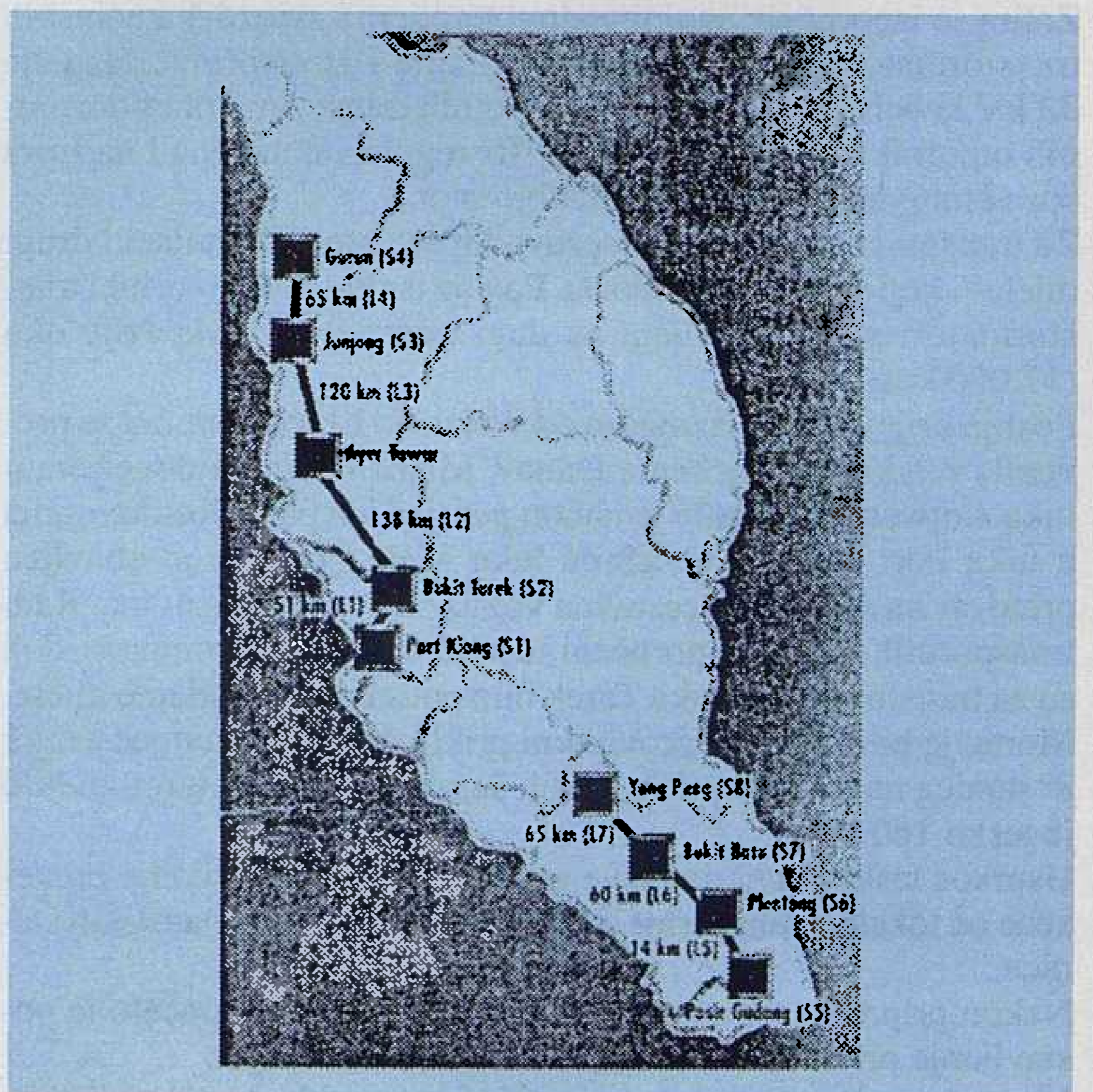
Prvo će se izgraditi na zapadnoj obali dvije transformatorske stanice 500 kV (Kapar i Bukit Tarek) u blizini glavnog grada Kuala Lumpura, kao i tri daljnja postrojenja (Ayer Tawar, Junjong, Gurun) bit će pripremljena za izgradnju 500 kV (faza I).

Svi dalekovodi između spomenutih trafostanica, osim Kapar u Bukit Tarek prvo će biti u pogonu sa 275 kV.

Ovaj prvi dio (faza 1 i 1A) TNB je predao za izgradnju po sistemu "ključ u ruke" malezijskom konzorciju Malasian Resources Corp. Bernhard i Permodalan Nasional Bernhard (MRCB-.PNB).

U drugom koraku spomenuta postrojenja trebaju biti opremljena aparatima 500 kV te će biti izgrađen spojni dalekovod između sjevernog i južnog dijela. Do 2010. godine bi se zatim na istočnoj obali, odnosno u središnjem dijelu poluotoka izgradila daljnja postrojenja, na koji bi se način omogućila prstenasta veza 500 kV.

U ljeto 1994. je objavljen međunarodni natječaj za izgradnju prvog dijela od MRCB-PNB-a. ELIN-transformatori (ETG) je sudjelovao zajedno sa lokalnim partnerom Perbodanan Kemajuan Negeri Perak (PKNP) u konkurenciji za transformatore 500 kV i pribor. Tek u listopadu 1995. obavljani su završni pregovori. Ugovor je izborni za prve transformatore 500 kV za Maleziju nakon



Mreža 500 kV na poluotoku Malezija (faza I & 1A)

oštre konkurencije. Referenca su bili slični isporučeni transformatori 500 kV i 765 za USA, njihova povoljna cijena i tehničke i pogonske karakteristike, odnosno iskustva. 1982/83. za izgradnju prve 500 kV mreže u Aziji (izuzevši Japan) isporučene su 22 jedinice (transformatori i prigušnice) za Indoneziju. Daljnji transformatori i prigušnice 500 kV za kompenzaciju ELIN-transformatora su unazad niza godina u pogonu u Kini, Pakistanu i Argentini.

Ugovor sa ETG-PKNP obuhvaća isporuku, montažu i puštanje u pogon transformatora 500 kV ukupne snage 3.000 MVA (izrada u Weizu, Austrija), kao i 33 kV transformatora za uzemljenje i otpornika za uzemljenje, koji su izrađeni na licu mjesta u Maleziji.

Udio konzorcijskog partnera PKNP obuhvaća sve lokalne nabave materijala, prijevoze unutar zemlje i cjelokupnu montažu.

Nakon detaljne razrade konstrukcije transformatora specijalisti TNB-a i MRCB-PNB-a su raspravili pojedinosti konstrukcije, i to:

- Prednosti primijenjene individualne regulacije namota 500 kV putem regulacijskog namota blizu zvjezdišta i na taj način teretne preklopke s vrlo malim naponskim naprezanjem
- Mjere protiv pregrijavanja uslijed rasipnih tokova
- Koncept uređaja za automatsku regulaciju napona i upravljanja paralelnim radom, što se upravo odnosi na kasnije proširenje postrojenja dodatnim transformatorima.

Poslije daljnjih pet mjeseci, u rekordnom vremenu od ukupno 8 mjeseci u srpnju 1996. su prve tri jednofazne jedinice u ispitnoj stanici ELIN-Transformatori u Weizu bile podvrgnute rutinskim i tipskim ispitivanjima, koja su u potpunosti uspjela.

U razmaku od po 6 tjedana zatim su preostale jedinice (slogovi 2-4) bile podvrgnute ispitivanjima te je dokazana pogonska valjanost.

Opseg isporuke: Osim 12 jednofaznih transformatora u štednom spoju nazivne snage 250/250/30 MVA, nazivnog napona 500/275/33 kV, područja regulacije 500 kV, 4x1,25%, hlađenja ONAN/ONAF/OFAF isporučuje se po 12 cinkoksidnih odvodnika prenapona 275 i 33 kV.

Nadalje se isporučuju 4 dozemna transformatora nazivnog napona 33/0,415 kV, za kratkospojnu struju 1.600 A (30 sek.), sekundarne snage za napajanje vl. potrošnje postrojenja 250 kVA.

Nadalje 2 dozemna otpornika nazivnog napona 33 kV, nazivnog otpora 12 Ohma, nazivne struje 1.600 A.

Zatim se isporučuju spojni vodovi tercijera i zvjezdišta učinskih transformatora sa pripadnim potporama i izolatorima. Nadalje 33 kV kabelaške veze između dozemnih transformatora i dozemnih otpornika te uređaji automatske regulacije napona i nadzora paralelnog hoda učinskih transformatora.

Za transport su demontirani provodni izolatori, hladnjaci i drugi dijelovi koji smetaju transportu. Poslije ispitivanja u tvornici transformatori su pripremljeni za dugi transport do Malezije oko (17.000 km).

Poslije prijevoza željeznicom od Weiza do Linza, oprema se prevozila brodovima rijekama Dunav, Majna i Rajna i dovezena u luku Antwerpen. Odatle je nakon pet tjedana plovidbe dovezena u luku Port Klang, najvažniju luku Malezije, gdje je obavljen pretovar na specijalna cestovna vozila sa dvanaest osovina. Radi transportnih razloga isporučeni su jednofazni transformatori, dok su za transfostanicu Bukit Tarek bile potrebne još dodatne mjere. Morao je biti izgrađen provizorni priključni put do autoceste, jer je stanica na rubu tropskih kišnih šuma, a vozilo sa teretom bilo je teško 160 tona.

Usprkos teškim uvjetima sve su jedinice bile na vrijeme prevezene od lokalne transportne organizacije do transformatorskih stanica.

Nakon pripreme temelja u listopadu 1996. godine počelo je postavljanje prvih transformatora u trafostanici Kapar.

Montažu je obavljalo lokalno osoblje, uz prethodno školovanje, uz nadzor i vodstvo specijalista iz tvornice Weiz.

Posao je dobro napredovao usprkos teških uvjeta (monsunske kiše i vrućine od 45 stupnjeva Celzijusa u sjeni, a napominje se da na tim gradilištima sjene nema) te je praktički dovršen na vrijeme.

U srpnju 1997. godine u Kaparu su uspješno obavljani pokusi prigodom stavljanja u pogon u prisutnosti MRCB-PNB i TNB te je obavljena primopredaja transformatora.

Elin News, 21/1997.

E. H.

STRUKTURA I TEHNIKA BUDUĆEG OPSKRBLJIVANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Značajka potrošnje električne energije do danas karakterizirana je stalnim rastom. Taj razvoj je posljedica povoljnih cijena el. energije, tehničkog napretka tehnike elektrana kao i naglog razvoja suvremenih električnih aparata i primjene električne energije.

Dok je svjetska potrošnja u 1950. godini iznosila još oko 1.000 milijardi kWh, do 1990. je narasla na dvanaesterostruku vrijednost, tj. na 12.000 milijardi kWh godišnje. Stanovništvo svijeta u istom periodu se povećalo od 2,6 milijardi na 5,4 milijardi ljudi, tj. dvostruko. Danas godišnja potrošnja svijeta iznosi 14.000 milijardi kWh. Interesantno je da i nadalje elektrane na fosilna goriva ostaju temelj proizvodnje energije.

Ovaj rast potrošnje treba svesti na prednosti i specifičnosti električne energije, koja povoljnije ispunjava zahtjeve ljudi od bilo kojeg drugog oblika energije.

Budući rast potrošnje električne energije i kapaciteta elektrana određuje se uglavnom parametrima razvoja stanovništva, razvoja gospodarstva, razvoja cijene energije i ponašanjem potrošača. Dok će se tehnika buduće proizvodnje el. energije nadalje naglo razvijati, za strukturu buduće proizvodnje el. energije treba očekivati veće promjene radi globalnog trenda razvoja, kao što je deregulacija, liberalizacija, globalizacija i privatizacija.

Otvaranje tržišta električne energije, sa ciljem jeftinije raspoloživosti električne energije, inicirano je od strane USA te je upravo daleko napredovalo u Engleskoj i u zemljama Skandinavije. Do sada sakupljena iskustva pokazuju prve rezultate, posebno sa raznim modelima povezane prednosti i nedostaci. Sve u svemu rezultati mogu biti ocijenjeni kao pozitivni.

Sa deregulacijom je usko povezana globalizacija. Stvaranjem slobodnih trgovačkih zona ili unutarnjih tržišta vrlo su izmijenjeni međunarodni okvirni uvjeti. Velika poduzeća imaju tako mogućnost da svoje aktivnosti vrlo prošire na tržišta drugih zemalja te upravo imaju obvezu da opstanu u globalnoj konkurenciji. Tako je započeo proces globalizacije, koji će do konca ovog stoljeća znatno izmijeniti gospodarsku strukturu.

Glavni razlog povećanja privatizacije u energetici predstavlja veliki nedostatak financijskih sredstava kako za potrošnju tako i za izgradnju proizvodnih kapaciteta i za njihovo obnavljanje u raznim zemljama svijeta. Samo za najnužnije moderniziranje ruskih elektrana odmah je potrebno najmanje 50 milijardi DEM, dok za svjetsko tržište električne energije za slijedećih deset godina treba više od 2.000 milijardi DEM. Financijski aspekt stoga je bitan razlog za nastale izmjene strukture u energetici: udaljevanje od državnog vlasništva ka privatnom. Mogućnost da se prevlada raskorak između potrebnih kapaciteta elektrana i financiranja je omogućavanje poslova investitorima kao "Independent Power Producer" (IPP). Veliki broj projekata u Kini, na Filipinima, u Indoneziji ili u Maleziji upravo je tako realiziran.

Na svijetu oko 350 IPP-a prati tržište postrojenja za proizvodnju električne energije i topline. Tu su također i društva za razvoj projekata velikih graditelja postrojenja. Tako je npr. i unutar Siemens/KWU Siemens Power Ventures GmbH odgovoran za privatno financiranje projekata elektrana uz sudjelovanje Siemens s ukupnom snagom višom od 6.000 MW i investicijskom sumom preko deset milijardi DEM. Radi se o postrojenjima u Španjol-

skoj, Portugalu, Indiji, Indoneziji, Pakistanu, Kini i USA. Očekuje se da će u 2.000 godini oko 40% ukupnih elektroenergetskih proizvoda objekata u novim poslovima financirati privatni investitori.

Za buduću tehniku elektrana, od kojih najmanji udio sa preko 65% imaju elektrane na fosilna goriva, vrijedi ispunjavanje slijedećih ciljeva:

- niski investicijski troškovi
- kratka vremena izgradnje
- neznatna štetna ispuštanja
- visoki stupanj korisnosti
- velika raspoloživost.

Napominje se da većina korisnika pretpostavlja "veliku raspoloživost" postrojenja s ciljem "daljnjeg poboljšanja stupnja korisnosti".

Ove aktivnosti vode do stupnja korisnosti parnih elektrana do 50%. Kod plinskih turbina još do kraja ovog stoljeća očekuje se prekoračenje 40%-ne vrijednosti, a za kombi-postrojenja 60%-ne vrijednosti. Uz ove visoke stupnjeve korisnosti povezana su odgovarajuća niska ispuštanja štetnih materijala. Osim toga rokovi isporuke za plinske elektrane i kombi-elektreane, koji uz najpovoljnije uvjete iznose 12, odnosno 22 mjeseci ubuduće bi se skratili na 10, odnosno 18 mjeseci.

Suvremena tehnika vođenja u stanju je također ispuniti sve zahtjeve koji su iz dana u dan sve veći.

Smatra se da nuklearna energija omogućava dostizanje nacionalnih i internacionalnih ciljeva za što manjim CO₂, te da ta energija predstavlja učinkovitu štednju fosilnih rezervi. Njeno korištenje ubuduće bi dobilo poseban značaj.

Kao pripremu za izgradnju novih nuklearnih elektrana razvija Siemens/KWU zajedno sa francuskim partnerom European Pressurized Water Reactor (EPR) novu generaciju nuklearnih elektrana. Pri tom se uzimaju u obzir sva 30-godišnja iskustva nuklearnih elektrana Njemačke i Francuske, reaktora sa vodom pod tlakom. Nastoji se već vrlo visoko stanje sigurnosti još više povećati. Cilj je da i u slučaju eventualne havarije ne dođe ni do kakvih posljedica za okolinu. Radi se na razvijanju suvremenog rješenja električne snage od oko 1.000 MW, koja bi dopunila manjak snage između velikih blokova na ugljen (750 MW) i EPR (1.500 MW).

Obnovljivi izvori energije - sunce, vjetar i biomasa u bliskoj budućnosti ne mogu zamijeniti klasične izvore energije, ali već prema regionalnim prilikama mogu ih više ili manje nadopunjavati. Stoga ih kao dodatne izvore energije ne treba zanemariti, ali ni u kom slučaju s obzirom na njihov potencijal ni precijeniti.

Kao daljnju tehniku budućnosti ne zaboravimo gorione ćelije pomoću kojih se može direktno proizvoditi električna energija iz vodika i kisika, a očekuje se ukupni stupanj korisnosti 70%, i više. Danas se koriste u prometu (autobusi), a hoće li se još više koristiti ovisi o iskustvu koje je zasada oskudno.

Deregulacija/liberalizacija, globalizacija i privatizacija ubuduće će znatno izmijeniti strukturu opskrbe energijom, što ujedno potiče tehniku elektrana na nova dostignuća, posebno na ekonomičnost pojedinih tehnologija, čemu teže svi napredni proizvođači energetske postrojenja.

Siemens Power Journal, 2/97.

E. H.

KORIŠTENJE VODNIH SNAGA NA IZMIJENJENOM TRŽIŠTU ELEKTRANA

Vodne snage, najvažniji regenerativni izvor energije, i u budućnosti će također širom svijeta značajno pridonositi proizvodnji električne energije, a s obzirom na to da ne emitiraju štetne materije, dobivat će još više na značaju. Napredak i razvoj hidroelektrana bit će potaknuti rastom globalizacije i privatizacije.

Zadnjih godina tržište elektrana zahtijeva od proizvođača sve veća

dostignuća. Također u korištenju vodnih snaga sve više dolaze do izražaja odgovarajući modeli eksploatacije i sve više kapaciteta elektrana dolaze u posjed Independent Power Producers-a (IPP). Tako je u zadnje dvije godine udio IPP-projekata narastao na preko 50%.

Mnogi IPP-i dolaze iz drugih grana gospodarstva, na koji način također se premiješta težište kriterija odlučivanja. Tradicije proizvođača elektrana, usmjerenih na tehniku po želji korisnika i uzimanje u obzir aspekata dugotrajnosti odlaze u pozadinu, umjesto čega se promiču najniži troškovi proizvodnje električne energije, tj. najveći stupnjevi korisnosti i pouzdanost uz najmanje investicije. Često je moguće dobiti poslove također samo radi sveobuhvatnih modela financiranja.

Velike kuće proizvođača opreme, među njima i Siemens, po-davno su uočile nužnost da utemelje proizvodnju i uslužne djelatnosti na multinacionalnim osnovama.

Među ostalim, da bi se postigla što jeftinija proizvodnja, Siemens je izgradio tvornicu generatora Lapa u Brazilu, opremio je tako da je u stanju proračunavati, konstruirati i proizvoditi razne hidrogeneratore, pa su već i mnogi isporučeni u razne zemlje. Pri svemu je u tom velika ispomoć komunikacijska suvremena povezanost.

Kod osnivanja sinhronih generatora uveden je niz noviteta s ciljem iskorištenja ugrađenog materijala, pogona pri višim temperaturama, itd. Za mehanička naprezanja neaktivnih dijelova generatora metode računa konačnim elementima omogućavaju točnije proračune uz odgovarajuće sigurnosne rezerve. Na taj način se štedi na materijalu i obradi. Znatnu uštedu vremena pri konstruiranju donosi uvođenje poboljšanog CAD-postupka.

Uvode se suvremeni sustavi upravljanja i zaštita u hidroelektrana dopunjeni dijagnostičkim sustavima koji olakšavaju vođenje pogona i održavanje, uz preventivno pravodobno poduzimanje odgovarajućih mjera.

Zajednički se vode rezervni dijelovi, održavanje i popravci. Svi srednji i veći pogoni su obavljali te poslove, što će se ubuduće ograničiti na velike pogone, odnosno manji pogoni to neće ubuduće obavljati.

IPP-i će održavanje i popravke prenijeti na osposobljena specijalizirana poduzeća ili će načiniti ugovore o servisiranju sa proizvođačima opreme. To za proizvođače opreme znači, da će odgovarajući specijalisti i tehničke podloge morati biti na najbrži mogući način raspoloživi na licu mjesta.

U ekonomske proračune IPP-projekata također je uključeno vrijeme izgradnje elektrana. Ono je kod velikih elektrana do sada iznosilo između 4 i 6 godina, koje je ipak moguće skratiti za oko 1 do 1,5 godinu.

Prijašnji trend da se proizvodnja prebacuje na gradilište i tako postignu kraći rokovi isporuke na teret dugotrajnije montaže ubuduće će se obrnuti. U tom slučaju troškovi nabave padaju kasnije, a elektrana može ranije u pogon, pri čemu je moguće znatno sniženje troškova financiranja.

Veće elektrostrojarske komponente, kao npr. generatori predmontiraju se u tvornici proizvođača u skladu s mogućnostima prijevoza. Konstruktivnom izvedbom sastavljanje se tako optimira, da bi na gradilištu vrijeme bilo što kraće te da neće biti potrebne mjere dorade. Za skraćivanje vremena montaže mogu biti od koristi specijalne specifične montažne naprave.

Kako međunarodne financijske organizacije stavljaju na raspolaganje sve manje investicijskog kapitala za projekte hidroelektrana, i kako su korisnici hidroelektrana višestruko preopterećeni pregolelim iznosima kapitala, mora se uzimati novac u sve većim količinama sa slobodnog tržišta kapitala. Individualni modeli financiranja, u koje su sve više uključeni proizvođači i isporučiooci opreme, dobivaju sve više na značaju.

Snižavanje investicijskih i pogonskih troškova, skraćivanje rokova izgradnje i smišljeno financiranje predstavljaju bitna unapređivanja pri budućim projektima hidroelektrana kao posljedice izmijenjenog tržišta elektrana. Za proizvođače tehnike elektrana to znači pripremati još jeftinije proizvode istodobno uz bo-

lje tehničke karakteristike i pouzdanost, ali pri tom mora biti ispunjen još jedan važan aspekt proizvodnje električne energije - zaštita okoliša. Hidroenergija je s tog stajališta najpovoljnija za ispunjenje tog zahtjeva. Ujedno prikladnim projektiranjem vodeći računa o utjecaju na čovjekovu okolinu, poslovi povezani sa zahvatima u prirodu mogu biti svedeni na najmanju mjeru.

Siemens Power Journal, 2/97.

E. H.

NAJSTARIJA NUKLEARNA ELEKTRANA TREBA JOŠ 20 GODINA SIGURNO PROIZVODITI ELEKTRIČNU ENERGIJU

OKG Aktiebolag (Švedska) već 25 godina ima u pogonu nuklearnu elektranu Oskarshamm 1, snage 445 MW i planira da najmanje još 20 daljnjih godina koristi ovaj reaktor sa kipućom vodom uz najveću sigurnost. Zaključena je stoga temeljita modernizacija kojom će biti osigurano izbjegavanje i zaštita od kvarova i dovođenje na razinu najnovijeg stanja tehnike.

OKG je cijeli posao modernizacije povjerio Siemens/KWU-u. Glavne karakteristike modernizacije su:

- tri systemske grupe za hlađenje u nuždi i za dodatno hlađenje, redundancija i različitost u funkcionalnosti i tehnici nude i omogućavaju stupnjevani postupak u skladu sa "Defence in Depth" principom, tj. poduzimanjem protumjera koje odgovaraju težini događaja.
- novi digitalni četverokanalni sustav zaštite reaktora koji nadzire pridržavanje svih parametara sigurnosti,
- novo opskrbljivanje strujom u nuždi sa četiri Diesel-agregata za nuždu koji su spojeni na četiri sustava sabirnica za nuždu. Četverostrukost i strikto redundendno odvajanje provode se i u ostalim priključenim naponskim razinama.

Poslovi modernizacije predvidivo trebaju biti završeni do konca 1999. godine.

Siemens Power Journal, 2/97.

E. H.

HANFENG: DVA 660 MW - BLOKA NA UGLJEN

Kina ponovno inzistira na električnoj energiji iz ugljena te gradi svoje kapacitete elektrana u brzim koracima. Prema upravo zaključenim ugovorima za deset proizvodnih jedinica klase 350 MW elektrana Hanfeng za Siemens je prvo kinesko postrojenje sa dva 660 MW - bloka na ugljen. Prva proizvodna grupa treba ući u komercijalni pogon za 45 mjeseci, a druga osam mjeseci kasnije. Realizacija se obavlja u konzorciju stranih i domaćih isporučitelja, dok građevinski dio i montažu obavljaju domaći izvođači. Konzorcij je obavezan stalno biti na raspolaganju za sva pitanja koja se odnose na gradnju i montažu.

Siemens Power Journal, 2/97.

E. H.

OBNOVLJENE TURBINE SMANJUJU SPECIFIČNU EMISIJU CO₂ ZA PET POSTO

Kao dio programa za smanjivanje ispuštanja CO₂, koji je utanačen od RWE-Energie AG i rudarskog Bergbaugesellschaft Rheni-

brau AG sa Nordrhein-Westfallschen Landesregierung (Zemaljskom vladom), turbine termoelektrane Niederaussem bit će podvrgnute temeljitom obnavljanju. RWE je ugovorio moderniziranje sedam od KWU-a isporučenih turbo-blokova u periodu od 1963. do 1974. godine. Povećanjem stupnja korisnosti snaga elektrane povećana je sa 2.700 MW na 2.800 MW. Elektranu sada troši 5% manje goriva i na taj način proizvodi 5% manje CO₂ za istu proizvodnju električne energije.

Poboljšanje stupnja korisnosti počiva uglavnom na ugradnji vodećih i rotorskih lopatica s novom geometrijom lopaticom, povećanju izlaznog presjeka za paru i optimiranju brtvljenja lopatice i osovine kao i strujanju na ulazu i izlazu.

Dvije 150 MW-turbine opremljene su novim visokotlačnim turbinama te je njihov elektrohidraulični sustav regulacije kompletno moderniziran. Kod triju 300 MW-strojeva svi visokotlačni i niskotlačni dijelovi turbina su zamijenjeni komponentama sa boljim stupnjem korisnosti, kod dviju 600 MW-turbina izmijenjen je jedan visokotlačni dio turbine i sva četiri niskotlačna dijela turbina.

Siemens Power Journal, 3/97.

E. H.

PROJEKT "TRI KLANCA" UZORNO ISPUNJAVA UVJETE SVJETSKE BANKE

Odjel za okoliš Svjetske banke definirao je kao mjerilo za ekološku i socijalnu prihvatljivost hidroenergetskih objekata dva glavna kriterija: najmanje 5 kW instalirane snage po svakom poplavljenom hektaru zemlje i najmanje 7 kW po preseljenoj osobi. Projekti velikih hidropostrojenja u pravilu mogu ove kriterije lakše ispuniti nego manja postrojenja. Primjer je projekt "Tri klanca" na rijeci Yangtze u Kini, za koji će, među ostalim, međunarodni konzorcij Siemens/KWU sa J. M. Voith GmbH i GEC Kanada isporučiti šest proizvodnih jedinica po 700 MW. Dosegnut će se po hektaru 288 kW najmanje 14 kW po preseljenoj osobi. Velika hidropostrojenja redovito nude također i znatnu višestruku gospodarsku i socijalnu korist. U projektu "Tri klanca" su:

- Zaštita od velikih voda, koja donosi korist za najmanje 30 milijuna ljudi uz Yangtze, koja svakih pet do deset godina uzrokuje veće ili manje poplave sa katastrofalnim posljedicama za svoje priobalje.
- Infrastruktura: Uzvodno od brane ubuduće će brodovi nosivosti do 10.000 tona moći ploviti u unutrašnjost zemlje 660 kilometara dalje.
- Gospodarski razvoj: Gospodarsko oživljavanje regije spriječit će bijeg stanovništva sa sela u već prenaseljena primorska područja.
- Opskrbljivanje električnom energijom. Pribranska elektranu snage 18.200 MW proizvodit će 85 milijardi kWh električne energije. Radi toga će se prvi put izgraditi i odgovarajuća visokonaponska mreža, koja će doprinijeti povećanju sigurnosti napajanja potrošača.
- Opskrbljivanje vodom: Jedan dio akumulirane vode bit će doveden u sada sušna područja na sjeveru Kine.

Prva elektranu sa 14 proizvodnih jedinica imat će ukupnu snagu 9.800 MW. U drugoj elektrani bit će 12 proizvodnih jedinica, koje će pretežno raditi domaći proizvođači opreme.

Siemens Power Journal, 3/97.

E. H.

ISO 9001-94

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

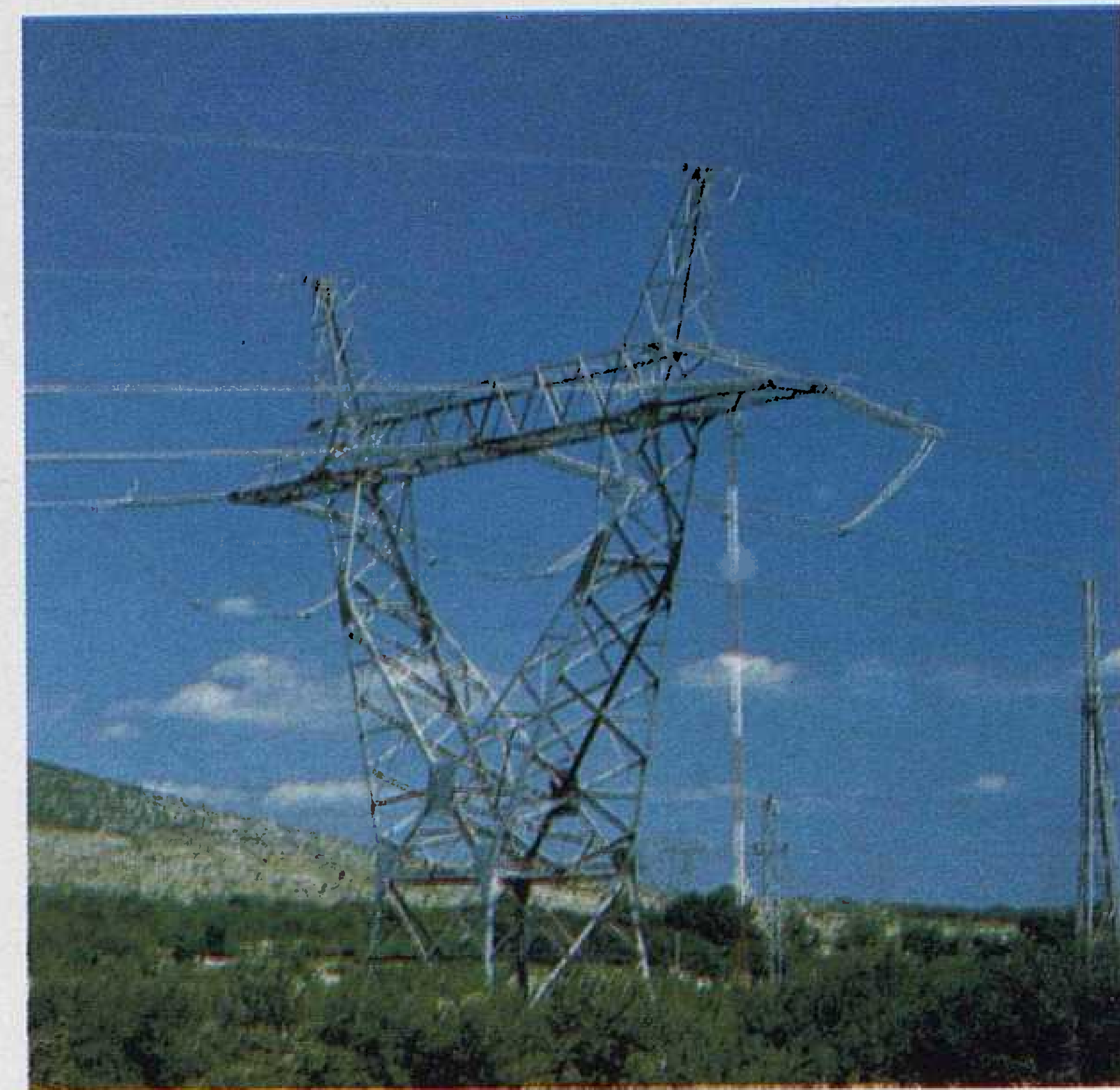
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
- Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija

DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4–500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4–500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4–500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzoi i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of :

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance
limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to :

Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment. Installation of electric sub-stations up to 500 kv.

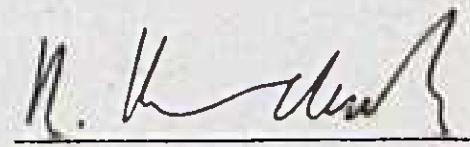
This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval
Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995

Current Certificate : 6th March 1995

Certificate Expiry : 28th February 1998



on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher AkkreditierungsRat
DAR
TGA-ZQ-002/91



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

Locations:

Zagreb

Velika Gorica

Žitnjak

Vinkovci

Activities:

Design and company head quarter

Manufacture and quality management

Installation head quarter

Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995

Current Certificate : 6th March 1995

Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher AkkreditierungsRat
DAR
TGA-ZQ-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++385-1-530-606, 511-754

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 47 (1998)

Zagreb

Br. 2

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. sc. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prižl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. sc. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. sc. Jure Šimović, dipl. ecc., mr. sc. Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun Čagalj, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1998 – 03 – 01

SADRŽAJ

Budući razvoj hrvatske veleprijenosne mreže (Okrugli stol HK CIGRE)	83
Klečina F.: INIS - međunarodni nuklearni informacijski sus: (Pregledni članak)	101
Hladki N.: Pokretni uređaj za obradu opasnog organskog otpada - PUTO (Stručni članak)	107
Kovaček P. - Kufner D. - Filipan V.: Obnova hidrogeneratora u HE Varaždin (Stručni članak)	117
Koželj M.: Hipotetske nesimetrije u strujama dalekovoda 400, 220 i 110 kV u Sloveniji (Izvorni znanstveni članak)	123
Kuzle I. - Plavšić T. - Tešnjak S.: Primjena neuronskih mreža za sekundarnu regulaciju napona i jalove snage (Izvorni znanstveni članak)	133
Domac J. - Rukavina T.: Proračun troškova proizvodnje biomase na plantažama brzorastućeg drveća u Hrvatskoj primjenom programa BIOCOST (Prethodno priopćenje)	141
Čabrac S. - Musulin B. - Kraić Z. - Jaman N.: Obnavljanje svojstava transformatorskog ulja (Stručni članak)	147
Vijesti iz elektroprivrede	153
Iz strane stručne literature	164

Fotografija na omotnoj stranici PUMPNE STANICE NA OMBLI

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992. a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6125-641 i 6125-111/641, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn). Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pišmo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštovati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI.

Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.

5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.

6. Svaki članak mora imati:

– **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.

– **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.

– **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.

– **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

– ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor

– ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

BUDUĆI RAZVOJ HRVATSKE VELEPRIJENOSNE MREŽE

Uvod

Tijekom III. Savjetovanja HK CIGRE što je održano u listopadu prošle godine u Cavtatu, održan je i Okrugli stol o razvoju hrvatske veleprijenosne mreže.

Okrugli stol su organizirali Studijski komiteti HK CIGRE i to STK 37 Planiranje i razvoj EES-a, STK 38 Analiza i tehnika EES-a i STK 22 Nadzemni vodovi.

Postoji više razloga koji su naveli navedene Studijske komitete da organiziraju spomenuti skup. Potrošnja električne energije kontinuirano raste, za njeno pokriće nužno je izgraditi u periodu do 2030. godine značajne nove izvore i odgovarajuću prijenosnu i distributivnu mrežu, uključujući i međunarodnu interkonekciju. No, ta nužna izgradnja je povezana s čitavim nizom pratećih problema koje treba rješavati, a čije se rješavanje ne uklapa uvijek u optimalnu dinamiku izgradnje. Pri tome se misli na tehničke, ekonomske, ekološke, financijske i političke probleme. Oni su uvijek prisutni, a naročito su naglašeni kod izgradnje velikih termoelektrana. Po našem i međunarodnom iskustvu premoštenje debalansa između rasta konzuma i prateće izgradnje novih izvora najbezbolnije i najjeftinije rješava se dobro dimenzioniranom veleprijenosnom mrežom s naročitim naglaskom na interkonekciju. Za izgradnju takve mreže potrebno je u prvom redu imati generalnu viziju te mreže u budućnosti, tj. u našem slučaju viziju mreže do 2030. godine. Vijek trajanja objekata prijenosne mreže iznosi oko 50 godina pa sve ono što već danas gradimo mora se uklapati u viziju buduće mreže, jer su pogrešni zahvati vrlo skupi. Ovo naravno ne negira provizorne zahvate koje je ponekad nužno izvesti, naročito u hvatanju koraka između ratom degradiranog sustava i normalnog mirnodopskog razvoja.

Svrha održavanja Okruglog stola je bila baš navedena vizija buduće veleprijenosne mreže, konkretno mreže 400 kV u nazivnoj 2030. godini. Problematika buduće mreže 220 kV i prijelaz s današnjeg na buduće stanje razmatran je u diskusiji Okruglog stola. Organizacija rada na Okruglom stolu je bila slijedeća:

Prvo je predsjednik STK 37 g. Jelčić iznio energetske situaciju, zatim je predsjednik STK 38 g. Tonković iznio viziju buduće mreže, a na kraju je predsjednik STK 22 g. Delonga iznio poglede na nove tehnologije u izgradnji buduće mreže.

U diskusiji koja je slijedila g. Bakić i Perme iz Elektro Instituta Milan Vidmar u Ljubljani iznijeli su poglede slovenske elektroprivrede na razvoj veleprijenosne mreže s osvrtom na interkonekciju s Hrvatskom, potom je g. Gabor Tari iz MVM-a iznio odgovarajuće stavove mađarske elektroprivrede. Zatim se g. Cvetković iz HK CIGRE osvrnio na neke probleme 220 kV mreže, a gg Bobetko i Tomasović iz Direkcije za prijenos i upravljanje HEP-a su nagalsili današnje probleme i prioritete prijenosne mreže.

U daljnjem tekstu su redom prikazana sva spomenuta izlaganja.

Ante Jelčić

HEP - Sektor za razvoj

ENERGETSKE PODLOGE ZA RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE DO 2030. GODINE

1. Uvodno

Razvoj superponirane prijenosne mreže ne može se meritorno razmatrati izvan razvoja proizvodnih objekata, od-

nosno razvoja elektroenergetskog sustava u cjelini jer je prijenosna mreža posrednik između proizvodnje i potrošnje električne energije. Kako nas u ovom slučaju ponajprije zanima razvoj prijenosne mreže, to će se razvoj proizvodnih objekata kao podloga obraditi samo na globalnoj razini.

2. Razvoj potrošnje električne energije

Prosudba razvoja potrošnje električne energije u Republici Hrvatskoj do 2030. godine učinjena je temeljna analiza

ostvarene potrošnje po sektorima gospodarstva u prošlosti, te pod pretpostavkom povećanja udjela uslužnih djelatnosti u ukupnom društvenom bruto proizvodu i restrukturiranju industrije primjenom tehnologija s manje intenzivnom potrošnjom energije po jedinici proizvoda. Razvoj potrošnje električne energije do 2030. godine ovisit će o brzini restrukturiranja hrvatskoga gospodarstva, spremnosti na uvođenje ekonomskih cijena u energetici te organiziranosti energetskog sektora.

Kako se trenutačno ne mogu precizno definirati spomenuti parametri, to su iskazane tri razine potrošnje električne energije do 2030. godine (viši scenarij, niži scenarij i referentni scenarij). S velikom pouzdanošću se može tvrditi da će stvarna potrošnja biti unutar granica višeg i nižeg scenarija, pa je između ta dva uveden kao mjerodavan referentni scenarij prema kojem će se dimenzionirati razvoj elektroenergetskog sustava.

Planirani porast potrošnje za razdoblje od 1996. do 2030. godine za referentni scenarij iznosi prosječno 3,35 posto godišnje. U tablici broj 1 navedena su maksimalna opterećenja sustava i godišnje potrošnje električne energije za karakteristične godine.

Tablica 1. Maksimalna opterećenja i godišnje potrošnje električne energije

	Maksimalno opterećenje (MW)			Godišnja potrošnja (GWh)		
	NS	RS	VS	NS	RS	VS
	1990.	2421	2421	2412	14.749	14.749
1993.	2035	2035	2035	10.743	10.743	10.743
1995.	2097	2097	2097	11.407	11.407	11.407
1996.	2471	2471	2417	12.056	12.056	12.056
2000.	2551	2758	3034	14.100	15.100	16.600
2005.	2851	3181	3672	16.300	17.900	20.800
2010.	3158	3712	4447	18.200	21.000	25.400
2015.	3390	4123	5112	20.100	24.200	30.100
2020.	3556	4488	5547	21.900	27.300	33.900
2025.	3762	4998	6084	23.800	31.300	38.100
2030.	4100	5670	6800	25.900	35.700	42.900

Naputak:

NS - Niži scenarij
RS - Referentni scenarij
VS - Viši scenarij

3. Mogućnosti proizvodnje u postojećim proizvodnim kapacitetima te manjak snage i energije za referentni scenarij očekivanje potrošnje

Hrvatska elektroprivreda trenutačno raspolaže s ukupno 3746 MW instaliranih u proizvodnim kapacitetima. Struktura proizvodnih kapaciteta je vrlo nepovoljna jer je preveliki udjel hidroelektrana (približno 55 posto), a njihova proizvodnja podložna je sezonskim oscilacijama i može iznositi u izrazito vlažnoj godini 7 milijardi kWh, a u izrazito suhoj godini samo 3 milijarde kWh.

U tablici broj 2 dane su instalirane snage i moguće godišnje proizvodnje po grupama objekata. Prikazana ukupna proizvodnja je praktički maksimalno moguća iz postojećih izvora koja se može ostvariti u iznimno povoljnim okolnostima, dok je realno moguća proizvodnja manja za 1,5-2,0 milijarde kWh godišnje.

U tablici broj 3 prikazan je manjak snage i energije u karakterističnim godinama do 2010. godine za referentni scenarij potrošnje električne energije. Za taj manjak snage i energije treba odabrati proizvodne objekte za izgradnju.

Tablica 2. Mogućnost proizvodnje u postojećim proizvodnim kapacitetima

Proizvodne grupe objekata	Instalirana snaga (MW)	Godišnja proizvodnja (GWh)
Hidroelektrane	2075	6600
TE (ugljen)	105	500
TE (loživo ulje)	740	3789
TE-T0	270	833
Plinske elektrane	171	-
Disel elektrane	51	-
NE Krško	332	2028
Ukupno TE + NE	1671	7150
Sveukupno	3746	13750

Tablica 3. Manjak snage i energije u razdoblju od 1995.-2010. godine za referentni scenarij

Godina	1995.	2000.	2005.	2010.
Manjak snage (MW)	-	580	1050	1540
Manjak energije (GWh)	-	2600	5400	8500

4. Izbor optimalne strukture izgradnje do 2010. godine

U razdoblju od 1997. do 2010. godine treba izgraditi približno 1500 MW snage u novim proizvodnim objektima da bi se u potpunosti pokrila planirana potrošnja električne energije. Pri izboru novih objekata posebna pozornost posvećena je ispravljanju nepovoljne strukture postojećih proizvodnih objekata.

Konkretni objekti koje Hrvatska elektroprivreda treba izgraditi do 2010. godine prikazani su u tablici broj 4. Iz spomenute tablice razvidno je da je do 2010. godine ugljen planiran kao temeljno gorivo. Uz termoelektrane koje koriste uvozni ugljen predviđena je i izgradnja kombi plinskih elektrana te tri najprobitačnija hidroenergetska objekta.

Planiranom izgradnjom do 2010. godine porastao bi udjel proizvedene električne energije iz ugljena s trenutačnih 2 na približno 27 posto godišnje, čime bi se znatno poboljšala stabinost i fleksibilnost hrvatskoga elektroenergetskoga sustava.

5. Potrebna izgradnja proizvodnih objekata u razdoblju od 2010. do 2030. godine

U razdoblju od 2010. god. 2030. godine završit će životni vijek svih postojećih termoenergetskih objekata i NE Krško (približno 1670 MW), što će trebati nadomjestiti novom izgradnjom. Dakle, novim proizvodnim objektima trebat će pokriti očekivani porast potrošnje električne energije te izlazak iz pogona, zbog dotrajalosti, dijela postojećih objekata.

U tablici 5, a uvažavajući naprijed spomenuto, prikazan je manjak snage i energije u karakterističnim godinama za sva tri scenarija razvoja potrošnje električne energije.

Tablica 4. Prikaz elektrana odabranih za izgradnju u razdoblju od 1997.-2010. godine

Red. broj	Naziv objekta	Snaga na pragu (MW)	Godišnja proizvodnja (GWh)	Očekivana godina ulaska u pogon	Investicija ulaganja (103 USD)
1.	TE Plomin 2	198	1180	1999	150.000
2.	TE na uvozni ugljen	2 x 318,5	3820	2003, 2008	1.090.000
	Ukupno TE na ugljen	835	5000		1.240.000
3.	KTE-TO Zagreb	175	1200	2000	115.000
4.	KTE Jertovec	175	1200	2001	115.000
5.	EL-TO Zagreb - preseljenje PTE Dujmovača	52	330	1998	16.000
	Ukupno KTE na plin	402	2730		246.000
6.	AS Čaprazlije	-	135	2000	40.000
7.	Ak i HE Kosinj	63	426	2002	250.000
8.	HE Novo Virje	150	641	2005	305.000
	Ukupno HE	213	1202		595.000
	Sveukupno	1450	8932		2.081.000

Za referentni scenarij potrošnje električne energije u razdoblju od 2010. do 2030. godine potrebno je izgraditi približno 4060 MW u novim proizvodnim kapacitetima. Bitno je već danas, barem globalno, makar je to vrlo teško, odrediti strukturu i makro lokacije izvora koji će se graditi.

Tablica 5. Manjak snage i energije za razdoblje od 2010.-2030. godine

God.	Manjak snage (MW)			Manjak energije (GWH)		
	NS	RS	VS	NS	RS	VS
2010.	-	-	865	-	-	4400
2015.	120	925	2080	600	4700	10.600
2020.	770	1825	3180	3900	9300	15.900
2025.	1430	2910	4240	7300	14.800	21.600
2030.	2130	4060	5475	10.900	20.700	27.900

U posljednje vrijeme u svijetu se sve više pozornosti poklanja upravljanju potrošnjom i racionalnoj proizvodnji energije. Primjerice, sve se više koriste mali termoenergetski objekti za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije, mali hidroenergetski objekti te dopunski izvori električne energije. U Hrvatskoj je takva energetska politika tek u začetku, ali uz očekivani tehnološki razvoj opreme za male energetske objekte i smanjenje cijena takve opreme, drži se realnim da će takvi objekti biti i kod nas značajnije zastupljeni. Ako se očekivanoj izgradnji malih elektroenergetskih objekata pridoda i izgradnja, uvjetno rečeno, "većih" hidroelektrana iz preostalog hidropotencijala, može se s velikom pouzdanošću reći da će se u Hrvatskoj u razdoblju od 2010. do 2030. godine izgraditi barem 500 MW snage u takvim objektima. Sav

ostali manjak snage, približno 3500 MW, treba izgraditi u velikim elektroenergetskim objektima.

Novi proizvodni blokovi trebaju, po veličini izgradnje biti primjereni snazi hrvatskoga elektroenergetskog sustava u razmatrano vrijeme, te čvrstini povezanosti s europskom interkonekcijom UCPT. Prema trenutačnim prosudbama, veličina izgradnje novih proizvodnih blokova trebala bi biti približno 600 MW, a to znači da bi u razdoblju od 2010. do 2030. godine trebalo izgraditi šest blokova takve snage. Kao energetske gorivo za pogon novih blokova može doći u obzir samo uvozni ugljen ili nuklearno gorivo. Koje će gorivo dobiti prednost ovisit će o tehničko-energetsko-ekološkim podobnostima postrojenja za korištenje tih goriva.

Hrvatska elektroprivreda pokrenula je prije desetak godina izradu studije "Prostorno planerske podloge, istraživanje i ocjena podobnosti lokacija za termoelektre i nuklearne objekte na prostoru Republike Hrvatske" u kojoj je aktivno sudjelovalo petnaestak znanstveno istraživačkih organizacija iz Hrvatske. Studijom je istražen i vrednovan cjelokupni prostor Republike hrvatske te su, primjenom eliminacijskih i usporedbenih kriterija, odabrane preferentne lokacije za pojedine vrste objekata. Te lokacije uvrštene su u dokument "Strategija prostornog planiranja Republike Hrvatske".

Temeljem odabira preferentnih lokacija i spoznajom da nove proizvodne blokove treba prostorno distribuirati tako da omogućuju čim veću pouzdanost pogona elektroenergetskog sustava, mogu se s velikom sigurnošću odrediti i makrolokacije tih objekata. Te lokacije trebaju biti Srednja Dalmacija, Istočna Slavonija i Sjeverozapadna Hrvatska.

Za spomenute lokacije treba odrediti i potrebnu izgradnju i konfiguraciju objekata prijenosne mreže.

Zdenko Tonković
 Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb

**TEMELJNA VELEPRIJENOSNA MREŽA HRVATSKE
 (Podsjetnik uz izlaganje)**

Uvodno

1. Imperativom državnog suvereniteta HR bi trebala imati samodovoljan elektroenergetski sistem. Onakav kakav danas postoji naslijeđen je iz bivše Jugoslavije u kojoj je nastaja) o u drugačijoj logici - tako da se upravo se na primjeru HR-eesa pokazuje sa rijetkom uvjerljivošću obrat iskustvenog stavka o odnosu optimuma cjeline i djelova: tj. kako je (uvjetni) optimum cjeline (ex-Jugelove) daleko od optimuma sastavnih dijelova; HR-ees ostao je bez ijedne zatvorene petlje. Sl. 1 (folije: HR mreža 380 kV (a), 220 kV (b), 380 kV i 220 kV (c))

2. Prva rečenica opisa država i teritorija iz TIMES-ova atlasa (može ga se naći u svakoj boljoj knjižari): "Croatia is an oddly-shaped country, which runs in a narrow strip along the Adriatic coast and extends inland in a broad curve." (Folija preslika)
 Ovaj "neobični oblik" teritorija jedna je od sastavnica promišljanja veleprijenosne mreže. Apriorno se može zaključiti da ta neće biti jeftina, ali taj trošak treba komparirati sa dobrobitima mreže.

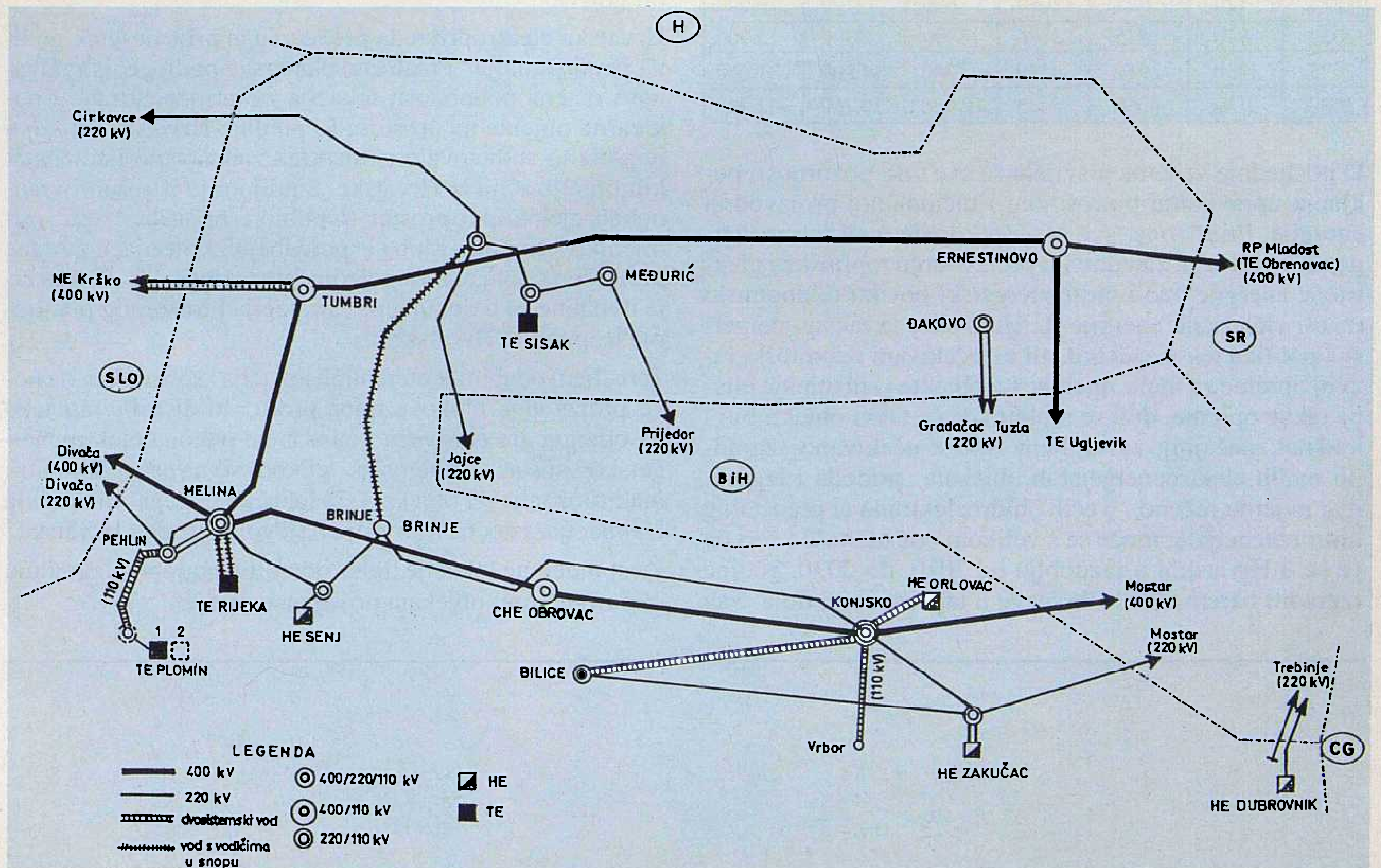
3. Ako je prihvatljiva "ciljna funkcija" (suvereni ees) onda zatečeno stanje (t. 1) i geopolitička uvjetovanost (t. 2 ure-

duju do-gradnju i re-definiranje postojećeg HR-eesa prema novoj konfiguraciji Temeljne veleprijenosne mreže. Na autonomnost eesa obvezivala bi HR i pripadnost UC-PTE-u (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité); vidjeti čl. 3. Statuta.

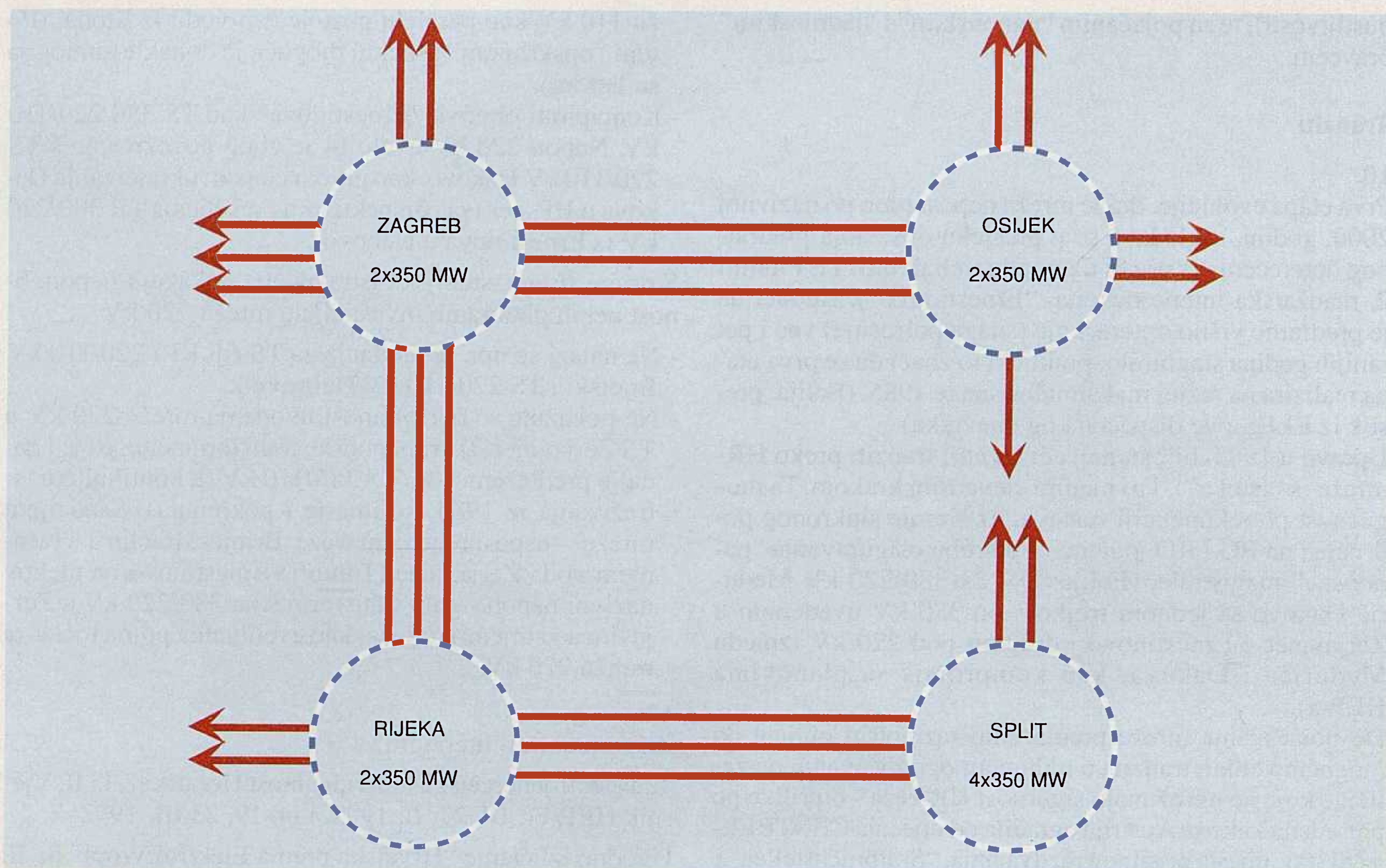
4. Kako dakle naslijeđe adaptirati novoj realnosti? (Što bi se moglo i komplementarno promatrati: kako bi se razvijala veleprijenosna mreža HR da smo se ranije uspjeli državotvorno ostvariti?) Jasan mi je naravno, kao iskustvom realistu, sav mogući raskorak teorijskog rješenja i stvarne realizacije u ovakvom pitanju mreže - ali mogućnost ostvarivosti ne umanjuje opravdanost pitanja. Tim više što se radi o dalekoj asimptoti, a neku perspektivu treba imati.

Temeljna veleprijenosna mreža Hrvatske

5. Zasnovano na (a) projekciji razvoja HEP-ovog Sektora za razvoj - dakle na "Potrebnoj izgradnji proizvodnih objekata u razdoblju od 2010-2030. godine" kao ulaznoj pretpostavci (kako postoji u X. 1997), tj. očekivanoj potrošnji 5670 MW i 35,7 TWh u referentnom scenariju za krajnji promatrani horizont 2030. godine te izgradnju 3560 MW proizvodnih kapaciteta na lokacijama ist. Slavonije, sjeverozap. Hrvatske te sred. Dalmacije (vidjeti dokument "Energetske podloge" ovog Okruglog stola), (b) na intuiciji razvijenoj dugogodišnjim bavljenjem eksploatacijom i planiranjem sistema te najnovijim konkretnim radovima datim u prilogu - prikazana je na sl. 2 ideja Temeljne veleprijenosne mreže Hrvatske (super grid; grand réseau, réseau cible; Verbundnetz, Großübertragungsnetz).



Slika 1.



Slika 2.

Zadržavajući se samo na topologiji mreže 380 kV, sažimamo njenu glavnu karakteristiku: ona dvosistemskim granama osigurava magistrale polazne (postojeće) mreže sa sl. 1. Dodajem da je to logično uzamčenje HR-eesa i bez obzira na planirane izvore, koje osigurava dvostrano napajanje svakom području i sigurne razmjene među njima (optimiranje pogonskih troškova; mreža kao izvor; imunitet prema organizacijskim mijenama) kao i čvrstu povezanost HR sa susjedima. Ona daje samo magistralne pravce, bez ulaženja u pitanja područnih/regionalnih podsustava.

6.

Za dobru argumentaciju predloženog viđenja veleprijenosne mreže i etapizaciju razvoja, potrebna je integralna studija prijenosne mreže svih naponskih razina, i to vodove kao i transformatore - sa reprezentativnim scenarijima i varijantama, sa senzibiliziranjem kriterija planiranja (već onog osnovnog (n-1): promatranjem i (n-2)), nadasve u gospodarskom pristupu za koji već dugo lobiramo: valorizacijom ukupnih troškova u vremenu eksploatacije postrojenja.

7.

Osim ovih topoloških promišljanja i razmatranja na "istosmjernom modelu" ostavljamo po strani kao specijalističku svu ostalu problematiku izgradnje sistema (ali - zbog velikih kapitalnih investicija i dugog vijeka trajanja (duge amortizacije) kao i prostornog zauzeća - ne drugorazrednu): od diskutabilnosti izbora jediničnih snaga 600 MW za nove blokove do načina regulacije novih TR 380 kV (uzdužne pod naponom ili beznaponski; eventualnog uvođenja poprečne) ili ugradnje prigušnica.

Principijelna je odluka za gradnju dvosistemskih dalekovoda - sa otvorenim pitanjem istovremene i vremenski

pomaknute montaže obje trojke, kao i pitanjem broja i presjeka vodiča u snopu.

Ostavljamo po strani i diskusiju o označavanju mreže najvišeg napona: 380 kV ili 400 kV.

8.

U etapnoj evoluciji polazne (današnje) mreže prema onoj Temeljnoj, treba strateškim planiranjem-optimalnim u smislu tehničko-tehnološko - gospodarstvenih odrednica, i to u tendenciji koju se na "Zapadu" naziva ekoetičkom - riješiti najpogodniju konvergenciju, ili na drugi način: ako se suglasimo u ideji Temeljne mreže, treba iz nje vrlo promišljeno derivirati prethodne razvojne etape. (Folija: TS 380/220/111 kV Ernestinovo, pre-gradnja DV 110 kV Ernestinovo-Đakovo u DV (380)220 kV - kao mogući prvi korak).

Interkonekcije

9.

Interkonekcije HR-eesa na razini Temeljne veleprijenosne mreže bile bi:

- obnova postojećih, i
- nova grana 2x380 kv Žerjavinec-Heviz između HR i H; moguće kašnjenje postrojenja 380 kV u Žerjavincu ne onemogućuje njeno uklapanje u HR-ees (nije još riješena sudbina druge trojke tog dvosistemskog voda)
- još jedna interkonekcija 380 kV između HR i H na potezu Ernestinovo-Pecs nalazi se u aktivnostima "niskog intenziteta".

U koncepciji Temeljne veleprijenosne mreže Hrvatske (sl. 2) sagledavaju se postojeće interkonekcije 220 kV sa SI pretvorene u 380 kV (da bi se podigao prag tranzitne pro-

pustljivosti), te sa pojačanim "panonskim" i "jadranskim" pravcem.

Tranziti

10.

Prva etapa evolucije, dakle mreža neposredno po nazivnoj 2000. godini, sagledava se u presjeku dosizanja predratnog opterećenja (kada bi u pogonu trebali biti: TE Plomin 2, mađarska interkonekcija, "Ernestinovo"). Budući da je predratno vršno opterećenje (snaga potrošnje) već i pet ranijih godina stagniralo, praktički to znači da se prva etapa realizira na razini maksimalne snage 1985. (Folija: preslik iz ELES-ove dispečerskog dnevnika)

Upravo u 1985. bili su najveći *trajni* tranziti preko HR-mreže (s "Istoka"), i to njenim sjevernim krakom. Ta mogućnost po rekonstrukciji sustava, uz širenje sinkronog područja i na BG i RO, potencira potrebu osiguravanja "panonske" magistrale. (Folija: DV 2x(380)220 kV Međurić-Đakovo sa jednom trojkom po 380 kV uvedenom u Žerjavinec i Ernestinovo i drugom pod 220 kV između Međurića i Đakova, kao kompromis sa planovima HEP-a).

Do pojačavanja mreže predlažemo razmotriti obranu od mogućih velikih tranzita u njihovom ograničavanju na veličine koje ne ugrožavaju sigurnost HR-eesa - otprilike po presedanu kako se Austrija ogradila od utjecaja CENTRELA i SI (tzv. mjesta prisilnog razdvajanja, "Sollbruchstellen").

Mreža 220 kV

11.

Uz mrežu 220 kV ima dosta dvojbi, posebno uz njeni eventualni dalji razvoj, Generalno je za konstatirati da je ne bi trebalo dalje razvijati, osim u rješavanju lokalnih problema ili kao prijelaznu fazu. Taj je razvoj uostalom praktički i zaustavljen izgradnjom mreže 380 kV (nažalost ne i priključivanja izvora, motiviranog organizacijskim ustrojem).

Evo nekoliko primjera reanimacije postojeće mreže 220 kV aktualnih u neposrednoj budućnosti, u razdoblju obnove, ili u funkciji perifernog povezivanja.

- Uvođenje DV 220 kV Zakučac-Bilice u Konjsko - zbog sigurnosti evakuacije snage HE Zakučac i importa iz Bosne i Hercegovine. Time se omogućava rekonstrukcija postojećeg DV 220 kV Zakučac-Konjsko u dvosistemski (220 kV ili 380 kV), ukoliko se prije ne nađe opravdanje za novi DV 380 kV između Hercegovine i Dalmacije.
- Promjena priključka TE Plomin 2: jednu trojku priključnog DV 2x220 kV ostaviti na Pehlinu, a drugu prebaciti na Melinu (promijeniti dakle planirani priključak sa obje trojke na Pehlin); izgraditi DV 2x220 kV Plomin-Vodnjan i interpolirati u mrežu 110 kV.
- Grana 2x220 kV Komolac-Ston. Dubrovačko područje je u oba smjera: i evakuacije energije i opskrbe konzuma, nesigurno povezano sa mrežom. Kvarom na vodu 110 kV Ston-Komolac - jedinog vezi sa sistemom - nastaje konzumni otok sa jednim generatorom HE Dubrovnik (koji ne može pratiti dijagram opterećenja dubrovačkog konzuma). Potrebno osiguranje predložili bi kao dvosistemski vod za nazivni napon 220 kV (zbog pouzdanosti, a i zbog svih razvojnih nepredvidivosti: HE Ombla; drugi generator HE Dubrovnik...) i uključili u mre-

žu 110 kV kao paralelu postojećem vodu iz Stona. (Potom "opskrbnom" aspektu moguća je donekle analogija sa Istrom).

- Koncipirati obnovu "Ernestinova" kao TS 380/220/110 kV. Napon 220 kV uvelo bi se zbog povezivanja s TS 220/110 kV Đakovo, kao prvom etapom uključivanja Đakova u HR-ees (sa perspektivom preseljenja TR 380/220 kV iz Ernestinova u Đakovo).

S druge strane, studijska istraživanja pokazuju nepotrebnost nekih planiranih investicija u mrežu 220 kV.

- Ne nalazi se npr. opravdanja za TS (ili RP) 220/110 kV Imotski i TS 220/110 kV Dubrovnik.
- Ne pokazuje se opravdanost uvođenja mreže 220 kV u TS Žerjavinec, tj. tronaponske transformacije, pa je i nadalje predlažemo kao TS 380/110 kV (u kontinuitetu istraživanja iz 1984. kojima je i pokrenuta). Sanacijom mreže - uspostavljenjem veze Brinje-Mraclin i vraćanjem voda Žerjavinec/(Tumbri)-Ernestinovo na njegov nazivni napon - gubi transformacija 380/220 kV u Žerjavincu zamjetniji utjecaj kao eventualna pojna točka za mrežu 220 kV.

12.

Za konzultirati literaturu:

"Za elektroenergetsku individualnost Hrvatske", I i II; Vjesnik HEP, br. 18, 27. II. 1992. i br. 19, 23. III. 1992.

Uvodno izlaganje "Hrvatska prema ElektroEvropi" na II. savjetovanju HK CIGRE, Primošten, 1995; tiskano u "Izvještaju o radu Savjetovanja".

"Problematika napajanja konzumnog područja Zagreb-makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti veleprijenosne mreže i interkonekcije", Institut za elektroprivredu, Zagreb, prosinac 1984. + travanj 1985.

"Razvoj prijenosne mreže na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89-2010. godine". Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1990.

"Predstudija o dugoročnom razvoju veleprijenosne 400 i 220 kV mreže", Institut za elektroprivredu i energetiku, 1996.

"Analiza i rješenje optimalnog načina priključka termoelektrane na uvozni ugljen snage 1x350 MW (2x350 MW u definitivni) na lokaciji 'Lukovo Šugarje' na prijenosnu mrežu HEP-a", knjiga I-III, Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1997.

M. STOJSAVLJEVIĆ, D. NEMEC, G. JERBIĆ: "Dynamic security enhancement of Croatian power system in UCPTe interconnection with new large thermal power plant at the Adriatic coast", 10th International Conference on Power System Automation and Control, Bled, 1997.

M. STOJSAVLJEVIĆ, D. NEMEC: "Stabilnost EES Hrvatske u UCPTe interkonekciji s novom velikom termoelektranom u južnom dijelu", III. savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 1997, R. 38-08.

"Pojačanje povezanosti TS 400/110 kV Tumbri i TS 220/110 kV Mraclin", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1995.

"Analiza prilika u mreži u dijelu između TS 400/220/110 kV 'Konjsko' i TS 220/110 kV 'Zakučac'", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1996.

Z. TONKOVIĆ: "Aktualni problemi eksploatacije pod-sustava južne Hrvatske", "Energija", br. 6, 1996., str. 285-294.

"Studija izvedivosti interkonekcije 380 kV Heviz-Žerjavinec i TS 380/220/110 kV Žerjavinec", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1996.

Z. TONKOVIĆ: "Interkonekcija 380 kV Mađarske s Hrvatskom i Slovenijom", "Energija", br. 4, 1996., str. 159-172.

Z. TONKOVIĆ, G. TARI: "The first new 380 kV interconnection line between CENTREL and UCPTE", 2nd Conference on the Development and Operation of Interconnected Power Systems, Budapest, 1996.

Ante Delonga

HEP- Direkcija za upravljanje i prijenos

IZGRADNJA I ODRŽAVANJE PRIJENOSNE MREŽE (nadzemni vodovi) (Problematika vezana za budući razvoj veleprijenosne mreže u Hrvatskoj)

1. Opći podaci o elektroenergetskoj mreži nazivnog napona 110, 220 i 400 kV

Izgradnja prijenosne mreže napona 110 kV i više započela je 1938, a danas je čine vodovi:

- 110 kV u dužini oko 4.500 km
- 220 kV u dužini oko 1.050 km
- 400 kV u dužini oko 1.000 km

što ukupno iznosi oko 6.550 km.

Dužina ovih vodova dovoljna je da svojim koridorima i zauzetim prostorom osigura šest (6) dalekovodnih trasa od Osijeka do Dubrovnika.

Trase ovih vodova zauzimaju sa koridorom oko 250 km² ili oko 0,5 % kopnenog dijela nacionalnog teritorija Hrvatske.

Ako uvažimo prostor koji zauzima niskonaponska 10, 20 i 35 kV mreža, sa sigurnošću možemo kazati da je to oko 1 % ukupnog prostora Hrvatske.

Ocijenjeno je da je oko 30 % vodova na granici životnog vijeka (približno 40 g. za opremu, a 60-70 g. za čelično-rešetkaste stupove) što ukazuje da se mora intenzivirati ulaganje u održavanje, obnavljanje i rekonstrukciju vodova.

Ratnim razaranjima (oštećenjima) zahvaćeno je oko 25 % vodova ili oko 1.500 km, a štete su procijenjene na približno 100 x 106 USD.

Stupovi su uglavnom drveni, betonski i čelično-rešetkasti. Presjeci vodiča su standardni od AlČe i Cu upletenih žica. Izolacija je uglavnom sa kapastim izolatorima od stakla i porculana. Zaštitna užeta su Če i EA1Mg 1/Če, Alumoweld, a u novije vrijeme s ugrađenim svjetlovodnim vlaknima.

Udjel dvosistemskih vodova u mreži je 8 % što je posebno zabrinjavajuće u smislu zauzimanja prostora.

2. Sagledovanje razvoja elektroenergetske mreže

Novi politički, a time i energetska položaj Hrvatske postavlja i drugačije zahtjeve, odnosno nove trase vodova i preispitivanje naponskih razina pojedinih čvorišta, a time i prijenosnih vodova.

Ključno pitanje je lokacija novih energetskih izvora, definiranje točaka i pravaca interkonekcije sa susjednim drža-

vama i usuglašavanje planova s velikim energetska sustavima kao što su UCPTE.

Vezano uz čvršće planiranje proizvodnih i potrošačkih čvorišta potrebno je da se na razini države nađe razumijevanje za osnovne energetske koridore prijenosne mreže, s obzirom da je sadašnje stanje izgrađenosti daleko izpod europskih normi u smislu pouzdanosti opskrbe potrošača, mogućnosti prijenosa i tranzita električne energije.

Kako bi slijedili navedene zahtjeve i potrebe potrebno je osigurati ih u smislu:

- zahtjeva za uklapanje u okolinu
- međusobne usuglašenosti sa cestogradnjom, naftovodima, plinovodima, TT linijama i mrežom nižih napona
- uvažavati zahtjeve na pouzdanost objekata (klimatski povoljne trase)
- uvažavati troškove građenja (koncesije, blizina prometnica, ...)

3. Nove tendencije i tehnologije kod projektiranja i izgradnje nadzemnih vodova

Postojeće propise koji reguliraju izgradnju nadzemnih vodova treba usuglasiti s međunarodnim normama, a koje racionalnije koriste prostor i smanjuju utrošak materijala kod građenja.

Novi materijali i tehnologije zahvatili su sve segmente u građenju i održavanju, i to:

- stupovi - cijevni, plastični
- temelji - sidreni
- vodiči - termički opteretivi, otporni na zaleđivanje, anti-vibracijske konstrukcije
- zaštitna užad - ugrađene svjetlovodne niti, kvalitetniji materijali
- izolacija voda - (kompozitni izolatori,...), oblikovanje strujnih staza, otpornost na zagađenje, detaljno ispitivanje armature.

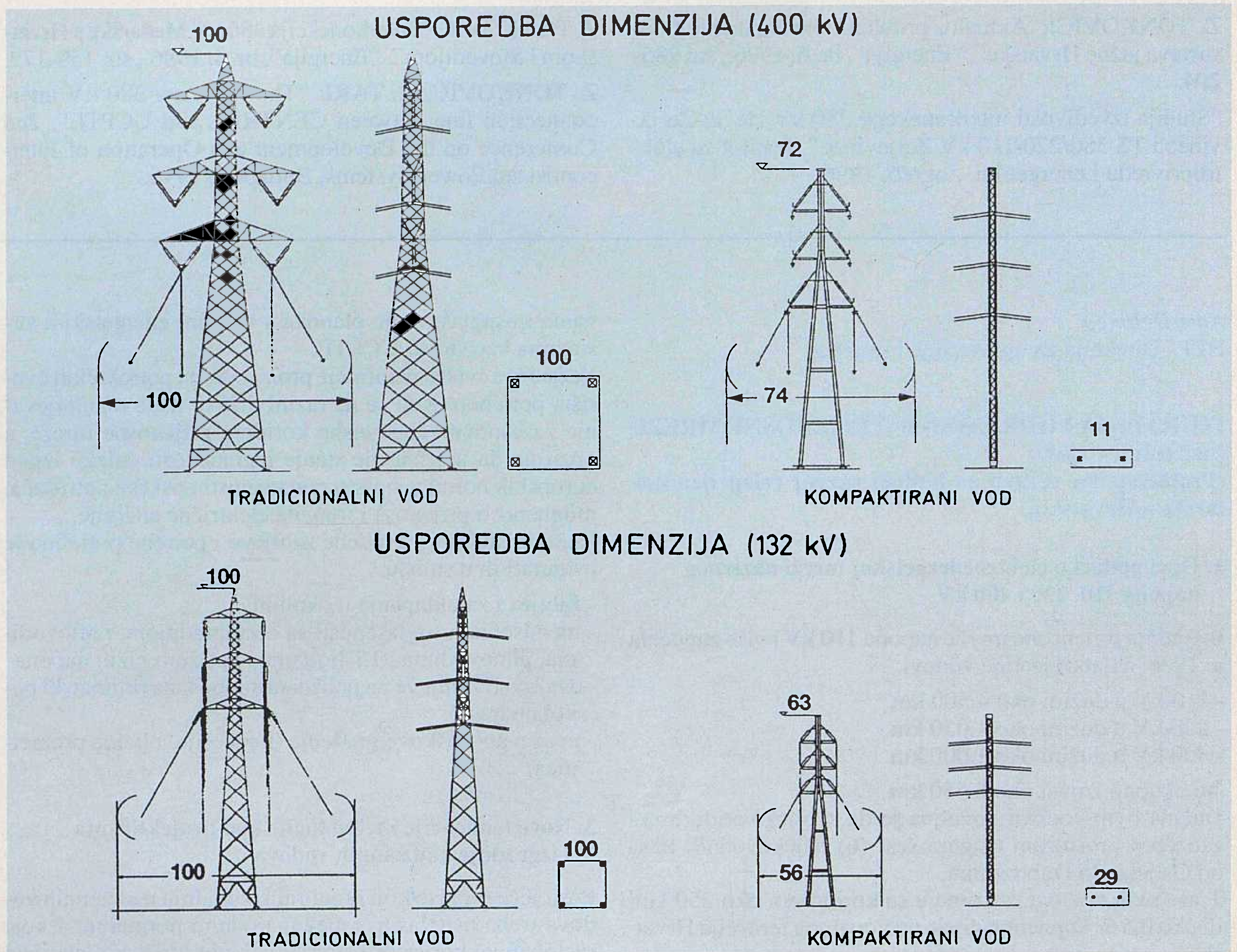
Nužno je u cilju očuvanja prostora graditi višesistemske vodove s više naponskih nivoa.

Istražiti tehničke mogućnosti i usuglasiti norme za primjenu metode kompaktiranja. Pod kompaktiranjem obuhvatiti sve tehničke inovacije (vodiče, stupove, izolaciju) u cilju zaštite prostora i povećavanja prijenosne moći i racionalnije izgradnje.

Bolje korištenje postojećih kapaciteta vodova, njihovo kvalitetnije održavanje i manje prekida u opskrbi potrošača treba postići i razradom metode rada u blizini napona i pod naponom.

Da bi se ovom segmentu rada prišlo na najbolji način potrebno je:

- odabrati najpodobniju tehnologiju
- uskladiti propise



Slika 1.

- školovati kadrove
- nabaviti odgovarajuću opremu.

4. Troškovi i vrijeme izgradnje

a) Vrijednost radova i opreme ovisna je o nizu faktora, ali se s dostatnom sigurnošću može utvrditi porast troškova gradnje od 1975. do 1995. za 400 kV jednostruki vod od 190.000 USD/kn na 280.000 USD/kn, odnosno oko 80 % pri klasičnoj gradnji.

Porast troškova uzrokovan je primarno troškovima radne snage i imovinsko-pravnim problemima.

b) Osim troškova bitan element kod ostvarenja gradnje voda je vremenski faktor, a elementi kojega su prikazani u narednoj tablici.

Procjena na bazi dalekovoda 110 kV duljine 20 km

Red. broj	Vrsta rada	Utrošak vremena (mjeseci) za godinu					
		1951.	1958.	1968.	1976.	1988.	1997.
1.	Idejno rješenje	3	3	3	3	4	4
2.	Ishođenje suglasnosti	3	3	4	5	7	9
3.	Izrada tehničke dokumentacije	4	6	7	8	10	12
4.	Isporuka opreme	2	2	2	3	3	3
5.	Izgradnja dalekovoca	6	6	5	4	4	3
6.	Ukupno mjeseci	18	20	21	23	28	31

Legenda: Pojedine faze rada u osnovi sadrže slijedeće radove:

1. Idejno rješenje
 - analiza elektroenergetske mreže i prijedlog potrebe za dalekovodom
 - odluka investitora o potrebi izgradnje
 - tehnički dio idejnog rješenja (uviđaji na terenu, analize varijanti, usuglašavanje, izrada idejnog rješenja)
 - ugovaranje izrade idejnog projekta.
2. Ishođenje suglasnosti
 - izrada podloga za suglasnosti
 - tumačenje i eventualne dodatne informacije ili elaboracije predviđenih segmenata rješenja.
3. Izrada tehničke dokumentacije
 - ugovaranje izrade ili provođenje natječaja
 - obavljanje terenskih radova
 - izrada katastarskih podloga (situacija, posjednici, vlasnici)
 - izrada elektromontažnog projekta
 - izrada građevinskog projekta
 - revizije izrađene tehničke dokumentacije
 - ishođenje suglasnosti na izrađenu tehničku dokumentaciju
 - rješavanje imovinsko-pravnih odnosa za potrebe izgradnje

- ishođenje građevinske dozvole
 - eventualno izrada natječajne dokumentacije za isporuku opreme i ustupanje radova.
- 4. Isporuka opreme**
- provođenje natječaja i ugovaranje isporuke opreme
 - izrada opreme
 - ispitivanje i preuzimanje opreme
 - doprema opreme u skladište ili na trasu
 - preuzimanje opreme od strane izvođača.
- 5. Izgradnja dalekovoda**
- ugovaranje ili provođenje natječaja za izgradnju
 - izrada prilaznih putova i uređenje trase
 - obavljanje građevinskih radova
 - obavljanje elektromontažnih radova
 - radovi na drugim susjednim građevinama
 - interni pregledi obavljenih radova
 - tehnički pregledi obavljenih radova
 - puštanje dalekovoda u pogon.
- 6. Usporedba troškova građenja kablinskih i nadzemnih vodova**
- * Prezentirani podatci su plod trogodišnjeg istraživanja gosp. Mc Mackona
 - * Udjel 58 elektroprivrednih organizacija iz čitavog svijeta sa preko 800.000 km prijenosnih vodova od toga

- kablinskih vodova:
- 1.7 % na naponskom nivou < 400 kV
 - 0,3 % na naponskom nivou > 400 kV

* Rezultati usporednog istraživanja

Sustav planiranja

- Nadzemni vodovi su izloženi češćim vanjskim utjecajima, dok podzemni kabeli iziskuju puno duži vremenski rok za popravak eventualnog oštećenja.
- Dugačka preopterećenja su kritičnija za kabele koji su skloniji starenju.
- Podzemni kabeli imaju manju impedanciju nego odgovarajući nadzemni vodovi, što uzrokuje veće struje kvara i iziskuje selektivniju zaštitu.
- Usporedba kablinskog i nadzemnog voda iziskuje razmatranje sigurne opskrbe energijom u sprezi sa problemima troškova, kao i uklapanja u okolinu.

Uklapanje u okolinu

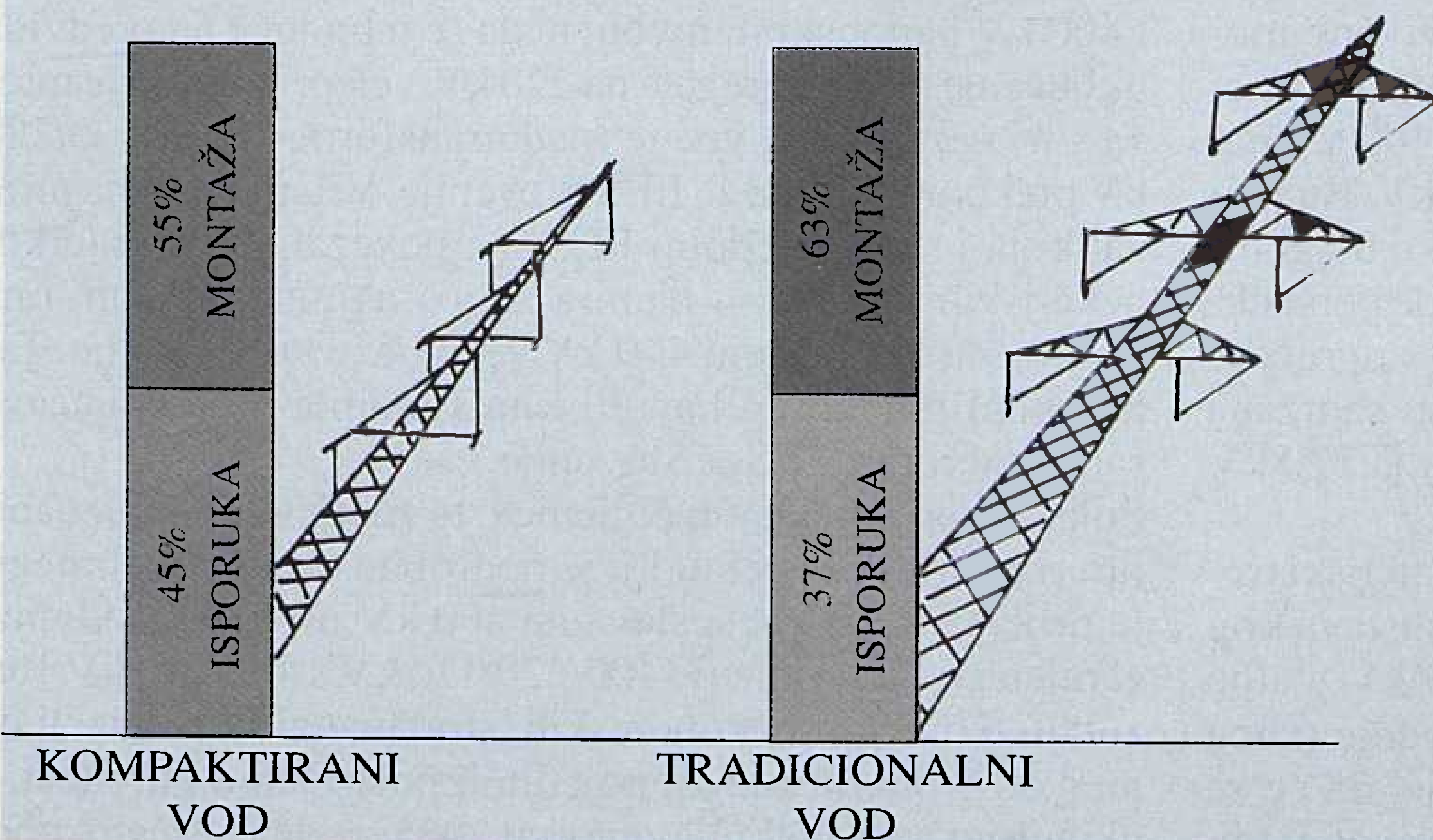
- Bez obzira na dodatnu poziciju prilikom odabira trase, generalno gledajući, nadzemni vodovi predstavljaju vizualnu prepreku u postojećem ambijentu, a kabeli ne.
- Prema mišljenju javnosti podzemni kabeli su prihvatljiviji jer se smatra da su isti izvori manjih iznosa elektromagnetskih polja, buke i ostalih električnih utjecaja.
- Podzemni kabeli zahtijevaju mnogo manju nadzemnu

USPOREDBA IZMEĐU KOMPAKTIRANOG I TRADICIONALNOG VODA

FIZIČKA SVOJSTVA

DVOSTRUKI DALEKOVOD	TRADICIONALNI VOD 132 kV/400 kV	KOMPAKTIRANI VOD 132 kV 400 kV	
PRAVO PROLAZA	100%	56%	74%
VISINA STUPA	100%	63%	72%
POVRŠINA TEMELJA	100%	29%	11%
VIZUALNI UČINAK	100%	40%	28%

TROŠKOVI



Slika 2.



površinu na polaganje, međutim, nakon polaganja zahtjevi u smislu mogućeg korištenja tog zemljišta su puno stroži od onih za nadzemne vodove.

- Osparavani zahtjevi za korištenjem zemljišta uglavnom su povezani s nadzemnim vodovima, a rijetko uz kabelske vodove.
- Uljni kabeli, u slučaju oštećenja, mogu prouzročiti značajno zagađenje, dok za nadzemne vodove i polimerni kabelske vodove to nije slučaj.

Tehnički aspekti

- Zahtjevi za kapacitivnom energijom kod mreže s visokonaponskim podzemnim kabelima su veći nego kod identičnog nadzemnog voda tako da duge kabelske veze zahtijevaju skupe kapacitivne izvore energije.
 - Ugradnja kabela iziskuje duži vremenski rok i ima povećane zahtjeve prema ostalim korisnicima terena, kao što je promet, agrar i slično.
 - Nadzemnim se vodovima načelno može uz manje zahvate relativno jednostavno povećati prijenosna moć, dok to kod kabela nije moguće.
 - Većina kvarova na nadzemnim vodovima prolaznog su karaktera, dok je svaki kvar na kabelima potrebno otkriti i ukloniti.
- Uređaj za brzo automatsko uklapanje koristan je alat kod mreže nadzemnih vodova, međutim, za kabelske vodove praksa njegove primjene se ne preporuča.

Troškovi

- Što je viši nazivni napon to su troškovi kabelskog voda po km duljine voda i MVA prijenosne snage veći u odnosu na nadzemni vod.

- Osnovne relacije troškova između podzemnih kabela i nadzemnih vodova za određene naponske nivoe su:

Napon	Omjer
- 110 - 220 kV	7
- 220 - 360 kV	13
- 360 - 760 kV	18

- Prethodni odnosi mogu znatnije varirati od projekta do projekta ovisno o različitim trasama, planovima i zahtjevima kompenzacije i slično.
- Ako se uključe i troškovi gubitaka energije prethodno iznesene vrijednosti se neznatno reduciraju, ali osnovne razlike u troškovima se zadržavaju.
- Usporedbe troškova polaganja dugih kabelskih vodova uključile bi znatno više povoljnih gospodarskih efekata što generalno može imati utjecaj na nešto smanjenim prethodno navedenim odnosima.

Buduće perspektive

- Uvjetovano sve većim zahtjevima za korištenjem terena, povećanjem svijesti o potrebi zaštite okoline i napretkom tehnologije primjene kabelske tehnike, ista će sve više preuzimati primat, posebno na nižim naponskim nivoima gdje su razlike troškova manje.
 - Na višim naponskim nivoima i dalje se očekuje primat nadzemnih vodova u sagledivoj budućnosti, ali ukazuje se na potrebu razvoja novih tipova kabelske tehnologije kao i tehnologije ugradnje koje bi uočene razlike troškova smanjile na prihvatljivu mjeru.
7. U prilogu je prikazan pristup vizualizacije uklapanja različitih oblika voda u istom prostoru.

DISKUSIJE

Krešimir Bakić - Jože Perme
 Elektroinštitut "Milan Vidmar"

TEHNO-EKONOMSKA STUDIJA MOGUĆNOSTI PRIJELAZA VELEPRIJENOSNE MREŽE 220 kV NA 400 kV

Na Elektroinštitutu Milan Vidmar, protekle je godine izrađena tehnoekonomska studija u kojoj su istraživane mogućnosti postupnog ukidanja 220 kV veleprijenosne mreže EES-a Slovenije s prijelazom na jedinstven 400 kV naponski nivo i direktnu transformaciju 400/110 kV. Budući da je postojeći 220 kV sustav u prosjeku star oko 30 godina, te uzimajući u obzir tendencije u svijetu glede perspektive 220 kV napona, nameće se dilema u svezi s opravdanošću njegovog daljnjeg održanja. U studiji su sadržana tehnička rješenja te dinamika postupnog ukidanja 220 kV postrojenja s prijelazom na 400 kV. Polazišta studije temelje se na činjenici da investicijski troškovi te troškovi održavanja i pogona 220 kV sustava koji je pri kraju životnog doba, u usporedbi s 400 kV stalno rastu, što je posljedica bitno smanjene proizvodnje (zbog manje potražnje) 220 kV opreme. Očekivati je, da će se trend dispariteta troškova za ta dva naponska nivoa u buduću još povećavati.

Zbog sve većih vlastitih potreba, sve intenzivnijeg širenja UCPTE interkonekcije te nastajajućeg unutarnjeg evropskog tržišta el. energijom, posljedično će se povećavati tranziti, a time i potreba za povećanjem kapaciteta veleprijenosne mreže. S druge strane se suočavamo s ograničenjima u uporabi prostora te osvješćenošću javnosti glede zaštite okoliša, što u perspektivi bitno smanjuje mogućnosti za otvaranje novih dalekovodnih trasa. U EES-u Slovenije je povećanje prijenosnih kapaciteta na postojećim trasama moguće učinkovito rješavati jedino zamjenom 220 kV mreže s 400 kV.

Uzimajući u obzir da je većina elektrana uključenih na 110 i 400 kV naponskom nivou, te da se u buduću ne predviđa uključenje novih agregata na 220 kV, veleprijenosna je mreža s tri naponska nivoa te međutransformacijom 400/220 kV prekomplicirana za EES Slovenije. Veleprijenosna mreža, koja je sa susjednim EES-ima povezana s 10 interkonekcijskih vodova, a planira se još najmanje jedan, ima samo jednu unutarnju 400 kV vezu bez vlastite petlje. Takva konfiguracija u havarijskim stanjima ne omogućava samostalni rad EES-a Slovenije. Polazeći od navedenih činjenica, te zahtjeva za pouzdanim radom mreže, u studiji je podrobno proučena strategija prijelaza 220 kV sustava na 400 kV nivo uz istodobnu zamjenu transformacije 400/220/110 kV s 400/110 kV. Rezultati tehničkih i ekonomskih istraživanja su pokazali da je, s obzirom na starost pojedinih postrojenja i uređaja, s ukinućem najpovoljnije započeti 2005. godine, a cjelokupni proces bi trajao do 2015. (1017) godine. Tijekom tog ra-

zdooblja ukinula bi se transformacije 220/110 kV u TS Kleče i TS Cirkovce (2005. g.), a održala bi se samo 110 kV rasklopišta. U svim ostalim TS-ma bi se umjesto TR-a 400/200 kV i 220/110 kV instalirali unificirani 400/110 kV, 300 MVA. Tako bi do 2020. g. u EES-u Slovenije bilo šest TS-a 400/110 kV s ukupno deset TR-a po 300 MVA, što u usporedbi sa strategijom daljeg održanja 220 kV sustava predstavlja 1500 MVA manje instalirane snage. Unifikacije TR-a 400/110 kV, snage 300 MVA bi uz posjedovanje samo jednog rezervnog TR-a omogućilo dostatnu "hladnu rezervu" za cjelokupnu veleprijenosnu mrežu, te jednostavnije i učinkovitije održavanje transformatora.

Dinamika zamjene 220 kV dalekovoda s 400 kV slijedila bi dinamici zamjene TR-a. Na trasi od Divače do Podloga bi se oko 2005. g. izgradio nov 400 kV dalekovod s kojim bi se zatvorila 400 kV petla Podlog-Divača. 220 kV veze sa susjednim EES-ma Hrvatske, Italije i Austrije ukidale bi se sukladno uzajamnim dogovorima te na osnovi bilateralnih razvojnih studija, a možebitne izgradnje novih 400 kV dalekovoda na tim trasama bitno bi povećale kapacitet tranzitnih veza. Na slici 1. prikazana je jednopolna shema predviđene veleprijenosne mreže Slovenije za 2020. godinu.

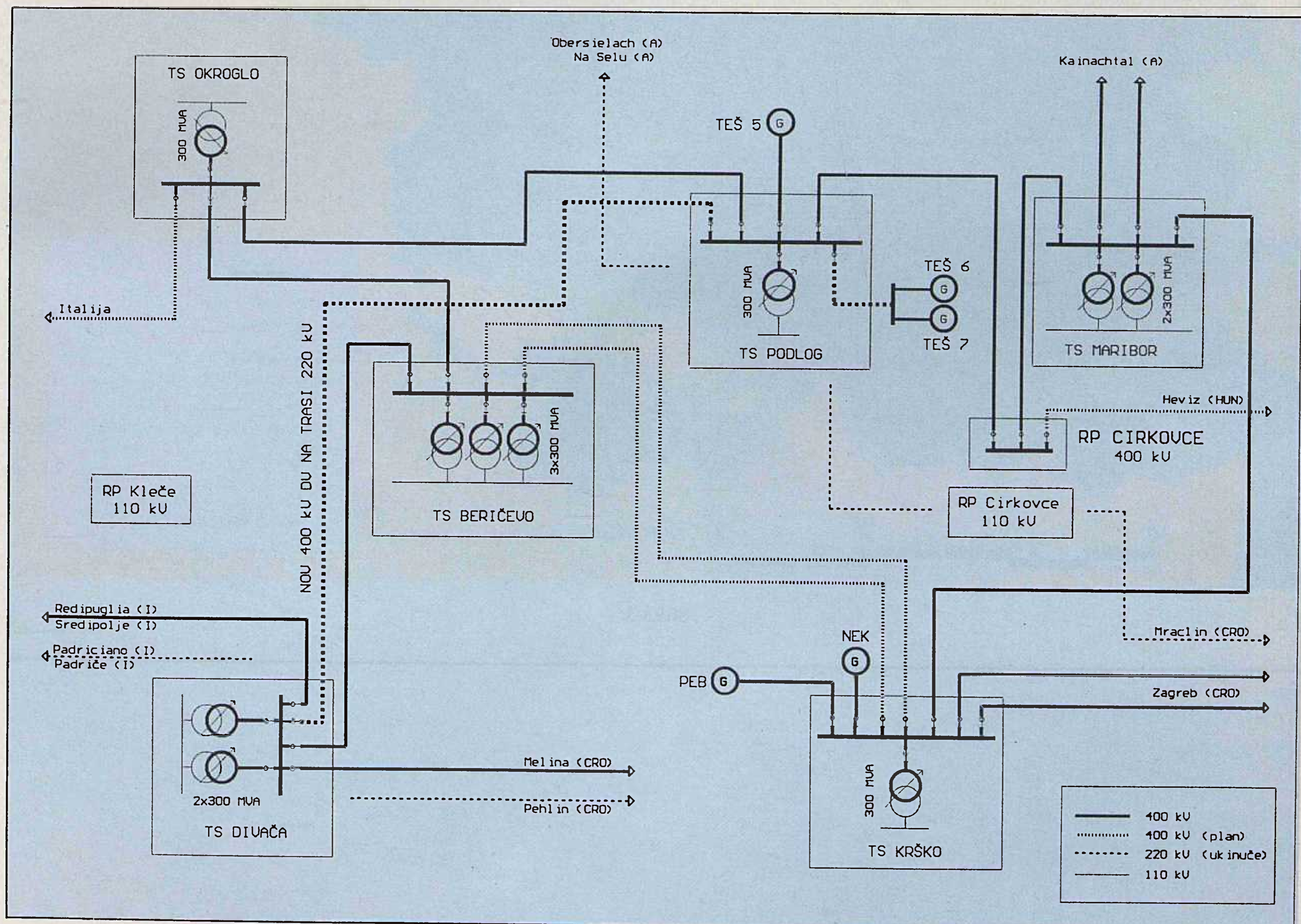
Primjenom metode aktualizacije izrađene su ekonomske ocjene za dvije strategije budućeg razvoja veleprijenosne mreže: dalje održanje ili postupno ukinuće 220 kV sustava. U izračunima za razdoblje od 2000. do 2030. g. uzeti su u obzir investicijski troškovi i troškovi održavanja za

dvije različite dinamike ukinuća te tri stupnja aktualizacije. Rezultati su pokazali srazmjerno velik utjecaj stupnja aktualizacije na ukupne aktualizirane troškove. Ekonomsko sravnjivanje varijanata je pokazalo da je najprimjernija varijanta postupnog ukinuća 220 kV sustava u razdoblju od 2005.-2017. U usporedbi s varijantom daljnjeg održanja 220 kV sustava, povoljnija je za 7-13 %, ovisno o stupnju aktualizacije (3-8 %). Na slici 2 prikazani su ukupni aktualizirani troškovi za obje varijante, gdje je u obzir uzet stupanj aktualizacije od 8 %.

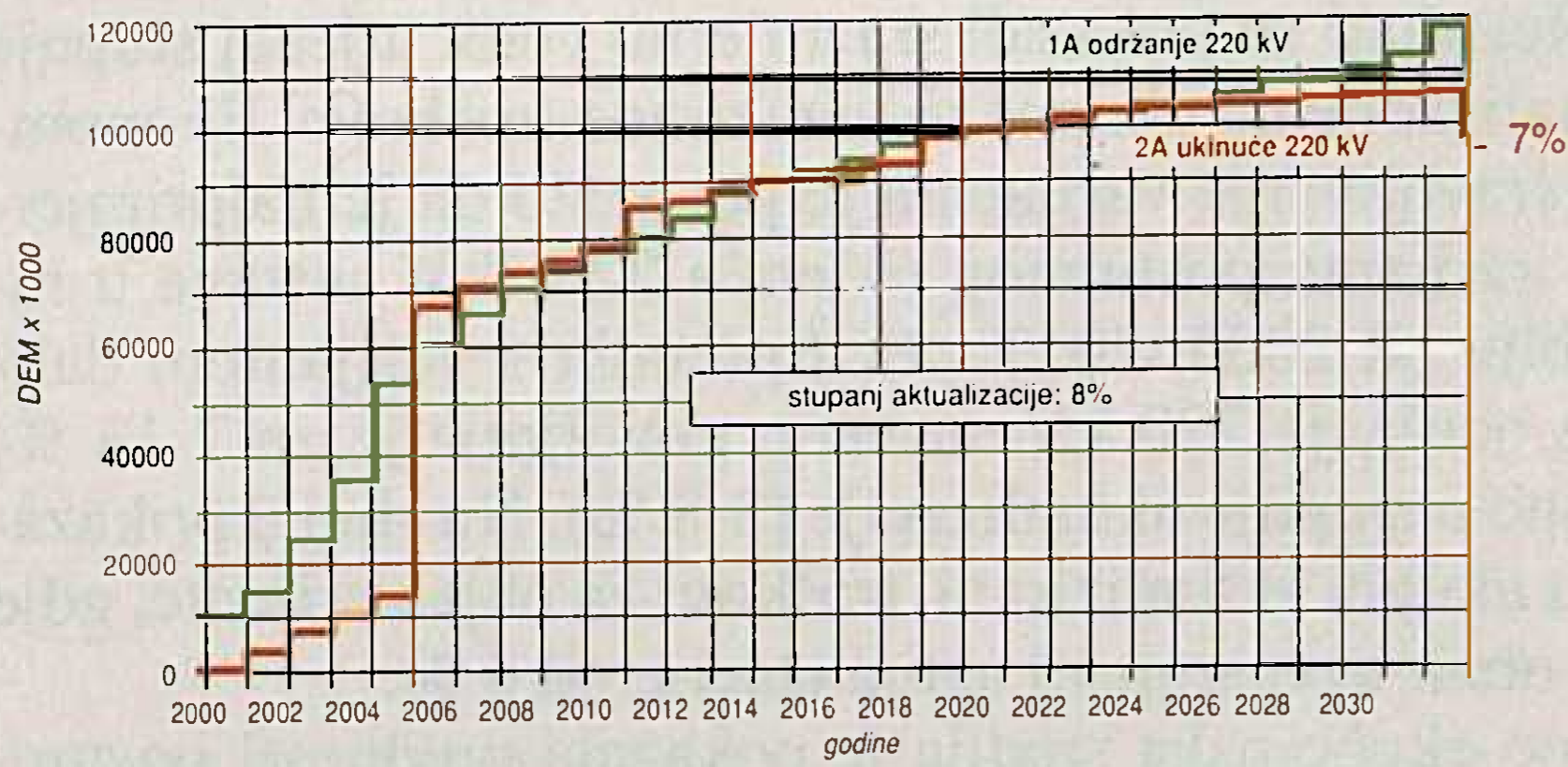
Tehno-ekonomska studija je pokazala prednosti postupnog ukinuća 220 kV sustava, što samo potvrđuje pozitivna iskustva koja u pojedinim EES-ma Europe imaju već 10-15 godina.

Stajalište, da 220 kV naponski nivo kod nas nema dugoročnu perspektivu, prihvaćeno je već početkom 80-ih godina. Od tada se u Sloveniji veleprijenosna mreža gradi isključivo na 400 kV nivou. Stoga možemo smatrati da je proces ukinuća 220 kV sustava kod nas započeo prije 15 godina, što znači da će cijeli proces trajati oko 35 godina, odnosno do isteka životne dobe 220 kV postrojenja.

Osim prikazanih prednosti ukinuća 220 kV sustava, moramo upozoriti i na slabosti tog procesa. Najveća slabost su veliki početni investicijski troškovi izgradnje nadomjesne 400 kV mreže koju bi uz to mogle otežavati i administrativne zapreke u svezi s proširenjem postojećih 220 kV koridora i očuvanjem okoliša, te zahtjevi javnosti glede uvođenja višeg naponskog nivoa na tim trasama. U teh-

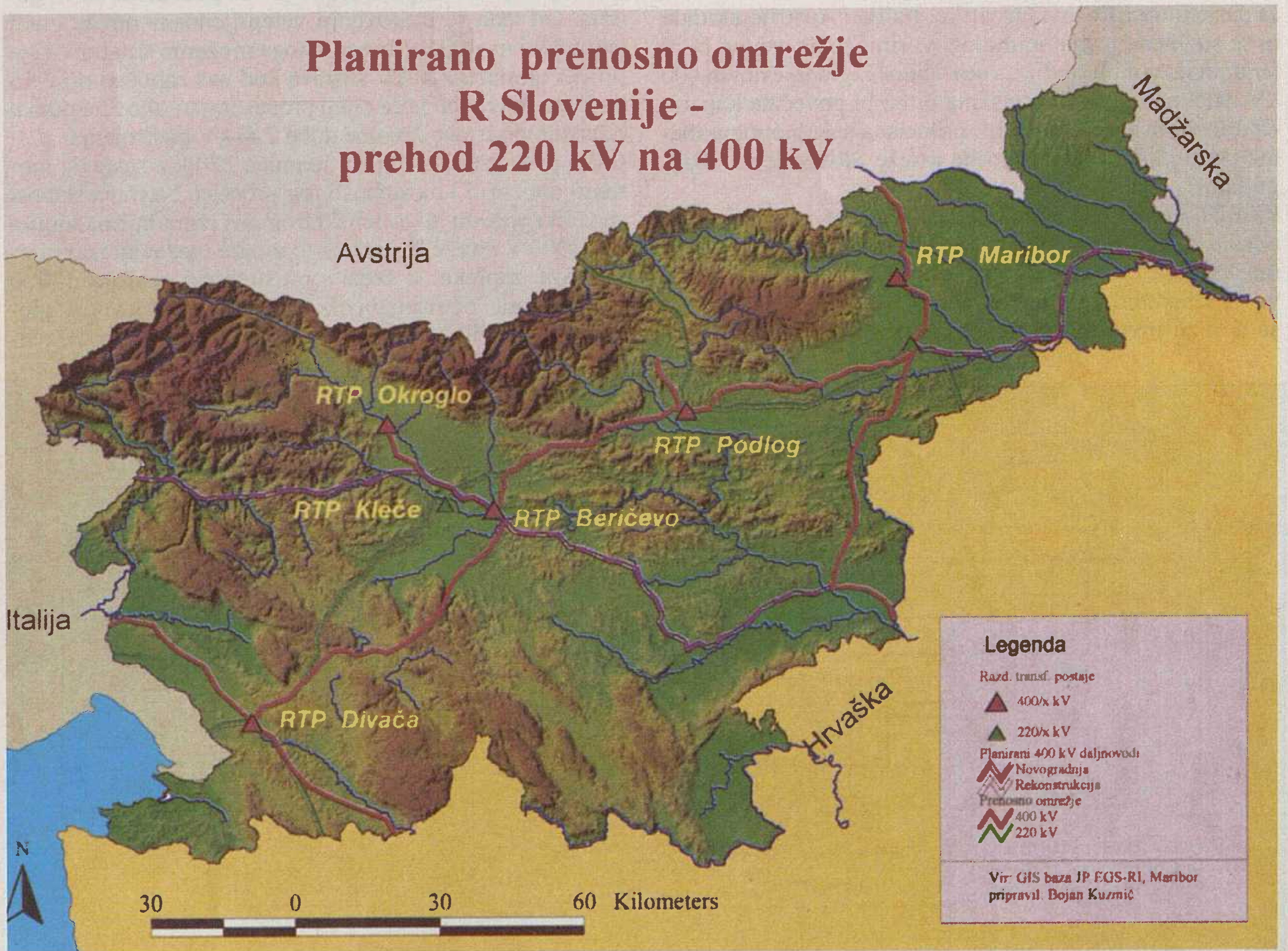


Slika 1. Jednopolna shema veleprijenosne mreže RS nakon ukinuća 220 kV sustava



Slika 2. Aktualizirani ukupni troškovi za varijante 1A i 2A

ničkom pogledu je zbog uvođenja direktne transformacije 400/110 kV moguće očekivati povećane kratkospojne struje na 110 kV nivou, što će iziskivati zamjenu dijela postojeće 110 kV opreme u rasklopnim postrojenjima. Zadaća ove "feasibility" studije je bila da se u tehničkom i ekonomskom pogledu razjasne moguća rješenja te brojčanim informacijama predoči da li je primjerno, te s kakvom dinamikom je moguće 220 kV sustav zamijeniti s 400 kV. Budući da postoje otvorena pitanja u svezi s 220 kV interkonekcijskim vodovima te dileme o "pravom" stupnju aktualizacije, a koja prelaze okvire ove studije, investitor će morati napraviti odgovarajuće poteze i donijeti konačnu odluku glede dalje sudbine 220 kV sustava.



Slika 3.

Gabor Tari
MVM

STRATEGIJA RAZVOJA MEĐUNARODNIH INTERKONEKCIJA

Uvod

U skladu sa strategijom razvoja mađarska prijenosna mreža ne mora samo slijediti program izgradnje novih elektrana i zadovoljiti očekivani porast potrošnje već mora uzeti u obzir zahtjeve uvoza i izvoza električne energije odnosno zahtjev rastućih obveza prema međunarodnoj kooperaciji. S obzirom na povoljnu geografsku lokaciju međunarodna interkonekcija ima za Mađarsku naročitu važnost. Strategija razvoja mađarske veleprijenosne mreže 400 kV kao prioritetno rješenje predviđa pojačanje interkonekcije sa susjedima. Osim novih veza sa Austrijom i Rumunjskom predviđamo i takve veze sa Hrvatskom i Slovenijom. Osim opće poznatih prednosti rada u interkonekciji i mogući tranzit energije u pravcu sjever-jug i istok-zapad mogu ostvariti značajnu ekonomsku korist.

Razvoj mađarske prijenosne mreže

Prvi razvoj mađarske prijenosne mreže bio je na naponskom nivou 100 kV kasnije povećanom na 120 kV. Slijedi uvođenje napona 220 kV pa 400 kV i konačno 750 kV na vezi Mađarska Ukrajina.

U šezdesetim godinama Mađarska gradi i prve interkonektivne vodove 220 kV vod sa Čehoslovačkom, dvostruki vod 220 kV sa Ukrajinom i 400 kV paralelni vod za Ukrajinom. Kao zemlja COMECON-a Mađarska je u to vrijeme bila energetska ovisna isključivo o bivšem SSSR-u.

U sedamdesetim i osamdesetim godinama interkonekcija se pojačava izgradnjom 400 kV veze sa Čehoslovačkom, 400 kV veze sa Rumunijom u pogonu na 220 kV.

750 kV vezom sa Ukrajinom, dvostrukim dalekovodom 220 kV i paralelnim vodom 400 kV sa Austrijom i 400 kV vezom s Jugoslavijom.

Planirane međunarodne interkonekcije

Dan je kratki pregled planiranih budućih veza sa svakom od susjednih zemalja:

Ukrajina

Kao posljedica rada u COMECON interkonekciji veza sa Ukrajinom je vrlo jako dimenzionirana i ne treba je pojačavati. Međutim, moguća su u budućnosti i nova pojačanja u koliko se dio ukrajinske mreže tzv. Ukrajinski otok odvoji od ostalog dijela Ukrajine i uđe u paralelni rad sa CENTREL-om odnosno sa UCPTTE interkonekcijom.

U svakom slučaju 750 kV veza izgleda neće biti potrebna i razmatra se njeno korištenje na naponu 400 kV.

Slovačka

Danas su u pogonu dvije 400 kV veze sa Slovačkom. U strategiji razvoja predviđena je izgradnja i treće 400 kV veze koja će dati višestruke koristi prvenstveno u povećanju pouzdanosti i stabilnosti sistema. Realizacija te treće veze predviđena je početkom trećeg milenija.

Austrija

Dvostruki dalekovod 220 kV i 400 kV vod vezan sa austrijskim sistemom preko ispravljačke stanice (back to back) dozvoljavaju samo ograničeno korištenje. Prelaz na paralelni rad sa UCPTTE mrežom i premoštenje ispravljačke stanice omogućuje paralelni rad dva sistema preko tri paralelna voda. Prvi je korak međutim izgradnja drugog voda 400 kV. Iza 2005. god. još jedna veza 400 kV na potezu TS Heviz-Austrija ima vjerojatnost da se realizira čime bi ukupna interkonekcija uključivala tri voda 400 kV i dva voda 220 kV.

Slovenija

Danas ne postoji direktna veza sa Slovenijom. Strategijom razvoja predviđa se realizacija 400 kV veze Mađarska-Slovenija-Hrvatska. Radi se o dvostrukom vodu 400 kV koji polazi iz TS Heviz a na granici se dijeli s time da jedna trojka ide u Sloveniju, a druga u Hrvatsku.

Hrvatska

Između dvije zemlje postoje tri veze na naponu 120 kV čije su energetske mogućnosti ograničene a pogonske mogućnosti svedene na otočki pogon. U zajedničkom interesu je stoga realizacija 400 kV veze pogotovo nakon povezivanja mađarskog sistema sa UCPTTE interkonekcijom. Ugovorom sklopljenim između dvije zemlje predviđeno je puštanje u pogon DV Heviz-Žerjavinec u 1999. godini. Da li će to biti dvostruki vod ovisi o definitivnom dogovoru sa Slovenijom.

Prema strategiji razvoja i druga veza između dva sistema je predviđena oko 2005 g. i to izgradnjom DV400 kV Pecs-Ernestinovo. Svakako prvi preduvjet za tu vezu je rekonstrukcija TS Ernestinovo.

Jugoslavija

Danas postoji samo 400 kV veza na relaciji Sandorfalva-Subotica koja je radila kao otočna veza budući Mađarska nije sinhrono radila sa UCPTTE mrežom. Danas su pak Jugoslavija i Grčka odvojene od UCPTTE mreže pa će tek njihovim ponovnim uključanjem ta veza dobiti puno značenje na potezu sjever-jug.

Rumunjska

Danas su dva sistema spojena jednim 400 kV vodom koji radi pod naponom 220 kV. Očekuje se da će prelaz voda na rad naponom 400 kV uslijediti u 1998. godini. Taj će rad biti moguć samo u otočnom pogonu dok se Rumunija i Bugarska ne uključe u UCPTTE interkonekciju. Tada će svakako trebati izgraditi još jednu 400 kV vezu između Mađarske i Rumunije.

Zaključak

Fundamentalni interes mađarske elektroprivrede je realizacija dovoljnog broja interkonekcija sa susjednim zemljama. Prvi valjan razlog za to je povećanje sigurnosti snabdjevanja potrošača, a drugi je korištenje povoljnog geografskog položaja kako bi se ostvarila ekonomska korist od tranzita električne energije.

Strategija razvoja mađarske prijenosne mreže uzima takav interes vrlo ozbiljno u razmatranje.

Zorko Cvetković
HK CIGRE

BUDUĆNOST MREŽE 220 kV

Sigurno je da mreža 220 kV neće u budućnosti imati onu ulogu kakvu je imala u prošlosti, a djelomično ima i danas. Svrha je ovog izlaganja da pokaže potrebu pristupu izrade kompleksnijih studija kao preduvjeta za definiranje budućeg položaja te mreže.

Radi bolje preglednosti potrebno je posebno razmotriti magistralne poteze 220 kV, a posebno lokalne mreže 220 kV formirane oko čvorišta 400 kV.

Magistralne veze

Sasvim je jasno da uz trostruku vezu 400 kV na potezu Osijek, Zagreb, Rijeka, Split nikakav paralelni vod 220 kV bilo postojeći bilo neki budući nema svrhu i može samo izazvati pogonske smetnje.

Lokalne mreže 220 kV

Postoji široki diapazon mogućnosti korištenje današnjih dalekovoda 220 kV kao na pr. daljnje korištenje pod naponom 220 kV, korištenje pod naponom 110 kV, pregradnja na dalekovode napona 400 kV i konačno korištenje njihovih trasa za izgradnju budućih vodova 400 kV.

Da bi se mogle donijeti mjerodavne i što je vrlo važno pravovremene odluke nužno je kroz izradu odgovarajućih studija dati odgovor na slijedeća pitanja:

1 Treba li TE Rijeka priključiti direktno na sabirnice 400 kV u TS Melina ?

Koji je značaj električnog približenja TE Rijeka mreži 400 kV na stabilnost i sigurnost EES-a ?

2 Treba li HE Zakučac priključiti direktno na sabirnice 400 kV u TS Konjsko?

Može li naša najsnažnija vršna elektrana ubuduće ostati povezana sa EES kao danas, pogotovo nakon izgradnje temeljne termoelektrane snage 700 MW u Dalmaciji?

3 Koja je budućnost TE Sisak i njenog priključka na mrežu ?

Vjerojatno je za očekivati da će buduća TE Sisak imati blokove snage 350 MW ili više što znači njen direktni priključak na mrežu 400 kV. Kakve su posljedice na mrežu 220 kV ?

4 Je li nam nužna interkonekcija sa susjedima na naponu 220 kV ?

Iz dosadašnjih izlaganja je jasno da se interkonekcija na naponu 220 kV ubuduće odnosi još samo na veze sa BiH no već koncem osamdesetih godina su pogonski problemi na 220 kV vezama Mraclin-BiH i Međurić-BiH tražili prijelaz tih interkonekcija na napon 400 kV. Kako će to izgledati 2030 godine ?

5 Kakav utjecaj na odluke ima stanje opreme u postrojenjima 220 kV?

Ne treba zanemariti starost postrojenja. Pojedini transformatori 220/110 kV će uskoro navršiti 40 godina. Kakvi će biti rezultati usporedbe cijena i performanca postrojenja 220 i 400 kV ?

6 Kakva je sudbina postrojenja 220 kV u TS Đakovo, TS Međurić, TS Mraclin i TS Bilice ?

Jasno je da značaj 220 kV dijela tih postrojenja vremenom opada i da je njihova budućnost djelomično povezana s odgovorima na prethodne točke. Kako izbjeći nepotrebne investicije u prijelaznom periodu ?

7 Kako najbolje spojiti područje Dubrovnika na mrežu ?

Vršna snaga Dubrovnika očekuje se oko 80 MVA. Uz HE Dubrovnik i vjerojatno HE Ombla razmjena sa sistemom neće prelaziti 100 MVA pa današnja mreža energetske odgovara. Ona međutim nema zadovoljavajuću sigurnost. Koje je pravo rješenje uzevši u obzir sve faktore pa i buduću mediteransku interkonekciju ?

Bez brzog odgovora na ova pitanja postoji opasnost nepotrebnog ulaganja u mrežu 220 kV na osnovi današnjih saznanja, a bez sagledavanja kompleksnog problema.

Zdenko Tonković
Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb

A PROPOS 220 kV U TS "ŽERJAVINEC"

Budući da sam od početka upleten u ideju TS "Žerjavinec" želio bih razjasniti i dopuniti svoj stav o 220 kV u ovoj trafostanici.

Dvije su sastavnice ovog promišljanja. (1) Vjerojatno je poznato da je plan TS "Žerjavinec", odnosno njegove sabirnice 380 kV, ponovno aktualizirala interkonekcija sa Mađarskom - tj. incidencija DV (2x)380 kV Héviz-Žerjavinec za koji je 1. XI. 1999. krajnji rok ulaska u pogon prema Ugovoru. (2) S druge je strane realnost napajanja istočne Hrvatske, u kojoj je najvažniji DV 380 kV Tumbri-Ernestinovo - sada u privremenom pogonu pod 220 kV kao DV Mraclin - '1505'

1.

Malo podsjećanja. Krajem sedamdesetih bila je jasna kon-

cepcija povezivanja mreže 110 kV zagrebačkog područja sa onom 380 kV, tada u punoj gradnji. Bile su to tri TS 380/110 kV: Zagreb-jug, Z.-istok i Z.-zapad (odnosno Zagreb I, Z. II i Z. III). Ni u jednoj nije sagledavana međutransformacija 380/220 kV.

Prva od njih, TS 380/110 kV "Zagreb I" - koja se ubrzo počela nazivati "Hudi Bitek" da bi 1983. bila preimenovala u "Tumbri", svečano je puštena u pogon 8. svibnja 1978.

Odluka o izgradnji druge TS na istočnom obodu gradskog područja posljedica je opsežnih i temeljitih (upravo minicioznih) recenzija studije "Problematika napajanja konzumnog područja Zagreb-makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti superponirane mreže i interkonekcije", 1984, i njenih dopuna. [1]. Problem je naime za zagrebačko područje nastao ulaskom NE "Krško" u pogon, smanjenim angažiranjem TE "Sisak"/220 kV kao i TE "Rijeka" (zbog goriva: pretežno lož ulje) i smanjivanjem viškova na 220 kV iz BiH (i ostalog okruženja) - što je sve rezultiralo ve-

likom asimetrijom opterećenja između TS 380/110 kV Tumbri i TS 220/110 kV Mraclin. [2]. U navedenoj studiji iscrpno je analizirana i reanimacija mreže 220 kV: bilo povezivanjem sa 380 kV u postojećoj TS "Mraclin" bilo transformacijom 380/220 kV u novom "Žerjavincu": promatrano sa razine mreže 110 kV, takvo injektiranje nije značajnije aktiviralo TS 220/110 kV "Mraclin". Na isti zaključak upućuju i potpuno novelirana ispitivanja vršena deset godina kasnije (u "Predstudiji o dugoročnom razvoju veleprijenosne 400 i 220 kV mreže", 1996). Slijedom studija i posljedičnih zaključaka zauzeto je sredinom osamdesetih zemljište za TS 380/110 kV u Žerjavincu (uz cestu Zagreb-Varaždin); u tom arealu rezerviran je teren i za eventualne druge namjene ne isključujući ni postrojenje 220 kV (koje je tada još izgledalo, iz obzora eksploatacije sistema tadašnjeg Jugela, da bi se možda i moglo jednom pojaviti korisnim).

Prema tome, glavne točke napajanja zagrebačke mreže 110 kV iz veleprijenosne mreže bit će "Tumbri" i "Žerjavinec", bez obzira na eventualnu međutransformaciju 380/220 kV na ovom području. Izgrađen 1962. kao glavna pojna točka Zagreba, vršio je "Mraclin" tu svoju ulogu dvadeset godina (otprilike do ulaska u pogon (a) interkonekcije 380 kV ex-Ju s UCPTe i (b) NE Krško). Danas, tridesetpet godina kasnije, izvjesno je da će "Mraclin" kao transformacija sa svoja 3x150 MVA atrofirati i stagnirati dijeleći opću sudbinu mreže 220 kV (manjeviše služeći samo napajanju V. Gorice); dalje ga deprecira planirana rekonstrukcija TETO "Zagreb" i gotovo sigurno značajno povećavanje njene instalirane snage (da ne spominjem druge planirane izvore u mreži 110 kV ovog područja).

Neregularnosti tokova u mreži 110 kV između "Tumbra" i "Mraclina" kao posljedice napajanja istočne Hrvatske ("Ernestinovo") po 220 kV, tj. tokova sa 110 kV na 220 kV kroz transformaciju u "Mraclinu" - koje se još uvijek spominje da će se suzbiti sa 220 kV u "Žerjavincu" - sanirane su prema očekivanju ulaskom u pogon DV Brinje-Mraclin (krajem listopada 1996).

Dakle, sa sadašnje razine iskustva i saznanja **ne pokazuje se probitačnom transformacija 380/220 kV u "Žerjavincu"**, transformacija kojom bi se punio "Mraclin" 220 kV - da bi se u njemu električna energija transformirala na 110 kV! I taj stav prema transformaciji 380/220 kV, njejoj potrebi ili nesvršishodnosti, meritum je razilaženja oko 220 kV u "Žerjavincu". Transformacija 380/110 kV je neupitna!

2.

Neuvjerljiva je i druga motivacija: ona da se glavno napajanje istočne Hrvatske, koje je zasada naponom 220 kV, prebaci sa "Mraclina" u "Žerjavinec". Naime, izgradnja TS "Žerjavinec" i obnova TS "Ernestinovo" praktički su po (ne)izgrađenosti vrlo sličnog starta i potrebnog vremena izgradnje: ne bi trebalo biti drastične razlike u vremenu njihovih puštanja u pogon. Obnovom TS 380/110 kV "Ernestinovo" otpada imperativ 220 kV kao pogonskog napona DV Mraclin - '1505', i taj će se DV vratiti u mrežu 380 kV kao DV "Žerjavinec" - "Ernestinovo". **Za očekivati je dakle da bi u istom ili blizom vremenskom presjeku bile gotove TS 380/220 kV "Žerjavinec" kao i obnova "Ernestinova"** - čime će biti izlišna potreba 220 kV u "Žerjavincu" za napajanje istočne Hrvatske.

Međutim, umjesto besperspektivne transformacije 380/220 kV moglo bi se u TS "Žerjavinec" razmatrati jedan

solidan provizorij 220 kV kao rasklopišta - i to samo pod pritiskom potrebe da DV 380 kV Tumbri-Ernestinovo ostane pod 220 kV za napajanje istočne Hrvatske do obnove "Ernestinova".

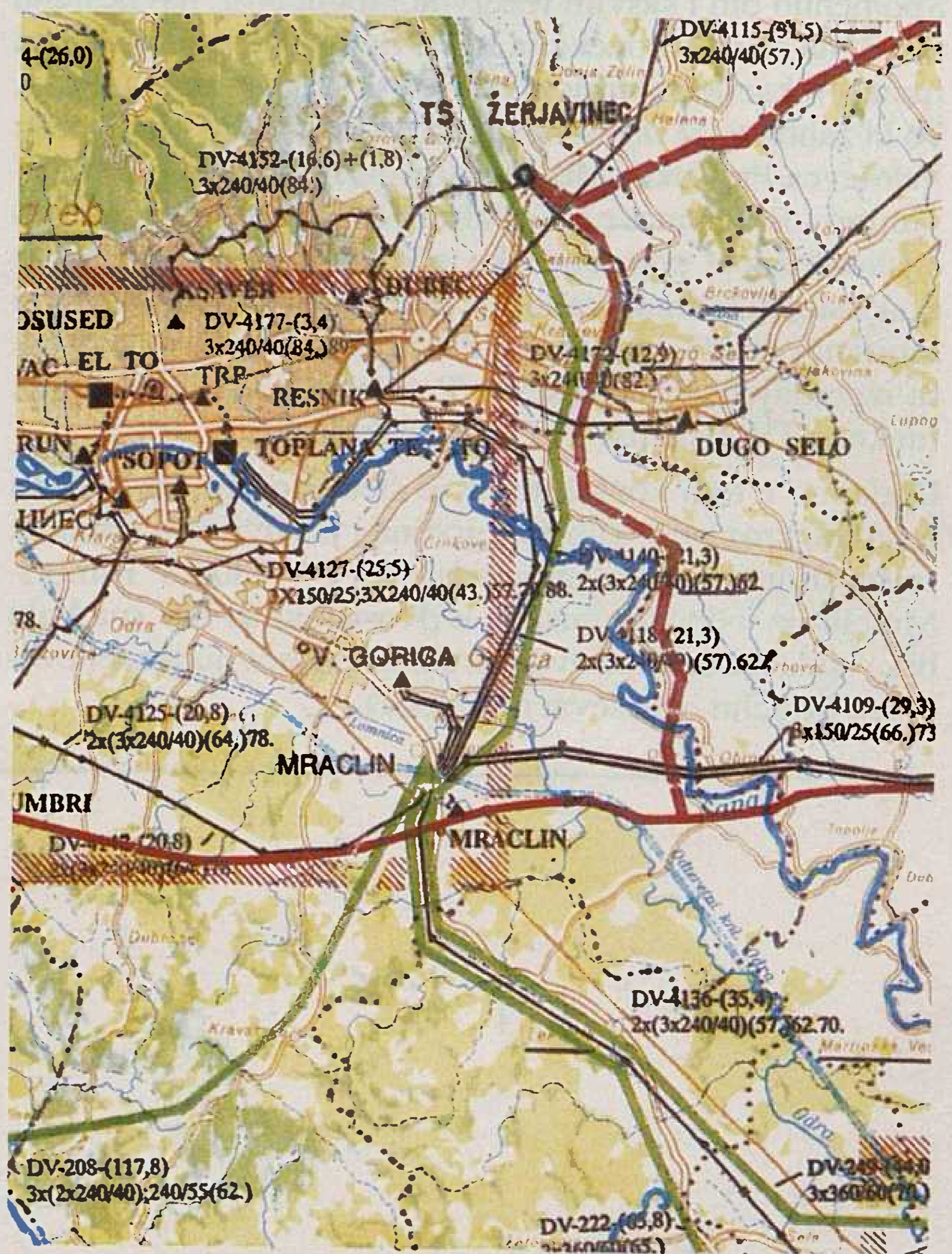
Ovaj kompromis **formiranja elementarnog postrojenja 220 kV u "Žerjavincu"** mogla bi nametnuti potreba oslobađanja polja 220 kV "Jajce" u "Mraclinu" za restauraciju interkonekcije sa BiH.

Vidimo ga mogućeg u dvije varijante. Obe respektiraju blizinu DV 220 kV Mraclin-Cirkovci i njegovo lako uvođenje u "Žerjavinec", te priključak na mrežu 380 kV uvođenjem/izvodom DV Tumbri-Ernestinovo sa lokacije Veleševac/Prevlaka. Sl. 1.

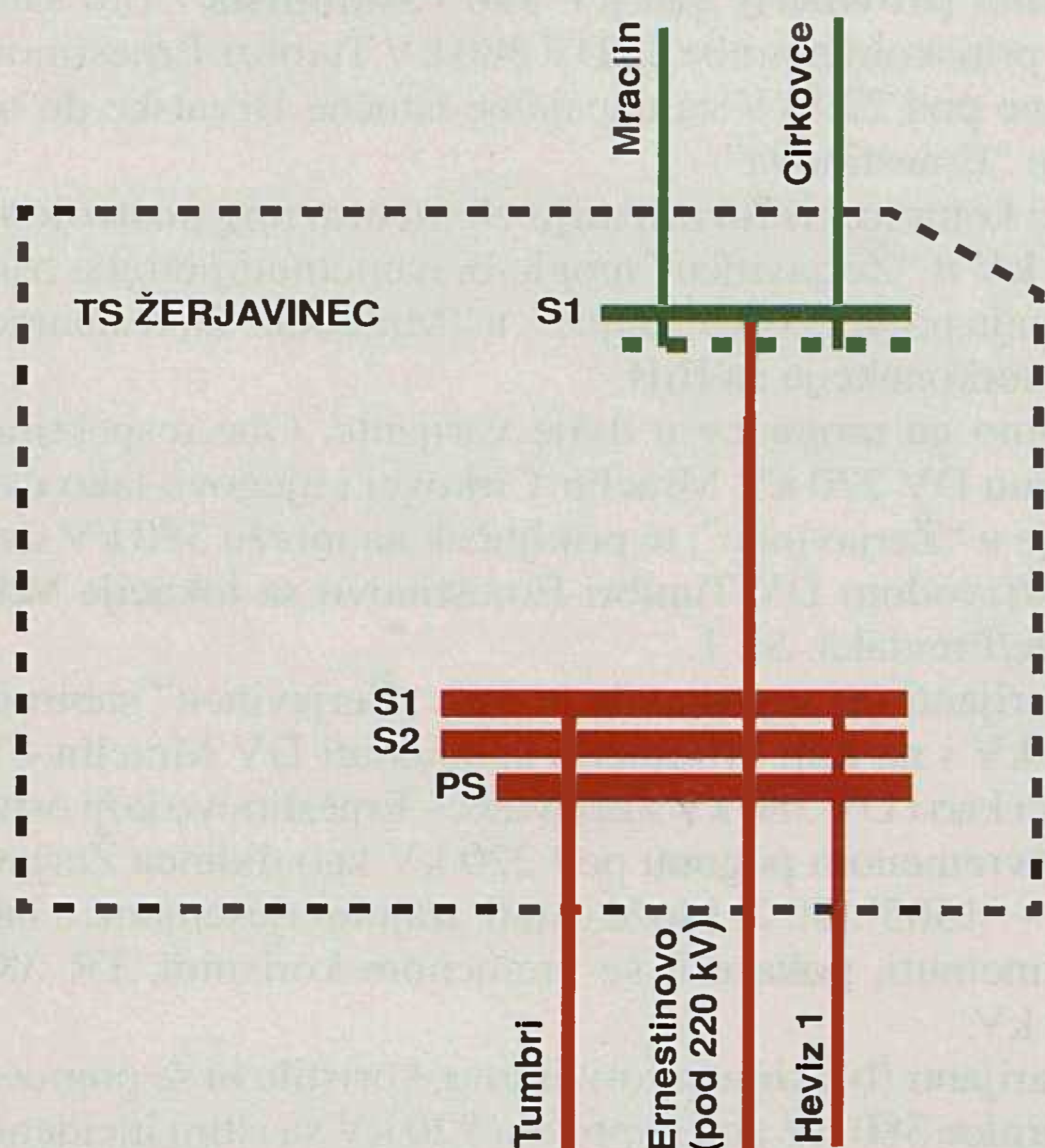
U varijanti (a) uspostavile bi se u "Žerjavincu" sabirnice 220 kV i na njih priključilo spomenuti DV Mraclin-Cirkovci kao i DV 380 kV Žerjavinec - Ernestinovo koji ostaje u privremenom pogonu pod 220 kV kao dionica Žerjavinec - '1505'. Sl. 2. Može ostati trajnim rješenjem, a lako je umetnuti, pokaže li se vremenom korisnim, TR 380/220 kV.

U varijanti (b), koju favoriziramo, koristile bi se pomoćne sabirnice 380 kV pod naponom 220 kV sa istim incidencijama kao u varijanti (a). Sl. 3. Ovo bi bilo najbrže rješenje, ne tražeći nikakvo zamašnije investiranje u mrežu 220 kV; obnovom "Ernestinova" ponovo se uspostavlja DV Mraclin-Cirkovci (izvan "Žerjavince"). Niti ovo rješenje ne blokira neke buduće odluke oko 220 kV u "Žerjavincu". Za zorno predočiti: u obe varijante dakle kao da se u "Žerjavinec" preslikava shema RP "Brinje".

U našem prijedlogu, varijanti (b), svjesni smo naravno vremenske (pa i financijske) dimenzije potrebe preprojekiranja i nabavke (selenja?) opreme: s obzirom na

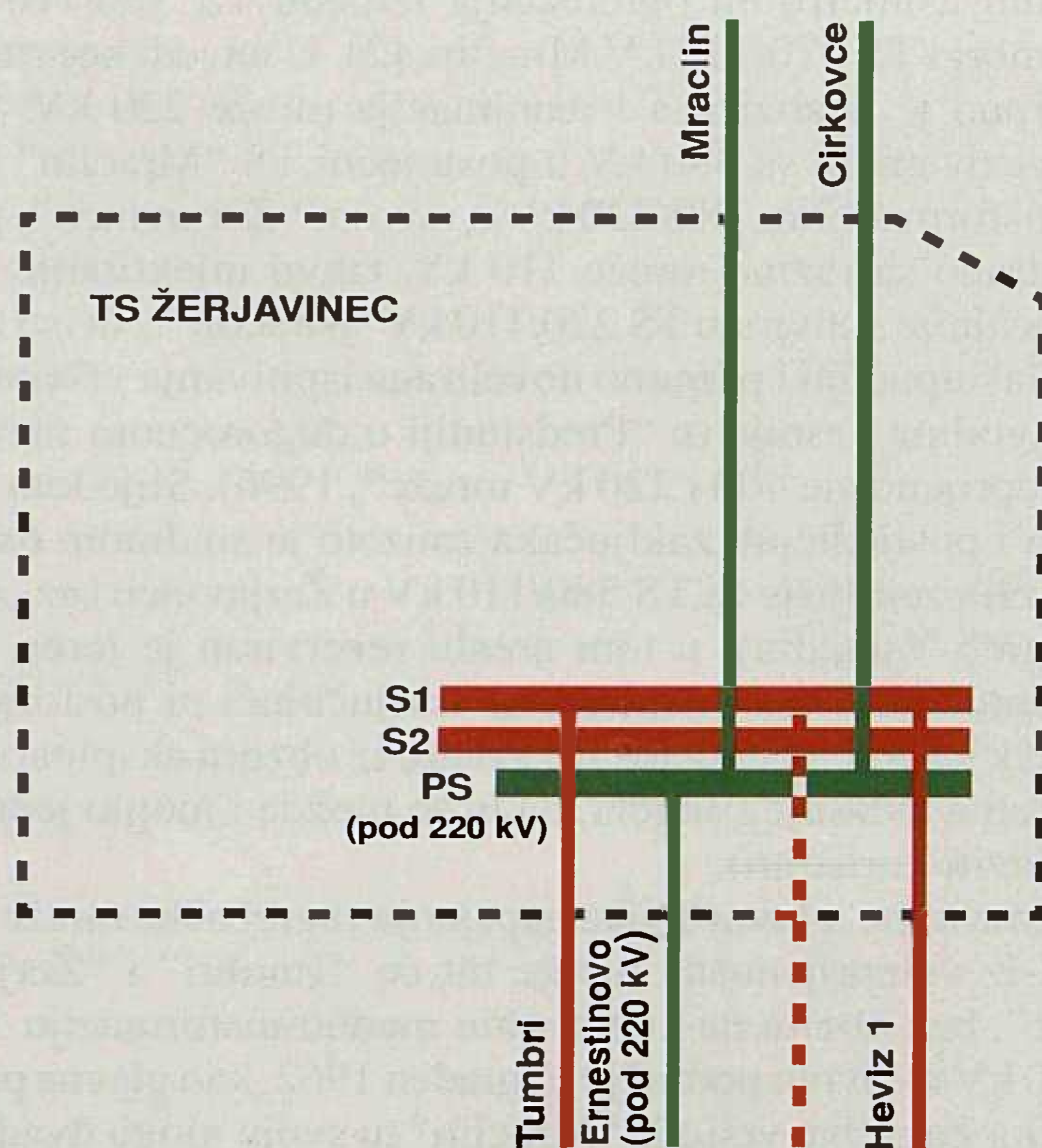


Slika 1.



varijanta a

Slika 2.



varijanta b

Slika 3.

skromnost dosadašnjih aktivnosti, prilagođavanje ovoj varijanti **gotovo da ne unosi poremećaj** u vremensko/investicijsku dinamiku gradnje.

3.

Spomenuo bih i sasvim rezervnu mogućnost, naviještenu u L.3, da se interkonekcija iz Hévizu učvori u Tumbri (preko lokacije sabirnica 380 kV u "Žerjavincu"). Sl. 1. To bi zahtijevalo izgradnju oko 13 km DV 380 kV između Veleševca/Prevlake i Mraclina (do uzemljenja odsjeka DV Tumbri - Ernestinovo). S obzirom da je za ishođenje lokacijske dozvole potrebno oko godinu dana trebalo bi, za svaki slučaj, odmah započeti potrebnim aktivnostima. U saniranoj mreži dobiva ova dionica svoj puni smisao tek sa izgradnjom RP Veleševac/Prevlaka (a ovo je RP opet funkcija TE Sisak III ili TE Prevlaka).

Dodajmo u tom kontekstu da je šteta što nije iskorištena prigoda, kroz proteklih šest godina i još uvijek u trajanju, za supstituciju uzemljenog odsjeka DV 380 kV Tumbri-Mraclin iz jednosistemskog u dvosistemski DV (na koju bi se onda nastavljala ovdje predlagana, novoizgrađene dionica Mraclin-Veleševac/Prevlaka).

Literatura

- [1] Z. TONKOVIĆ, B. RADMILOVIĆ: "Povezivanje zagrebačkog područja sa prijenosnom mrežom superponiranih napona", Energija, Zagreb, br. 1, Zagreb, veljača 1986, str. 25-31 (rukopis predan krajem studenog 1985). Osim TS "Žerjavinec", drugi je prijedlog iz navedenih studija i njihovih recenzija bio DV 380 kV Tumbri-Melina - koji je izgrađen i pušten u pogon 28. V. 1992.
- [2] B. RADMILOVIĆ, Z. TONKOVIĆ: "Poremećaji u proizvodnji električne energije i problemi prijenosa na zagrebačkom području," Energija, Zagreb, br. 1-2, Zagreb, veljača 1983, str. 19-21 (rukopis predan početkom rujna 1982). O ovome je izvještavano i na nekoliko stručnih skupova i savjetovanja; posljednji put, koliko mi je poznato, člankom B. Radmilovića "Napajanje šireg područja grada Zagreba električnom energijom" u "Elektroprenosu", Beograd, br. 222, kolovoz 1988, iz kojeg citiram: "Za priključne vodove 400 i 110 kV nužne za pogon prve etape TS Žerjavinec u izradi je dokumentacija potrebna za pribavljanje uvjeta za uređenje prostora."
- [3] Z. TONKOVIĆ: "Interkonekcija 380 kV Mađarske s Hrvatskom i Slovenijom", Energija, Zagreb, br. 4, Zagreb, kolovoz 1996, str. 159-172 (toč. 11, str. 171).

Ivo Tomasović

HEP - Direkcija za prijenos i upravljanje

STANJE VISOKONAPONSKE MREŽE 220 i 400 kV U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI NAKON RATA I NAKON DJELOMIČNE OBNOVE

Kao što je poznato VN mreža 400 i 220 kV građena je prema elektroenergetskoj politici bivše države Jugoslavije.

60-ih godina građena je 220 kV mreža koja je povezivala Republiku Hrvatsku s Republikom BiH i Slovenijom u tadašnjoj državi, te veće proizvodne jedinice s većim potrošačkim centrima u samoj Republici Hrvatskoj. 70-ih godina građena je mreža 400 kV koja je povezivala sve Republike bivše države, što znači sve proizvodne i potrošačke centre, te imala i ulogu u tranzitu električne energije između istoka i zapada Europe.

Sasvim je razumljivo da je i u projektiranju iste mreže prevladavala logika tada najutejcajnijeg centra ekonomske i političke moći.

Tijekom Domovinskog rata svi VN vodovi 400 i 220 kV prema Republici Srbiji i BiH su prekinuti, a mnogi od njih u značajnom dijelu i razrušeni. Osim vodova značajno su uništene i TS Čule (Mostar) i TS Ernestinovo, koja je dapače totalno devastirana. Bez sanacije ovih dviju 400 kV tarafostaića, odnosno bez izgradnje praktički nove TS Ernestinovo ne može se govoriti o povezivanju Republike Hrvatske sa SRJ, te BiH na sjevernom potezu 400 kV mreže, kao u ostalom i na južnom potezu bez obnove TS Čule. Svima mjerodavnima mora biti potpuno jasno da politička odluka ili bilo kakav dogovor među državama, a u smislu tranzita istok-zapad, ili obrnuto preko Republike Hrvatske, što znači povezivanje na razini 400 kV nije moguće bez obnove ovih dviju TS. Obnova istih, a naročito TS Ernestinovo ne može biti ni jeftina, a naročito ne može biti brza.

Stanje visokonaponske mreže i perspektiva njenog daljnjeg razvoja

U Europi je općenito prihvaćeno da bi mreža 220 kV morala postupno odumirati u korist 400 kV mreže, za što postoje mnogobrojni sasvim razumljivi tehnički razlozi. To se pogotovo odnosi na zemlje koje imaju dugoročne planove razvoja i međusobnog povezivanja. Što se tiče tehničkih razloga, a koji se tiču prelaska 220 kV mreže na 400 kV mrežu mi ih možemo prihvatiti, međutim u situaciji kakva je danas vjerovatno neće biti ostvarivo u dužem vremenskom razdoblju.

Razlozi za ovakav naš stav su mnogobrojni:

- većina velikih izvora u HEP-u je vezana na 220 kV mrežu (HE Dubrovnik, HE Zakućac, HE Orlovac, TE Plo-

min, HE Senj, TE Sisak, TE Urinj)

- većina većih potrošačkih centara je vezana na TS 220/110 kV (TS Mraclin, TS Pehlin, TS Međurić, RP Brinje, TS Bilice, TS Melina, TS Konjsko)
- veze sa BiH-om koje su momentalno nesposobne za rad zbog ratnih razaranja (DV Mraclin-Jajce, DV Međurić-Prijedor, DV Đakovo-Tuzla), bit će obnovljene na istoj naponskoj razini
- veze sa Republikom Slovenijom (DV Mraclin-Cirkovci, DV Pehlin-Divača) će se vjerovatno u doglednoj budućnosti (a ipak ne tako brzo) pretvoriti u veze 400 kV.

Kao što je vidljivo HEP će vjerovatno dugi niz godina morati zadržati 220 kV mrežu, kao mrežu koja ima zadatak da unutar države poveže jače proizvodne i potrošačke centre, kao i to da zadrži veze sa susjednom državom BiH.

Stanje i razvoj mreže u novim okolnostima

Kao što smo već rekli stanje VN mreže je takvo da nije obnovljena na onoj razini koja je bila prije rata, a da ne govorimo o tome da nije izgrađeno ono što smo već trebali imati u normalnijim uvjetima. Veze sa SRJ i Republikom BiH-om su prekinute (osim DV 220 kV Zakućac-Mostar). Ovakvo stanje će vjerovatno potrajati nekoliko godina.

U ovakvim okolnostima stanja VN mreže, a poučeni iskustvom rata iz temelja je promijenjena logika kojom je VN mreža bila građena u bivšoj državi. Zbog toga je odlučeno da se svaki dio države Hrvatske, od Hrvatskog Podunavlja do Hrvatskoj juga, mora moći opskrbiti dovoljnim količinama energije iz vlastite VN mreže sa sigurnošću dvostranog napajanja. Pošli smo od činjenice da je VN mreža sastavni dio elektroenergetskog sustava u širem smislu (proizvodnja, prijenos i distribucija) no u užem smislu definicije elektroenergetskog sustava VN mreža bi bila, i je, dinamični rezervoar električne energije iz kojeg se napajaju svi potrošački centri u državi. Taj dakle uže definirani EES i nužno podrazumijeva upravljanje sustavom u cjelini, samozaštitu u smislu stabilnosti, te samozaštitu u slučaju bilo kakvih nepoželjnih događaja u samoj mreži, kao i u dijelovima EES u širem smislu (proizvodnja, distribucija).

Dogovoreno je da izgradnja nove potrebite mreže, bilo zbog prihvata energije iz novih elektrana veće snage, bilo zbog povezivanja sa drugim državama, bude na razini 400 kV. Isto tako je odlučeno da svi novi vodovi VN budu građeni kao dvosistemski zbog poznatih poteškoća u dobivanju koridora. 220 kV mreža u budućnosti neće biti građena. Napominjemo i to da je u tijeku izgradnja 400 kV dalekovoda između Hrvatske i Mađarske, te da će se u budućnosti graditi još jedna takva veza između Hrvatske i Mađarske.

nost sa susjedima nije zadovoljavajuća pa će to biti naš prioritet kao i grananje interkonekcijskih koridora na šire europsko tržište. Nove tendencije i ideje trebamo upoznati, ali ne i brzopleto prihvaćati. Cijena kWh i rad EES-a parametri su o kojima treba stalno voditi računa kako bi se našlo optimalno rješenje.

Milan Bobetko

HEP - Direkcija za upravljanje i prijenos

POGLED NA INTERKONEKCIJU

Bez međusobnog povezivanja nema budućnosti ni slobode, osobito malih sustava poput našeg. Postojeća poveza-

Zaključak

Ovaj Okrugli stol dao je neke vrlo jasne poruke o tome što nam je činiti kako bi 2030. godinu dočekali s izbalansiranim elektroenergetskim sistemom. Da ih navedemo:

- definirana je potrošnja, vršna snaga i snaga novih proizvodnih jedinica koje treba izgraditi i pustiti u pogon
- dana je vizija ciljne veleprijenosne mreže 400 kV s naglašenom interkonekcijom
- naglašena je nužnost nekih normativnih i tehnoloških rješenja kako bi buduća mreža bila gospodarski efikasnija i imala minimalni ekološki utjecaj
- predložena je izrada niza analiza koje trebaju omogućiti da kontinuirani prijelaz s današnjeg stanja na konačno rješenje bude što bezbolniji.

INIS - MEĐUNARODNI NUKLEARNI INFORMACIJSKI SUSTAV

Franjo Klečina, Zagreb

UDK 621.31:621.391
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazuju se svojstva i mogućnosti međunarodnog nuklearnog informacijskog sustava (INIS) kojeg je osnovala i vodi Međunarodna agencija za atomsku energiju u Beču.

Ključne riječi: nuklearni informacijski sustav, informacije, bibliografski podaci, baza podataka, literatura, INIS, IAEA.

1. UVOD

Razmjena informacija, između ljudi koji se bave istom problematikom, kroz zajedničku bibliografsku bazu podataka (na izvjestan način bazu saznanja o promatranoj problematici) daje kvalitetnije rezultate, ukoliko može udovoljiti nekim od najznačajnijih kriterija za uvažavanjem potreba korisnika da pravu informaciju dobije u pravo vrijeme, brzo i ekonomski isplativo.

Način na koji to rješava INIS i kako udovoljava tim kriterijima opisan je u sljedećem tekstu.

Informacijski sustav je predstavljen kroz sve segmente od organizacije prikupljanja podataka, obrade, skladištenja, do distribucije informacija krajnjim korisnicima. Poseban je osvrt dan na raspoložive načine pretraživanja bibliografskih podataka u znanstvene i inženjerske svrhe.

2. ŠTO JE INIS?

INIS je vodeći svjetski informacijski sustav o miroljubivom korištenju nuklearne znanosti i tehnologije. Skraćenica INIS znači međunarodni nuklearni informacijski sustav (International Nuclear Information System).

INIS je bibliografska baza podataka koja je 1996. godine sadržavala 1,8 milijuna referenci i ima godišnji prirast od oko 85.000 referenci.

INIS je i zbirka nekonvencionalne (sive) literature koju je teško dobiti bilo gdje u svijetu. U nekonvencionalnu (sivu) literaturu spadaju pisani materijali koji se objavljuju u malom broju primjeraka i nisu dostupni uobičajenim komercijalnim kanalima, npr. rezultati eksperimenata, testiranja ili ispitivanja, zbornici sa savjetovanja, monografije, doktorske disertacije, patenti, itd. Primjerci ove literature se čuvaju u INIS centru u Beču i njihove kopije su dostupne posredstvom INIS-a.

INIS se dopunjava novim podacima dva puta mjesečno, a isto vrijedi i za izlazne publikacije.

INIS je dio Međunarodne agencije za atomsku energiju (International Atomic Energy Agency) sa sjedištem u Beču.

Osnovan je unutar IAEA s namjenom da omogući razmjenu tehničkih i znanstvenih informacija o miroljubivom

korištenju atomske energije. Poticaj za stvaranje međunarodnog informacijskog sustava dali su 1965. godine stručnjaci iz SAD-a i tadašnjeg SSSR-a.

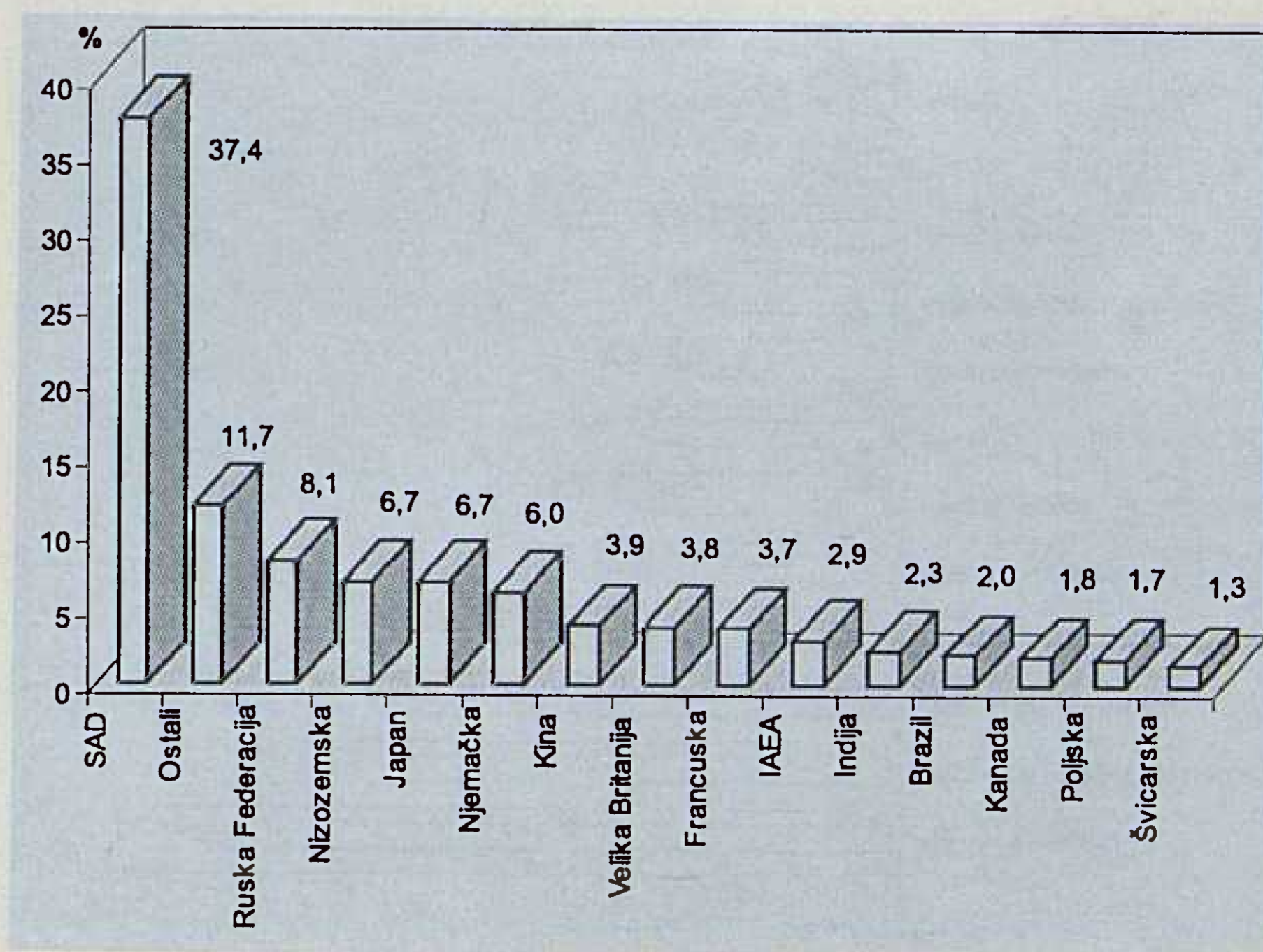
Prvi proizvodi INIS-a nastali su 1970. godine: Atomindeks u tiskanom obliku i njemu pridružena magnetska traka.

3. ČLANOVI INIS-a

Trenutno su članovi INIS-a 99 zemalja iz cijelog svijeta i 17 međunarodnih organizacija. Neke od najznačajnijih međunarodnih organizacija su:

- Svjetska zdravstvena organizacija (World Health Organization)
- Organizacija Ujedinjenih naroda za hranu i poljoprivredu (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
- Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA).

Svaka zemlja članica ili međunarodna organizacija je pojedinačno odgovorna za prikupljanje referenci (opisa svih relevantnih publikacija) sa svog područja.



Slika 1. Pregled udjela unijetih referenci po pojedinim zemljama u 1996. godini

Republika Hrvatska je postala članicom INIS-a u rujnu 1994. godine.

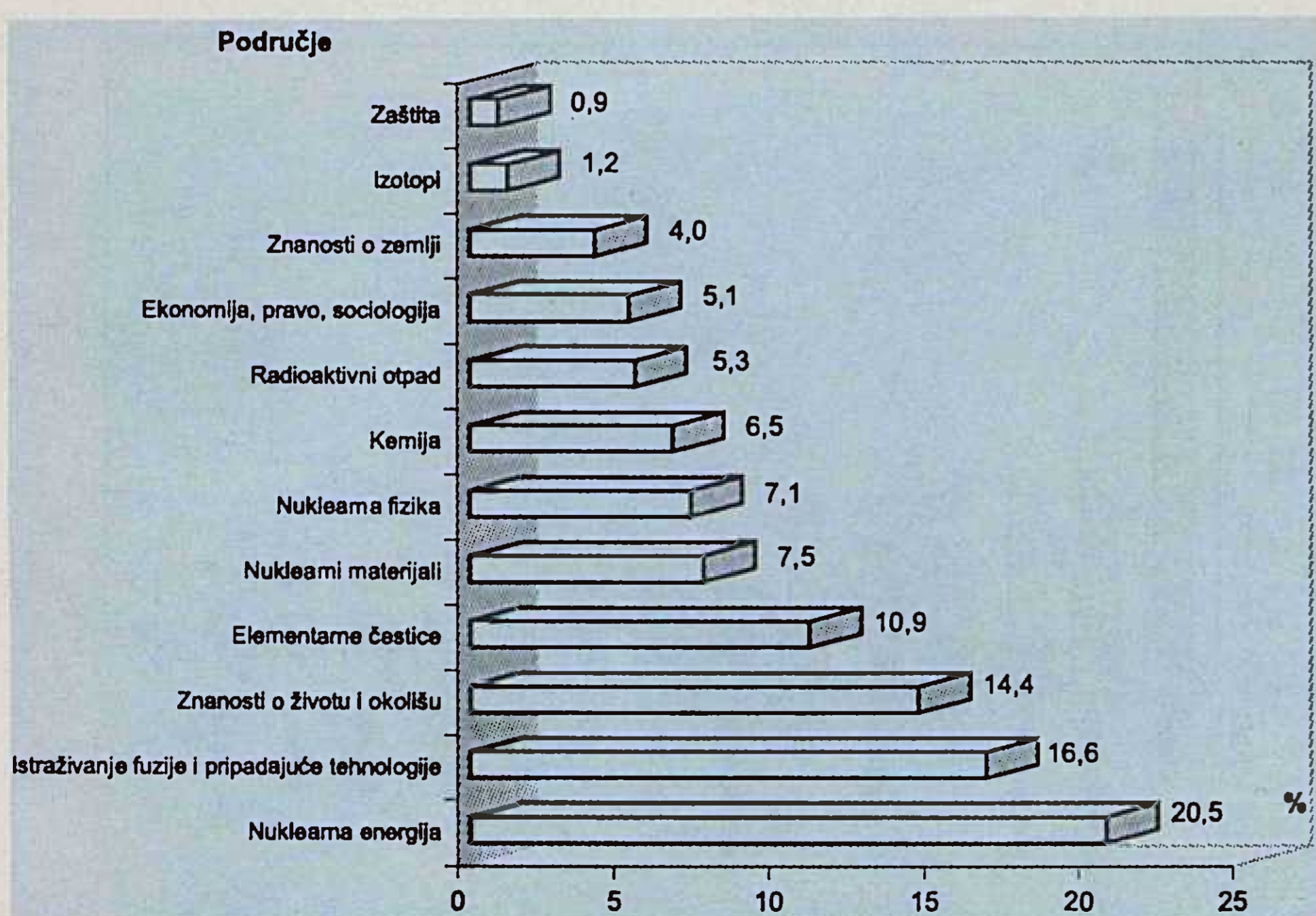
4. KOJE INFORMACIJE INIS OBRAĐUJE?

INIS obavlja opsežnu uslugu objavljivanja informacija o literaturi u području nuklearne znanosti i tehnologije. Da bi to postigao, INIS obrađuje najveći dio svjetske znanstvene i tehničke literature koja spada u djelokrug njegova interesa. Njegovo područje interesa oslikava aktivnosti IA-EA, uključujući informacije o svim aspektima miroljubive primjene nuklearne znanosti i tehnologije.

Područja koje INIS pokriva su:

- Fizika, uključujući fiziku elementarnih čestica i polja, nuklearnu fiziku, atomsku i molekularnu fiziku, fiziku plazme i fuziju, fiziku kondenziranih stanja, opću fiziku;
- Inženjering i tehnologiju, uključujući fisiske reaktore (općenite i specifične tipove) i njihova postrojenja, instrumentaciju, upravljanje radioaktivnim otpadom, opći inženjering koji je u vezi s nuklearnom aktivnošću;
- Znanost o životu i okolišu, uključujući efekte i druge aspekte zračenja i radioizotopa u biologiji, zdravstvo, zaštitu od zračenja, radiologiju i nuklearnu medicinu;
- Kemija i izučavanje materijala vezana uz nuklearne aktivnosti;
- Znanost o izučavanju zemlje vezana uz nuklearne aktivnosti;
- Proizvodnja izotopa i radioaktivnih izvora, primjena izotopa i zračenja;
- Drugi aspekti nuklearne energije, uključujući ekonomske, sociološke i pravne aspekte, nuklearna dokumentacija, zaštita, matematičke metode i kompjutorski programi, drugi aspekti značajni za nuklearne aktivnosti;
- *Od 1992. godine INIS pokriva i ekonomske aspekte, te utjecaj na okoliš nenuklearnih izvora energije.*

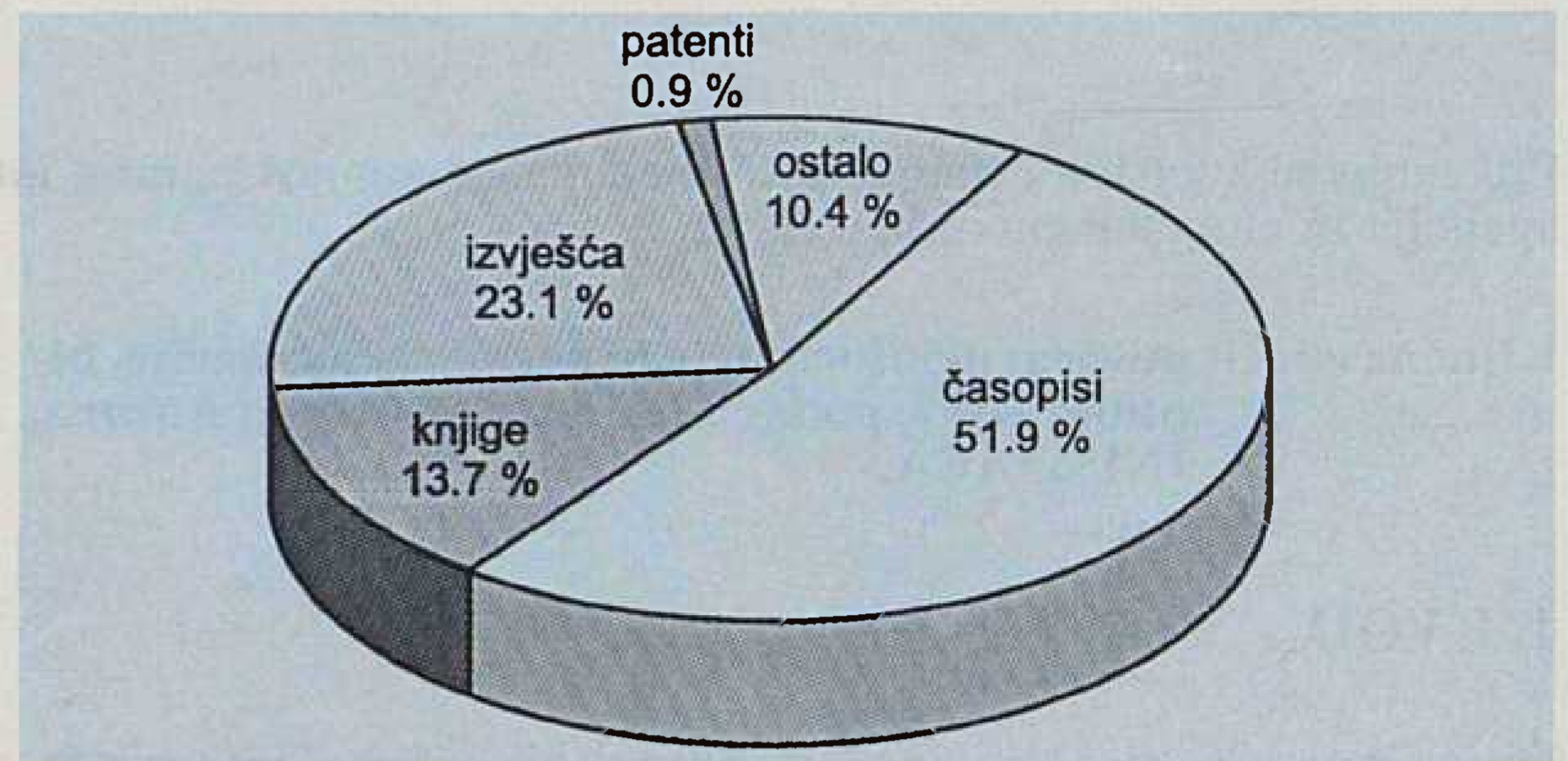
Detaljnije o područjima koje INIS pokriva može se vidjeti u (3) koja sadrži propisana područja koja pokriva INIS i koje stručnjaci za kategorizaciju referenci koriste kao priručnik pri određivanju u koju kategoriju pripada koja referenca koju obrađuju.



Slika 2. Pregled za 1996. godinu zastupljenosti pojedinih područja koje pokriva INIS

Bibliografski opisi (reference) se unutar domene INIS-a rade za:

- časopise i članke u časopisima
- zbornike sa savjetovanja i materijale iz zbornika
- patente
- tehnička izvješća
- knjige
- zakone i propise
- računalne programe
- audio - vizualne materijale
- druge publicirane materijale.



Slika 3. Zastupljenost pojedinih tipova referenci u INIS bazi

5. KAKO SE INFORMACIJE PRIKUPLJAJU?

INIS sekretarijat IAEA broji trenutno 45 stalno uposlenih. Oni su odgovorni za osiguranje da se informacije koje im dostave zemlje članice INIS-a i međunarodne organizacije s kojima INIS surađuje, pažljivo obrade te efikasno i na vrijeme po prihvatljivoj cijeni distribuiraju svim članicama INIS-a i drugim zainteresiranim korisnicima.

Obrada podataka i proizvodnja izlaznih produkta je centralizirana u INIS sekciji IAEA.

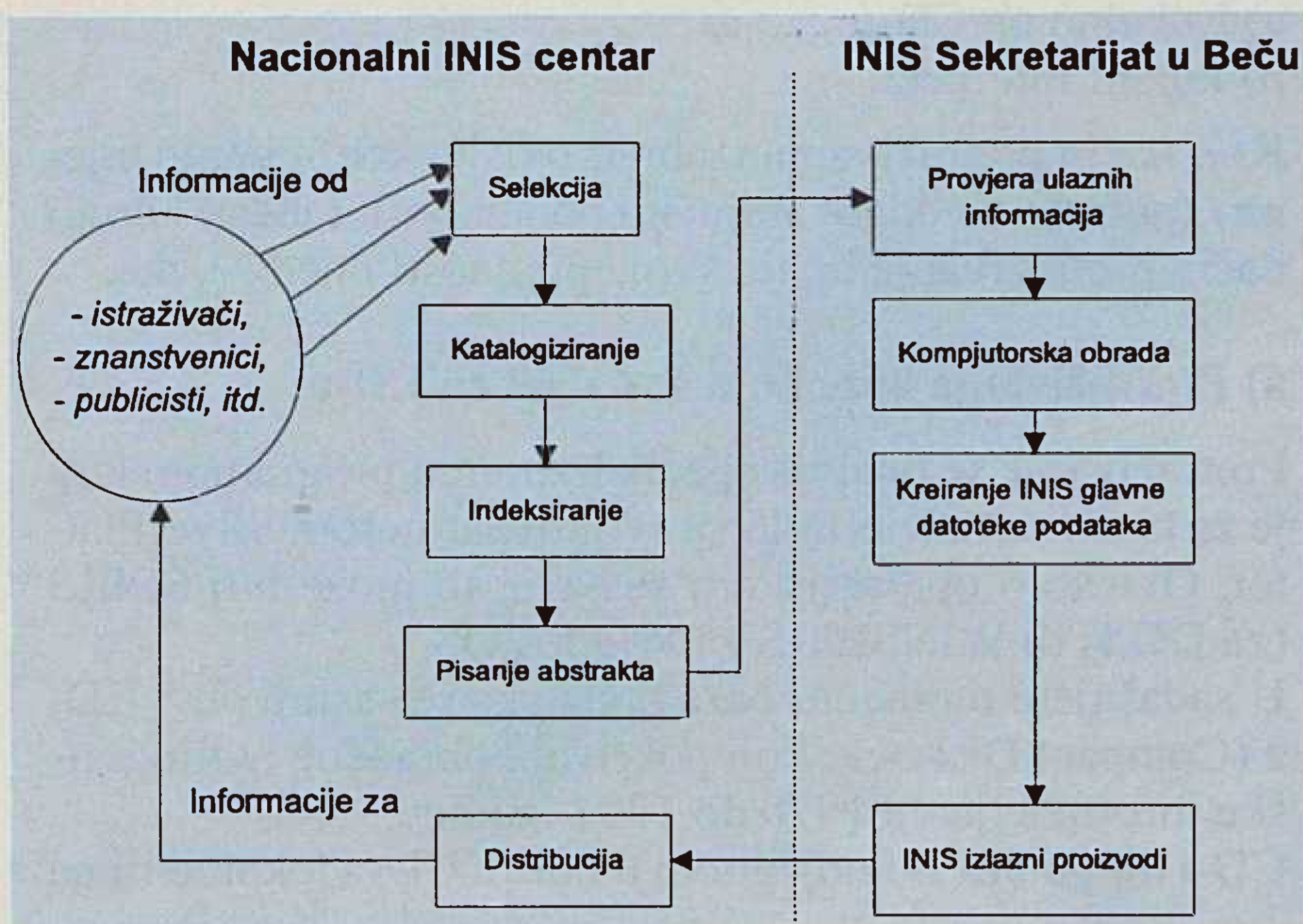
Članice INIS-a prikupljene opise sa svog područja, u elektronskom ili pisanom obliku, šalju u INIS centar u Beču. Doprinos članica INIS-a je značajan zbog decentralizirane prirode INIS-a, tj. osnovu INIS-a čini međunarodna suradnja. Članice INIS-a obavljaju prikupljanje podataka o referencama putem svojih INIS nacionalnih centara.

Prikupljanje i obrada ulaznih podataka se vrši standardiziranim programskim paketom FIBRE (Friendly Inputting of Bibliographic Records) pod operacijskim sustavom DOS ili WINFIBRE pod operacijskim sustavom Windows. Oba programa je sa svojim partnerima razvio i članicama distribuirao INIS sekretarijat. Unutar računalnih programa su ugrađena mnoga pravila za opisivanje referenci koja ne dopuštaju da korisnik čini grube greške, te alati koji korisniku asistiraju pri unosu podataka i pomažu mu da bude efikasniji u svom radu. INIS se također brine da se ovaj programski paket razvija u skladu s općim razvojem informatičkih resursa te da ga pravodobno distribuira svojim članicama.

Osim programskog paketa INIS opskrbljuje članice i odgovarajućim skupom priručnika i propisanih standarda za opis referenci. Sve se to čini u svrhu postizanja što ujednačenijeg i točnijeg opisa referenci bez obzira na geografski položaj izvora podataka, na bibliografsku tradiciju pojedine zemlje, te da bi nakon toga pretraživanje baze podataka bilo što uspješnije i efikasnije.

Za kategorizaciju referenci propisana su područja (3), a za ključne riječi je propisan skup riječi koje mogu biti upotrijebljene (11). Značajno je napomenuti da su standardi podložni promjenama onako kako ih nalažu potrebe korisnika i novosti u domeni koju INIS pokriva. Dakle javljaju se neki novi pojmovi ili se neki stari stavljaju izvan korištenja kao npr. bivši "SSSR" koji je povijesnim zbivanjima zamijenjen novim pojmom "Ruska federacija". INIS slijedi, koliko god je to moguće, i međunarodne standarde (ISO) te ih ugrađuje u svoj sustav.

Značaj lokalnog prikupljanja podataka leži i u tome što se opisi referenci tada ne rade samo na engleskom jeziku nego i na lokalnom pa to onda obogaćuje mogućnosti pretraživanja i prezentiranja informacija.



Slika 4. Prikaz toka informacija u INIS informacijskom sustavu

6. KOJE SU OSNOVNE INFORMACIJE O NEKOJ REFERENCI SADRŽANE U INIS-U?

INIS baza podataka je organizirana kolekcija slogova (zapisa, rekorda). Svaki slog predstavlja opis jednog članka, knjige, konferencijskog zbornika, itd. Slog je podijeljen na polja informacija, kao što su naslov, autor, sažetak, itd. Detaljan opis sloga baze podataka dan je u [14].

Obično se INIS slog o nekoj referenci (npr. članku) sastoji od tri osnovna dijela:

1. *Bibliografski opis* (identifikacija autora, izdavač i slični detalji),
2. *Skup opisa (deskriptora)* koji identificiraju sadržaj literature, odnosno određuju u koju kategoriju i poddomenu INIS-a promatrana referenca spada,
3. *Sažetak (abstrakt)* u kojem se ukratko opisuje bit i sadržaj promatrane reference.

1. Bibliografski opis

Bibliografski opis svake pojedine reference se radi prema pravilima definiranim u (1). Literatura se opisuje po hijerarhijskom principu od najviše do najniže bibliografske komponente, npr. časopisi se analiziraju do razine pojedinog članka, zbornici se analiziraju od razine volumena do razine pojedinog u njemu objavljenog rada, itd.

Za svaki analizirani dio mora se dati puna bibliografska informacija. Ovo uključuje: ime autora (osobno i/ili firme), naslov, izdavača, identifikacijski broj ako ga ima, je-

zik u kojem je referenca pisana, ako to nije engleski jezik, i odgovarajuće bibliografske opaske. Za zbornike potrebno je navesti i naziv, datum i mjesto održavanja savjetovanja.

Određeni podaci koji su dio bibliografskog opisa dokumenata su standardizirani. Tu su uključeni: imena velikih korporacija, naslovi časopisa, imena zemalja i međunarodnih organizacija. Popisi koji sadržavaju standardizirane nazive nalaze se u [5], [6], [9], i [13].

2. Skup opisa (deskriptora)

INIS, da bi pojačao efikasnost manualnog ili kompjutoriziranog pretraživanja baze, koristi dva načina indeksiranja informacija: nazive područja koji su obuhvaćeni referencom i ključnim riječima (deskriptorima). Kao ključne riječi mogu se koristiti samo one definirane u Rječniku [11].

Rječnik je zasnovan na tri tipa međusobnog odnosa pojmova unutar rječnika:

- a) prioritetni (preferencijalni)
- b) hijerarhijski
- c) srodnost - sličnost.

a) Prioritetni pojam dolazi do izražaja kod pojave sinonima, različitog pisanja istog pojma (colour, color) ili radi eliminiranja mogućih dvosmislenosti u terminologiji, itd. U takvim dvojbenim slučajevima se koristi termin propisan u Rječniku [11] tj. pojam koji je dopušteno koristiti pa time ima i prioritet nad ostalim potencijalnim izrazima. Npr. "Hazards" se koristi umjesto pojma "Risks".

b) Hijerarhijski indikator pokazuje semantički odnos između ključnih riječi (deskriptora) na različitim razinama u istoj hijerarhiji pojmova, tj. unutar jedne hijerarhije postoje pojmovi koji mogu biti širi (broader terms - BT) ili užji (narrower terms - NT) u svom značenju, a taj domet se označava brojem. Npr.

ARC WELDING

BT1 welding

BT2 joining

BT3 fabrication

NT1 gas metal-arc welding

NT1 plasma arc welding

c) Indikator srodnosti pokazuje da promatrana ključna riječ ima pojmove s kojima je u odnosima drukčijim nego hijerarhijskim, tj. da je s njima u nekoj vezi (related term - RT). Npr.

DATA PROCESSING

RT computers

RT data

RT information theory

RT recording systems

Rječnik podataka se razvija kontinuirano i novi pojmovi se dodaju prema potrebi procesiranja ulaznih podataka. Nova verzija Rječnika se objavljuje svake godine. Rječnik je preveden na francuski, njemački, ruski, španjolski i kineski.

3. Sažetak (abstrakt)

Sažetak se obvezno piše na engleskom jeziku, a može biti napisan i na jeziku zemlje gdje je referenca nastala ili na nekom drugom jeziku. Praktične upute o pisanju sažetaka dane su u [4], i [8].

7. KAKO SE INFORMACIJE DISTRIBUIRAJU KRAJNJEM KORISNIKU?

INIS objavljuje i distribuira informacije na nekoliko načina:

- u INIS bazi podataka koja je "on line" dostupna na IA-EA računalima direktno ili posredno preko European Space Agency Information Retrieval Service (ESA-IRS)
- kroz međunarodne hostove kao što je STN ili Dialog
- na lokalnim izvorima u zemljama članicama (preko službenika za vezu)
- u INIS Atomindeksu pisanom materijalu koji je izlazio polumjesečno do kraja 1997. godine
- na CD ROM-u
- na magnetskim trakama
- Internet: <http://www.iaea.or.at/programmes/inis/inis.htm>
- u sastavu ENERGY baze podataka koju izdaje IEA.

INIS proizvodi i više referentnih priručnika. Ovi priručnici daju informacije o pravilima i smjernicama za katalogizaciju, indeksiranje i ostale poslove vezane uz opis referenci.

8. PRETRAŽIVANJE INIS BAZE

Način pretraživanja baze zavisi od načina dostupa do baze podataka. Međutim, bez obzira na način pristupa bazi podataka efikasnost pretraživanja i kvaliteta rezultata pretraživanja će značajno ovisiti o razumijevanju organizacije baze, pravila opisa referenci te izboru metode pretraživanja.

Radi omogućavanja što bržeg i potpunijeg upoznavanja INIS-a te upućivanja korisnika da što efikasnije mogu pretraživati bazu, INIS je s partnerima razvio multimedijalni računalni program [17] za učenje korištenja INIS informacijskog sustava, koji se distribuira na CD-u.

Zbog mogućnosti zamjene tehnologije mikrofilma skeniranjem dokumenata u standardnim slikovnim formatima, INIS je počeo nekonvencionalnu literaturu distribuirati putem CD diskova uz koje isporučuje i pomoćni program (INISIR) za pretraživanje i manipuliranje tim podacima [18].

U ovom članku se daje prikaz dva načina pretraživanja INIS podataka koji se čine danas najprihvatljivijim za korisnike u Hrvatskoj:

- Lokalno na CD-u
- Putem Interneta.

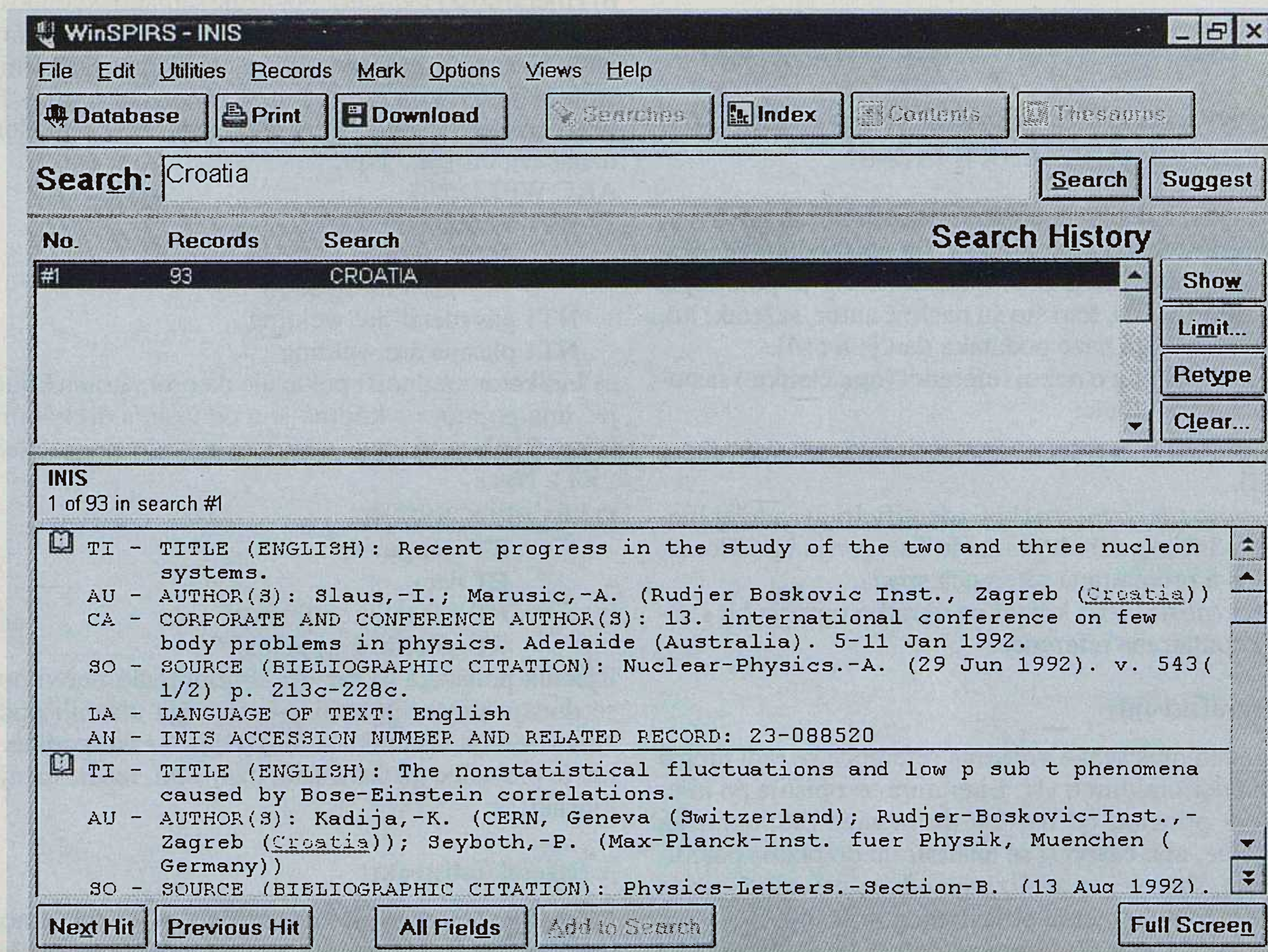
Koji način pretraživanja izabrati ovisi o koeficijentu cijena / (potreba za odgovarajućim podatkom). I jedan i drugi način pretraživanja imaju svoje prednosti i nedostatke.

a) Pretraživanje baze koja se nalazi na CD-u

Pretraživanje se obavlja specijaliziranim programom koji je za tu svrhu razvio INIS sa svojim partnerom SilverPlatter. Ovisno o operacijskom sustavu, to može biti SPIRS (za DOS) ili WINSPIRS za Windos OS.

U sadašnjem momentu baza podataka se sastoji od 8 CD-a (Compact Diskova) koji pokrivaju obrađene bibliografske informacije od 1970 do 1997. godine.

CD-i mogu biti svi odjednom u boksu CD-a lokalno ili na



Slika 5. Windows sučelje programa WinSPIRS

računarskoj mreži pa je tada pretraživanje ugodnije, ili ako korisnik posjeduje samo jedan CD uređaj, tad je potrebno pretraživanje obavljati kroz više koraka i svaki put stavljati drugi CD disk u kućište uređaja.

Program za pretraživanje baze nudi čitav niz opcija da bi pretraživanje bilo uspješnije i brže. Kontrola programa odvija se putem padajućih izbornika, izbora opcija mišem, i upisom informacija u polja za dijalog s programom.

Rezultati pretraživanja ili upiti se u različitim formama mogu prikazati na ekranu, ispisati na pisaču ili pohraniti za kasnije analize.

Kao i kod pretraživanja drugih baza podataka, prije početka pretraživanja INIS baze potrebno je napraviti pripremu za pretraživanje, tj.:

- definirati koji pojam je predmet pretraživanja
- izabrati metodu pretraživanja (koja ovisi o tome što se zna o pojmu po kojem se pretražuje, bazi podataka, i iskustvu pretraživanja):
- korištenje direktnog zadavanja pojma pretraživanja
- prethodno korištenje Indeksa pojmova kako bi se otklonile moguće nedoumice oko načina pisanja pojma ili uopće njegovog postojanja
- prethodno korištenje Rječnika (Thesaurus) ako se želi utvrditi postojanje alternativnih pojmova sa užim ili širim značenjem u odnosu na postavljeni pojam.

Pretraživanje se može obavljati:

- direktno po pojmu za pretraživanje
- mogu se koristiti logički operatori koji omogućuju postavljanje vrlo kompleksnih upita (and, with, near, not, or) osobito u kombinaciji sa zagradama
- unutar jednog upita mogu se zadavati egzaktno vrijednosti određenog polja sloga pri čemu se mogu koristiti operatori: "<", ">", "<=", ">=", "-" (crtica, tj. područje vrijednosti od - do)
- zadavanjem zamjenskih simbola:
- "*" koji zamjenjuje dio riječi tj. jedan ili više znakova u sastavu riječi
- "?" koji predstavlja jedan ili nijedan znak u sastavu riječi.

b) Pretraživanje baze putem Interneta

Obavlja se pristupom na Web stranicu INIS-a na adresi <http://www.iaea.or.at/programmes/inis/database/database.htm>.

Postoji mogućnost pristupa pokusnoj bazi i punoj verziji INIS-a.

Korištenje pokusne baze je besplatno i služi za demonstraciju mogućnosti INIS-a. Jezik za pretraživanje pokusne baze je PLWeb, a baza podataka sadržava nekoliko tisuća referenci.

Za pretraživanje pune verzije INIS-a potrebno je imati otvoren odgovarajući račun kod IAEA, a jezik za pretraživanje baze je STAIRS. STAIRS jezik podržava korištenje dva tipa operatora za pretraživanje i mogućnost njihovog kombiniranja:

- logičke operatore (and, or, not, xor)
- pozicijske operatore (adj, near, syn, with, not with, same, not same).

9. KOJU KORIST OD INIS-a IMAJU KRAJNJI KORISNICI?

Krajnji korisnici dobivaju:

- informacije i servise koji im:
 - pomažu pri istraživanju jer sadržava akumulirano znanje s određenog područja ljudske djelatnosti
 - daju odgovore o nuklearnim znanostima i tehnologiji bez vremenske, prostorne ili jezične barijere
- pristup do informacija koje im nisu dostupne u njihovim vlastitim zemljama, a koje su u INIS unesene od drugih INIS članova
- mogućnost kontakta s izvorima informacija
- povrat investicija uloženi u nabavku INIS proizvoda.

10. ZAKLJUČAK

INIS predstavlja uspješno ostvarenje efikasnog dostupa do znanja i iskustava kroz vremensku i prostornu distancu između izvora informacija i krajnjih korisnika.

INIS informacijski sustav pruža dobar primjer uspješnog informacijskog sustava zbog:

- jasno definiranog područja koje pokriva
- širokog spektra znanstvenih i tehnoloških područja koje obuhvaća
- geografski raširenog područja iz kojeg crpi informacije
- načina organizacije prikupljanja podataka
- raznovrsnih mogućnosti pristupa do podataka
- standardiziranog načina opisivanja referenci
- efikasnog softvera za pretraživanje informacija na različitim nosiocima distribucije informacija.

Vrijednost INIS-a može se osjetiti ukoliko se programu za pretraživanje zada nekoliko odabranih ključnih riječi. Ovisno o procesnoj snazi računala i brzini čitanja diskova program će velikom brzinom pregledati bazu od oko 1.800.000 referenci i u kratkom vremenu, na pregledan način, dati rezultat pretraživanja objavljenih radova iz praktično cijelog svijeta, na području miroljubivog korištenja nuklearne energije. Posredstvom INIS-a, direktnim obraćanjem izdavaču ili autoru moguće je doći do kopija odabranih radova.

INIS baza podataka se u mrežnom okruženju koristi u "Energetskom institutu Hrvoje Požar", a za ostale korisnike je na raspolaganju u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici ili putem posudbe Compact Diskova od Ministarstva gospodarstva.

Iz Hrvatske se kontakt s INIS-om ostvaruje preko ovlaštenog službenika Hrvatske vlade u Ministarstvu gospodarstva. To je osoba koja je na području Republike Hrvatske odgovorna za organizaciju prikupljanja informacija i njihov unos u INIS, što se i provodi od 1995. godine u ukupnom opsegu od preko 150 unosa (zapisa, referenci).

LITERATURA

- [1] IAEA-INIS-1, INIS: Descriptive Cataloguing Rules
- [2] IAEA-INIS-2, INIS: Descriptive Cataloguing Sample
- [3] IAEA-INIS-3, INIS: Subject Categories and Scope Descriptions
- [4] IAEA-INIS-4, INIS: Instructions for Submitting Abstracts
- [5] IAEA-INIS-5, INIS: Terminology and Codes for Countries and International Organisations
- [6] IAEA-INIS-6, INIS: Authority List for Corporate Entries and Report Number Prefixes
- [7] IAEA-INIS-7, INIS: Specifications for Machine Readable Data Exchange

- [8] IAEA-INIS-10, INIS: Transliterations Rules for Selected Non-Roman Characters
- [9] IAEA-INIS-11, INIS: Authority List for Journal Titles
- [10] IAEA-INIS-12, INIS: Manual for Indexing
- [11] IAEA-INIS-13, INIS: Thesaurus
- [12] IAEA-INIS-17, INIS: Manual for On-line Retrieval
- [13] IAEA-INIS-21, INIS: Guidelines for Standardised Entry of Corporate Bodies
- [14] IAEA-INIS-22, INIS: Database Manual
- [15] IAEA: "Presenting INIS", Vienna, 1992
- [16] IAEA: "Annual Report 1996", Vienna, 1997
- [17] IAEA: Computer based training: "INIS Technical Abstracting and Input Procedures", INIS Section of IAEA, Vienna, 1996, Compact disk (CD)
- [18] IAEA: "INIS Non Conventional Literature", RN 28000001-28002187, 1997, Vienna, Austria, Compact disk (CD)
- [19] SilverPletter: "WinSPIRS User's Manual", v.2.0, 1995, England
- [20] SilverPletter: "WinSPIRS Getting Started Guide", v.2.0, 1995, England
- [21] Web stranica INIS-a: <http://www.iaea.or.at/programmes/inis/inis.htm>

INIS -INTERNATIONAL NUCLEAR INFORMATION SYSTEM

Characteristics and capabilities of the International Nuclear Information System (INIS) are given, founded and led by the International Atomic Energy Agency in Vienna.

INIS - DAS INTERNATIONALE KERntechnISCHE (NUKLEARE) INFORMATIONSSYSTEM

Gezeigt werden Eigenschaften und Leistungen des - von der Internationalen Vermittlungsstelle für Kernenergie in Wien gegründeten - Internationalen kerntechnischen Informationssystems (INIS)

Naslov pisca:

Franjo Klečina, dipl. ing.
Energetski institut "H. Požar"
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-01-14

POKRETNI UREĐAJ ZA OBRADU OPASNOG ORGANSKOG OTPADA - PUTO

Neven Hladki, Zagreb

UDK 621.311.22:577.4
STRUČNI ČLANAK

U članku je sažeto opisan način rada i tehničke značajke uređaja PUTO koji je namijenjen za obradu tehnološkog opasnog organskog otpada. Obrada otpada provodi se izgaranjem. Prikazana je struktura i količina otpada koji se proizvodi na području grada Zagreba, kao i mogućnosti njegovog zbrinjavanja u PUTO. Na kraju su prikazani utjecaji na okoliš uređaja, iz kojih se može zaključiti da je uređaj PUTO vrlo pogodan uređaj za obradu opasnog organskog otpada sa minimalnim utjecajima na okoliš i to prvenstveno zbog emisije određene količine onečišćujućih tvari u izlaznim dimnim plinovima. Međutim, osnovni uvjet koji mora biti poštivan za besprijekoran rad uređaja je striktno pridržavanje pogonskih procedura i konstantan nadzor ulaznog otpada u uređaj.

Ključne riječi: PUTO (pokretni uređaj za termičku obradu opasnog organskog otpada), tehnološki opasni organski otpad, termička obrada, pročišćavanje dimnih plinova, vrećasti filtri, suhi režim rada, mokri režim rada, emisija u atmosferu, šljaka, pepeo i praškasti kruti ostaci, međuskladište pepela i praškastih krutih ostataka.

1. UVOD

Uređaj PUTO (pokretni uređaj za termičku obradu opasnog organskog otpada) se prioritetno nametnuo za potrebe rješavanja termičkom obradom opasnoga ili potencijalno opasnoga otpada koji je otkriven ili će tek biti otkriven u procesu sanacije smetlišta Jakuševac, te za obradu dijela ukupnoga zagrebačkog tehnološkog opasnog organskog otpada.

Zbog svoje kompleksnosti i vrlo visokoga stupnja zaštite okoliša koji je ugrađen u sustave uređaja PUTO, konačno i zbog svoje relativno visoke cijene, uređaj je vrlo pogodan za obradu prije svega opasnoga organskog tehnološkog otpada. Prednost je uređaja PUTO što se nakon obavljenoga posla na području Jakuševca odnosno nakon njegove potpune obrade, može preseliti na novu lokaciju s obzirom da se radi o demontažnom uređaju koji je sastavljen od 23 osnovna bloka koji su demontažni i lako preseljivi na drugu lokaciju. Uređaj je postavljen na lokaciji smetlišta Jakuševac, a nositelj ovog projekta je Grad Zagreb, odnosno njegovo poduzeće za gospodarenje otpadom i zaštitu okoliša - ZGO. Uređaj je pušten u rad u studenome 1997. godine, a trenutačno je u tijeku probni pogon i uhdavanje uređaja.

2. ODABIR UREĐAJA

Katastar tehnološkog otpada grada Zagreba je ukazao na potrebu izgradnje uređaja koji će moći zbrinuti po fizikalnim i kemijskim značajkama vrlo široki dijapazon otpada - tekućega, pastoznoga, krutoga i plinovitoga.

U svijetu se danas u svrhu zbrinjavanja opasnoga otpada primjenjuju razna tehnička rješenja. Na osnovi provedenih analiza najviše prednosti ima uređaj čije su osnovne

komponente: rotacijska peć (RP) i komora za naknadno izgaranje (KNI). Iz tablice 1. se vidi da je RP vrlo pogodna za pastozni i kruti otpad, a tek nešto manje pogodna za kruti otpad koji dolazi u većim komadima (što je rijetkost) i za tekući i plinoviti otpad. Za razliku od toga sva druga rješenja mogu samo selektivno funkcionirati i s uspjehom obraditi najčešće samo jedan tip otpada.

Stoga je uređaj PUTO odabran tako da je po svojoj koncepciji i tehničkim rješenjima suvremeni uređaj kojega su osnovne komponente rotacijska peć i komora s naknadnim izgaranjem, a cjelokupni uređaj zadovoljava sljedeće zahtjeve:

- uređaj je pokretan, odnosno demontažan, jer će ostati tako dugo na određenom području dok ne zbrine sve sakupljene količine otpada s tog područja,
- uređaj ima rotacijsku peć i odgovarajući prostor za visokotemperaturno izgaranje, odnosno ima mogućnost obrade čvrstih, pastoznih, muljevitih i tekućih vrsta otpada,
- uvid u rad uređaja od strane nadležnih državnih organa i građana je moguć u svakome trenutku,
- uređaj je u svojoj temeljnoj izvedbi u skladu s ukupnim mjerama zaštite okoliša,
- uređaj u radu udovoljava hrvatskim propisima, te propisima Europske unije i posebno Direktivi Vijeća Unije (Council Directive 94/67/EC, 16 December 1994) o spaljivanju opasnoga otpada,
- uređaj je opremljen suvremenim sustavima za čišćenje dimnih plinova, kao što su efikasni filter, pranje dimnih plinova, suha adsorpcija, katalizator itd.
- uređaj je fleksibilan u radu, odnosno prilagodljiv mogućim promjenama sastava otpada na ulazu,
- uređaj ne ispušta u okoliš otpadne vode tehnološkoga podrijetla,
- uređaj ima mogućnost iskorištenja proizvedene energije

za proizvodnju vrela vode (do 1350°C) i (ili) za proizvodnju vodene pare (pregrijana para tlaka 8 bara, temperature oko 230°C),

- uređaj ima potpuni informatički sustav praćenja rada sa središnjim mjestom nadzora, te jednim dislociranim mjestom nadzora utjecaja na okoliš.

be zbrinjavanja opasnog organskog otpada koji nastaje u Zagrebu i bližoj okolini.

3. TEHNIČKE ZNAČAJKE I NAČIN RADA UREĐAJA PUTO

Uređaj PUTO svojom koncepcijom osigurava realizaciju

Tablica 1. Usporedba raznih postupaka termičke obrade

(0 - nije pogodno, 1 - pogodno nakon predobrade, 2 - pogodno, 3 - vrlo pogodno)

Vrste otpada	Ložišta s roštiljem	Etažne peći	Vrtložni sloj	Ložišna komora	Rotacijska peć	Piroliza	Rasplinjanje	Hidracija
Kruti - komadni d<20cm	2	1	1	0	2	3	0	0
- sa niskim talištem t<300oC	0	0	0	1	3	3	3	3
- zrnati, l<d<10mm	0	3	3	0	3	3	1	1
- organski sa puno pepela	2	3	3	0	3	3	2	0
- posude	2	0	0	0	3	0	0	0
Pastozni - visokoviskozni,	0	0	2	2	3	2	2	3
moguće raspršivanje, organski								
- visokoviskozni	0	0	2	0	3	2	0	3
nemoguće raspršivanje, organski								
- vodeni organski muljevi	0	3	3	0	3	0	0	0
Tekući - visukoorganski	0	0	2	3	2	0	2	3
- halogenizirani organski	0	0	2	3	2	0	3	2
- vodeni s malo organskog materijala	0	0	2	3	2	0	0	0
Plinoviti	0	0	2	3	2	0	0	0

U Zagrebu je posljednjih godina napravljen Katastar tehnološkoga otpada [1]. U tablici 2. je prikazan katastar iz 1996. godine.

Ukupno je registrirana godišnja proizvodnja od 13.281 tona opasnoga organskog otpada, ali osim toga na skladištima postoji još 4218,6 tona i 2055 m³ takvoga otpada. Ovim količinama treba dodati i izvjesnu količinu otpada koji se trenutno spaljuje u neadekvatnim spaljivaonicama, te oko 1300 t/god bolničkoga otpada. Ukupna proizvodnje organskoga opasnoga otpada, na zagrebačkome području, od malih proizvođača otpada iznosi oko 300 tona godišnje.

Stoga se, temeljeno na sadašnjim saznanjima, u Zagrebu stvara godišnje oko 15.000 tona opasnoga organskog otpada. Jedan dio toga otpada će se moći vratiti proizvođaču na čišćenje i ponovnu upotrebu, a dio će se moći spaljivati u drugim uređajima (npr. dio otpadnih ulja, iako su klasificirana kao opasni otpad, mogu se bez ikakvih problema, jednostavnije i jeftinije spaljivati u energanama koje troše tekuće gorivo ili u tvornicama cementa).

Stoga se ocjenjuje da je potreban kapacitet uređaja oko 10000 tona godišnje, što će u potpunosti zadovoljiti potre-

dva osnovna kompleksna tehnološka procesa i to izgaranje otpada i pročišćavanje produkata izgaranja.

Sustav za spaljivanje tehnološkoga otpada izveden je jednolinijski iz dvije procesne modulne jedinice: rotacijske peći (RP) i komore za naknadno izgaranje (KNI); maksimalne mogućnosti spaljivanja 1200 kg/h otpada donje ogrjevne vrijednosti od 20930 kJ/kg. Količina otpada za spaljivanje može se povećavati ili smanjivati u ovisnosti o ogrjevnoj moći otpada. Uređaj je dimenzioniran za rad od najmanje 7000 h na godinu, što znači da je raspoloživost uređaja veća od 80 posto. [2]

Za pogon spreman PUTO sastoji se iz 24 kontejnerskih modula koji se mogu transportirati i koji se zajedno povezuju na lokaciji u stacionarnu jedinicu, a sastoji se iz sljedećih horizontalno ili vertikalno postavljenih kontejnera:

- Kontejner 0 - Priprema krutoga otpada s rotirajućim škarama
- Kontejner 1 - Rotacijska peć
- Kontejner 2 - Komora naknadnoga izgaranja sa sigurnosnim dimnjakom
- Kontejner 3 - Izmjenjivač topline br.1
- Kontejner 4 - Izmjenjivač topline br.2
- Kontejner 5 - Izmjenjivač topline br.3
- Kontejner 6 - Reaktor
- Kontejner 7 - Vrećasti filter za prašinu
- Kontejner 8 - Izmjenjivač topline br.4
- Kontejner 9 - Katalizator
- Kontejner 10- Toranj za pranje dimnih plinova - kiseli postupak
- Kontejner 11- Toranj za pranje dimnih plinova - alkalni postupak
- Kontejner 12- Dimnjak
- Kontejner 13- Upravljačka stanica
- Kontejner 14- Dizel električni agregat za struju i kompresor

Tablica 2. Količina tehnološkoga otpada u Zagrebu

Naziv otpada	Količina, t/god. 95/96
Ukupni tehnološki otpad	274.676
Ukupni neopasni otpad	229.356
Neopasni organski otpad	116.994
Neopasni anorganski otpad	112.361
Nedefinirano	-
Ukupni opasni otpad	45.320
Opasni organski otpad	13.281
Opasni anorganski otpad	32.039

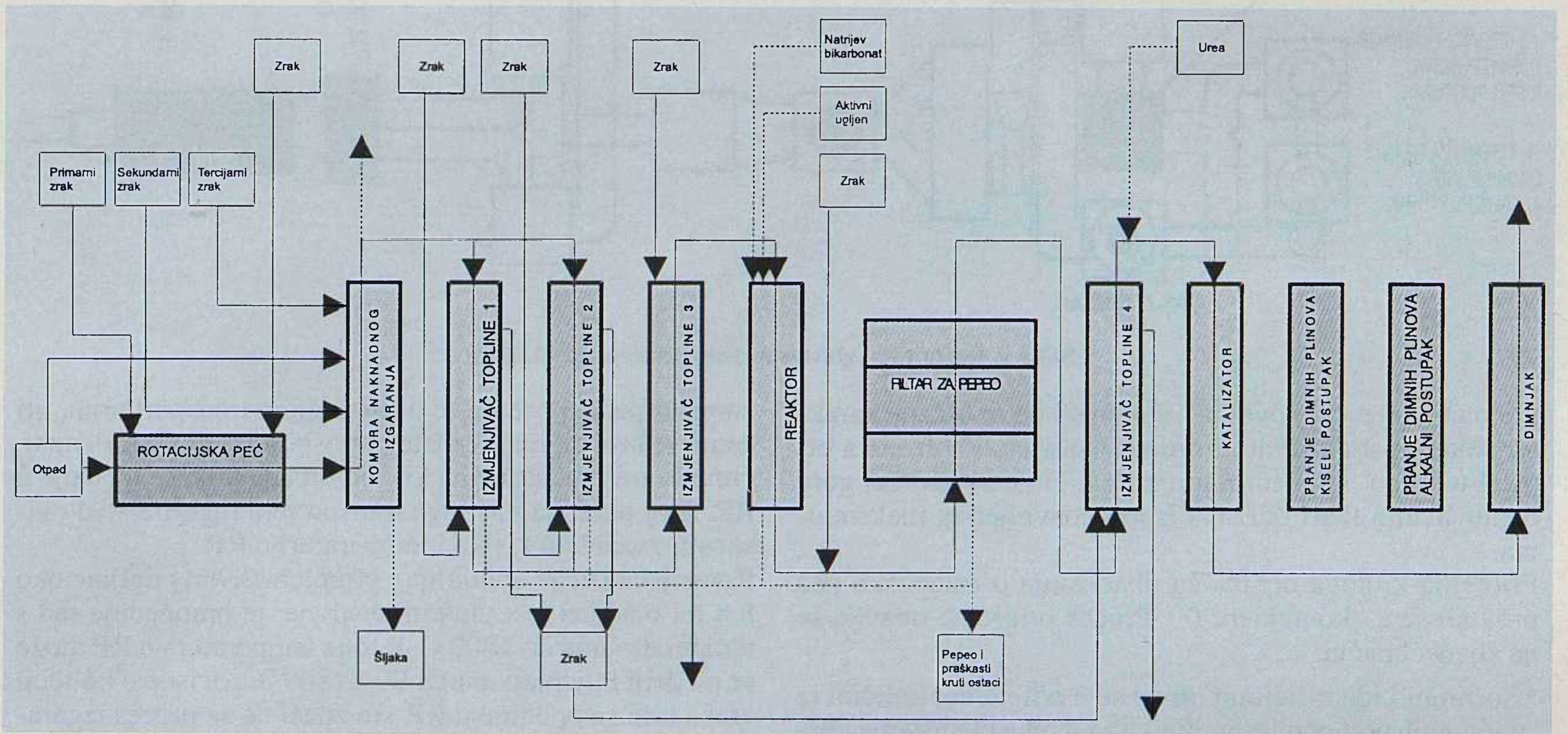
- Kontejner 15- Prostor za pogonsko osoblje
- Kontejner 16- Radionica
- Kontejner 17- Spremnik za šljaku
- Kontejner 18- Spremnik otpadnog ulja
- Kontejner 19- Spremnik aktivnoga ugljena
- Kontejner 20- Uređaj za pripremu natrijeva bikarbonata
- Kontejner 21- Spremnik za otapala
- Kontejner 22- Neutralizacija i doziranje vode na izlazu iz tornjeva za pranje dimnih plinova
- Kontejner 23- Spremnik za otpadne vode

Tehnološki proces koji se odvija u uređaju se može pratiti na slikama 1. i 2. (tehnološke sheme pri radu u suhom ili mokrom postupku pročišćavanja dimnih plinova), dok je pojednostavljena dispozicija glavne opreme prikazana na slici 3.

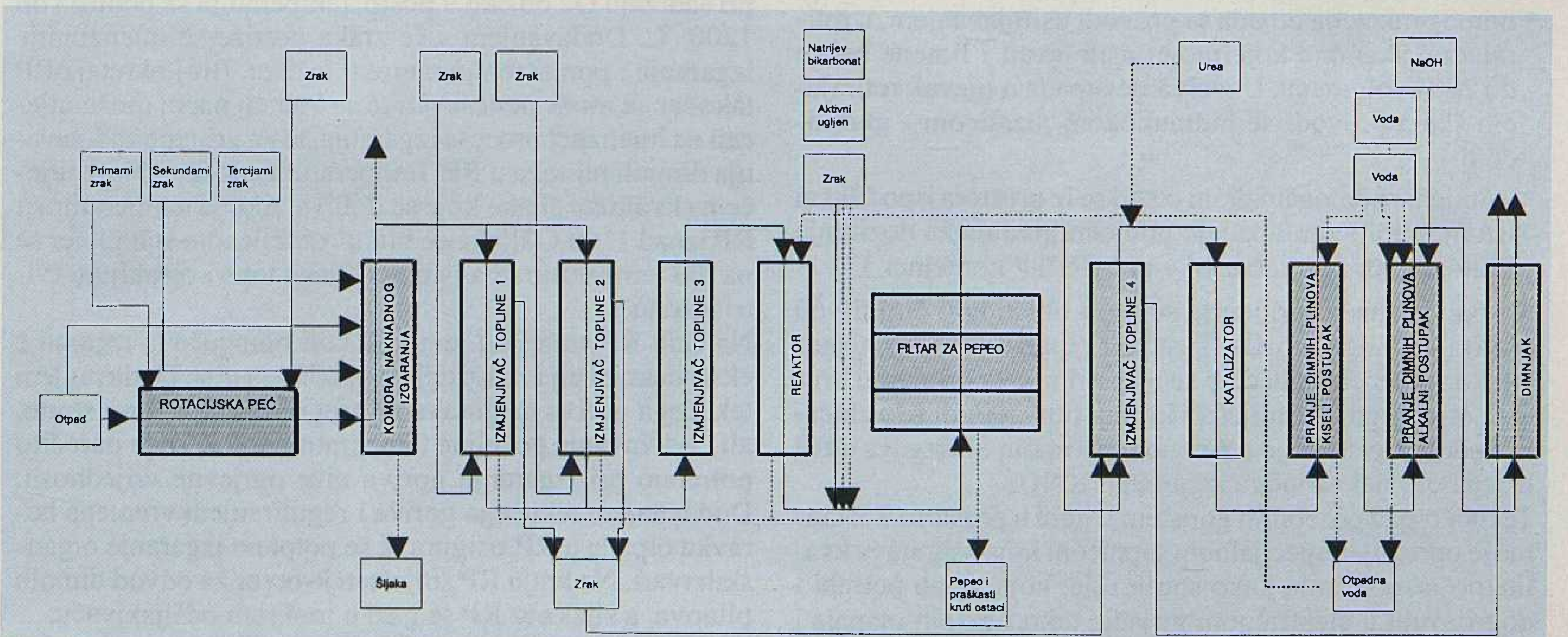
Prije početka spaljivanja otpada iznimna se briga posvećuje strogoj kontroli količine opasnih tvari koje ulaze u proces, jer se samo na taj način može osigurati rad uređaja s izlaznom kvalitetom dimnih plinova u skladu s tehničkim zahtjevima i europskim normama. Stoga je maksimalni sadržaj sumpora u ulaznom otpadu 2%, maksimalni sadržaj organskoga klora 1% tež. i anorganskoga klora 1% tež. Pored toga u ulaznom otpadu dozvoljen je sadržaj sljedećih elemenata u mg/kg otpada:

olovo	900,00	krom	900,00
bakar	600,00	kadmij	10,00
željezo	4000,00	barij	600,00
cink	2500,00	živa	10,00
kantar	230,00	dioksini/furani	11,00 ng/kg

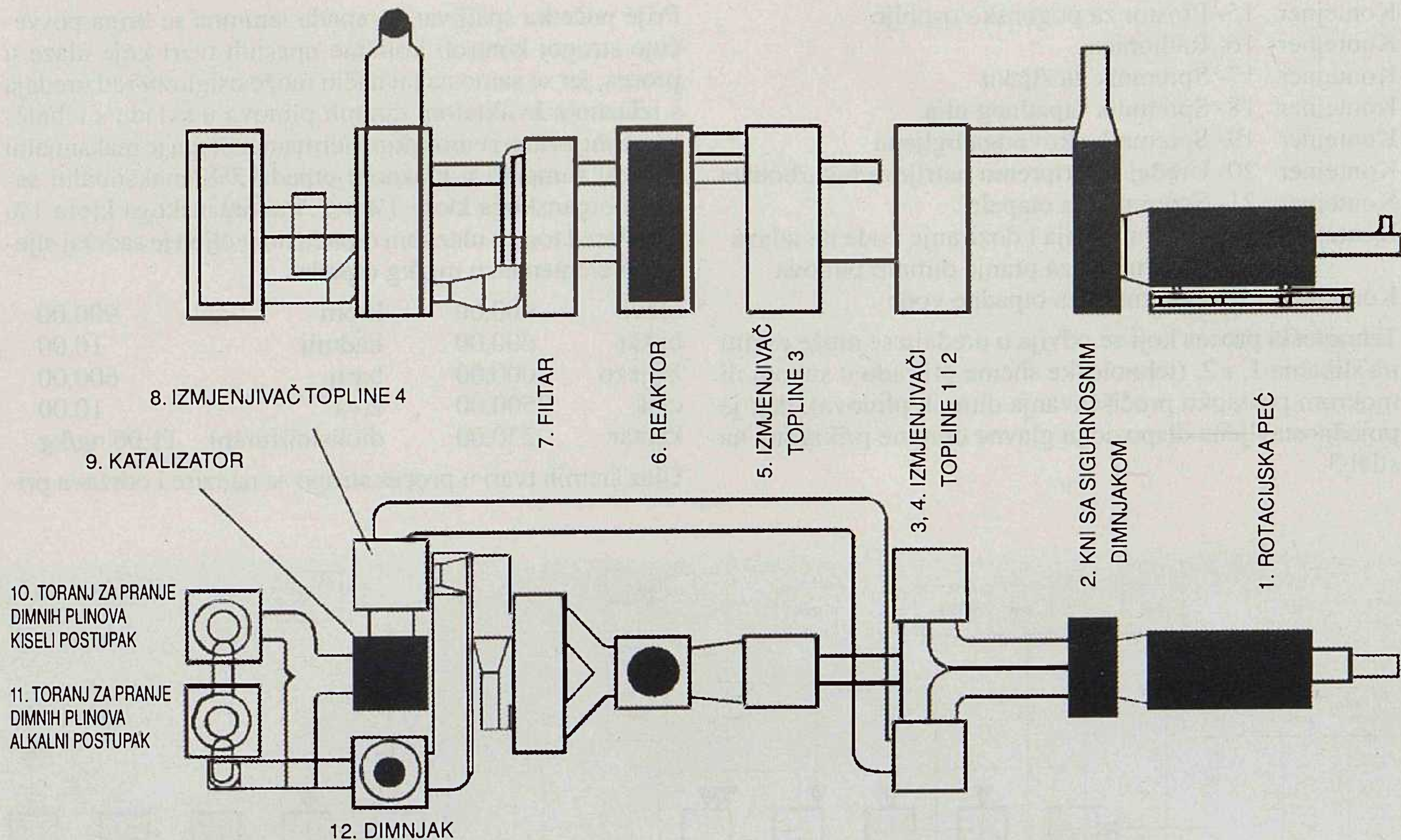
Ulaz štetnih tvari u proces strogo se nadzire i održava pri-



Slika 1. Tehnološka shema uređaja PUTO - suhi postupak



Slika 2. PUTO tehnološka shema - mokri postupak



Slika 3. Razmještaj glavne opreme postrojenja PUTO

premanjem tzv. "jelovnika", što znači da se ulazne karakteristike otpada ostvaruju miješanjem različitih vrsta otpada u točno određenim omjerima, čime se sadržaj gore danih štetnih tvari održava ispod dozvoljenog maksimuma.

Priprema krutoga otpada za ubacivanje u rotacijsku peć provodi se u "kontejneru 0". Proces pripreme obavlja se na sljedeći način:

- sortirani i identificirani otpad se u određenoj količini iz pojedinih pomoćnih spremnika za međusklađenje ubacuje u spremnik za pripremu. U istu se posudu, prema odabranom "jelovniku", ubacuju i pojedine posude i/ili bačve koje sadrže identificirani otpad
- homogenizacija otpada se provodi usitnjavanjem, u rotirajućim škarama koje mogu usitnjavati i limene bačve do 200 l volumena. Ubacivanje otpada u lijevak rotirajućih škara provodi se hidrauličkom dizalicom - grabilicom
- usitnjeni i homogenizirani otpad se iz prostora ispod škara istom grabilicom ubacuje pomoću uređaja za doziranje krutoga otpada u rotacijsku peć (RP) ("kontejner 1")

Na opisani način priprema se kruti otpad koji čini 50-60 posto ukupnoga otpada. Pastozni otpad, ovisno o njegovoj konzistenciji, ubacuje se u spremnik za pripremu krutoga otpada gdje se miješa s krutim otpadom ili se u slučaju rjeđe konzistencije posebnom pumpom ubrizgava u RP ili komoru naknadnoga izgaranja (KNI).

Tekući otpad posebnim goračem izgara u prostoru RP. Gorač je opremljen specijalnom sapnicom koja osigurava kvalitetno raspršivanje kako starih ulja, koja se po potrebi i dogrijavaju u električnom grijaču, tako i raznih otapala i razrjeđivača koji su lako hlapljivi.

Kruti otpad pripremljen za izgaranje, uz dodatak pasto-

znoga otpada, ubacuje se u RP pužnim transporterom, pri čemu se broj okretaja pužnog transportera može mijenjati, čime se mijenja količina krutoga otpada koja se ubacuje u RP. Broj okretaja pužnoga transportera regulira se u ovisnosti o sadržaju kisika i temperaturi u RP.

Rotacijska peć je unutarnjeg promjera 2,9 m i duljine oko 8,8 m, ozidana je s unutarnje strane, te omogućuje rad s temperaturama do 1200 °C. Radna temperatura u RP može se po želji mijenjati unutar 900-1200 °C, ovisno o količini zraka koji se upuhuje u RP, što znači da se proces izgaranja u RP provodi uz visoki pretičak zraka, a temperatura u RP ovisi o pretičku zraka kod procesa izgaranja. Pri sadržaju O₂ od 6 posto, temperatura u RP je 850-900 °C, a pri sadržaju O₂ od oko 9 posto, temperatura se podiže i do 1200 °C. Dodavanjem više zraka postiže se intenzivnije izgaranje i porast temperature u ložištu. Broj okretaja RP također se može podešavati te se i na taj način može utjecati na intenzitet procesa izgaranja, te na vrijeme zadržavanja dimnih plinova u RP. Temperatura u ložištu bitno utječe na kvalitetu šljake koja se dobiva. Ako je temperatura u RP iznad 1100 °C šljaka će biti u ostakljenom stanju, jer se na tim temperaturama pepeo i šljaka tope i ostakljuju (vitrificiraju).

Na čelu RP smješten je gorač koji omogućava izgaranje ekstralakovog ulja za loženje i otpadnog ulja. Dodavanjem tekućega goriva osigurava se progrijavanje RP pri startu, ali i održavanje poželjne temperature u RP. To je naročito potrebno pri izgaranju goriva niže ogrjevnosti. Dodavanjem tekućega goriva i reguliranjem vremena boravka otpada u RP, osigurava se potpuno izgaranje organskih tvari. Na kraju RP smješten je otvor za odvod dimnih plinova, a šljaka iz RP se gasi u mokrom odšljakivaču. Dimni plinovi po izlazu iz RP ulaze u KNI ("kontejner 2") koji je vertikalne izvedbe. Dimni plinovi nastali izgara-

njem organskih komponenti imaju visoku toplinsku stabilnost. Kako bi se osiguralo potpuno izgaranje i smanjenje sadržaja dioksina i furana, KNI je tako izveden da osigurava zadržavanje dimnih plinova od najmanje 2 sekunde na temperaturi iznad 1200°C. Uz dovoljno dugo zadržavanje, te intenzivno miješanje uz dodavanje zraka za izgaranje, te dodavanje tekućeg otpada, postiže se 99.9 postotno izgaranje. Visoka temperatura se osigurava dodatnim goračem za izgaranje tekućega goriva koji je ugrađen na dnu KNI. Na samom dnu KNI nasuprot izlaza iz RP smješten je raspršivač za ubrizgavanje razrjeđivača i onečišćenih voda. KNI je također ozidana vatrootpornim oziđom koji je otporan na temperature do 1500 °C.

Na taj način RP sa KNI osigurava sve temeljne uvjete za kvalitetno spaljivanje opasnoga otpada i visoku temperaturu, veliku turbulenciju i dugo vrijeme zadržavanja otpada u peći.

Na izlazu iz KNI u vertikalnom nastavku smješten je sigurnosni dimnjak koji se otvara samo pri startu te pri hitnoj obustavi rada uređaja. Uzroci hitnog gašenja uređaja mogu biti razni, no u slučaju ispada postrojenja otvaranjem sigurnosnog dimnjaka osigurava se izgaranje otpada koji je već dospio u RP. U takvim slučajevima zaustavlja se RP, dovod zraka i ubacivanje goriva u RP, a KNI ostaje u radu da se i u takvim uvjetima osigura dovoljno visoka temperatura za one dimne plinove koji nastaju u RP.

U slučaju nestanka električne energije automatski se uključuje dizel agregat koji osigurava el. energiju potrebnu za dogorijevanje goriva koje se nalazi u RP i to uz rad potpornih gorača na ekstralako loživo ulje.

U normalnome radu uređaja sigurnosni dimnjak je zatvoren hidraulički posluživanom i daljinski upravljanom zaklopkom. Dimni plinovi na izlazu iz KNI s temperaturom 1000-1200 °C miješaju se s hladnim zrakom i hlade na oko 850 °C prije ulaza u **izmjenjivače topline (IT)**.

Dimni plinovi se zbog velike količine dijele na dvije struje, te se u dva izmjenjivača topline (IT br. 1 i 2, odnosno "kontejneri 3 i 4") hlade na oko 350 °C. Kao rashladni medij služi zrak koji se posebnim ventilatorom upuhuje na cijevni snop vertikalnih cijevi. Pri tome se zrak zagrijava na oko 460 °C, i može se iskoristiti za predaju topline za druge namjene. Ovaj se zrak prije daljnjeg korištenja ili ispuštanja u okolinu prethodno ohladi za oko 100 °C zagrijavajući dimne plinove prije DENOX uređaja (katalizator - "kontejner 9"). Cijevi izmjenjivača se s unutarnje strane kroz koje struje dimni plinovi čiste komprimiranim zrakom. Prašina kod čišćenja, a i tijekom rada, struji s dimnim plinovima prema dolje i pada u lijevak na dnu, odakle se izvlači čelijskim zatvaračem i pužnim transporterom.

Dimni plinovi na izlazu iz IT br.1 i 2 odlaze u IT br. 3 ("kontejner 5") gdje se hlade s rashladnim zrakom na oko 220 °C, i to u tzv. "suhom" režimu rada. Postrojenje, naime, može raditi u dva režima rada, i to u tzv. "suhom" i "mokrom" režimu. "Suhi" režim pretpostavlja rad bez tornjeva za pranje dimnih plinova, a primjenjuje se uvijek kad ulazne karakteristike otpada omogućuju postizanje izlaznih parametara postrojenja bez pranja dimnih plinova. To je u pravilu za niže sadržaje Cl i S u ulaznom otpadu, a na osnovi iskustva procijenjeno je da će uređaj raditi u tom režimu oko 90-95% ukupnog vremena.

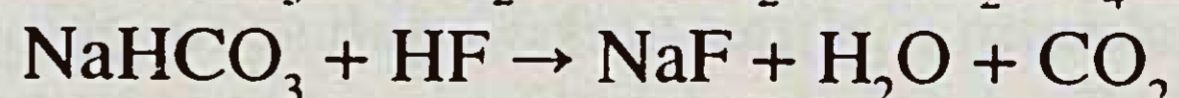
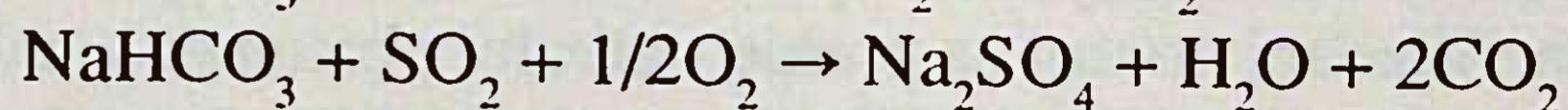
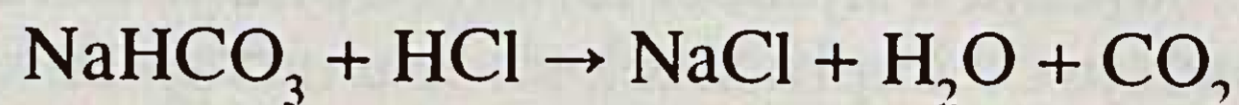
Kod "mokrog" režima dimni plinovi se u IT br.3 ne hlade, što se realizira isključivanjem ventilatora za zrak. Na izlazu iz IT br.3 dimni plinovi ulaze u reaktor u kojem struje

odozgo prema dolje. U "suhom" režimu u ovom reaktoru se u struju dimnih plinova upuhuje natrijev bikarbonat i aktivni ugljen, te ova smjesa reagensa i dimnih plinova odlazi u vrećasti filter. Kod "mokrog" režima rada na vrhu reaktora se u struju dimnih plinova ubrizgava voda iz tornjeva za pranje dimnih plinova, čime se postiže višestruki efekt, pri čemu se ta voda isparava, a soli i ostale nečistoće od pranja ostaju u struji dimnih plinova te se zadržavaju u filteru. Pri tome se dimni plinovi ohlade na oko 220 °C.

Kod "mokrog" režima reagens se upuhuje u struju dimnih plinova u kanal odmah iza reaktora. Proces čišćenja dimnih plinova najvećim dijelom se odvija u vrećastom filteru ("kontejner 7") koji se sastoji od 3 modula s ukupno 480 vreća. U vrećastom filteru odvijaju se dva procesa čišćenja dimnih plinova, i to izdvajanje čestica prašine zaustavljanjem na površini vreća, te vezivanje parnih i plinovitih štetnih tvari reakcijama s reagensom koji čini sloj na površini filtarske vreće. Filtarske membrane načinjene su od materijala na osnovi teflona i otporne su na temperature do 250 °C u trajnom pogonu. Membrane imaju mrežnu strukturu s otvorom okna od 50 m, tako da se provodi efikasno izdvajanje prašine na površini membrane bez potrebe za stvaranjem dodatnog filtarskog sloja. Čišćenje vreća odvija se zračnim udarima, tzv. Puls-Jet uređajem, prema određenom programu koji se provodi otvaranjem magnet-skih ventila na instalaciji komprimiranog zraka. Na ovaj način otresena smjesa pepela, soli i reagensa se iz dva lijevka ispod vreća izvlači pužnim transporterima.

Pored mehaničkog čišćenja na površini filtarskih vreća odvijaju se reakcije vezivanja HCl, HF i SO₂, te izdvajanja isplinjnih opasnih elemenata kao npr. živa, kadmij, talij, selen i arsen, nadalje kloriranih dibenzo-dioksina i dibenzo-furana, teško hlapljivih kloriranih ugljikovodika kao npr. heksaklorbenzola i heksaklorcikloheksana, polikloriranih bifenila (PCB) i polikloriranih aromatskih ugljikovodika (PAU). Površinska aktivnost aditiva koji se dodaju (natrijev bikarbonat ili bijeli vapneni hidrat), bitno se pojačava dodavanjem (upuhivanjem u dimne plinove) aktivnoga ugljena ili koksa smeđega ugljena.

Na površini vrećastih filtera vežu se HCl, HF i SO₂ prema sljedećim sumarnim reakcijama:



Reakcije traju manje od 3 sekunde pri temperaturi od 160-250 °C. Da bi se ispunili uvjeti za čistoću dimnih plinova potrebno je natrijev bikarbonat dodavati uz pretičak od 1,5. Ovim viškom natrijeva bikarbonata od stehiometrijski potrebnog, postiže se vezivanje klorovodika, HCl od 99%, sumpornoga dioksida SO₂ od 95% i fluorovodika HF od minimalno 95%.

Druga komponenta reagensa je aktivni ugljen ili aktivni koks smeđega ugljena koji u postupku koksiranja stvara proizvod s posebno izraženim katalitičkim i absorpcijskim djelovanjem, a kemijski mu je sastav:

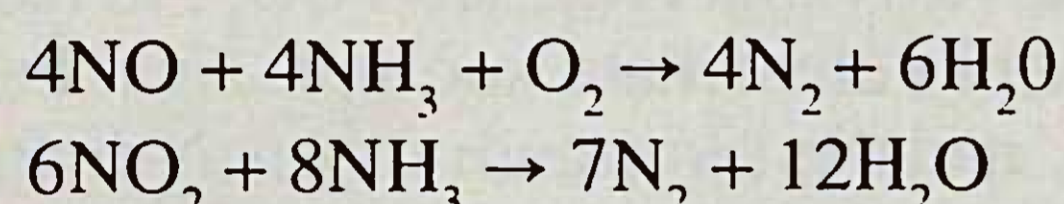
- vlaga 0,5 %
- pepeo 9,0
- isplinjeno 3,0 %
- vezani ugljik 87,5 %.

Djelovanje vrećastog filtra je dvostruko:

- predstavlja reaktivnu površinu za navedene reakcije, te reakcije absorpcije para teških metala
- predstavlja zapreku za ostale štetne sastojke u letećem pepelu.

Ovako pročišćeni dimni plinovi nakon izlaza iz vrećastoga filtra, s temperaturom 200-220 °C, odvođe se u IT br.4 ("kontejner 8") iste izvedbe kao i prethodni, te se tamo zagrijevaju na oko 320 °C vrućim zrakom iz IT br.1 i 2, temperature 400-450 °C. Na taj način zrak se hladi na oko 360 °C, te se ova toplina može koristiti za razne namjene ("suhi" postupak rada). Kod "mokrog" postupka ovaj se zrak odvođi u dimnjak, gdje miješanjem s dimnim plinovima nakon pranja (temperatura oko 70°C) iste zagrijava na oko 185 °C, te se na taj način sprječava pojava vidljive "perjanice" iz dimnjaka.

Strujanje dimnih plinova kroz sve uređaje osigurava se posebnim ventilatorom koji je smješten iza vrećastog filtra tako da veći dio uređaja radi u podtlaku, a samo manji dio iza ventilatora tj. od IT br.4 radi u predtlaku. Dimni plinovi zagrijeti u IT br.4 odlaze u katalizator ("kontejner 9"), gdje se odvija katalitičko odvajanje NO_x, dioksina i furana. Ovaj postupak, tzv. selektivna katalitička redukcija (SCR), odvija se uz dodavanje uree kao redukcijskog sredstva, pri čemu se NO_x razlaže u dušik i vodenu paru. Iako se već u vrećastome filtru realiziraju vrlo niske vrijednosti dioksina i furana, iste se vrijednosti u katalizatoru višestruko snižavaju. Kao katalizator u procesu redukcije koristi se titanov oksid. Procesi razlaganja dušičnih oksida na dušik i vodu provode se prema slijedećim sumarnim reakcijama:



U "mokrom" postupku, nakon izlaza iz katalizatora, dimni plinovi odlaze na pranje u toranj za pranje - kiseli postupak ("kontejner 10"), pri čemu se naročito apsorbiraju klorovodik i fluorovodik. Velika kontaktna površina između vode za pranje i dimnih plinova osigurava se raspršivanjem vode po paketu kontaktnih tijela. U tom procesu dimni plinovi se intenzivno hlade, a istodobno se i znatan dio vode ispari, tako da se povećava ukupni volumen dimnih plinova. Prije odlaska u sljedeći toranj za pranje dimni plinovi se oslobađaju od kapljica tekućine u odvajaču kapljica. Sljedeći toranj za pranje - alkalni postupak je također ispunjen s kontaktnim tijelima preko kojih se raspršuje voda za pranje. Voda za pranje cirkulira u zatvorenome krugu u koji se dodaje NaOH sve dok se ne postigne pH vrijednost 7. I kod ovoga pranja se iz dimnih plinova izdvajaju klorovodik, fluorovodik i sumporni dioksid. Na izlazu iz tornja također je ugrađen odvajač kapljica, tako da se praktički izdvoje sve kapi veće od 5-10 m.

Nakon toga dimni plinovi odlaze u dimnjak ("kontejner 12") visine 15 m, u kojem se u donjem dijelu, pomoću venturijeve cijevi, miješaju s toplim zrakom iz IT br.4. U slučaju "suhog" postupka dimni plinovi zaobilaze tornjeve za pranje, te odmah nakon katalizatora odlaze u dimnjak.

U cjelini gledano uređaj osigurava sljedeće postupke za smanjenje emisije:

1. Smanjenje emisije prašine filtarskim mehaničkim izdvajanjem čestica
2. Smanjenje emisije plinova i para i to:

- adsorpcijskim izdvajanjem u struji i to:
 - anorganskih spojeva klora
 - anorganskih spojeva fluora
 - oksidasumpora SO₂, SO₃
 - lako hlapljivih teških metala kao Hg, Cd, Se, As, Tl
 - kloriranih dibenzodioksina i dibenzofurana
 - teško hlapljivih ugljikovodika (heksaklorbenzol, heksaklorocikloheksan), PCB, PAU
- absorpcijskim izdvajanjem mokrim pranjem dimnih plinova
 - anorganskih spojeva klora
 - anorganskih spojeva fluora
 - oksida sumpora SO₂, SO₃
- katalitičkim redukcijskim postupkom za smanjenje emisije NO_x, dioksina i furana.

Iz navedenog je vidljivo da ovako koncipiran uređaj omogućuje postupak čišćenja dimnih plinova koji se može maksimalno prilagoditi zahtjevima koji proizlaze iz karakteristika ulaznog otpada i dozvoljenih graničnih emisija štetnih tvari u dimnim plinovima. Prilagođeno tim zahtjevima uređaj može raditi na tri različita načina i to:

- 1 - suhi postupak
- 2 - mokri postupak
- 3 - kombinirani postupak.

Suhi postupak se realizira isključivo kroz procese upuhivanja aditiva, te filtarskog i adsorpcijskog djelovanja reagensa na površini filtarskih vreća, te selektivnom katalitičkom redukcijom. U ovom su postupku tornjevi za pranje isključeni iz rada.

Mokri postupak se realizira uključivanjem tornjeva za pranje tako da se pored postupaka čišćenja iz suhoga postupka uključe i absorpcijski postupci mokroga pranja.

Kombinirani postupak se realizira istodobnom primjenom oba postupka tako, da se samo dio dimnih plinova provodi kroz tornjeve za pranje. Ovaj postupak pruža mogućnost zadovoljavanja kriterija emisije u prijelaznim stanjima ili ako iz bilo kojega razloga nije moguće ili nije potrebno raditi u mokrom postupku sa 100% kapaciteta.

Radom uređaja upravlja se iz "kontejnera 13" u kojemu je smještena upravljačka centrala i praćenje rada uređaja. Za praćenje rada, nadzor i upravljanje u upravljačkoj centrali se nalazi niz mjernih instrumenata, te upravljačkih i regulacijskih uređaja.

Uređaj je opremljen potrebnim mjernim instrumentima za kontinuirano praćenje sljedećih parametara:

1. Temperatura

- temperatura u RP
- temperatura u KNI
- temperature ispred i iza IT od br.1 do 4
- temperatura iza reaktora
- temperatura pepela u lijevku filtra
- temperatura u dimnjaku
- temperatura na ulazu u filter
- temperatura na ulazu u tornjeve za pranje
- temperatura na ulazu u katalizator

2. Sadržaj kisika mjeri se

- cirkonoksid sandom u RP
- cirkonoksid sandom u KNI

3. Analiza dimnog plina na izlazu iz uređaja u dimnjak provodi se za sljedeće plinove:

- NO, NO₂, NO_x, SO₂, HCl, CO, CO₂

4. Sadržaj prašine u dimnim plinovima se mjeri na izlazu iz uređaja, tj. u dimnjaku

5. TOC (ukupni organski ugljik) mjeri se u dimnjaku.

Od navedenih mjerenih veličina mnoge imaju i funkciju indikatora za rad pojedinih regulacijskih krugova, te i za proradu blokada radi sprječavanja neregularnog rada i zaštite uređaja.

4. UTJECAJ NA OKOLIŠ I EMISIJE IZ UREĐAJA PUTO

Tvari koje nastaju izgaranjem opasnog organskog otpada i koje mogu imati utjecaj na okoliš su:

- plinovi i tvari koje odlaze u zrak (čestice, ugljični monoksid, kiseli plinovi (SO₂, NO_x, HCl, HF), teški metali, hlapljive organske tvari i poliklorirani ugljikovodici kao što su dioksini i furani)
- kruti ostaci (šljaka i pepeo),
- otpadne vode,

te se stoga mjere zaštite radi smanjenja utjecaja na okoliš svode uglavnom na sljedeće:

- smanjivanje emisije iz dimnjaka
- zbrinjavanje ostataka izgaranja (šljaka i pepeo)
- zaštita podzemnih voda.

Emisija u atmosferu

U ložištima za izgaranje otpada, emisija dimnih plinova određena je primarnim i sekundarnim mjerama kao i kod drugih ložišta (parni kotlovi).

Primarnim mjerama se smanjuje emisija štetnih tvari, a naročito CO, određenim načinom vođenja procesa loženja, najčešće kombinacijom geometrije ložišta i promjenom aerodinamike uvođenjem sekundarnog zraka. Ovim mjerama mogu se olakšati zahtjevi koje moraju ostvariti sekundarne mjere.

Sekundarne mjere najčešće čini niz raznih tehnoloških postupaka (filtriranje, pranje, kemijski postupci) koji moraju zadovoljiti postavljene zahtjeve u skladu s važećom zakonskom regulativom.

Uređaj PUTO, prema svojim garancijama, zadovoljava

standarde i ograničenja iz njemačkog 17BlmSch V/90 i europske Direktive za spaljivaonice opasnog otpada 94/67/EC, a time udovoljuje i očekivanim zahtjevima hrvatskih normi. Prikaz garantnih graničnih vrijednosti emisije za PUTO dan je u tablici 3. Ovdje se mora napomenuti da granične vrijednosti emisije u zrak mogu biti poštivane samo ako je sastav ulaznog otpada unutar strogo određenih granica koje su navedene u točki 2. ovog članka.

U tablici 4. dan je prikaz satne emisije i godišnje emisije iz uređaja, uz pretpostavku pogona s maksimalnim opterećenjem od 1200 kg/h spaljenog otpada u trajanju od 7000 sati godišnje.

Godišnja emisija iskazana u tablici 4. predstavlja i potetički maksimum jer će PUTO najveći dio vremena raditi s otpadom koji ima znatno povoljniji sastav od graničnoga, a time i proporcionalno manju emisiju.

Zanimljivo je pogledati usporedbu maksimalne emisije iz PUTO s emisijom kotlovnice na loživo ulje i ugljen, jednake snage (≈ 7 MJ/s), koja je dana u tablici 5.

Podaci o emisiji iz kotlovnica predstavljaju tipične vrijednosti za kotlovnice bez uređaja za smanjenje emisije, kakve su velika većina u Hrvatskoj. Za teške metale pretpostavljene su vrijednosti koje se mogu pojaviti u uobičajenom gorivu.

Iz tablice 5. vidi se da je emisija iz kotlovnica veća od

Tablica 5. Usporedba emisija iz PUTO i kotlovnica na teško loživo ulje i ugljen

Onečišćujuća tvar	PUTO	Teško loživo ulje	Kameni ugljen
Prašina, kg/h	0,39	1,26	14,1
THC, kg/h	0,26	0,12	5,0
HCl, kg/h	0,78	-	0,35
HF, kg/h	0,052	-	0,09
CO, kg/h	1,30	0,38	3,27
SO ₂ , kg/h	2,60	12,6	20,16
NO _x , kg/h	5,23	4,7	10,0
Cd+Ta, g/h	0,65	0,63	0,09
Hg, g/h	0,65	0,63	0,30
Ostali metali, g/h	6,5	27	15
Dioksini i furani, µg/h	1,31	0,002	0,3

Tablica 3. Granične vrijednosti onečišćujućih tvari u izlaznim dimnim plinovima iz PUTO

	Prašina	HCl	HF	SO ₂	NO ₂	CO	ukupno Cd, TI	ukupno Hg	ukupno ostali metali*	dioksini i furani**
24 satne (mg/Nm ³)	10	10	1	50	200	50	0,05	0,05	0,5	0,1*10 ⁻⁶
polusatne (mg/Nm ³)	30	60	4	200	400	100	0,05	0,05	0,5	0,1*10 ⁻⁶

* - (Sb,As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V,Sn)

** - zbroj svih ponderiranih koncentracija

Tablica 4. Maksimalna satna i godišnja emisija PUTO

	Prašina	HCl	HF	SO ₂	NO ₂	CO	ukupno Cd, TI	ukupno Hg	ukupno ostali metali*	dioksini i furani**
satna emisija (kg/h)	0.39	0.78	0.05	2.61	5.20	1.30	0.00065	0.00065	0.0065	0.0013*10 ⁻⁶
godišnja emisija (t/god)	0.91	0.91	0.09	4.57	18.31	4.57	0.0045	0.0045	0.045	9.16*10 ⁻⁹

* - (Sb,As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V,Sn)

** - zbroj svih ponderiranih koncentracija

maksimalno moguće emisije PUTO za prašinu, SO₂, NO_x, THC, HF i CO, a približno jednaka za teške metale. Za dioksine i furane emisija iz PUTO je, pri najnepovoljnijem sastavu otpada, za jedan red veličine veća od emisije iz kotlovnica.

Međutim, ako bi se ista količina ugljena ili drveta spaljivala u malim kućnim ložištima u domaćinstvima, emitiralo bi se znatno više dioksina i furana. Iz raspoložive literature [3] može se izračunati da bi ta emisija bila barem 50 puta veća od maksimalne emisije dioksina i furana iz PUTO.

Kruti ostaci izgaranja i njihovo zbrinjavanje

Pri spaljivanju organskog otpada tehnološkog podrijetla dobivaju se sljedeći čvrsti produkti izgaranja:

- šljaka
- leteći pepeo.

Prema ranije opisanom postupku termičke obrade organskog otpada tehnološkog podrijetla kapaciteta 1200 kg/h, PUTO će proizvesti oko 80 kg/h (maksimalno 84) ili oko 400 t/god šljake (maksimalno 588) i 150 kg/h ili oko 800 t/god (maksimalno 1036) pepela.

Šljaka

Šljaka iz rotacijske peći pada u mokri odšljakivač, u kojemu se gasi i hladi, te se transportira u kontejner broj 17. Poznato je da je šljaka iz spaljivaonice komunalnoga otpada, a također i opasnog otpada inertna, čiji uzorci spadaju u prvu klasu elucije, te se može deponirati na deponiju komunalnog otpada, tj. u krugu smetlišta Jakuševac bez posebne obrade ili iskoristiti za razne namjene npr. u građevinarstvu. Od takve šljake ne postoji opasnost ni za podzemne vode, čak i ako su one namijenjene za piće. Sinterirana i ostakljena šljaka imaju jednake značajke, tako da proces koji se vodi u rotacijskoj peći nema utjecaj na kvalitetu šljake.

Sveobuhvatna ispitivanja šljake iz spalionice posebnog otpada AWR-Chemie Rijnmond (Nizozemska) prema 3 američke metode su pokazala da je 90% teških metala vezano na šljaku, a samo 10% na ostale produkte i izlaze iz sustava spaljivanja i pročišćavanja dimnih plinova. Bakar, kobalt, krom i nikal se nalaze u šljaci u netopljivoj formi. TCLP - pokusi (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) su pokazali da su sve vrijednosti koncentracije teških metala u eluatima niže od graničnih vrijednosti sadržanih u propisima.

Za provjeru je uzet uzorak šljake iz uređaja za termičku obradu organskoga otpada tehnološkog podrijetla iz Bolzana, te je analiziran eluat te šljake.

Uređaj za termičku obradu organskoga otpada tehnološkog podrijetla iz Bolzana je vrlo sličan uređaju PUTO, te je moguće na osnovi podataka iz toga uređaja izvući određene zaključke koji bi mogli opisati i rad PUTO-a s dovoljnom točnošću. Naravno, tek će se puštanjem PUTO-a u redovni pogon dobiti točni podaci o radu uređaja.

U tablici 6. prikazani su podaci o analizi eluata šljake iz uređaja za termičku obradu organskoga otpada tehnološkog podrijetla iz Bolzana koji pokazuju da je šljaka inertna, te da se može bez ikakve daljnje obrade pohraniti na komunalni deponij, ili se može upotrijebiti kao građevinski materijal.

Pepeo i praškasti kruti ostaci

Pepeo i praškasti kruti ostaci potječu iz kontejnera 7, tj. iz vrećastog filtra za izdvajanje krutih čestica i produkata reakcija plinovitih i parnih komponenata štetnih tvari, te iz reaktora i izmjenjivača topline 1, 2 i 3. Ovi ostaci su jako kontaminirani i smiješani s topljivim solima. Pepeo iz filtra prema svom sastavu spada u kategoriju opasnoga otpada. Pretežni dio pepela je topiv u vodi, čime njegovo skladištenje zahtijeva posebnu pažnju. Da bi se dobio uvid u

Tablica 6. Rezultati analize eluata šljake iz uređaja za termičku obradu organskog otpada tehnološkog podrijetla iz Bolzana

Komponenta	Jed. mjera	Uzorak od 16.11.96. iz kontejn. za šljaku		Uzorak od 23.3.95 pri uhodav.sinter.		staklasta šljaka	
		Koncentr. u eluatu	Klasa eluata	Koncentr. u eluatu	Klasa eluata	Koncentr. u eluatu	Klasa eluata
Elektr. vodljiv.	mS/m	24,00	Ic	13,00	Ic	13,00	Ic
pH-vrijednost	-	8,70	Ic	9,98	Ia	9,03	Ia
Cijanidi, CN-	mg/l	0,01	Ic	0,007	Ic	0,002	Ic
Fluoridi, F-	mg/l	0,23	Ic	0,47	Ic	0,02	Ic
Kloridi, Cl-	mg/l	70,20	Ic	25,10	Ic	30,30	Ic
Sulfati, SO ₄	mg/l	48,30	Ic	15,38	Ic	8,48	Ic
Natrij, Na	mg/l	nije.analiz.	-	5,25	n.prop	6,71	
Kalij, K	mg/l	nije.analiz.	-	1,05	n.prop	1,58	
Kalcij, Ca	mg/l	17,20	Ic	23,60	Ic	17,60	Ic
Bakar, Cu	mg/l	0,00	Ic	0,00	Ic	0,00	Ic
Cink, Zn	mg/l	0,00	Ic	0,02	Ic	0,09	Ic
Kadmij, Cd	mg/l	0,00	Ic	0,00	Ic	0,00	Ic
Krom, Cr	mg/l	0,00	Ic	0,00	Ic	0,00	Ic
Olovo, Pb	mg/l	0,00	Ic	0,00	Ic	0,00	Ic
Nikal, Ni	mg/l	0,00	Ic	0,00	Ic	0,00	Ic
Živa, Hg	mg/l	0,00	Ic	0,00	Ic	0,00	Ic

n.prop.=nije propisano

približni sastav pepela, uzet je na analizu uzorak pepela iz uređaja za termičku obradu otpada iz Bolzana. Može se s određenom vjerojatnošću pretpostaviti da će pepeo iz PUTO biti sličan onome koji se dobiva iz uređaja u Bolzanu, ali će varirati u ovisnosti o sastavu otpada na ulazu u uređaj. Uzorak pepela iz uređaja u Bolzanu uzet je 23.3.1995. Reaktant u procesu pročišćavanja dimnih plinova je biosorbalit (smjesa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i aktivnog ugljena).

Iz analize eluata vidljivo je da pepeo sadrži prevelike količine olova od teških elemenata. Bakar i cink su također znatnih i nedozvoljenih koncentracija. Značajno su visoke koncentracije topljivih soli. Iz dobivenih podataka može se zaključiti da pepeo pripada klasi opasnoga otpada, te se mora na osnovi toga i adekvatno skladištiti. U tablici 7. prikazani su podaci o analizi eluata pepela iz uređaja za termičku obradu otpada iz Bolzana.

Analiza pokazuje da se radi o eluatu u kojem od 18 analiziranih komponenata njih 8 pripada trećoj klasi eluata. Pri tome eluat olova daje vrijednosti koje prelaze i treću klasu eluata.

Prema austrijskim normama nije dopušteno deponiranje otpada čiji eluat prelazi vrijednosti eluata klase IIIb. Nadalje eluat je osnovni pokazatelj potencijalne opasnosti odlaganja određenog otpada. Zato otpad čiji eluat prelazi granice klase IIIb, mora biti dodatno obrađen prije deponiranja kako bi se rizik odlaganja tog otpada što više smanjio.

Kada PUTO započne s redovnim radom bit će potrebno utvrditi stvarni sastav pepela i praškastih krutih ostataka, kao i klasu eluata. Uzorci bi trebali biti uzimani pri radu PUTO u različitim ekstremnim uvjetima i ulaznim sastavima otpada. Nakon određivanja klase eluata, definitivno će se odlučiti o načinu i postupku zbrinjavanja pepela i praškastih krutih ostataka.

Stoga je za zbrinjavanje pepela i praškastih krutih ostata-

ka potrebno izgraditi privremeno skladište pepela i praškastih krutih ostataka na kojemu će biti odložen pepeo i praškasti kruti ostaci do konačne odluke o njihovom načinu zbrinjavanja. [4].

Pošto se odredi adekvatna tehnologija obrade pepela i praškastih ostataka te izgradi uređaj za obradu, skladište će postati nepotrebno. Postupak trenutnog zbrinjavanja je sljedeći: pepeo i praškasti kruti ostaci koji se sakupljaju u već navedenim mjestima, pune se u specijalne vreće tzv. BIG-BAGS, koje imaju posebni ventil za punjenje i sigurno zatvaranje. Vreće su izrađene iz dva sloja, vanjski sloj je tzv. P.P. pletivo otporno na mehanička oštećenja, a drugi sloj je vodonepropusan, te izdržavaju temperaturu od 110°C . P.P. pletivo je otporno na UV zračenje u vremenu do 2 godine za skladištenje na otvorenom, a nakon tog vremena čvrstoća vreće pada na pola od nazivne (zato se prazne vreće prije punjenja moraju obvezno čuvati u zatvorenom prostoru). Vreće su kapaciteta od 0.9 m^3 , te napunjene pepelom teške su do 650 kg .

Vreće se nakon punjenja slažu na radnoj plohi skladišta prema redoslijedu slaganja iz plana slaganja vreća. Nakon popunjavanja određenog broja redova provodi se prekrivanje vreća ceradom kako bi se izbjeglo štetno djelovanje UV zraka na materijal vreća.

Radna ploha skladišta, na koju se slažu vreće, ima dimenzije $45 \times 42\text{ m}$ i nalazi se na oko 50 m od uređaja PUTO. Skladište je natkriveno nadstrešnicom, čime je onemogućeno močenje vreća uslijed oborina. Opterećenje koju ploha mora izdržati je dvostruka maksimalna godišnja količina pepela $2 \times 1050\text{ t} = 2100\text{ t}$.

Radna ploha skladišta je vodonepropusna i otporna na lužine, za slučaj mehaničkog oštećenja vreća prilikom slaganja i imat će tako izvedene padove da se kompletne oborinske vode sabiru u centralnom kanalu i odvede u sigurnosni skupljač oborinskih voda. Oborinske vode s radne plohe skladišta nisu kontaminirane pri pravilnom zatvaranju vreća (prema uputi proizvođača), te pri pravilnom postupanju s punim vrećama, tako da je pri pravilnom rukovanju vrećama onemogućeno miješanje pepela i vode. Dakle, u normalnim okolnostima kada sakupljene oborinske vode u sigurnosnom skupljaču oborinskih voda nisu onečišćene, mogu se odvesti pomoću gravitacijskog ispusta direktno u postojeću kanalizaciju. Zbog mogućnosti proboja vreća (ljudski faktor ili druge mogućnosti) postoji opasnost miješanja pepela i oborinskih voda koje su u tom slučaju lužnate i ne smiju se ispuštati u kanalizaciju, nego se iz sigurnosnog skupljača crpe u skupljač kontaminiranih voda uređaja PUTO ("kontejner 23"), iz kojega se ubacuju u KNI, gdje isparavaju, a štetni ostaci se sakupljaju u vrećastim filtrima.

Na osnovi provedenih tehničkih i građevinskih rješenja može se zaključiti da nema utjecaja skladišta pepela i praškastih krutih ostataka na okoliš iz sljedećih razloga:

- radna ploha skladišta izvedena je kao potpuno vodonepropusna i otporna na lužine, čime je onemogućen prodor oborinskih voda u tlo
- vreće se pokrivaju ceradom radi zaštite od UV zračenja i radi sprječavanja raznošenja pepela iz eventualno probušeni vreća u okolišnji zrak
- oborinske vode ukoliko su zagađene, tj. ukoliko je došlo do proboja vreća u kojima je smješten pepeo, vraćaju se natrag u uređaj PUTO, u komoru naknadnog izgaranja.

Tablica 7. Rezultati analize eluata pepela iz uređaja za termičku obradu organskog otpada tehnološkog podrijetla iz Bolzana

Parametar	Jedinica mjere	Koncentracija	klasa eluata prema ÖNORM S 2072
Elektr.vodljivost	mS/m	4400,0	III
pH- vrijednost	-	11,4	II
Ulja i masti,ukupno	mg/l	-	
Mineralna ulja	mg/l	-	
Cijanidi,CN-	mg/l	0,001	I
Fluoridi,F-	mg/l	9,9	IIIa
Klorid, Cl-	mg/l	8640,0	III
Sulfati, SO ₄ —	mg/l	6.120,0	III
Natrij, Na	mg/l	5131,5	
Kalij,K	mg/l	657,3	
Kalcij,Ca	mg/l	2012,0	III
Bakar, Cu	mg/l	2,4	III
Cink,Zn	mg/l	3,2	II-III
Kadmij, Cd	mg/l	0,00	Ic
Krom,Cr	mg/l	0,07	I
Olovo,Pb	mg/l	626,4	>IIIb
Nikal,Ni	mg/l	0,00	Ic
Živa,Hg	mg/l	0,00	Ic

Zaštita tla i podzemnih voda

Tijekom rada uređaja PUTO nastaju dvije vrste voda: procesne i oborinske otpadne vode.

Procesne otpadne vode

Procesne otpadne vode postoje samo pri radu uređaja u "mokrom" postupku i to od tornjeva za pranje (kiselo i alkalno). Ove vode se ubrizgavaju u vruće dimne plinove u reaktoru, a onečišćenja i soli u istima se nakon isparavanja vode zadržavaju u vrećastom filtru. S gledišta uređaja kao cjeline nema, dakle, procesnih otpadnih voda.

Oborinske otpadne vode

S obzirom na stupanj ugroženosti od onečišćenja, površine s pripadnom odvodnjom podijeljene su u tri kategorije:

1. Voda s krovova i prometnica
2. Voda s manipulativnog prostora za pristigli otpad i međuodlagališta pepela
3. Voda s poda uređaja.

Manipulativna površina gdje se dovozi otpad i međuodlagalište pepela više su ugrožene od onečišćenja od ostalih površina. Stoga se oborinske vode iz ovih površinama odvođe u sigurnosni skupljač oborinskih voda u kojem je ugrađen pH metar, koji kod pojave lužina (od ispiranja pepela) zatvara gravitacijski ispušt u cestovni kanal. Onečišćena oborinska voda se u tom slučaju pomoću ugrađenih crpki prebacuje u poseban sabirnik za zagađenu vodu, iz kojega se ubacuje u komoru naknadnog izgaranja i uparuje, dok se negorive soli izdvajaju na filtrima za dimne plinove.

Voda od ispiranja poda uređaja ispod nadstrešnice u pravilu je zagađena, pa se zato prikuplja u površinske kanaliće i odvodi u precrpna okna. Okna su vodonepropusna, bez preljeva, a otpadna voda iz njih se pomoću crpki prebacuje u već spomenuti sabirnik za zagađenu otpadnu vodu.

Voda s nadstrešnice uređaja i s krova skladišta odlazi izravno u kolektor kao čista voda. Vode s prometnica odlaze u odvajач ulja koje se vraća u proces, a čiste vode se ispuštaju u odvodni kolektor.

PUTO, dakle, nema otpadnih voda koje je potrebno pročišćavati ili dodatno obrađivati prije ispuštanja, jer se sve onečišćene vode vraćaju natrag u komoru naknadnog izgaranja, te se može reći kako nema emisije otpadnih onečišćenih voda iz uređaja PUTO u okoliš, a time ni onečišćenja tla.

5. ZAKLJUČAK

Uređaj PUTO kojega je Grad Zagreb izgradio za potrebe obrade opasnog organskog otpada, moderan je i vrlo pogodan uređaj za spaljivanje svih vrsta opasnog organskog otpada: krutog, pastoznog, tekućeg i plinovitog. Uređaj je demontažan što omogućuje njegovu pokretljivost-premještanje na druge lokacije. Kapacitet uređaja je dovoljan za zbrinjavanje ukupnog godišnjeg opasnog organskog otpada koji nastaje na području Grada Zagreba. Za besprije-

koran rad uređaja potrebno je izuzetnu brigu posvetiti strogoj kontroli količine i sastava opasnih tvari koje ulaze u proces, jer se samo na taj način može osigurati rad uređaja s izlaznom kvalitetom dimnih plinova u skladu s tehničkim zahtjevima i europskim normama.

Što se tiče emisije u zrak, uređaj PUTO, prema svojim garancijama, zadovoljava standarde i ograničenja iz njemačkog 17BlmSch V/90 i europske Direktive za spaljivanje opasnog otpada 94/67/EC, a time udovoljuje i očekivanim zahtjevima hrvatskih normi. Emisije onečišćenih voda iz uređaja nema, već se sve onečišćene vode vraćaju u proces gdje isparavaju, a onečišćene tvari se sakupljaju na vrećastim filtrima i kao pepeo pohranjuju na adekvatan način. Time je uređaj PUTO sa gledišta kako samog zbrinjavanja opasnog organskog otpada, tako i utjecaja na okoliš vrlo prihvatljivo postrojenje.

LITERATURA

- [1] "Katastar tehnološkog otpada" 1., 2. i 3. faza, Ekonerg
- [2] "Glavni projekt, Strojarsko-tehnološki projekt i projekt elektro instalacija", Enerkon, Zagreb 1996.
- [3] "Procjena utjecaja na okoliš uređaja PUTO", Ekonerg, Zagreb 1996.
- [4] "Glavni i izvedbeni projekt, Tehnološko-strojarski projekt međuskladištenja i obrade pepela i praškastih krutih ostataka iz uređaja PUTO na lokaciji Jakuševac", Enerkon, Zagreb 1996.

MOBILE STATION FOR DANGEROUS ORGANIC WASTE TREATMENT - PUTO

PUTO station (mobile station for dangerous organic waste treatment) is primarily being used for the thermal treatment of dangerous and possibly dangerous waste found in the process of the Jaku_evac trash heap restoration and for the treatment of the whole technologically dangerous organic waste of Zagreb.

The station is situated on the trash heap Jaku_evac site, the project manager being the city of Zagreb and its agency for waste management and environmental protection - ZGO. The station has been in operation since December 1997, and at the moment test operation is under way as well as the station's first steps.

MOBILE ANLAGE FÜR DIE BEARBEITUNG VOM SCHÄDLICHEN ORGANISCHEN ABFALL - PUTO

Zwecks Loswerdens jenes schädlichen oder künftig schädlichen Abfalls, welcher bereits entdeckt ist oder im Verfahren der Assanierung der Müllablagestelle Jakuševac entdeckt wird, und wegen der Verarbeitung eines Teiles des gesamten zagreber technologisch gefährlichen organischen Abfalls, hat sich die mobile Anlage für die thermische Bearbeitung vom schädlichen organischen Abfall PUTO als vorrangige Notwendigkeit aufgedrängt. Die Anlage ist an der Müllablagestelle Jakuševac aufgestellt; der Bauherr dieses Unterfangens ist die Stadt Zagreb. bzw. ihr Unternehmen für Müllversorgung und Umweltschutz, abgekürzt ZGO. Die Anlage ging in Betrieb im November 1997. Zur Zeit sind der Probetrieb und das Einlaufen im Gange.

Naslov pisca:

Neven Hladki, dipl. ing.
Ekonerg - Institut za
energetiku i zaštitu okoliša d.o.o.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-01-21

OBNOVA HIDROGENERATORA U HE "VARAŽDIN"

Petar Kovaček, Varaždin - Damir Kufner - mr. sc. Veljko Filipan, Zagreb

UDK 621.311.21
STRUČNI ČLANAK

Dan je kratki opis elektrane, iskustva iz dosadašnjeg pogona i razlozi za obnovu hidrogeneratora s opsegom radova. Prezentiraju se nova projektno-tehnološka rješenja izrade aktivnog dijela statora čiji je krajnji rezultat povećanje snage i poboljšanje svih drugih parametara stroja. Uz opis radova, pri čemu je obavljena pojačana kontrola kvalitete, uspoređuju se dobiveni rezultati obnove s prethodnim stanjem. Posebno se ističu i analiziraju znatne razlike izmjerenih gubitaka starog i obnovljenog generatora.

Ključne riječi: hidrogenerator, obnova, povećanje snage, gubici.

1. UVOD

Od 1975. godine u HE VARAŽDIN u pogonu su dva agregata s Kaplan-turbinama i hidrogeneratorima gljivaste konstrukcije (IM8140, IEC 34-7).

Premda dvadesetak godina eksploatacije nije vrijeme poslije kojeg bi u pravilu trebalo prići sveobuhvatnijoj obnovi kakva je obavljena na jednom hidrogeneratoru, učestalost kvarova i nastalih šteta ubrzalo je donošenje takve odluke.

Pored otklanjanja direktnih uzroka kvarova, ovakve obnove pridonose i nizu dodatnih poboljšanja. Pomnijom raščlambom može se dokazati da u određenim slučajevima dvadesetak godina i nije prekratko razdoblje za donošenje odluke o ovakvim zahvatima glede učinaka koji se time postižu. U ovom slučaju tek demontažom paketa uočeno je da je uistinu bilo krajnje vrijeme pristupiti obnovi.

2. OPIS ELEKTRANE

HE VARAŽDIN koristi hidropotencijal rijeke Drave na dionici između Ormoža i Varaždina uz srednji godišnji protok od 320 m³/s i raspoloživi pad od 22,6 m.

Projektom elektrane određeno je da se koristi maksimalni protok od 450 m³/s, na osnovi čega su projektirana i instalirana dva agregata s Kaplan-turbinama (LITOSTROJ) maksimalne snage 45 MW i hidrogeneratorima (KONČAR-GENERATORI) slijedećih osnovnih parametara : 50 MVA ; 10,5 kV ; 125 o/min (pobjeg 305 o/min) ; cosφ=0,85 ; 50 Hz.

Puštanjem u pogon uzvodne HE FORMIN u Sloveniji, čiji je instalirani protok 500 m³/s HE VARAŽDIN našla se u vrlo nezgodnoj situaciji zbog nemogućnosti iskorištenja takvog dotoka, ne računajući još i međudotoke rijeka Dravinje i Pesnice. Stoga se vodstvo elektrane odlučilo koristiti veću snagu turbina, jer je to u praksi bilo moguće, a naposljetku (tek nakon desetak godina) je dobivena suglasnost projektanta turbine za povećanje snage na 48000 kW, bez ikakvih dorada u turbinskom postrojenju. Projektant građevinskog dijela elektrane također je dao suglasnost za korištenje povećanog protoka do 500 m³/s.

Rezultat ovoga je povećanje instalirane snage elektrane

na 2 x 47000 kW, a korištenjem većih protoka i povećanje proizvodnje električne energije na prosječnih 465 GWh godišnje.

Kako je elektrana protočna, praktički bez akumulacije, i manji kvarovi uzrokuju gubitke u proizvodnji. Samo dobrim izborom najkvalitetnije opreme i brižnim održavanjem mogu se izbjeći ne mali gubici. Zastojem jednog agregata gubi se dnevno više od milijun kWh praktički besplatne električne energije za elektroenergetski sustav.

Agregati su u pogonu prosječno 6400 sati godišnje s oko 250-300 pokretanja, što se može ocijeniti teškim uvjetima pogona, koji bitno utječu i na vijek trajanja glavne vitalne elektrostrojarske opreme.

3. RAZLOZI ZA OBNOVU HIDROGENERATORA

Tijekom pogona na hidrogeneratoru "A" dogodilo se nekoliko većih kvarova prouzročenih slabijom izvedbom statora i manjkavostima u drugim projektnim rješenjima elektrane (nepouzdana prekidači i dr.), što je detaljnije opisano u Lit.1. Najteže posljedice nastale su uslijed asinkronog rada na samom početku pogona 1975. godine. Poslije toga dogodio se 1978. godine zemni spoj statorskog namota prouzročen otkidanjem gornjeg lima na jednom zubu statorskog paketa.

Temeljitim pregledom ustanovljena je opća razlabavljenost namota i paketa. Daljnjim praćenjem konstatirano je da se i vibracijsko stanje paketa sve više pogoršava. S obzirom na takvo stanje obavljene su konzultacije s domaćim i inozemnim stručnjacima, te uz provedbu odgovarajućih mjerenja, razmatrani su 1988. i 1989. god. njihovi prijedlozi za popravak ili obnovu generatora. Iz više razloga prekinute su aktivnosti u smislu obnove generatora i odlučeno je da se generator sustavnije promatra u pogonu uvođenjem permanentnog nadzora vibracija, o čemu je izviješteno u Lit.2. Time naravno nije uklonjen uzrok visokih vibracija (slaba krutost paket-kućište) kod nekih specifičnih pogonskih stanja od čak 37 mm/s, ali je njihova veličina ograničena posebnim programom monitoringa i odgovarajućim aktivnostima na prihvatljivih 20 mm/s u kratkom trajanju.

Preklinjavanjem utora i nabijanjem klinova pod tlačne prste

paketa statora stanje nije bitno poboljšano, tako da je sredinom 1994. godine ponovo došlo do zemnog spoja kao posljedica udaranja nabijenog klina o gornji štap namota. Zanimljivo je da su samo nekoliko dana prije tog događaja na generatoru obavljena sveobuhvatna ispitivanja i mjerenja koja ničim nisu ukazivala na oslabljeno izolacijsko stanje statorskog namota.

Imajući u vidu cjelokupno stanje paketa i namota, te moguće daljnje sve učestalije kvarove i štete donijeta je odluka o obnovi generatora u razdoblju prosinac/1995.-ožujak/1996. kada su dotoci mali, dostatni za rad samo jednog agregata.

4. OPSEG OBNOVE I NOVI PARAMETRI

U drugoj polovici 1994. godine aktualizirana je i obavljena rasčlamba nekoliko opcija obnove generatora :

1. izrada jednodijelnog kućišta statora s kružnim paketiranjem limova i ulaganjem namota u elektrani.
2. ostaviti staro trodjelno kućište uz kružno paketiranje limova i ulaganje namota u elektrani
3. izrada novog trodjelnog kućišta, ostalo kao pod 2.
4. izrada novog statora u staroj trodjelnoj varijanti.

Prva opcija odmah je odbačena zbog nemogućnosti transporta (promjer statora je oko 9 m) i građevinskih gabarita elektrane, kao i četvrta kao moguće riskantna glede vibracija i kompaktnosti paketa i kućišta. Pomnije su analizirana druga i treća opcija.

Odabrana je druga, jeftinija opcija, ali i prikladnija radi eventualnih poteškoća pri pripasivanju ostale opreme na novo kućište statora, ako bi sve mjere (provrti na pr.) bile praktički apsolutno točne. (Kasnije će se pokazati da nije bilo značajnijih financijskih efekata, budući da je kućište bilo tako deformirano pa je bila potrebna obrada u tvornici).

Ponudu KONČAR-GENERATORA za obnovu prema odabranom rješenju investitor je ocijenio povoljnom, pa se nadalje opseg obnove detaljnije dogovarao samo s tom tvrtkom. S obzirom na tehnološki napredak u proizvodnji generatora investitor nije propustio zatražiti povećanje snage i korisnosti obnovljenog generatora uz zadržavanje zagrijavanja namota na razini izolacijske klase B. Poglavitno je bilo važno snagu generatora uskladiti s dopuštenom maksimalnom snagom turbine od 48 MW uz mogući režim rada s faktorom snage 0,85 (oko 55 MVA).

Ne manji zahtjev bio je i postavljeni rok od 3,5 mjeseca za kompletno izvođenje radova u doba malih dotoka (od 1.12.1995. - 15.03.1996.).

Pored osnovnih radova (zamjena namota i paketa statora) ispitivanja i drugih popratnih aktivnosti, ugovoreni su i slijedeći poslovi :

- preizoliranje rotorskog namota
- rekonstrukcija i izoliranje kliznih koluta
- rekonstrukcija rashladnog sustava
- ugradnja novih grijača, manometra na uređaju za kočenje, zamjena držača četkica uključujući i četkice
- isporuka i ugradnja ormarića termičke zaštite

Budući da se postavljalo pitanje i nove potencijalne snage, projektant se odlučio za dodavanje jednog uzbuđenog zavoja (4,5%). Toliko je stalo na postojećim polnim jezgrama. Razlog tome je procjena da je u termičkom smislu

upravo uzbudni namot "usko grlo" većem povećanju snage pa se ova promjena naizgled financijski neisplativa glede vlastitog smanjenja gubitaka, kasnije (kada se vidjela precizna termička slika statora) pokazala vrlo važnom.

Nadzor nad provedbom plana kontrole kvalitete povjeren je KONČAR-INSTITUTU ZA ELEKTROTEHNIKU, posebice glede ispitivanja limova i izolacije.

Na temelju preliminarnih izračuna i zahtjeva vodstva elektrane postavljeni su novi osnovni parametri generatora navedeni u tablici 1.

Tablica 1. Stari i novi osnovni parametri generatora

Osnovni podaci	Novi	Stari
Snaga (kVA)	53500	50000
Napon (V)	10500	10500
Regulacija napona (%)	7.5	5
Struja (A)	2942	2740
Faktor snage (-)	0.85	0.85
Frekvencija (Hz)	50	50
Brzina vrtnje (o/min)	125	125
Brzina pobjega (o/min)	315	305

5. NOVA TEHNOLOGIJA I IZBOR GEOMETRIJE

Izborom opcije 2. i zadržavanjem postojećeg rotora, prostor za izbor novih projektnih veličina bio je znatno sužen. No i s relativno malim promjenama, a podizanjem tehnološkog nivoa proizvodnje i primjenom novih kvalitetnijih materijala, postignuti su gotovo izvanredni rezultati, posebno u smanjenju gubitaka.

Korištenjem softverskog paketa, u okviru spomenutih ograničenja određen je optimalni broj i dimenzija utora te njegova ispunja. U ovim odlukama znatnog utjecaja ima unapređenje u tehnologiji paketiranja. Novim saznanjima o paketiranju koriste se dvije izvodnice, termički obrađeni klinovi, termička stabilizacija, lijepljenje limova krajnjih segmenata te primjena segmentnih priteznih ploča. Rezultat je zavidan nivo preciznosti geometrije statorskog paketa, što je posebno vidljivo i značajno u tolerancijama (smanjenim) dimenzije utora. Rasipanje od cca. 0,2 mm u odnosu na staru tehnologiju sa tolerancijama cca. 0,5-0,7 mm omogućilo je bolju ispunu utora i bolje odvođenje topline, što na kraju rezultira manjim gubicima i većom maksimalnom snagom. Posve isti efekt (čak i veći) ima smanjenje debljine izolacije sa 3,3 na 2,7 mm (s daljnjom tendencijom smanjenja), a kao posljedica primjene novih materijala glavne izolacije, na bazi predimpregnirane tinjčeve vrpce (resin rich sistemi), unapređenja postupka izrade te preciznijeg pristupa izračunu punjenja.

Na taj način ispunja utora bakrom (uz dodatno proširenje utora sa 17 na 17,6 mm - rezultat optimizacije) povećana je za 25,6 %. Uz poboljšan odvod topline kroz tanju izolaciju i manju zračnost ukupan rezultat je dozvoljeno preopterećenje statora u odnosu na stari generator za najmanje 15 %. Na žalost ovakvo povećanje snage ne mogu pratiti i ostali dijelovi generatora. Međutim nesumnjiv dobitak je smanjenje gubitaka što će završna mjerenja i pokazati.

Iznimnu važnost u smanjenju gubitaka, a i za opću kvalitetu paketa ima i novi stroj za skidanje srha odštancanih limova. Nakon te operacije moglo se vidjeti da problem "srha" praktično više ne postoji. Ovo će posebno biti vid-

ljivo već kod kružnog magnetiziranja paketa te kasnije pri mjerenju gubitaka praznog hoda.

Polazeći od najvećeg razloga obnove, vibracija, važno je istaknuti da nova tehnologija paketiranja osim preciznosti geometrije ima važnu ako ne i najvažniju posljedicu bolju krutost kompletnog statora, a time i dodatno smanjenje nezanemarivih mehaničkih gubitaka uslijed vibracija što je ovaj tren teško potkrijepiti točnijim numeričkim iznosima, ali nekoliko mjerenja upravo na ovom objektu ukazuju na takvu mogućnost.

6. IZVOĐENJE OBNOVE

Poslove tijekom obnove možemo podijeliti na :

Poslove u tvornici

- izrada tehničke dokumentacije i plana kontrole kvalitete
- nabava materijala
- izrada statorskog lima, spremnog za paketiranje
- izrada štapova statorskog namota i dijelova za učvršćenje namota
- preizoliranje rotorskog namota
- izrada i ugradnja dodatnog zavoja po polu (48 kom.)
- dorada nekih dijelova stroja (nastavak osovine, klizni koluti, kućište)
- kontrolna mjerenja i ispitivanja.

Poslove u elektrani

- organizacija i pripremni radovi
- demontaža generatora
- demontaža polova
- vađenje statorskog namota i limova statorskog paketa
- demontaža kućišta i transport u tvornicu radi strojne obrade
- priprema kućišta za paketiranje limova, mjerenja
- paketiranje limova, stezanje, ispitivanje
- ulaganje štapova namota, spajanje i učvršćenje, mjerenja, ispitivanja
- montaža generatora, ispitivanja i mjerenja
- mehanička vrtnja, probni pogon
- ispitivanje korisnosti.

U ovom radu nije moguće dati opsešniji prikaz svih obavljenih radova (što se poglavito odnosi na uobičajene poslove prigodom demontaže i montaže pojedinih dijelova stroja), nego se ukazuje prvenstveno na neke specifičnosti nađenog i izvedenog stanja.

Nakon što je rotor izvađen prišlo se vađenju statorskog namota, pri čemu nije bilo većih poteškoća, a potom je uslijedilo vađenje limova.

Ubrzo je uslijedilo prvo iznenađenje. Trapezne letve - vodilice limova bile su uglavnom otpuštene, jer su popucali vijci s kojima su one učvršćene na nosače. Ne ulazeći podrobnije u analizu uzroka koji su doveli do ovog stanja, dolazimo do zaključka da zaista nije bilo krute veze između statorskog paketa i kućišta, što je neupitno glavni uzrok povećanih vibracija, posebice u prijelaznim režimima rada. Kontrolom okruglosti kućišta statora dočekuje nas druga neugodna spoznaja; kućište je deformirano i to u tolikoj mjeri da nije bila moguća dorada na licu mjesta.

Odlučeno je da se trećine kućišta otpreme na strojnu obradu u tvornicu. Dodatkom ugovoru određen je zbog toga novi rok za završetak radova (6.4.1996.). Tvrtka KONČAR-GENERATORI obvezala se da će uprkos božićnih i

novogodišnjih blagdana te radove obaviti u dogovorenom roku, kako je i realizirano.

Pri ponovnom sastavljanju statorskih trećina bilo je poteškoća u dobivanju tolerantne okruglosti, iako su trećine bile međusobno učvršćene prizonima. U međuvremenu je turbinsko vratilo postavljeno u "vertikalniji" položaj podlaganjem nosećeg ležaja te je trebalo korigirati i vertikalnost statorskog paketa. Letve vodilica učvršćene su na nosače jačim vijcima i čvršće prizonirane, za što je bilo potrebno bušiti nove rupe.

Međutim vrijeme izgubljeno za ove neočekivane poslove nadoknađeno je izuzetnim zalaganjem i dobrom organizacijom rada djelatnika KONČAR-GENERATORA uz punu suradnju i pomoć osoblja elektrane.

Nakon probne montaže i slaganja lima kružno ubrzo su završeni poslovi na paketiranju statorskog paketa s konačnim pritezanjem tlačnih ploča s tlačnim prstima. Pri tome se pokazalo da je od posebne važnosti bila odluka da tlačne ploče budu višestruko kraće od starih (na svakoj trećini bila je prije samo jedna ploča dužine oko 7 m).

Prije konačnog dotezanja paket je uz mnogo teškoća (intenzivno odvođenje topline na okolni zrak i betonsku građevinu) tijekom tri dana zagrijan na više od 90 oC kako bi u tom procesu došlo do boljeg prijanjanja limova.

Faktor punjenja 0,95 te termovizijsko praćenje zagrijavanja paketa pri kružnom magnetiziranju (0,95 T) ukazuje na izvrsno složeni paket, što će rezultirati smanjenim gubicima u pogonu.

Pri ulaganju namota i zaklinjavanju nije bilo većih teškoća. Upotrijebljeni su znatno kraći klinovi nego kod stare izvedbe, čime je postignuto bolje učvršćenje namota, a i ulaganje je bilo lakše. Prije ulaganja svaki od štapova pojedinačno je podvrgnut visokonaponskoj probi s "Baker" uređajem (KONČAR-INSTITUT) kako bi se bez razaranja provjerilo stanje izolacije nakon eventualno mogućeg oštećenja u transportu ili prigodom ulaganja.

Štapovi su, mada svi zadovoljavaju kvalitetom, prilikom ispitivanja u tvornici razvrstani u tri kategorije, obilježeni i raspoređeni prema električnom naprezanju i shemi namota. Najbolji su uloženi bliže izvodima generatora i u utorima susjednih faza. Za istaknuti je da su na krajevima utora štapovi osigurani izolacijskim ulošcima, što im osigurava bolju krutost i štiti ih od proklizavanja.

Budući da je novim niveliranjem turbinskog vratila bila poremećena geometrija drugih strojnih dijelova bilo je potrebno doraditi (proširiti) provrte na krakovima zvijezde rotora.

Po montaži preizoliranih polova rotor je uz predhodna ispitivanja i kontrolu ventilatorskih lopatica spušten i spojen na turbinsko vratilo, a zatim je obavljena montaža drugih strojnih dijelova. Pri tim završnim aktivnostima posebna pozornost posvećena je montiranju zaslona ventilatora, kako bi se što više smanjila zračnost te tako i smanjila količina recirkulirajućeg zraka, odnosno nepotrebni gubici ventilacije. Rezultat takve pozornosti dijelom je vidljiv u završnom ispitivanju korisnosti. Nakon uspješno provedenih konačnih ispitivanja, te podešenja uzbude i zaštita na nove vrijednosti uslijedila je 27.03.1996. godine mehanička vrtnja, a 1.04.1996. probni pogon s punim opterećenjem, tiho, bez vibracija, s manjim zagrijavanjem namota i paketa na zadovoljstvo svih sudionika obnove, posebice tvrtke KONČAR-GENERATORI kojoj je pripala odgovarajuća premija za završetak radova pet dana prije ugovorenog roka.

7. REZULTATI MJERENJA I ANALIZA

Prikazati sva mjerenja (tablično, krivuljama i pojedinačno) koja su učinjena za vrijeme proizvodnje, montaže i nakon puštanja u pogon bilo bi preopširno te se iz svih materijala izabire samo ono što je više ili manje indikativno. Neki podaci se pri tome i preračunavaju zbog konstrukcijskih razloga ili novih nazivnih podataka kako bi bili usporedivi sa starim generatorom.

Tablica 2. Neki podaci mjerenja i usporedba sa starim generatorom

Mjerena veličina	Stari	Novi (preračunato)
Otpor izolacije rotorskog namota, (MW)	24	320 .
Faktor punjenja statorskog paketa, (-)	0,95	0,95 .
Spec. gubici stat. lima pri kružnom magnetiziranju poslije paketiranja pri indukciji 1T, (W/kg)	1.87	1.26 .
Odnosi se samo na jaram. Približan podatak.		
Napon osovine, prazni hod, $U=U_n$, (V)	2.9	0,9 .
Uzbudna struja, prazni hod, $U=U_n$, (A)	475	457 (477)
Uzbudna struja, prazni hod, $U=1.25U_n$, (A)	802	772 (805)
Uzbudna struja, kratki spoj, $I=I_n$, (A)	505	511 (499)
Reaktancija uzdužna sikrona nezasićena, (%)	116	119 (111)
Otpor faze statorskog namota pri 20oC, (W)	0,009414	0,007533
Otpor uzbuđenog namota pri 20oC, (W)	0.185	0,1929 .

Gubici generatora mjereni su parcijalno kalorimetrijski. Mjerenja na starom generatoru proveli su djelatnici tvornice KONČAR-GENERATORI, a na novom djelatnici INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU I ENERGETIKU. U narednoj tablici nisu prikazani gubici uzbuđenog sustava i gubici u ležajima jer na njih proizvođač generatora nije mogao utjecati budući da nisu bili njegov proizvod, mada bi se po IEC propisu za izračun stvarne korisnosti generatora svi prvi i dio drugih trebali pribrojiti prikazanim gubicima. Kako je za ocjenu učinka obnove bitno ukazati na razlike staroga i novoga, te se držati okvira ugovora, pored apsolutnih iznosa gubitaka izračunate su i odgovarajuće korisnosti. U tablici III prikazani su rezultati za nominalni faktor snage $\cos\phi=0.85$.

Tablica 3. Usporedba izmjerenih vrijednosti gubitaka na starom i novom generatoru

Gubici (kW)	Stari (50MVA)	Novi (50MVA)	Novi (53,5MVA)
G. ventilacije	101	96	96
G. praznog hoda	246	195	195
G. kratkog spoja	353	270	305
G. u bakru uzb. nam. (75oC)	197	168	184
UKUPNO	897	727	778
η (%)	97,93	98,31	98,31
G. u stat. nam. za istosmj. struju	215	171	195
G. dodatni pri kratkom spoju	138	99	110

7.1. Ventilacijski gubici

Rezultati mjerenja pokazuju smanjenje ventilacijskih gubitaka za svega 5 kW, jer prilikom ove rekonstrukcije nisu

razmatrane mogućnosti njihovog smanjenja. No, budući da je već ranije (1977. god.) mjerenjem na starom generatoru uočena anomalija u ventilacijskom sustavu, tzv. pumpanje, koje je povezano s nepotrebno velikim gubicima ventilacije, oni ipak zaslušuju posebnu pažnju i o mogućnostima njihovog smanjenja svakako bi trebalo voditi računa prilikom rekonstrukcije drugog generatora. Na osnovi podataka u Lit.4 postignuto smanjenje ventilacijskih gubitaka samo se djelomično može pripisati smanjenju zazoru između ventilatora i zaslona. Analizom je naime ustanovljeno da najveći utjecaj na smanjenje gubitaka ventilacije ima smanjenje protoka kroz radijalne kanale paketa statora (manji broj i manja širina kanala). Pri tom također dolazi do preraspodjele protoka unutar generatora (radijalni kanali - tlačni prsti - otvori na kućištu) pa se ukupni protok zraka bitno ne mijenja. Takav zaključak potvrđuju i rezultati mjerenja temperatura zraka (tablica IV) gdje se može uočiti da omjer zagrijanja zraka kod novog (17oC) i starog generatora (19oC) upravo odgovara omjeru gubitaka za mjerena stanja. Rezultati mjerenja pokazuju međutim znatno veće vrijednosti protoka kod novog u odnosu na stari generator za što nema nikakvog fizikalnog opravdanja pa to upućuje na zaključak da bi se mjerenje protoka trebalo provesti jednakim postupkom na oba generatora (starom-još postojećem i novom-rekonstruiranom). Osim toga bilo bi vrlo korisno mjerenjem obuhvatiti i raspodjelu zraka i temperatura unutar generatora čime bi se dobili pouzdani podaci za optimiranje sustava ventilacije prilikom predstojeće rekonstrukcije drugog generatora. Na potrebu za optimiranjem ventilacije upućuje i energetska koeficijent ekonomičnosti (ke) koji daje udio gubitaka ventilacije u ukupnim gubicima i koji pokazuje da je unatoč manjim gubicima ventilacije ekonomičnost hlađenja novog generatora lošija (ke je porastao na 13,2% u odnosu na 11,3% kod starog generatora).

7.2. Prazni hod

Smanjenje gubitaka 51 kW. Podatak naizgled neupadljiv (ipak je prošlo 20-tak godina). Međutim podatak je itekako značajan kada se zna da od novih 195 kW (i starih 246 kW) 50-tak otpada na gubitke izvan paketa na koje se nije moglo (ili nije nikako isplatilo) utjecati. Tada ostaje omjer 145/196 odnosno 0,739. Još uvijek za "očekivati". No, kada se uoči da je korišteni lim oznake V 330-50A isti kao i prije dvadesetak godina (Računski podaci 4.000.261) onda razlika od 51 kW postaje zanimljiva. Potrebno je naglasiti da je bio predviđen statorski lim bolje kvalitete (V 270-50A, već korišten u proizvodnji), ali zbog njegove iznenadne nestašice na svjetskom tržištu 1995. godine, da se sav projekt ne bi odgodio godinu dana (što bi nakon svih rezultata bila kriva odluka), uz odobrenje investitora (a na vlastiti rizik tvornice glede ugovorenih korisnosti odnosno penala i premija) koristio se stariji lim koji je tada bio na raspolaganju.

Ovako značajno smanjenje gubitaka posljedica je dijelom novog stroja za skidanje srha i odličnog paketiranja, a svakako i boljih karakteristika neobrađenog lima uprkos jednakoj oznaci (brojka 330 govori o 3,3 W/kg gubitaka pri indukciji 1,5 T).

7.3. Kratki spoj

Povećanje faktora ispunje utora za 25,6% jasno pokazuje razliku gubitaka 215/171 kW za istosmjernu struju. Začu-

đuje razlika od 39 kW dodatnih gubitaka. Manji dio tih gubitaka (<5 kW) odnosi se na smanjenje dodatnih gubitaka u bakru uslijed skin efekta zbog novih nešto nižih dionih vodiča (2,24 mm u odnosu na 2,5 mm).

Ako u nepromjenljivi dio ubrojimo dodatne gubitke polnih stopala (dapače ti su zbog šireg utora još i porasli) i posljedicu nesinusoidalnosti krivulje indukcije (ostala je ista) u zračnom rasporu (tzv. "usljed trećeg harmonika") na koje se nije moglo utjecati, onda još samo ostaju gubici u tzv. čeonom prostoru. Čime su ti gubici tako smanjeni? Odgovor jedino može biti u optimiranoj glavi namota (sada znatno kraćoj nego prije) i dijelom u ukupno kraćim spojnim šinama (jer se analizom sheme namota pokazalo da postoji i bolja kombinacija spajanja izvoda) te segmentnim pločama što je već spomenuto. Ove postavke teško je ovaj tren potkrijepiti broičano (formulama), a mjerenja u čeonom prostoru općenito su skupa.

Postoji i mogućnost da stari Roebel štap nije dovoljno kvalitetno realiziran (ne konstrukcijski nego izvedbeno). Tada bi spomenuta razlika od cca. 5 kW mogla biti znatno veća.

7.4. Gubici u uzbuđnom namotu

Njihovo smanjenje posljedica je manje uzbuđne struje, a dijelom i upitne točnosti izmjenjenog otpora uzbuđnog namota starog generatora za koji su stari gubici izračunati.

Naime, gubici u uzbuđnom namotu se ne mjere direktno nego se izračunavaju iz izmjerene (kadkada izračunate prema uputama IEC propisa) uzbuđne struje za nominalno opterećenje i izmjenjenog otpora. Razlog smanjenju je svakako dodani uzbuđni zavoj, nešto bolja magnetska karakteristika novog statorskog lima te kvalitetnije pakiranje.

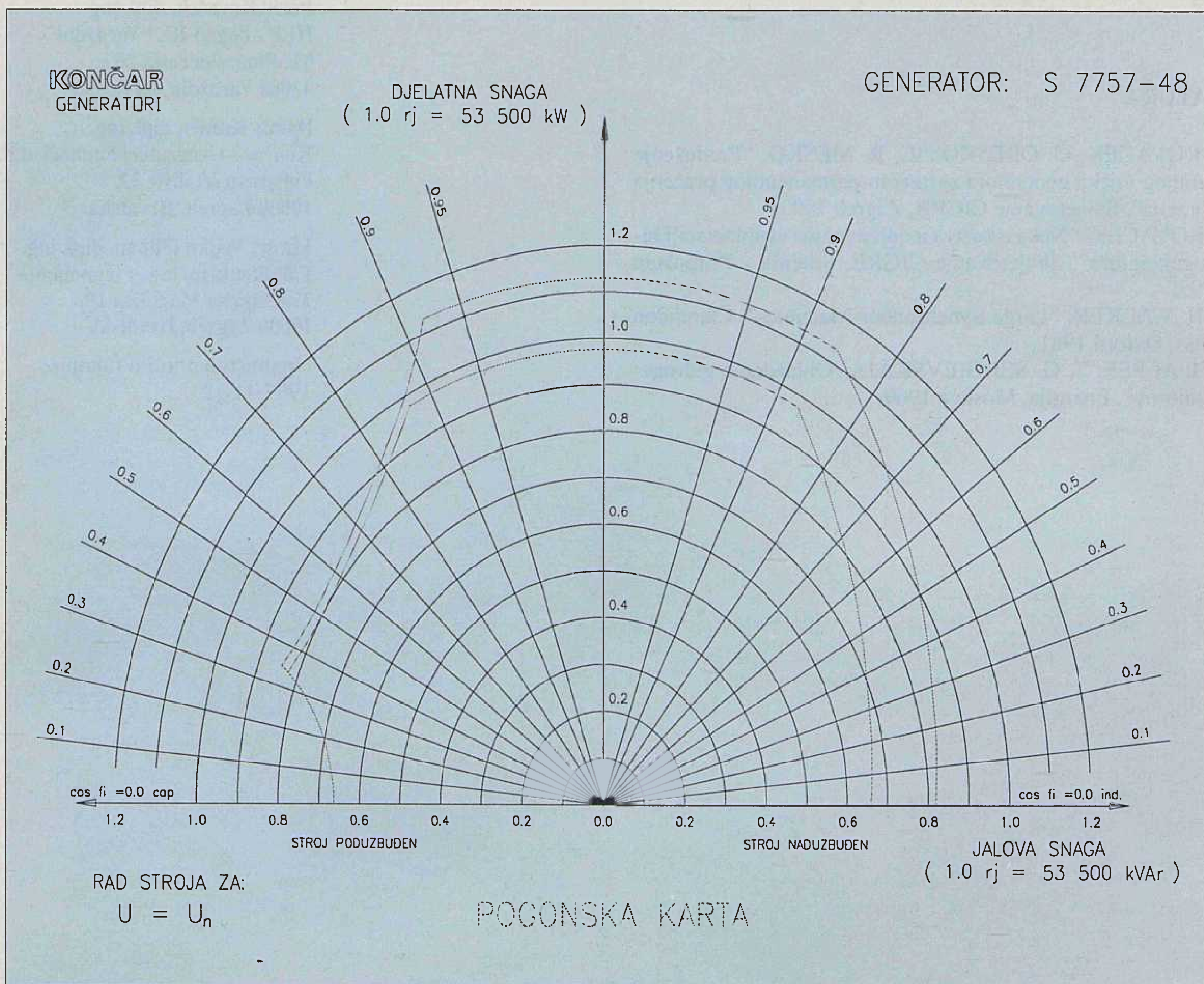
7.5. Zagrijavanje

Apsolutni iznosi mjerenih temperatura za neka pogonska stanja starog i novog generatora navedeni su u tablici 4.

Tablica 4. Apsolutni iznosi temperatura pri nekim pogonskim stanjima

Temperature (°C)	Stari (11,1kV) 44 MW, 11MVA _r	Novi (11kV) 47,1MW, 17MVA _r
Hladni zrak	22	28
Topli zrak	41	45
Voda na ulazu u hladnjak	9	11
Voda na izlazu iz hladnjaka	13	13
Statorski namot	80	71-79
Statorski paket	70	65-69
Rotorski namot	88	86

Na osnovi podataka u tablici 4 i odgovarajućim preračunavanjem definirana je pogonska karta (slika 1.) koja po-



Slika 1. Pogonska karta pri nominalnom naponu

kazuje maksimalne mogućnosti novog i starog generatora u okviru zagrijanja klase "B".

8. ZAKLJUČAK

Primjenom novih projektno-tehnoloških rješenja u obnovi hidrogeneratora "A" u HE VARAŽDIN postignuti su značajni učinci, posebice:

1. povećanje sigurnosti pogona i raspoloživosti elektrane
2. otklanjanje vrlo štetnog utjecaja vibracija na cijelokupnu opremu agregata i građevine te što je posebno važno na djelatnike pogona
3. povećanje snage hidrogeneratora za oko 15 % (konačna mjerenja) trajno u klasi "B" te dodatnih najmanje 5 % do klase "F"
Ovo je iznimno važno kada se sagledava daljnje povećanje snage turbine za oko 15% što će se postići zamjenom dotrajalih radnih kola u razdoblju 2000. - 2002. godine.
4. veliko smanjenje gubitaka koji čine značajnu financijsku dobit.

Uspješnost obnove s tehničkog i gospodarskog gledišta, te kratkog vremena potrebnog za izvođenje radova bitno utječe na odluku o opsegu obnove drugog hidrogeneratora čije izolacijsko stanje više ne dopušta niti propisana ispitivanja visokim naponom. Obnova je planirana za zimsko razdoblje 1998/1999. godine.

LITERATURA

- [1] P. KOVAČEK, G. OREŠKOVIĆ, B. MEŠKO: "Produženje životnog vijeka generatora sustavom permanentnog praćenja vibracija", Savjetovanje CIGRE, Zagreb 1993.
- [2] P. KOVAČEK: "Neka iskustva u održavanju i eksploataciji hidrogeneratora", Savjetovanje CIGRE, Šibenik - Primošten 1995.
- [3] J. H. WALKER: "Large Synchronous Machines", Clarendon Press, Oxford 1981.
- [4] T. I. ALPER, T. G. SERGIEVSKAJA: "Ohlaždenie gidrogeneratorov", Energija, Moskva 1969.

HYDRO GENERATOR REFURBISHMENT IN THE HPP "VARAŽDIN"

A short review of the plant is given, as well as the operation experience up to now and the reasons of hydro generator refurbishment including the extent of the works. New design and technological results of the stator's active part are presented that led to the increase of the power and improvement of all other parts of the unit. Beside procedure description, whereby increased quality control was realized, new results are compared to the old ones. The differences obtained in the measurement of the losses of the old and the renewed generator are specially emphasized and analyzed.

DIE ERNEUERUNG VON GENERATOREN IM WASSERKRAFTWERK "VARAŽDIN"

Gegeben ist eine kurze Beschreibung des Kraftwerkes und die Erfahrungen des bisherigen Betriebs sowie die Gründe für die Erneuerung von Generatoren dargestellt. Vorgezeigt werden sowohl neue Entwurfs- und Technologie- Lösungen der Herstellung von aktiven Bestandteilen des Ständers, als auch das Endergebnis Dieses Unterfangens, welches in der Erhöhung der Leistung und der Verbesserung aller anderen Kenngrößen besteht. Neben der Beschreibung von Erneuerungsarbeiten, bei welchen eine verstärkte Qualitätskontrolle durchgeführt wurde, werden die Ergebnisse der Erneuerung mit dem vorherbestehenden Zustand verglichen. Besonders hervorgehoben und erörtert wurden bedeutsame Unterschiede der Verluste welche im alten und im erneuerten Generator gemessen wurden.

Naslov pisaca:

Petar Kovaček, dipl. ing.
HEP - Pogon HE "Varaždin"
Medimurska cesta 26 c,
42000 Varaždin, Hrvatska

Damir Kufner, dipl. ing.
Končar - Generatori i motori, d.d.
Fallerovo šetalište 22,
10000 Zagreb, Hrvatska

Mr. sc. Veljko Filipan, dipl. ing.
Fakultet kem. ing. i tehnologije
Trg Marka Marulića 19,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1997-11-12

HIPOTETSKE NESIMETRIJE U STRUJAMA DALEKOVODA 400, 220 I 110 kV U SLOVENIJI

(Izvještaj o nekim rezultatima istraživanja
"Međusobni utjecaji između više dalekovodnih sistema")

Mr. sc. Marijan Koželj, Ljubljana

UDK 621.315.1:621.316
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazani su učinci rasporeda faznih vodiča jedno- i dvosistemskih dalekovoda vrlo visokog napona u elektroenergetskom sistemu Slovenije na njihova pogonska svojstva. Naročito su zanimljive nesimetrije u strujama trofaznih dalekovodnih sistema, bežične razmjene djelatne snage kod 50 Hz između dalekovodnih sistema kao i induciranje napona i struja sa "živog" dalekovodnog sistema na slobodne vodiče nepriključenog dalekovodnog sistema. Dano je nekoliko preporuka za novogradnje i rekonstrukcije.

Ključne riječi: dalekovodi za (vrlo) visoke izmjenične napone, međukapaciteti, međuinduktiviteti, bežični prijenos energije, Poyntingov vektor.

1. UVOD

U Sloveniji ima približno 91 km dvosistemskih i 326 km jednosistemskih 400 kV dalekovodnih dionica, oko 293 km jednosistemskih i 9,8 km dvosistemskih 220 kV dalekovoda, te približno 2300 km sistemskih kilometara dalekovoda 110 kV (dužine dvosistemskih dalekovoda množene su s 2). Neznatno su zastupljene dionice dalekovoda ovih napona sa više od dva sistema na istim stupovima. U budućnosti će se, zbog smanjivanja zauzeća prostora, najvjerojatnije graditi i takve izvedbe dalekovoda (napr. 4-sistemski dalekovodi odnosno dionice). Takvi su dalekovodi vrlo neugodni za pogon a i održavanje, pogotovo uspoređeni sa dvo- ili jednosistemskim dalekovodima.

Bilo kako predočimo raspored paralelnih vodiča trofaznog dalekovodnog sistema u prostoru, uvijek će među fazama R, S, T vladati neka nesimetrija. Čak i kada su vodiči raspoređeni u kutovima istostraničnog trokuta, različite su udaljenosti pojedinih faza do zaštitnog vodiča a i prema zemlji. Tako se razlikuju dozemni kapaciteti i induktiviteti pojedinih faza pa su one općenito više manje nesimetrične i stoga se u pogonu različito ponašaju. Kada su vodiči raspoređeni u vodoravnoj ravnini, kao što je to slučaj na Y stupovima jednosistemskih 400 kV dalekovoda u Sloveniji (a često i u svijetu), jasno je da se srednja faza nalazi u izrazito drugačijem položaju i ima drugačije reaktance od dviju vanjskih faza. Potpunu simetriju, ako promatramo cijelu dužinu dalekovoda, moguće je postići ako svaki od tri faznih vodiča na svakoj trećini dužine takvog jednosistemskog dalekovoda međusobno zamijeni položaj. Dakle ako načinimo preplet (transpoziciju) tako da svaka faza na po jednoj trećini dužine voda zauzme drugi položaj. To preplitanje ima u izgradnji svoju cijenu. Za egzaktno rješenje trebalo bi još uzeti u obzir utjecaj konfiguracije

terena i različitosti u specifičnoj vodljivosti tla, i to i na većim dubinama.

U slučaju dvosistemskih dalekovoda su 2x3 fazna vodiča obično prostorno raspoređeni simetrično sa obje strane simetralne ravnine, koju predočavamo u smjeru trase dalekovoda vertikalno na teren. Simetralna ravnina je za svaku potporu (stup) istovremeno i simetralna ravnina na mjestu kroz tu potporu u smjeru uzduž dalekovoda.

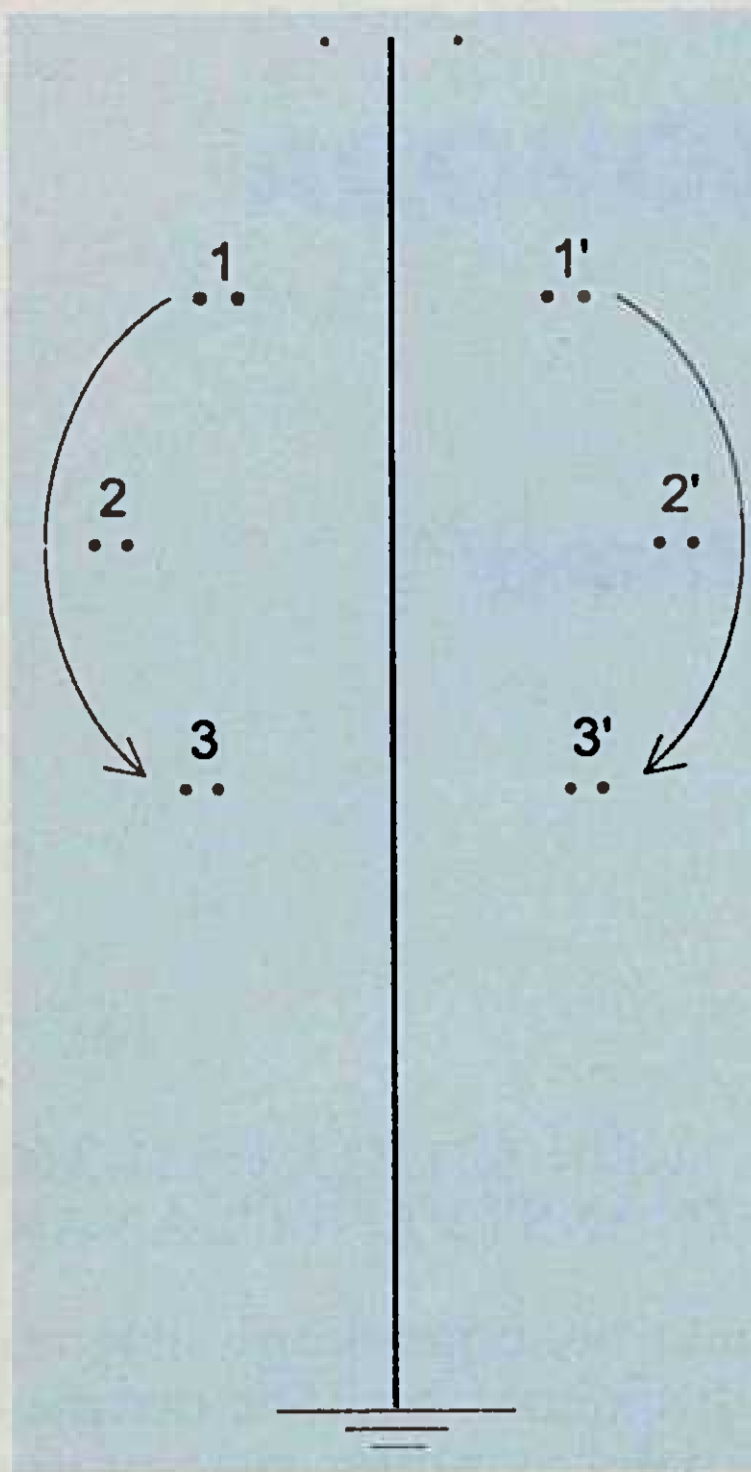
Obračunska mjerenja u pravilu mjere pojedinačni dalekovodni sistem. Električna energija pak pretežno ne teče kroz presjek vodiča, već teče u prostoru oko vodiča (Poyntingov vektor). Kada promatramo dvosistemski dalekovod, to je jedinstveni prostor za protok energije koji nema jasnih granica - dok ih mjerimo kao da su to dva potpuno odvojena sistema. Nije nikakvo čudo da nas "elektrika prevari" pa putem od prve do druge stanice (mjerne točke) bježi u prostor tako nam konačna bilanca mjerenja, također i kod 50 Hz, na početku i kraju dalekovodnog sistema nije sukladna makar uzeli u obzir korekciju s ispravnim toplinskim energetske gubicima i mjernim pogreškama.

Za toliki broj kilometara dalekovoda kao što je rečeno u prvom odlomku ovog poglavlja, sigurno je korisno zamisliti se o problemu kakav utjecaj ima izbor dispozicija i transpozicija na pogonska svojstva dalekovoda. To smo učinili u projektu "Međusobni utjecaji između više dalekovodnih sistema" [15] sa simulacijskim programom MV.SD, koji radi sa hipotezom da su elektroenergetski sistemi na obim krajevima dvosistemskih dalekovoda beskonačno snažni, te da su trofazni naponi na obim krajevima potpuno simetrični bez obzira na činjenicu što struje kroz dalekovod nisu simetrične i što ta asimetrija iznosi i preko 10 %.

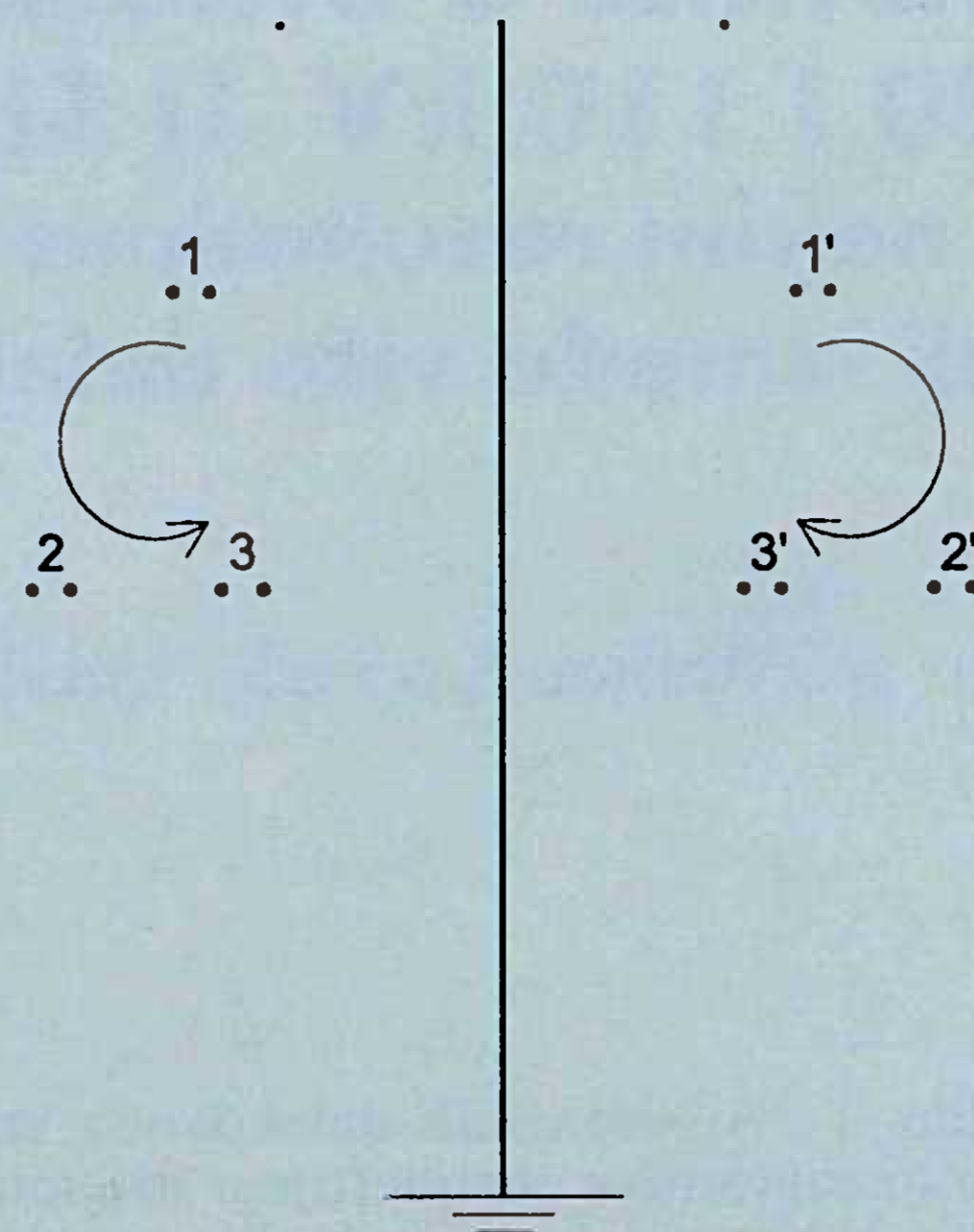
2. RASPORED I PRESJECI FAZNIH VODIČA

Polazimo od pretpostavke da su fazni vodiči dvosistemskog dalekovoda simetrično raspoređeni: zrcalno na si-

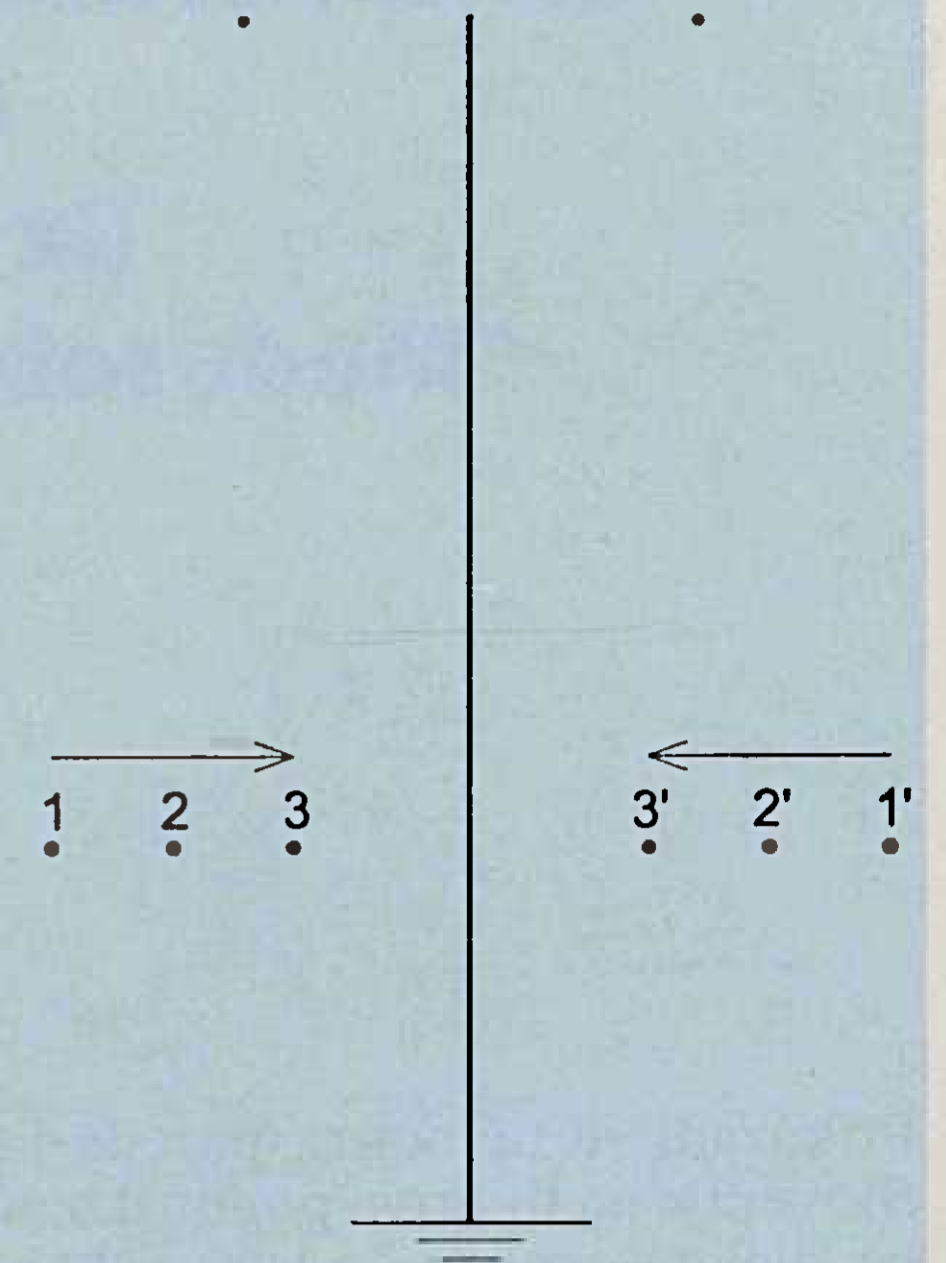
metralnu ravninu. Nije nužno da su parovi istoimenih faznih vodiča R-R', S-S' i T-T' raspoređeni zrcalno obzirom na simetralnu ravninu.



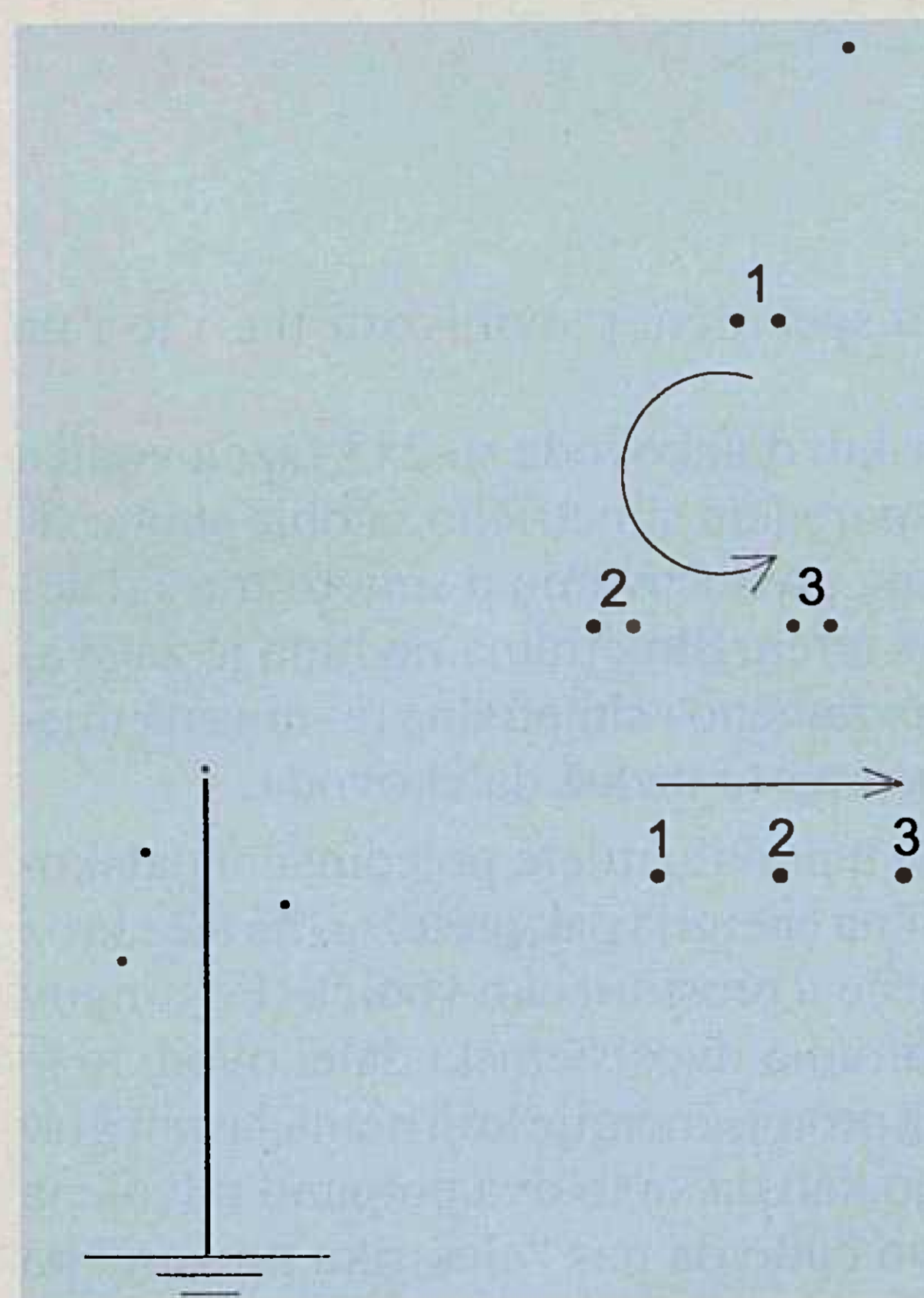
Slika 1. Okomiti raspored ("bačva", po dva vodiča u snopu)



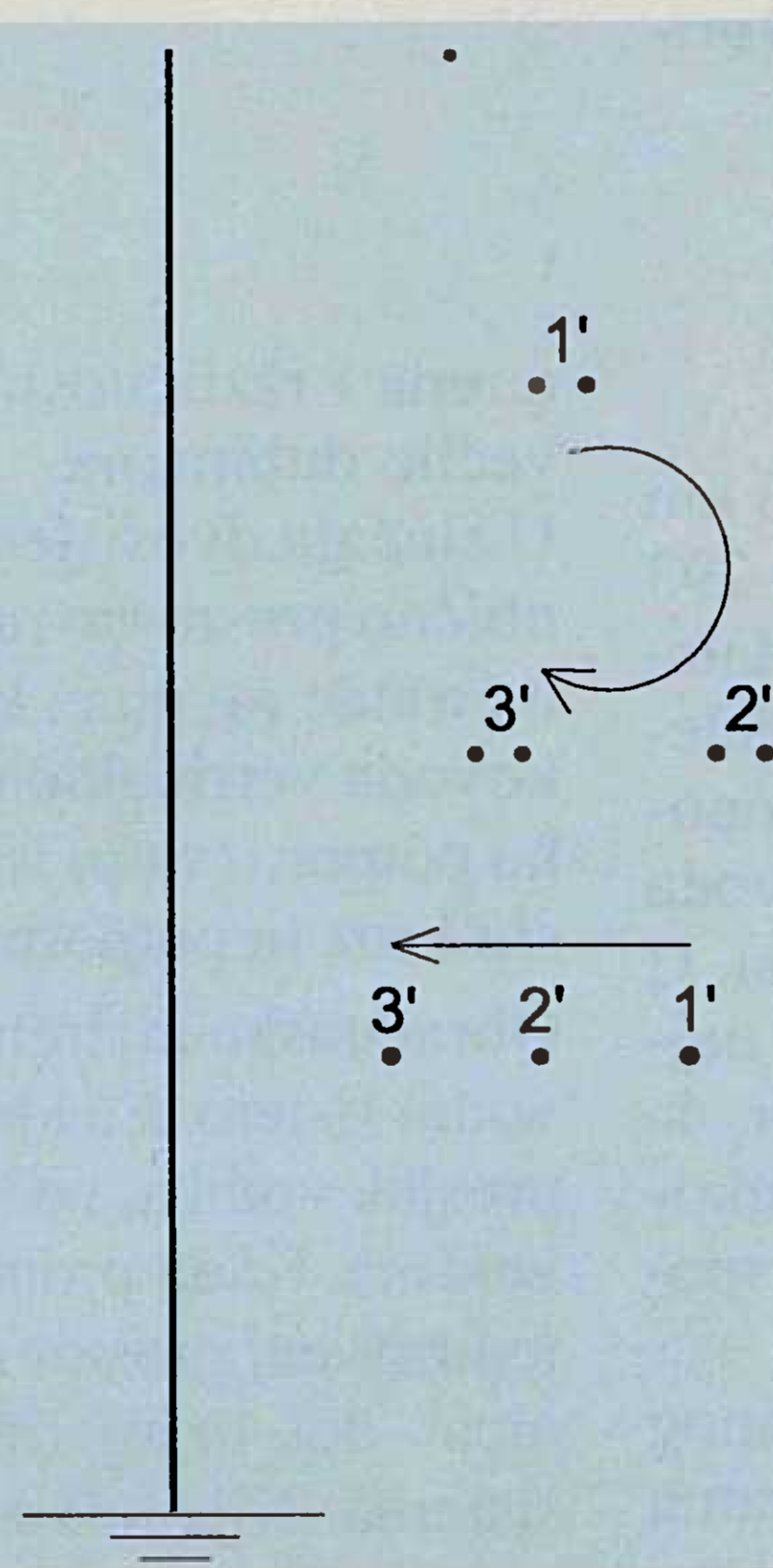
Slika 2. Trokutasti raspored ("dunav, smreka", po dva vodiča u snopu)



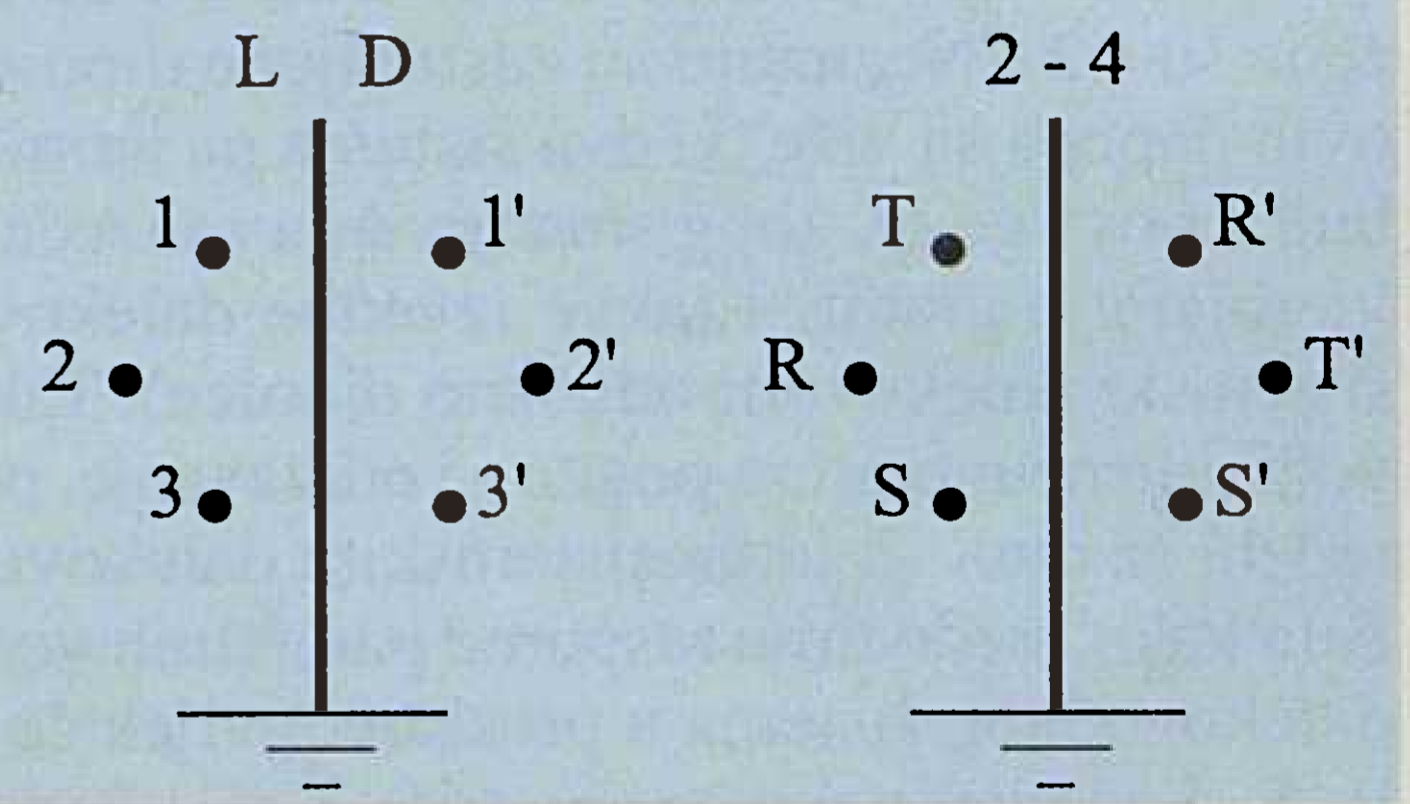
Slika 3. Vodoravni raspored (portalni tip, jednostruki vodiči)



Slika 4. Trokutasti raspored (jednosistemski, "jela", 110kV)



Slika 5. Četverosistemski dalekovod (napr. 2x400 kV + 2x110 kV)



Slika 6. Dispozicija vodiča dvosistemskog dalekovoda L ... lijevo; D ... desno

Na slikama 1, 2 i 3 prikazan je uobičajeni raspored vodiča na dvosistemskim dalekovodima. Na slici 1 vidimo okomito raspoređena po dva vodiča u snopu pri čemu su vodiči različito udaljeni od simetralne ravnine voda. Strice pokazuju smjer čitanja faznih vodiča odozgo prema dolje, dok je čitanje na obim stranama simetralne ravnine u istom smjeru. Zaštitno uže je jedno ili udvojeno. Ovaj tip ovješnja užeta, tzv. bačvasti, susrećemo u Sloveniji na dalekovodima napona 400 i 110 kV. Slika 2 prikazuje trokutasti raspored vodiča, koji se u Sloveniji susreće na naponu 110 kV; i ovdje je također označen način čitanja - na obim stranama zrcalno jednako. Slika 3 prikazuje vodoravan raspored i pripadne smjerove čitanja.

Na slici 4 je prikazan raspored faza "jela", koji se u Slove-

niji dosta često nalazi na 220 kV i 110 kV dalekovodima. Vrlo česti primjer zavješnja vodiča jednosistemskih dalekovoda je na tzv. Y stupovima. Svi su 400 kV jednosistemski dalekovodi, odnosno njihove jednosistemске diionice, u Sloveniji tog tipa.

Slika 5 prikazuje kombinaciju sl. 2 i 3, tj. na istim stupovima zavješni su vodiči u snopu (napr. 400 kV) i jednostruki vodiči (napr. 110 kV). Ovdje se dakle radi o dalekovodu sa četiri sistema i dva napona. Takvog u Sloveniji još nema.

Osim opisanih geometrijskih oblika zavješavanja faznih i zaštitnih vodiča u glavama stupova dalekovoda postoji još mnogo drugih tipova.

U Sloveniji su na naponu 400 kV vodiči u snopu, pretežno

po 2 vodiča u snopu presjeka Al/Č 490/65 mm². Isti presjek nalazimo i na većini vodova napona 220 kV, samo su vodiči jednostruki. Standardni presjek za vodove napona 110 kV je Al/Č 240/40 mm², ali na ovoj naponskoj razini nalazimo na dalekovodima po Sloveniji i mnogo drugačijih presjeka vodiča kao posljedicu proteklog razvoja i odluka raznih investitora.

3. DISPOZICIJE I TRANSPOZICIJE FAZNIH VODIČA DVOSISTEMSKOG DALEKOVODA

Kao bazu uzmimo okomiti raspored sa redosljedom čitanja na lijevoj strani (L, vodiči 1, 2, 3) i na desnoj strani (D, vodiči 1', 2', 3') odozgo prema dolje, kao što je to prikazano na slici 1 i shematski ponovljeno na slici 6. Sve moguće kombinacije vodiča na lijevoj i desnoj strani izabranog sistema zapišemo po parovima u stupcima u tablicu 1. Svih mogućih kombinacija rasporeda vodiča R, S, T prvog, lijevog dalekovodnog sistema i vodiča R', S', T' drugog, desnog dalekovodnog sistema ima 36. Ove kombinacije

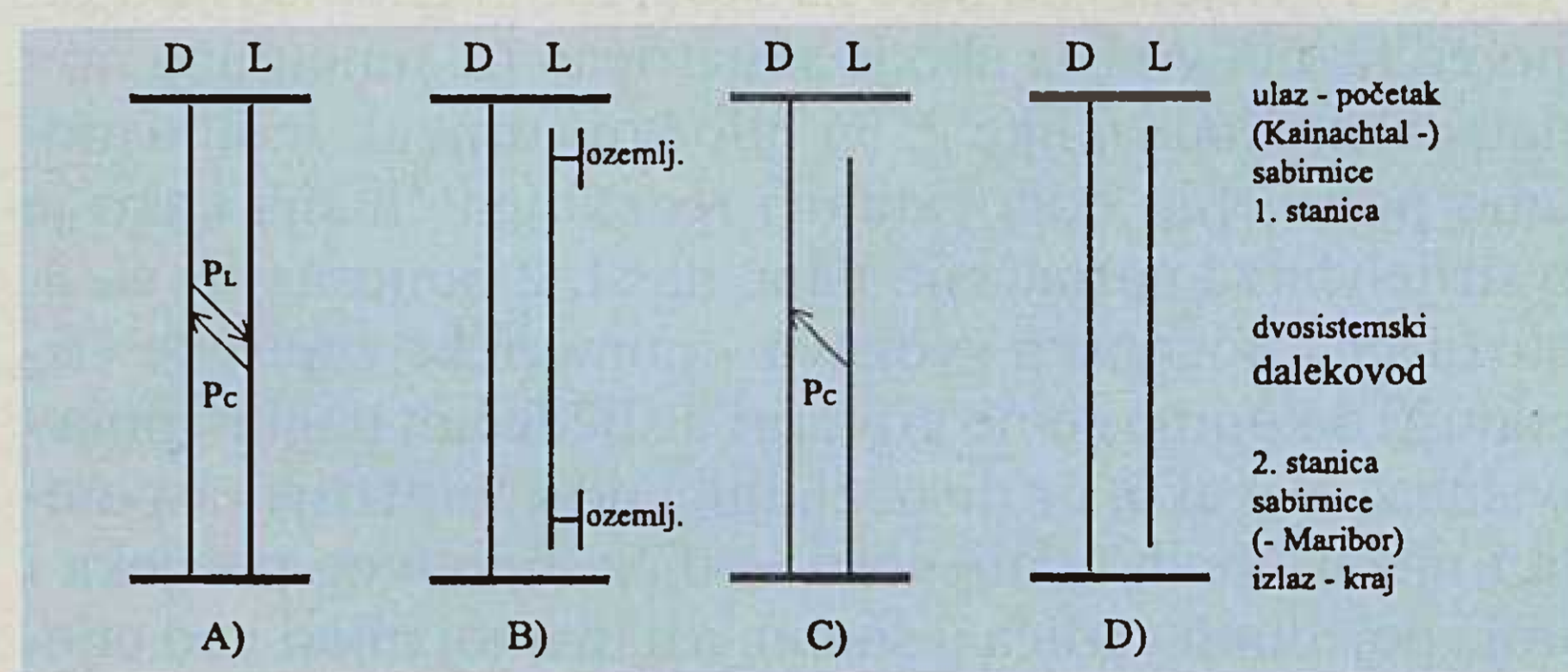
Tablica 1. Kombinacije položaja (dispozicija) faznih vodiča dvosistemskog dalekovoda s okomitim rasporedom vodiča tipa "bačva" (također i za bilo koji simetrični razmještaj)

L D	LD	LD	LD	LD	LD	LD
gledano iz 1. rasklopišta (stanice)						
i j	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
1 1'	RR'	RT	RS	RR	RT	RS
2 2'	SS'	SR	ST	ST	SS	SR
3 3'	TT'	TS	TR	TS	TR	TT
gledano iz 2. rasklopišta (stanice)						
D L	DL	DL	DL	DL	DL	DL

rasporeda vodiča nazivamo dispozicije. Kako je kod trofaznog okretnog polja svejedno po kojem su redosljedu raspoređene faze, dakle R-S-T ili S-T-R ili T-R-S, odmah slijedi da će električki biti barem 3x manje bitno različitih slučajeva. U tablici 1 je navedeno svih 36 dispozicija.

Slika 6 pokazuje kako odredimo oznaku dispozicije prema tablici 1 kod nekog redosljeda vodiča na stupu stvarnog dvosistemskog dalekovoda.

Dalekovodni sistem, ako nema odsjeka, povezuje dvije stanice (vidi i sliku 7). Ako predstavimo da su dispozicije zabilježene tako da u dalekovod gledamo iz 1. stanice i vidimo dispoziciju i-j, onda isti dalekovod pokazuje dispoziciju j-i ako ga gledamo iz 2. stanice. Broj bitno različitih dispozicija još se raspolovi ako je dalekovod homogen: ako vodiči među stanicama 1. i 2. ne mijenjaju svoj položaj. Za dijagonalne članove u tablici 1 su i=j, pa je 1-1, ..., 6-6. Ostali članovi, ostale dispozicije, zrcale se preko ove dijagonale: napr. 2-1 zrcali se u 1-2.



Slika 7. Moguća uklopna stanja za račun s programom MV. SD

Sa 36 dispozicija u tablici 1 dobijemo 6 grupa dispozicija koje se međusobno bitno razlikuju, kako po kombinatorici međusobnih položaja 2x3 fazna vodiča tako i po pogonskim svojstvima takvih dalekovoda. Uz dispozicije i=j imamo još dispozicije i>j (članovi u donjem trokutu tablice 1) i i<j (članovi u gornjem trokutu tablice 1). Kada govorimo o članovima i>j možemo većinom predstavljati i komplementarne članove i<j. Dispozicijama iz tablice 1 možemo sljedeće zaključiti za svaku od tih 6 grupa.

1. Dispozicije 1-1, ..., 6-6, t.j. i=j, dijagonalni su članovi u tablici 1. Faze R-S-T u dispozicijama 1-1, 2-2, 3-3 kako na lijevoj tako i na desnoj strani stupova nizaju se sve u istom pravcu odozgo prema dolje, a u dispozicijama 4-4, 5-5 i 6-6 u suprotnom pravcu: odozdo prema gore.
2. U dispozicijama 2-1, 3-2, 3-1 fazni su vodiči "potpuno pomiješani", nijedna faza lijevog dalekovodnog sistema ne zrcali se preko simetralne ravnine u istoimenu u desnom dalekovodnom sistemu. Faze na obe strane nizaju se u istom pravcu prema dolje.
3. Isto kao u predhodnoj točki važi za dispozicije 5-4, 6-5, 6-4 time da se faze nizaju u obrnutom pravcu, odozdo prema gore.
4. U dispozicijama 4-1, 5-2, 6-3 istoimeno se zrcali preko simetralne ravnine samo faza u najvišem položaju. Lijevi fazni vodiči nizaju se odozdo prema gore, desni odozgo prema dolje.
5. U dispozicijama 4-3, 5-1, 6-2 istoimeno se zrcali samo faza u srednjem položaju. Lijevi fazni vodiči nizaju se odozdo prema gore, desni odozgo prema dolje.
6. U dispozicijama 4-2, 5-3, 6-1 istoimeno se zrcali samo

faza u najnižem položaju. Lijevi fazni vodiči nizaju se odozdo prema gore, desni odozgo prema dolje.

Gledajući iz 1. stanice kod $i > j$ redaju se lijevi i desni vodiči u "direktnom" i "inverznom" smjeru. Slijedi da su kod $i < j$ smjerovi okretanja lijevih i desnih vodiča okrenuti jer se gledajući iz 2. stanice lijevo i desno međusobno mijenja.

Značajno je također za dispozicije u istoj grupi da prelaze jedna u drugu ako oba indeksa i i j povećamo odnosno smanjimo za 1, odnosno da prelaze u komplement ($i < j$). Međusobno komplementarne dispozicije, t.j. $i-j$ i $j-i$ (napr. 2-1 i 1-2 ili 2-4 i 4-2) ne ukazuju ništa novog jer se radi o promatranju istog rasporeda sa različitih krajeva istog homogenog dalekovoda. Ako pak na polovini dužine dalekovoda načinimo transpoziciju među komplementarnim dispozicijama odgovor je dakako drugačiji, a dat ćemo ga djelimično kroz izlaganja u sljedećim poglavljima.

Kombinatorika koju smo prikazali za okomiti raspored "bačva" (sl.1) vrijedi isto tako za svaki drugi geometrijski raspored faznih vodiča ako je simetričan na simetralnu ravninu dalekovoda (slike 2, 3 i bilo koja druga). Jedino moramo primijeniti odgovarajući redosljed čitanja kako je to strijelicama naznačeno napr. na sl. 2 odnosno na sl. 3. Istoznačna pogonska svojstva - numeričke zapisane vrijednosti o kojima ćemo govoriti u sljedećim poglavljima - ovisne su dakako, uz dispoziciju, i od geometrije rasporeda i međusobnih udaljenosti vodiča, njihovog presjeka i broja pojedinih vodiča u snopu, a u manjoj mjeri i od utjecaja zaštitnog užeta i zemlje.

4. PRIJELAZ OKOMITOG RASPOREDA FAZNIH VODIČA SA RASTERETNOG STUPA NA PORTAL U STANICI - "PRIRODNE" DISPOZICIJE

Predočimo si okomiti raspored faznih vodiča koji su raspoređeni približno jedan nad drugim ("bačva"). U takvom rasporedu je srednji vodič nešto više izmaknut prema vani: srednje su konzole često znatno dulje pa su udaljenosti gornjih vodiča od simetrale obično najmanje. Fazni vodiči moraju biti barem na minimalnom propisanim međusobnim udaljenostima kroz cijeli raspon od stupa do portala u stanici. Obzirom na tu činjenicu, neki prelazi faznih vodiča sa "bačvastog" rasporeda dvosistemskog stupa na vodoravni razmještaj na portalu u stanici imaju neke bolje prirodne mogućnosti ("prirodne dispozicije"). To je shematski prikazano u tablici 2. - vidjeti tekst pod tablicom. Na lijevoj strani tablice 2. naznačeni su shematski vodiči 1...3' lijevog i desnog sistema na stupu tipa "bačva", približno u stvarnom međusobnom položaju. U dva reda gornjeg srednjeg dijela te tablice zapisani su fazni vodiči dviju susjednih dalekovodnih polja kako su oni raspoređeni na portalu. Oni su bilo u smjeru R-S-T bilo u obrnutom T-S-R jer sva odlazna dalekovodna polja iste stanice, gle-

dano iz smjera stanice prema dalekovodu, imaju u pravilu na portalima jednak raspored faza. U zadnja tri reda srednjeg dijela tablice prikazan je položaj vodiča 1...3' u redosljedu kako je to najprirodnije (prostorno lakše) ili su sa stupa prešli na portal na neki poseban način (u prostorno još dozvoljenoj izvedbi obzirom na propisane međusobne udaljenosti vodiča između rasteretnog stupa i portala stanice). U desnom dijelu tablice su prirodne dispozicije kakve nastaju kod prirodnijih prelaza s portala na stup tipa "bačva" (2-4 odn. 4-2), ili iznimnije (6-3, 3-6). Možemo još i kombinirati desni sistem "prirodnije" a lijevi "iznimnije" i obrnutno, što je "miješana izvedba". Na taj način dobivamo još daljnje četiri kombinacije, a ukupno 8. Obzirom izvodljivost najčešće primjenjenih kombinacija dobivamo tablicu 3.

Tablica 3. Proširene prirodne dispozicije

prirodnije (2-4, 4-2) / iznimnije (6-3, 3-6):				miješana izvedba:			
2-4	6-3	4-2	3-6	2-3	6-4	4-6	3-2
TR	SS	RT	SS	TS	SR	RS	ST
RT	RT	TR	TR	RT	RT	TR	TR
SS	TR	SS	RT	SR	TS	ST	RS

Ovdje ujedno nalazimo odgovor zašto je u elektroenergetskom sistemu Slovenije na svim 400 kV dvosistemskim dalekovoda istoimena faza ili gore ili dolje na lijevoj i desnoj strani, i to SS (iznimno TT na Krško-Tumbri).

Dispozicije kod kojih se istovremeno na lijevom i desnom dalekovodnom sistemu i u istom smjeru ciklično mijenjaju sve faze (napr. umjesto TR/RT/SS po cikličnoj izmjeni RS/SR/TT) nisu prirodne za takav redosljed na portalu kao što je prikazan u tablici 2.

5. UTJECAJ DISPOZICIJA NA POGONSKA SVOJSTVA 400 KV DALEKOVODA S FAZNIH VODIČIMA U OKOMITOM RAZMJJEŠTAJU

Za izračunavanje smo koristili simulacijski PC-program MV.SD, koji je posebno razrađen 1992. godine za takve analize triju različitih dionica dalekovoda 2x400 kV Maribor-Kainachtal ("nehomogeni dalekovod"). Na slici 7 prikazana su četiri moguća uklopna stanja dva trofazna dalekovodna sistema, koje lako neposredno izračunavamo s tim programom.

Za raspored vodiča prema slici 1 odaberemo za račun dvosistemski dalekovod za 400 kV, 50 Hz, $b = 0,4$ m (razmak među vodičima u snopu), $Al/\check{C} 2 \times 490/65 \text{ mm}^2$, $I_{th} = 2 \times 960$ A (trajno termički dozvoljena struja za taj presjek prema DIN 48 204 7.1974; u veličine te struje nisu obuhvaćene sigurnosne udaljenosti od tla i udaljenosti faznih vodiča dalekovoda od objekata u njihovoj blizini), dužina $l = 31,4$ km (što je relativno kratak dalekovod). U tablici 4 dane su

Tablica 2. Prijelaz s "bačve" na portal stanice i obratno

"bačva"	R S T	R' S' T'	razmještaj na portalu	prirodne dispozicije:			
na stupu:	T S R	T' S' R'	razmještaj na portalu	2-4	6-3	4-2	3-6
1 1'	2 3 1	1' 3' 2'	prirodnije	TR	SS	RT	SS
2 2'	o o o	o o o		RT	RT	TR	TR
3 3'	2 1 3	3' 1' 2'	iznimnije	SS	TR	SS	RT

koordinate vodiča takovog primjera: y su visine vodiča od tla (kao da je vodič ravan, kao da nema provjesa u obliku lančanice), x su udaljenosti pojedinih mjesta ovješanja (simetrala među spojenim vodičima) od osi stupova. Slični su u Sloveniji dalekovodi Beričevo-Okroglo, Maribor-Kainachtal (dionica do državne granice) i Krško-Tumbri.

Tablica 4. Koordinate vodiča dvosistemskog dalekovoda 400 kV (koordinatno ishodište je u podnožju stupa)

	1, 1'	2, 2'	3, 3'	zaštitni vodič
y [m]	40,7	32,2	25,0	51,5
x [m]	$\pm 6,4$	$\pm 10,4$	$\pm 7,2$	0.

Tablice 5. i 6. daju izvratke iz rezultata vrlo opsežnih izračunavanja pogonskih svojstava kod narinutog simetričnog napona 410 kV, 50 Hz, na "izlazu" (vidi sliku 7), u praznom hodu kod istog napona i na "ulazu" a pod opterećenjem je u svim slučajevima jednaka međufazna razlika napona $5,0 \times 3 = 8,66$ kV od "ulaza" do "izlaza".

Obrađeni su slučajevi homogenih dalekovoda, samo po jedna dispozicija na cijeloj dužini dvosistemskog dalekovoda (napr. 1-1, 2-1, ...) te nehomogeni primjeri sa dvije (napr. 3-1/6-5) ili sa tri (1-1/2-2/3-3) jednoliko raspoređene dispozicije uzduž cijele dužine dalekovoda. Izbor nehomogenih primjera odabran je na osnovu homogenih sa svrhom postizavanja određenih ciljeva, napr. $P_c = 0$ ili $\Delta I = 0$. Objašnjenje slijedi u sljedećim poglavljima.

Na osnovi podataka iz tablice 5 izradimo tablicu 6 i dobi-

vamo pregledniji izvadak tih rezultata. Saberemo dispozicije koje imaju jednake, odnosno približno jednake, vrijednosti za neke karakteristične veličine.

Tablica 6. Ekvivalentne dispozicije, okomiti raspored ("bačva")

Red. br.	Dispozicije	P_{izh} [MW]	I_{sr} [A]	ΔI [%]	gubici [kW]	p [kW/MW]	p_{700} [%]	P_c [kW]
1.	-(4-3, 5-1, 6-2)	744	1051	3,5	1545	2,077	1,954	81
2.	3-1, 6-4, -(2-1, 3-2, 5-4, 6-5)	736	1038	0,7	1519	2,064	1,963	567
3.	4-2, 5-3, 6-1	713	1008	6,9	1439	2,018	1,981	499
4.	-(4-1, 5-2, 6-3)	709	1003	9,7	1429	2,016	1,990	418
5.	1-1, ..., 6-6	695	985	10,5	1374	1,977	1,991	0
6.	3-1/6-5	734	1036	0,03	1509	2,056	1,961	0
7.	4-3/3-4	744	1051	3,5	1543	2,074	1,951	0
8.	1-1/6-6	686	967	3,9	1315	1,917	1,956	0
9.	1-1/2-2/3-3	683	964	0,00	1296	1,898	1,945	0

U tablicama 5 i 6 znače:

račun A_1/D_1 ... uklopno stanje prema sl. 7, indeks 1 - pod teretom, bez indeksa - u praznom hodu,

P_c ... bežična kapacitivna razmjena među dalekovodnim sistemima u praznom hodu (naponi su na obim stranama dalekovoda po iznosu i kutu simetrični i potpuno jednaki), lijevi sistem daje (+) ili prima (- ... dispozicije su navedene u zagrada),

Tablica 5. Karakteristične veličine izračunane po tablici 1 faznih vodiča za dvosistemski dalekovod dužine 31,4 km, okomiti raspored ("bačva")

1-1				6-6
000/000/13,8	$P_c/P_{izm}/P_{izg\Delta VZ}$	[kW]	(račun A/A1/A1)	000/000/14,0
985/10,3/S-R	$I_{sr}/\Delta I_{izhmax}/faza$	[A/%]	(račun A1)	985/10,7/R-S
695/47/10,3	$P_{izh}/Q_{izh}/\Delta I_{izh\Delta}$	[MW/Mvar/%]	(račun A1)	695/47/10,7
1375/22,3/6,8	$gubici/\Delta I_{izh}$	[kW/-Mvar/%]	(račun A1/D1)	1374/22,3/7,2
2-1				3-1/6-5
-567/-324/3,4				000/001/1,9
1038/0,6/S-T				1036/0,03/-
736/52/2,9				734/52/2,3
1519/23,4/...				1509/23,5/7,2
3-1	3-2			4-3/3-4
567/327/3,4	-567/-324/3,4			000/001/1,3
1038/0,6/T-R	1038/0,6/R-S			1051/3,5/T-S
736/52/2,0	736/52/2,9			744/53/3,5
1519/23,4	1519/23,4			1543/23,7/7,2
4-1	4-2	4-3		1-1/6-6
-418/-202/13,1	499/299/6,6	-81/-55/1,1		000/004/8,1
1003/9,7/-RT	1008/6,9/-SR	1051/3,5/T-S		968/3,9/-TS
709/49/10,7	713/49/5,6	744/53/3,3		686/44/3,9
1429/22,7	1439/22,9/6,8	1545/23,7		1315/22,5/2,4
5-1	5-2	5-3	5-4	1-1/2-2/3-3
-81/-55/1,1	-418/-202/13,1	499/299/6,6	-567/-325/3,5	000/000/000
1051/3,5/S-R	1003/9,7/-TS	1008/6,9/-RT	1038/0,7/-RS	964/000/-
744/53/3,3	709/49/10,7	713/49/5,6	736/52/2,0	683/43/000
1545/23,7	1429/22,7	1439/22,9	1519/23,4	1296/22,6/000
6-1	6-2	6-3	6-4	6-5
499/299/6,6	-81/-56/-1,1	-418/-202/13,1	567/328/3,5	-567/-325/3,5
1008/6,9/-TS	1051/3,5/R-T	1003/9,7/-SR	1038/0,7/-ST	1038/0,7/-TR
713/49/5,6	744/53/3,3	709/49/10,7	736/52/2,4	736/52/2,1
1439/22,9	1545/23,7	1429/22,7/6,8	1519/23,4/7,2	1519/23,4/7,2

P_{izm}	... bežična razmjena među sistemima pod teretom, $P_{izm} = P_C - P_L$,
P_{izgZVZ}	... gubici u zaštitnom užetu i zemlji,
I_{srizh}	... aritmetička srednja vrijednost ukupne struje oba sistema na izlazu,
ΔI_{srizh}	... najviše odstupanje ukupne fazne struje od struje I_{srizh} ,
faza	... imena dviju faza sa najvećim odstupanjima od srednje vrijednosti na izlazu, "-" pribrojeno fazi koja je manja od I_{srizh} ,
P_{izh}	... ukupna djelatna snaga na izlazu,
Q_{izh}	... ukupna jalova snaga na izlazu (u svim našim primjerima: dalekovod daje),
ΔI_{izhD}	... najveće odstupanje struje desnog sistema, kada su opterećena oba sistema
gubici	... djelatni (omski) gubici u svim faznim vodičima / višak kapacitivne jalovine - sve pod teretom obiju sistema,
Δ_{izh1}	... najveće odstupanje fazne struje kada je opterećen samo desni sistem,
p	... specifični djelatni (omski) gubici [kW/MW = ‰],
p_{700}	... specifični djelatni (omski) gubici kod $P_{izh} = 700$ MW.

Tablice 5 i 6 daju izračunate vrijednosti za homogeni dalekovod (redni brojevi 1. ÷ 5.) - na cijeloj dužini trase je samo jedna dispozicija, te za transponirane dalekovode - dvije odnosno tri dispozicije, izvedene s jednom transpozicijom na polovici trase (redni br. 6. ÷ 8.) odnosno sa dvjema transpozicijama na trećinama trase (redni broj 9.). Nalazi se različite primjere praznog hoda oba dalekovodnih sistema, lijevog i desnog (vidi sl. 7):

- oba dalekovoda su na svojim krajevima obostrano priključena na potpuno jednake napone,
- oba dalekovoda su priključena samo jednostrano (a drugi kraj svakog od njih je isključen), pri čemu su
 - na istoj strani,
 - na različitim stranama,
- desni sistem priključen je obostrano na isti napon, dok je lijevi sistem priključen samo na "izlaznom" kraju, vidjeti uklopno stanje C) na sl. 7.

U tim slučajevima međusobni utjecaji među dalekovodima izviru pretežno iz međukapaciteta svakog pojedinog faznog vodiča sa svakim drugim faznim vodičem, dozemnim užetom te zemljom. Učinci tog utjecaja, t.j. P_C , ovisni su od kvadrata napona (pa i od frekvencije). Napr. u slučaju kada su oba dalekovodna sistema jednostrano priključena, svaki u drugoj stanici koje su u sinkronizmu, postoji između dalekovodnih sistema bežični prijenos djelatne snage u iznosu P_C (napr. $P_C = 567$ kW, kao što slijedi u sljedećem odlomku).

U praznom hodu relativno mala struja punjenja kroz međusobne induktivitete, u usporedbi prema struji termičke granice, nema nekog bitnog utjecaja. Vrijednosti u prvim redovima u tablici 5 su vrijednosti bežične izmjene između dalekovodnih sistema, koje bitno ovise o dispoziciji. Tako su napr. između dispozicije 1-1 i dispozicije 3-1 u granicama $P_C = 0 \div 567$ kW od lijevog na desni dalekovodni sistem. U odnosu na snagu punjenja, koja iznosi za jedan dalekovodni sistem $Q_p = 47/2 = 23,5$ Mvar, 567 kW je vrlo mala vrijednost. U takvom slučaju ova odstupanja očitavanja prenešene energije (W-metri, brojila) na obim kraje-

vima dalekovoda ne pripisujemo pravom fizikalnom fenomenu ako ga ne poznamo nego pogreškama mjerenja. Kod opterećenja sa oko 700 MVA (odn. MW, struja oko 1000 A) smanjuje se bežična razmjena djelatne snage među sistemima sa 567 kW na $P_{izm} = 324$ kW. Mijenja se dakle za približno $P_L = 567 - 324 = 243$ kW, što pripisujemo bežičnom prijenosu djelatne snage u suprotnom smjeru, od desnog na lijevi dalekovodni sistem. To je posljedica međusobnih induktivnosti između svih faznih vodiča dviju dalekovodnih sistema kada po obim sistemima teče struja tereta od oko 1000 A. Kako je ova zakonitost ovisna o I^2 , bila bi razmjena preko međusobnih induktiviteta na granici termičke opteretivosti približno $(2 \times 960 / (1000/2))^2 \times 243 = 3583$ kW, odnosno rezultantna razmjena bila bi približno $P_{izmth} = 3583 - 567 = 3016$ kW = 3,0 MW. Kako je prijenosna snaga jednog sistema tog dalekovoda na granici termičke opteretivosti $S_{th} = 400 \times \sqrt{3} \times 2 \times 960 = 1300$ MVA, vrlo je teško utvrditi tih $P_{izmth} = 3,0$ MW u ukupnom iznosu S_{th} . Pogonsko osoblje te fenomene ne može uočiti jer su oni i suviše prekriveni s drugim srodnim veličinama (snaga punjenja Q_p , prijenosna snaga S , stvarni ukupni djelatni gubici, pogreške u mjerenjima).

U tablici 5, a još bolje u sumarnoj tablici 6, vidimo da je propusnost (mjerila za propusnost su razlike između P_{izh} , između I_{sr}), odnosno reaktancija dalekovoda, u velikoj mjeri ovisna od dispozicije faznih vodiča. Razlika napona među krajevima dalekovoda, koji u našim računima uzrokuje struju prijenosa, uvijek je međufazno 8,66 kV. Te razlike su u granicama 695 ÷ 744 MW odnosno 985 ÷ 1051 A - što je dovoljno uočljivo.

Gubici u dozemnom užetu i zemlji takođe vrlo mnogo ovise o dispoziciji, ali nisu značajni za zagrijavanje dozemnog užeta. Budući su vrlo maleni nisu značajni ni kao ekonomska kategorija niti kao pogonski parametar. S druge strane nisu mali djelatni (omski) gubici I^2R u faznim vodičima: kod struja opterećenja, I_{sr} u tablici 6, oni dostižu 1374 ÷ 1545 kW i razmjerni su dužini dalekovoda. Veličina tih gubitaka ovisna je o veličini prenešene snage kao i o veličini nesimetrija između šest struja triju faza dva dalekovodna sistema.

ΔI_{izhmax} odnosno ΔI pokazuju koliko je postotno odstupanje najviše odstupajuće struje od srednje vrijednosti svih struja oba dalekovodna sistema. Vidimo da su veličine nesimetrije čak do 10,5 ‰. Posebnom analizom po metodi simetričnih komponenata dobili smo da je $I_{-} I_{+}$ čak i do 11,4 ‰. Kod beskonačno snažne mreže, dakle kada su naponi na obim stranama dalekovoda potpuno simetrični kao što to simulira naš račun, nesimetrije električnih struja prelaze 10 ‰. Ovi postoci nisu ovisni o dužini dalekovoda tako dugo dok simulaciju izvodimo sa beskonačno snažnom mrežom, tako dugo dok se ne osjete padovi napona na sabirnicama.

Usprkos velikih nesimetrija u strujama, stupci za specifične djelatne (omske) gubitke, stupac p i stupac p_{700} u tablici 6, pokazuju da se gubici međusobno vrlo malo razlikuju, napr. 1,954 ÷ 1,991 ‰ (za 31,4 km dug dalekovod). Posebna analiza pokazuje da su struje samo u lijevom ili samo u desnom sistemu, kod dispozicija s malim nesimetrijama u zajedničkim strujama oba dalekovodna sistema (npr. red. broj 2.), prilično nesimetrične. No nesimetrije oba sistema se međusobno dobro kompenziraju prema vani, dok su djelatni gubici svejedno povećani. (Ove analize ovdje zbog ograničenja u dužini članka dalje ne razrađujemo.)

Ako sa dvije transpozicije na svakoj trećini duljine dalekovoda postignemo da svaka od triju faza zauzme sva tri moguća položaja, pa su sve tri faze potpunoma simetrične (npr. red. br. 9. u tablici 6, t.j. dispozicije 1-1/2-2/3-3), neće biti nesimetrija u strujama $\Delta I = 0$. Tada neće biti ni bežičnog prijenosa djelatne snage između sistema, $P_c = 0 = P_{izm}$. Tada su i specifični gubici najmanji ($p_{700} = 1,954\%$). Sve ovo vrijedi kada su oba dalekovodna sistema električki paralelna, ako su oba dalekovoda na obim krajevima priključena na iste sabirnice. Takva se simetrija može samo sa tri dispozicije postići jedino sa $i=j$, tj. sa kombinacijama 1-1/2-2/3-3 i jedino još sa 4-4/5-5/6-6 u bilo kojem poželjnom redosljedu u tim dvjema trojkama. Za ilustraciju dajemo još tri slučaja sa preplitanjima na polovici trase dalekovoda, redni brojevi 6.÷8. u tablici 6. Vidimo kako pravilan izbor dispozicija mnogo pridonosi smanjenju nesimetrija, pri čemu štedimo sa brojem transpozicija.

U [15] obradili smo i različite druge slučajeve kombinacije dispozicija, koje su pokazale različita dobra i slaba pogonska svojstva. Mogućih kombinacija je vrlo mnogo. Prilikom investicijskih odluka treba na osnovu računa provjeriti i logično promisliti sve varijante koje su moguće obzirom na tehničku i prostornu izvodljivost i troškovnu konkurentnost. Kod troškovne konkurentnosti treba uspoređivati investicijske troškove, pogonske troškove, troškove održavanja i kapitala ovisno o uvođenju broja transpozicija. Stvarni odnosi u dalekovodnoj mreži Slovenije pokazuju da su moguća jeftina, troškovno konkurentna rješenja, ako ih predvidimo već u fazi planiranja.

6. UTJECAJ DISPOZICIJA NA POGONSKA SVOJSTVA 400 kV DALEKOVODA S FAZNYM VODIČIMA U TROKUTASTOM RAZMJETAJU

Usprkos tome što u Sloveniji nemamo 2x400 kV dalekovoda u izvedbi sa trokutastim rasporedom faza ("dunav" = "smreka"), načinili smo nekoliko proračuna za takvu izvedbu sa razmacima među faznim vodičima na osnovu podataka dobivenih iz Njemačke a sa našim vodičima po dva u snopu. Nije isključeno da se neće u bližoj budućnosti prijeći i na takvu izvedbu.

Nariniti napon uzeli smo sa 410 kV. Da bi dobili opterećenje, opet smo odabrali istu razliku napona $5x\sqrt{3} = 8,66$ kV. Dužinu smo odabrali 30 km - dakle osim oblika rasporeda i koordinata vodiča (ovdje ih ne navodimo) - sve je slično kao u poglavlju 5. Raspored vodiča je izveden prema sl. 2, a dispozicije zamislimo kako je to oblikovano u tablici 1. Rezultate nam daju tablica 7 i tablica 8.

Najpreglednija je usporedba između tablice 8 za trokutasti raspored i tablice 6 za vertikalni raspored faznih vodiča. Istoimenim dispozicijama dali smo iste redne brojeve 1. ÷ 5. Studija tablice 7 pokazuje da kombinacije dispozicija 3-1/6-5 kod "smreke" neće dati tako povoljne rezultate obzirom na simetriju struja kao što je to bio slučaj kod "bačve". Mnogo bolja kombinacija bit će 3-1/5-4, što odmah vidimo iz rezultata pod rednim brojevima 6. i 10. u tablici 8.

Iz usporedbe tablica 6 i 8 također vidimo da je propusnost trokutastog rasporeda veća, što pripisujemo prije svega većim udaljenostima među faznim vodičima u toj "smreki" i time manjem induktivnom otporu dalekovoda. Za točniju usporedbu bi morali korigirati još i s omjerom dužina 31,4/

Tablica 7. Karakteristične veličine izračunate za karakteristične dispozicije prema tablici 1 sistema i faznih vodiča za dvosistemski dalekovod duljine 30 km, trokutasti raspored ("smreka")

	$P_c/P_{izm}/P_{izgZVZ}$	[kW]	(račun A/A1/A1)	
	$I_{srih}/\Delta I_{izhm} x/faza$	[A/%]	(račun A1)	
	$P_{izh}/-Q_{izh}/\Delta I_{izhD}$	[MW/Mvar/%]	(račun A1)	
	gubici ΔI_{izhI}	[kW/-Mvar/%]	(račun A1/D1)	
1-1	5-5	6-3	5-1	4-2
000/000/9,6	000/000/9,8	-56/-1/9,0	-35/-7/4,8	91/47/0,8
1075/7,8/-RT	1075/7,7/-TS	1087/8,9/-SR	1098/1,0/S-R	1091/2,1/S-R
760/52/7,8	760/55/7,7	768/57/9,0	778/58/5,6	772/58/3,3
1555/20,9/6,6	1555/20,9/6,8	1589/21,1/6,6	1620/21,2/6,6	1594/21,1/6,6
3-1	5-4	6-5	3-1/5-4	3-1/6-5
229/119/2,4	-229/-118/2,4	-229/-118/2,4	000/-1/1,1	000/000/0,2
1110/2,4/T-S	1100/2,6/S-T	1100/2,6/R-S	1096/0,4/-RT	1097/1,8/-SR
779/58/6,3	779/58/5,8	779/58/5,8	776/57/5,7	777/57/0,4
1624/21,3/6,6	1624/21,3/6,8	1624/21,3/6,8	1607/21,3/6,7	1609/21,3/2,3

Tablica 8. Usporedba nekih karakterističnih dispozicija, trokutasti raspored ("smreka")

Red. br.	Dispozicije	P_{izh} [MW]	I_{sr} [A]	ΔI [%]	gubici [kW]	p [kW/MW]	p_{700} [%]	P_c [kW]
1.	-(5-1)	778	1098	1.0	1620	2.082	1.874	35
2.	3-1, -(5-4, 6-5)	779	1100	2.6	1624	2.085	1.873	229
3.	4-2	772	1091	2.1	1594	2.064	1.872	91
4.	-(6-3)	768	1087	8.9	1589	2.069	1.886	56
5.	1-1, 5-5	760	1075	7.8	1555	2.046	1.885	0
6.	3-1/6-5	777	1097	1.8	1609	2.071	1.866	0
10.	3-1/5-4	779	1096	0.4	1607	2.063	1.854	0

30 km, što bi takođe imalo nešto utjecaja.

Donekle boljoj strujnoj simetriji, manjem ΔI koji kod promatrane "smreke" dosiže najviše 8,9 %, doprinosi raspored faznih vodiča u raznostraničnom trokutu, što je bolje nego li okomiti raspored. Račun po metodi simetričnih komponenata ukazuje na niže nesimetrije $I_{-} I_{+} \leq 8,6\%$.

Ako uzmemo u obzir i korekciju dužina 31,4/30 km, specifični gubici za p_{700} za "smreku" i našu "bačvu" se bitno ne razlikuju. Bežična razmjena djelatne snage P_c, P_L, P_{izm} znatno je manja za "smreku" jer je međusistemski razmak veći u trokutastom rasporedu vodiča nego li u okomitom rasporedu.

7. INDUCIRANI NAPONI I STRUJE U VODIČIMA DALEKOVODNOG SISTEMA KOJI NIJE PRIKLJUČEN; MOGUĆNOST NASTANKA FEROREZONACIJE

Na slici 7 naznačene su sheme za uklopna stanja D i B, t.j. desni dalekovodni sistem je u praznom hodu ili opterećen, dok su kod lijevog dalekovodnog sistema vodiči slobodni (u zraku) ili obostrano uzemljeni. Račun sa programom MV.SD daje ili napone U_0 po pojedinim fazama slobodnih vodiča ili dozemne struje I_{oz} s pripadnih uzemljenih vodiča.

Udaljenosti faznih vodiča od zaštitnog užeta i zemlje (visina zavješanja) u realnim granicama nemaju značajnog utjecaja na nesimetrije struja opterećenja ili struja praznog hoda priključenog dalekovodnog sistema. Kod tih vodova veći je utjecaj zaštitnog užeta i zemlje na napon U_0 slobodnih vodiča i na struju odvoda u zemlju I_{oz} . Dispozicija na U_0 i I_{oz} nema utjecaja (osim u imenovanju slobodnih vodiča, koji je R, koji S i koji T).

Za našu "bačvu" su naponi po fazama $U_0 = 20,4 \div 11,8 \div 7,5$ kV, a struje na pojedinačnom uzemljenom kraju $I_{oz}/2 = 0,95 \div 0,61 \div 0,18$ A (za 31,4 km dug vod). To je slučaj da se radi samo o međukapacitetima, t.j. za utjecaj na vodiče slobodnog dalekovodnog sistema sa neopterećenog dalekovodnog sistema koji je priključen na 410 kV. U_0 i I_{oz} jasno nisu trofazno simetrični, daleko od toga: oni su bliži istofaznim. Ako je priključen vod još i opterećen, ovim se naponima vodiča pribraja još mali napon od struja opterećenja preko međuinaktiviteta. Struja kratkog spoja uzemljenih slobodnih vodiča u tom slučaju može postići nekoliko desetina ampera, što ovisi o međuinaktivitetima kao i o veličini struje opterećenja u priključenim vodičima. Ovi naponi i struje na slobodnim vodičima su ukupni rezultat utjecaja svih triju faznih napona i međusobnih udaljenosti slobodnih vodiča do svih vodiča "živog" dalekovodnog sistema priključenih na puni napon. Radi se o visokoomskom međukapacitetu. Zbog visokoomskog karaktera već male struje I_{oz} u slobodnim vodičima utječu jedna na drugu, dok su kod napona U_0 ti utjecaji jedva uočljivi. Navedene vrijednosti odnose se na pojedinačne faze vodiče različito udaljene od rezultantnog izvora induciranih napona, koje predstavlja "živi" dalekovodni sistem. Red veličine visokoomskih veza X_C slobodnih vodiča do "živog" dalekovodnog sistema je $10^4 \Omega/(30 \text{ km})$ kako u slučaju naše "bačve" 400 kV tako i kod "smreke" 400 kV. Ove vrijednosti su orijentacija za kritične reaktancije X_{Lkr} naponskih mjernih transformatora i energetske transformatora za serijsku ferorezonanciju među transformatorima sa induktivnim otporima i slobodnim dalekovodnim vodičima sa kapacitivnim spojem prema "živom" dalekovodnom sistemu. Kriterij kritičnosti za nastup ferorezonancije je $X_C < X_{Lkr}$ ($X_{Ckr} = X_{Lkr}$ ako ne bi bilo djelatnih gubitaka i nekih paralelnih grana). Očekujemo li moguću pojavu ferorezonance realno ne smije biti $X_C \ll X_{Lkr}$.

Uz dimenzije od naše "smreke" računom smo dobili $U_0 = 26,0 \div 25,4 \div 24,9$ kV odnosno $I_{oz} = 1,08 \div 0,96 \div 0,84$ A što ukazuje na nešto veći X_C (za 30 km) nego li kod "bačve".

Opisane postupke proveli smo na većem broju dvosistemskih dalekovoda 400 kV, 220 kV i 110 kV. Za sve promatrane dalekovode različitih dužina i napona, otpori X_C su reda veličine $10^4 \Omega$, ovisno o razini napona, duljini i izved-

bi. Kod nekih mjernih naponskih transformatora raspoložemo sa podacima da su oni u linearnom djelu karakteristike praznog hoda $X_L = 120$ odn. $30 \text{ M}\Omega$ za mrežu 400 kV i $X_L = 0,79$ odn. $7,7 \text{ M}\Omega$ za mrežu 110 kV. Prema tome vrijedi da je $X_L \ll X_C$, a sekundarno su ti transformatori opterećeni, te zbog toga u Sloveniji ne dolazi u normalnim pogonskim uvjetima ni u drugim simetričnim slučajevima do ferorezonance između (normalno opterećenih) mjernih transformatora i slobodnih vodiča dalekovodnih sistema.

Glavni faktor koji guši pojavu ferorezonance jesu gubici, t.j. gubici u dalekovodnim vodičima (korona, odvod preko izolatora), gubici u feromagnetskim jezgrama, namotajima i sekundarnim opterećenjima transformatora. U posebnim slučajevima kad nastanu razne dužine dalekovodnih dionica, može vrlo lako doći do pojave ferorezonance: zbog radova na održavanju ili zbog kvarova ili pri pojavama nesimetrije. Ferorezonantni strujni krug može imati ili nemati galvanski spoj sa naponom napajanja - ali se u obim slučajevima vrlo lako pojavi ferorezonancija. Ona može nastati kod priključenog napona napajanja te se razvije i traje ili gasi po isključenju napona napajanja, ili se pobudi od udara u mreži te razvije i traje. Ferorezonancu često nije moguće naknadno jednoznačno dokazivati, naročito ako odustanemo od eksperimenta.

U inozemstvu poznati su slučajevi ferorezonance sa energetske transformatorima velikih snaga kod kojih su gubici u željezu nekoliko stotina kW. To nije iznenađujuće, jer smo veličine tog reda dobili u obliku PC u koliko toliko simetričnim pogonskim uvjetima. Nema razloga da se za pokriće gubitaka kod ferorezonancije ne bi mogla bežično prenijeti potrebna djelatna snaga sa "živog" dalekovodnog sistema na slobodne vodiče. Takvim prijenosom pokrili bi se gubici strujnih krugova u ferorezonanciji, makar ferorezonantni strujni krug nije linearan niti su naponi i struje sinusnog oblika kada nema galvanske veze između ferorezonantnog kruga i napona napajanja.

Kombinacija na slici 5 u realnom primjeru znači dva 400 kV sistema na većim visinama dok su u donjoj ravnini razmještena dva 110 kV sistema, a ovješena istim dalekovodnim stupovima. Moguće su razne pogonske kombinacije: u pogonu ili van pogona je bilo koji od nabrojanih dalekovodnih sistema različitih napona. U svakom slučaju pretpostavljamo da će utjecaj 400 kV sistema na 110 kV sisteme biti relativno jači nego li će to biti u obrnutom slučaju. Računarska simulacija MV.SD omogućava napr. izračunavanje napona koje lijevi ili desni 400 kV sistem ili oba zajedno induciraju na bilo kojem od 110 kV sistema. Dobivamo, da su ti naponi reda veličine do 26 kV. Ako su pak slobodni vodiči uzemljeni, tada će kod neopterećenog 400 kV dalekovodnog sistema ove struje prema zemlji biti reda veličine do 1 A, odnosno nekoliko desetaka ampera, ako je vod 400 kV opterećen.

Dakako padovi napona u 110 kV sistemu, koji se induciraju preko visokih međuinaktiviteta uz relativno konstantne napone i prilično promjenljive struje iz 400 kV sistema, nisu naročito veliki kada je 110 kV sistem priključen na svoju mrežu. Ipak, poznati su slučajevi kada su ti inducirani naponi kod 110 kV korisnika prouzročili nedopustivo velike nesimetrije. Ako su takve dionice dalekovoda dosta dugačke ove se nesimetrije kompenziraju sa posebno reguliranim SVC-ima (Static Var Compensator). S njima se kompenziraju trajna i dinamična njihanja i nesime-

trije u naponima i osigurava 110 kV napon bez prekomjerne inverzne komponente.

Još kratka napomena da su za konkretne vodoravne rasporede vodiča prema sl. 3 za 110 kV dvosistemski dalekovod najveće nesimetrije ispod 8 % za jedno- i dvosistemski pogon, t.j. oni su dakle relativno niži nego kod 400 kV "bačve".

8. DVOSISTEMSKI DALEKOVOD S TRI KRAKA

Slika 8 prikazuje dvosistemski dalekovodni veze između triju stanica, CI, HE i ZE, sa dalekovodnim sistemima A-A, B-B, C-C koji se susreću u točki TM (napr. granica triju vlasnika, tromeđa).

Dok smo promatrali dvosistemski dalekovod bila su oba dalekovodna sistema na obim stranama priključena na iste sabirnice. Postojao je omjer napona među stanicama, odnosi među svim strujama oba dalekovodna sistema bili su jednoznačno određeni iako je zajedničku struju uvjetovala razlika napona na početku i kraju oba dalekovodna sistema. Ako se tok energije obračunava prema mjerenjima na obim stranama sistema, razlike očitavanja djelatne energije među obim krajevima uzrokuju stvarni djelatni gubici zajedno sa mjernim pogreškama (koje smiju biti samo unutar dozvoljenih tolerancija). Bežična razmjena djelatne snage među dalekovodnim sistemima eliminira se u sumi snaga odnosno prenesene energije obiju sistema.

U slučaju kada se više ne radi o paralelnom prijenosu između dvije stanice po dva dalekovodna sistema, pa su struje ta dva sistema međusobno manje više nezavisne, međusobni su odnosi bitno drugačiji. Osim omskih gubitaka I^2R , koje još možemo odrediti i djeliti po dionicama, pojavljuju se vrlo promjenljivi i neobično teško odredivi gubici korone i odvoda. Ovdje imamo promjenljive mjerne pogreške opreme u više stanica. Također je ovdje prisutna bežična razmjena djelatne snage, koja se razlikuje od dionice do dionice i ovisna je od napona u svim stanicama,

smjera i veličine svih struja (međusobni kutevi - $\cos\varphi$ odn. $\cos\psi_{UI}$, odn. $\cos\psi_{II}, \dots$). Sve to je vrlo teško dijeliti po dionicama pojedinih vlasnika.

Najpravednije je, i za današnju tehnologiju (naponski i strujni mjerni transformatori sa digitalnim svjetlosnim izlazom) i po prihvatljivoj cijeni izvodljivo rješenje, uvođenje obračunskih mjerenja na granice vlasništva: na slici 8 napr. u točki TM. Na taj način otpadaju sve rasprave utvrđivanja kome pripisati razlike očitavanja među stanicama CI, HE, ZE, tako dugo dok su mjerenja u točki TM u propisanim granicama točnosti.

Kako bi izbjegli nesimetrije u strujama, treba svaku dionicu (dijelove CI-TM, HE-TM, ZE-TM) transponirati po dva puta, tako da u svakoj dionici zauzme svaka faza sva tri moguća položaja. Pri tome treba koristiti dispozicije 1-1/2-2/3-3, ili 4-4/5-5/6-6 u smislu navoda u poglavlju 3. Iako će radi promjenljivosti pogonskih uvjeta na raznim dionicama općenito biti $P_C \neq 0$, $P_L \neq 0$ i $P_{izm} \neq 0$, ipak će biti $\Delta I = 0$, $I/I_+ = 0$, a to je najvažnije.

9. JEDNOSISTEMSKI DALEKOVODI

Fazni vodiči jednosistemskog dalekovoda nisu prostorno međusobno simetrični, pa stoga to nisu ni pogonski. Na dalekovodima 400, 220 i 110 kV u Sloveniji nesimetrije (ΔI , I/I_+) realno dostižu 10 %, ako fazni vodiči nisu odgovarajuće transponirani.

Na jednosistemskom dalekovodu također su uočljivi utjecaji susjednih paralelnih dalekovoda, ali su oni mnogo slabiji nego li što su međusobni utjecaji među dvosistemskim dalekovodima, jer su sistemi vodiča susjednih dalekovoda na većoj međusobnoj udaljenosti.

Jedan sam sistem dvosistemskog dalekovoda, u praznom hodu ili opterećen, jasno iskazuje znatnu nesimetriju (reda veličine 8 % u slučajevima, koje smo promatrali [15]), ali takovo pogonsko stanje vrlo rijetko nalazimo.

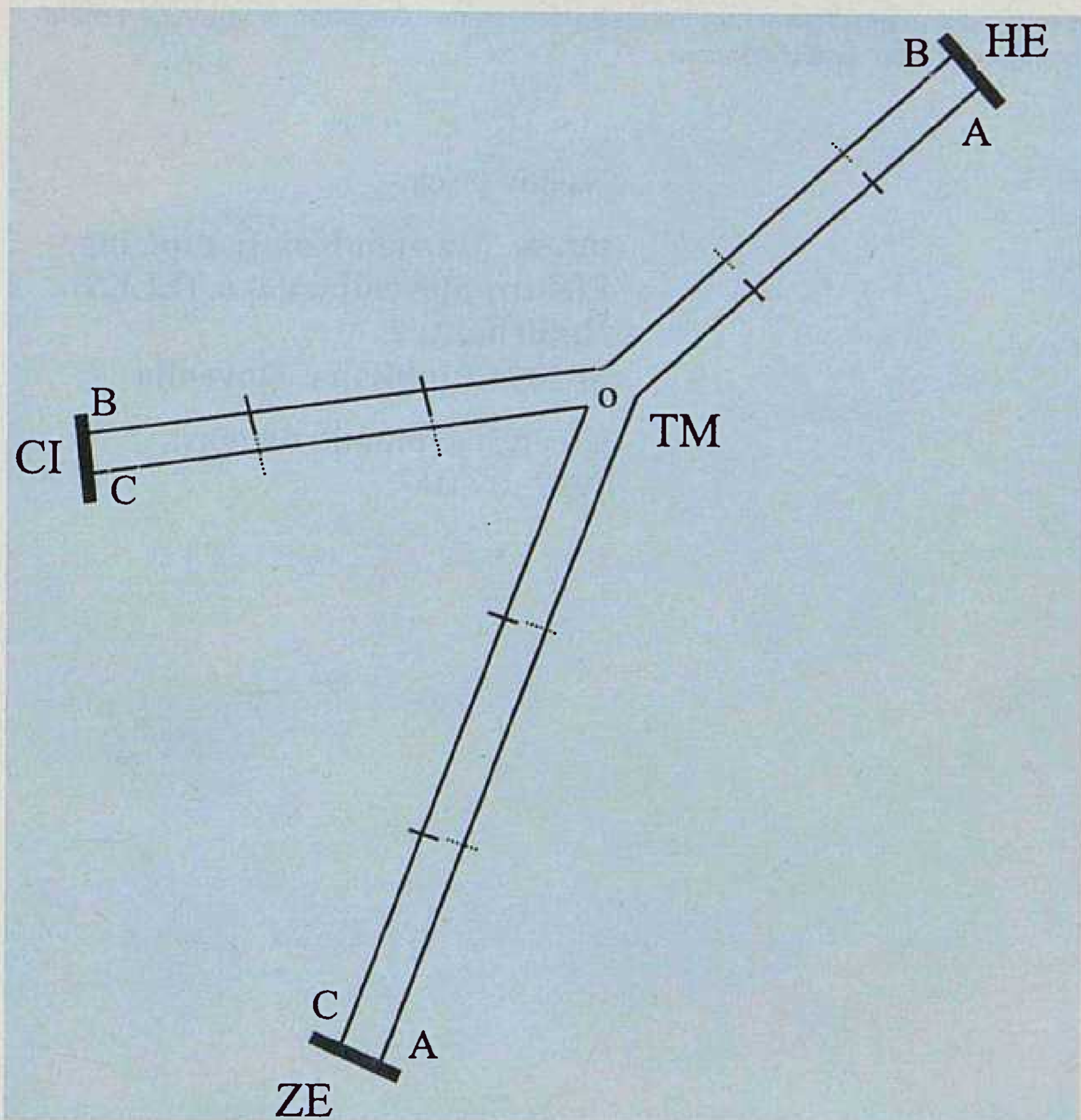
10. ZAKLJUČCI

Nesimetrija struja dvosistemskog dalekovoda ovisi o izvedbi dispozicija i transpozicija (broja i vrste preplitanja vodiča). Te nesimetrije mogu dostići iznose i više od 10 %, pa stoga mogu jako smetati pogonu. Izvedba odgovarajuće transponiranih vodova isplati se u pogonu.

Postoji mogućnost bežične razmjene djelatne snage između dalekovodnim sistemima, koji na dalekovodima 2x400 kV mogu iznositi MW ili više, što ovisi o dispoziciji faznih vodiča, od razmaka među njima, od presjeka vodiča i broja vodiča u snopu, duljine dalekovoda odnosno dalekovodne dionice - i jasno od pogonskog napona i veličina struja opterećenja.

Male vrijednosti za omske gubitke, za gubitke korone i odvoda, za bežični prijenos djelatne snage među dalekovodnim sistemima ulaze u razred (klasu) mjernih pogrešaka i rezolucije suvremenih obračunskih uređaja za obračun tokova energije. Stoga su pobrojani elementi mogući predmet dogovaranja i načina obračuna tokova energije između dva ili više partnera.

U pravilu moguća su jeftina odnosno po cijeni konkurentna tehnička rješenja. U to ulazi i izvođenje odgovarajućeg broja transpozicija na pravim mjestima duž dalekovo-



Slika 8. Dvosistemski dalekovod s tri kraka

da. Inducirani naponi i struje u slobodnim vodičima dostižu po više desetaka kV i A i mogu biti smetnja za korisnike.

Moguća je pojava ferorezonancije između vodiča nepriklučenog dalekovodnog sistema i na njega serijski spojenog naponskog mjernog odnosno energetskog transformatora.

Prilikom razrade pogonskih uputa i uputa za održavanje kao i investicijskih radova bitan je oprez zbog pouzdanosti pogona i sigurnosti osoblja i uređaja.

11. ZAHVALA

Za pomoć kod projekta [15] od srca se zahvaljujem (sve titule uz prezimena nisu navedene): doc.dr. Antonu Sinigoju, Bredi Cestnik, dr. Francu Žlahtiču, prof.dr. Antonu Pozneu, doc.dr. Francu Bergelju, dr. Ivanu Štukovniku, i drugim kolegama iz Slovenije, Valentinu Čeponu (Mississauga), Pierre Bornardu (Paris), Johanu Svenssonu (Vällingby), Gerdu Liesfeldu i Kurtu Oswaldu (München), Zdenku Tonkoviću i Gordanu Miroševiću (Zagreb) te prevoditelju na hrvatski Herbertu Prazniku.

LITERATURA

- [1] M. ŽELJEZNOV, A. SINIGOJ, B. CESTNIK: "Kvantizacija tokovnih in močnostnih nesimetrij na daljnovodu Kainachtal(A)-Maribor(YU)", FER, Ljubljana, avgust 1991, naročnik ELES, 290 x A4
- [2] M. KOŽELJ: "Meritev delovnih moči v praznem teku 2 x DV-ja 400 kV Maribor-drž. meja-Kainachtal", ELES - Q&R, Ljubljana, 28.10.1991, 1 x A4
- [3] M. KOŽELJ, F. ŽLAHTIČ: "Meritve influenciranih in induciranih tokov in napetosti na 400 kV DV Maribor-Kainachtal" (Merilni protokoli - predlogi), EIMV, Ljubljana, oktober 1992, 36 x A4
- [4] M. KOŽELJ, A. SINIGOJ, M. ŽELJEZNOV, B. CESTNIK: "Medsebojni vplivi med sistemoma dvosistemskega daljnovoda", EVEA2, vol. 59, št. 3-4, str. 201-208, Ljubljana, 1992 (5.7.1992)
- [5] R. ISAKOVIČ: "Parametri elementov sistema - daljnovodi 400 kV, 220 kV, 110 kV", EIMV, ref. št. 1309, Ljubljana, maj 1996, 520 x A4
- [6] A. POZNE, I. ŠTUKOVNIK, F. BERGELJ: "Merjenje električne energije v mrežah visoke napetosti", FER, Ljubljana, 1991, 26 x A4
- [7] M. KOŽELJ: "Resonanca pri dužilki z magnetnim nasičenjem", Elektroprivreda 3-4, str. 70-77, Beograd, 1978
- [8] M. KOŽELJ: "Reactive Energy in a Nonlinear Network Element", Proc. IEE, Vol. 125, No 11, p. 1309-1310, London, November 1978
- [9] F. ŽLAHTIČ: "Meritve influencirane napetosti na 110 kV DV Beričevo-Grosuplje" (poročilo o meritvah - sheme, tablice), EIMV, Ljubljana, april 1992,
- [10] B. MARKOVČIČ, Z. TONKOVIČ: "Preplitanje vodiča vodova najviših napona", Institut za elektroprivredu, Zagreb, Cavtat, 20-22.4.1976
- [11] Berechnungsgrundlagen für Leitungskenndaten, Bayernwerk N/PI-Ha/Lo 26293, München, 1.3.1993
- [12] A. NARANG: "Ferroresonance on Milton x Trafalgar 500 kV Circuits", Ontario Hydro Research Division, Toronto, June 1982, 29 strani
- [13] Više autora: The Swedish 380 kV System, The Swedish State Power Board, Stockholm, okoli l. 1960, 352 strani
- [14] C. GARY, M. MOREAU: "L'Effet de couronne en tension alternative", EDF - Eyrolles, Paris, 1976, p. 1-440
- [15] M. KOŽELJ: "Medsebojni vplivi med več daljnovodnimi sistemi", ELES, Ljubljana, maj 1997, 1370 x A4

HYPOTHETICAL UNSYMMETRIES IN CURRENTS THROUGH AC 400, 220 AND 110 kV LINES IN SLOVENIA

Report on some results of research entitled "Mutual Influences Among Several ACHVOH Lines"

Some effects on the operational performances of a single and a double-circuit lines as a function of phase conductor arrangements of the ACHVOH lines in the electric power system of Slovenia are shown. Unsymmetries in currents of triple-circuit line, wireless 50 Hz power exchange between line circuits and induced voltages and currents from "live" circuit to the conductors of the circuit which are not connected. Some recommendations are given for new constructions and reconstructions.

VORAUSGESETZTE ERSCHENUNG DER UNSYMETRIE DER STRÖME IN 400-, 220-, UND 110- KV LUFTLEITUNGEN SLOWENIENS

Bericht über manche Ergebnisse der: "Gegenseitiger Einfluss mehrerer Luftleitungssysteme" genannten Forschungen

Dargestellt sind Einwirkungen der Phasenleiter-Verteilung im Stromversorgungsnetz Sloweniens auf die Betriebseigenschaften von Ein- und Zwei- System Luftleitungen sehr hoher Spannungen. Besonders interessant sind die Unsymmetrien von Strömen der Dreiphasenfernleitungen beim drahtlosen Austausch von Wirkleistung zwischen den Stromversorgungssystemen bei 50 Hz, sowie der Induzierung von Spannungen und Strömen einer im Betrieb stehenden Leitung auf unbelastete Leiter eines nicht angeschlossenen Fernleitungssystems. Gegeben sind einige Empfehlungen für Neu- und Umbauten.

Naslov pisca:

mr. sc. Marijan Koželj, dipl. ing.
Elektro-Slovenija, d.o.o. (ELES)
Hajdrihova 2,
SI-1001 Ljubljana, Slovenija

Uredništvo primilo rukopis:
1997-09-04

PRIMJENA NEURONSKIH MREŽA ZA SEKUNDARNU REGULACIJU NAPONA I JALOVE SNAGE

Mr. sc. Igor Kuzle - Tomislav Plavšić - prof. dr. sc. Sejid Tešnja k, Zagreb

UDK 621.3.072.8:621.316.728
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Opisana je primjena umjetnih neuronskih mreža (UNM) za automatsku sekundarnu regulaciju napona i jalovih snaga. Sekundarni (U-Q) regulator, jedne regulacijske zone, je realiziran primjenjujući unaprijednu višeslojnu neuronsku strukturu (višeslojni perceptron). Regulator se sastoji od dvije povezane neuronske mreže (NN I i NN II), a svaka od njih sadrži dva skrivena sloja s po 5 neurona u prvom i 15 neurona u drugom skrivenom sloju. Za regulacijska sredstva korištene su regulacijske elektrane i kondenzatorske baterije, s težištem na maksimalnoj uporabi kondenzatorskih baterija. Rad regulatora je ispitan na primjeru modificirane IEEE test mreže s 14 čvorišta i dobiveni su zadovoljavajući rezultati, a regulator je održavao napon pilot-čvorišta unutar područja $\pm 1\%$ od postavne vrijednosti.

Ključne riječi: napon, jalova snaga, sekundarna (U-Q) regulacija, pilot-čvorište, umjetne neuronske mreže, višeslojni perceptron, algoritam povratnog rasprostiranja.

1. UVOD

Temeljni zadatak regulacije napona i jalove snage (U-Q regulacija) u stacionarnom (normalnom) pogonu je održavanje napona unutar propisanih ograničenja u svim čvorištima EES-a. To se ostvaruje održavanjem ravnoteže između proizvodnje i potrošnje jalove snage u sustavu, uključujući i odgovarajuće gubitke.

Postoji veći broj različitih regulacijskih sredstava koja se koriste u (U-Q) regulaciji [1], a mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine:

1. Sredstva za proizvodnju/potrošnju jalove snage (sinkroni generatori, kompenzatori i motori, kondenzatorske baterije, prigušnice, statički kompenzacijski sustavi).
2. Sredstva za preraspodjelu tokova jalove snage (regulacijski transformatori, kondenzatori i prigušnice s diskretnim upravljanjem).

U današnjim EES-ima problem (U-Q) regulacije je sve značajniji, prvenstveno zbog utjecaja na stabilnost napona čitavog sustava, kao i zbog utjecaja na gubitke jalovih snaga (i gubitke općenito) u sustavu. Pri tome se najčešće primjenjuje (U-Q) regulacija s više hijerarhijski odvojenih razina [1,2], kako bi se ostvarila što bolja koordinacija regulacijskih sredstava u sustavu. Osim toga, na taj se način pokušava povećati učinkovitost primarnih (U-Q) regulatora koji često, zbog svoje neosjetljivosti, ne reagiraju na male poremećaje u sustavu, što za posljedicu može imati značajne promjene napona u nekim čvorištima EES-a (pogotovo ako su ta čvorišta električki udaljenija od čvorišta s regulacijskim uređajima), pa čak i slom napona u sustavu. Primarna regulacija je lokalnog karaktera, a provodi se na razini jedinica. Djelovanje na promjenu postavnih vrijednosti primarnih regulatora naziva se sekundarna regulacija napona i jalovih snaga i provodi se na dijelu mreže. Koordinacija djelovanja svih sekundarnih regulatora s ciljem optimiranja raspodjele tokova jalovih snaga u cijelom sustavu predstavlja tercijarnu regulaciju napona i jalovih snaga.

Tercijarna regulacija provodi se za jedan elektroenergetski sustav kao cjelinu. Iako se sekundarnom regulacijom postižu značajna poboljšanja, njezin glavni nedostatak je što se najčešće izvodi ručno, pa se pojavljuju relativno velika vremenska kašnjenja u izvođenju pojedinih regulacijskih naredbi. Osim toga, dolazi do dodatnog opterećivanja operatera jer je najčešće potrebno izvesti podešenja u više koraka, dok se ne ostvari odgovarajuća koordinacija regulacijskih sredstava.

Zbog poboljšanja učinkovitosti cijelog sustava regulacije uočena je potreba za koordiniranom i automatiziranom (U-Q) regulacijom na višim hijerarhijskim razinama. Težnja je razvoj decentralizirane strategije upravljanja temeljene na automatskoj sekundarnoj regulaciji napona i jalovih snaga u okviru pojedinih regija EES-a [2]. Iako je ovakva koncepcija (U-Q) regulacije već primijenjena u nekim EES-ima [3,4,5,6], još uvijek nije na zadovoljavajući način riješen problem opisa nelinearne prirode EES-a, tj. ulazno-izlazna ovisnost izvedenih sekundarnih regulatora je linearna. Takva aproksimacija zadovoljava u 80-90 % pogonskih slučajeva, ali u ostalom broju slučajeva regulator neće dati ispravan odziv što se može odraziti na naponsku stabilnost sustava. Rješenje tog problema je u uporabi nekih od metoda umjetne inteligencije, jer se njima omogućava zadovoljavajuće rješavanje nelinearnih problema.

U svijetu se umjetne neuronske mreže trenutno najviše primjenjuju [7], za prognoziranje potrošnje [8,9], procjenu pogonske sigurnosti EES-a [10,11,12,13], otkrivanje kvarova u prijenosnom sustavu [14], za nadzor i vođenje sustava [15,16]. Ovim radom se njihova primjena proširuje i na sekundarnu regulaciju napona i jalovih snaga.

2. OPĆENITO O UMJETNIM NEURONSKIM MREŽAMA

2.1. Svojstva i struktura

Umjetna neuronska mreža (UNM) je veliki paralelno ra-

spodijeljeni procesor s ugrađenim svojstvom pohranjivanja i naknadnog korištenja iskustvenog znanja. Znanje se u neuronskoj mreži pohranjuje u međuneuronskim vezama (sinaptičkim težinama), a "ugrađuje" se u mrežu u tzv. procesu učenja neuronske mreže. Učenje se temelji na iteracijskom procesu tijekom kojeg mreža nastoji podesiti svoje parametre kako bi što bolje nadomjestila (tj. opisala) zadanu ovisnost izlaznog signala o ulaznom signalu. Model neurona predložen je na slici 1. Izlazni signal k -tog neurona računa se prema:

$$y_k = \varphi\left(\sum_{j=1}^p w_{kj} \cdot x_j - \theta_k\right) \quad (1)$$

gdje su:

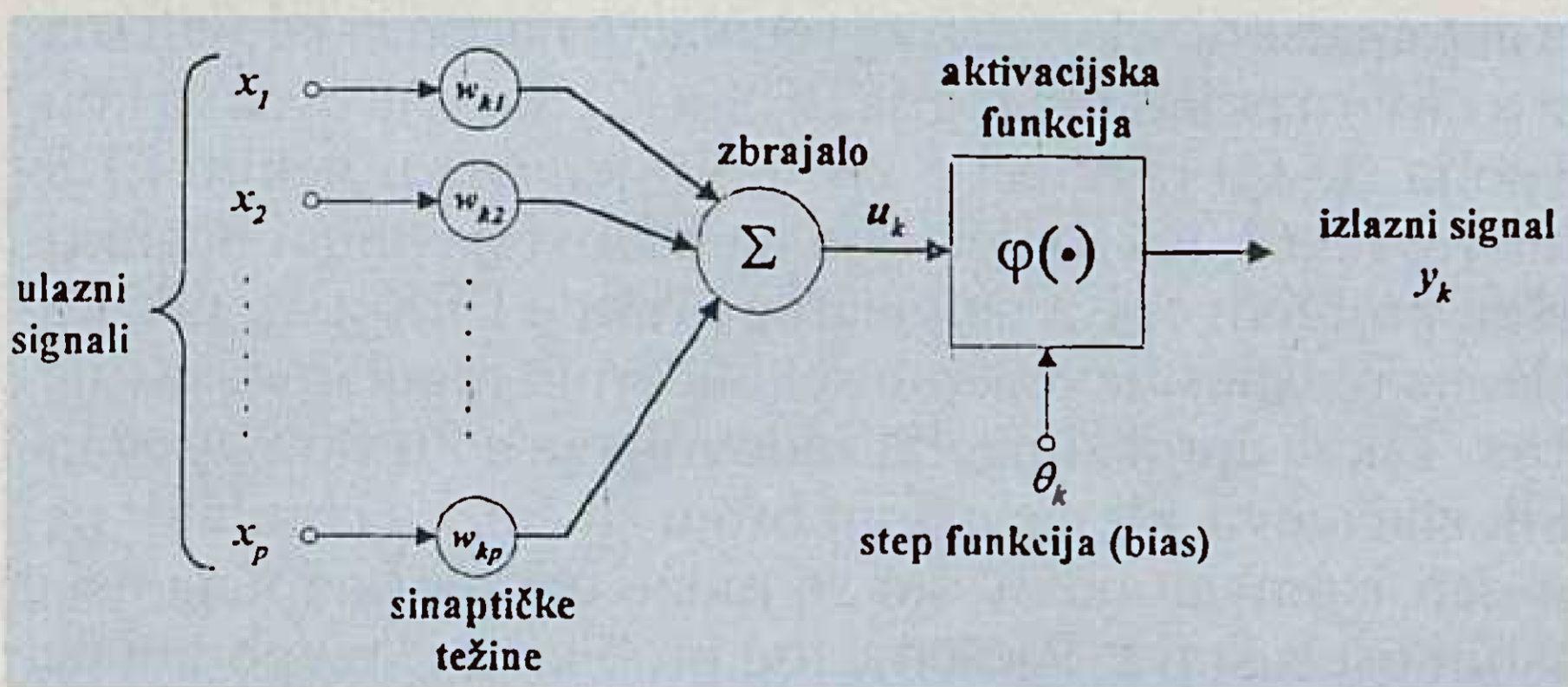
- x_j ($j=1, \dots, p$) ulazni signali
- w_{kj} ($j=1, \dots, p$) sinaptičke težine neurona k
- θ_k step funkcija neurona k tzv. bias
- $\varphi(\cdot)$ aktivacijska ili prijenosna funkcija
- y_k izlazni signal neurona k .

Bias θ_k se može promatrati kao dodatna sinaptička težina sa stalnom ulaznom vrijednošću $\varphi(\cdot)$, odnosno kao pomak grafa prijenosne funkcije $\varphi(\cdot)$ u desno za vrijednost θ_k . Vrijednost bias-a može biti stalna tijekom proračuna ili se može mijenjati zajedno s vrijednostima ostalih sinaptičkih težina. Prijenosna funkcija $\varphi(\cdot)$ određuje izlaz neurona. Da bi se u strukturu neurona uvela nelinearnost, najčešće se koristi sigmoidna prijenosna funkcija (2):

$$\varphi(x) = \frac{1}{1 + \exp(-a \cdot x)} \quad (2)$$

Sigmoidna funkcija je strogo rastuća, diferencijabilna, neprekidna funkcija, koja ima asimptote, a parametar a određuje nagib prijenosne funkcije.

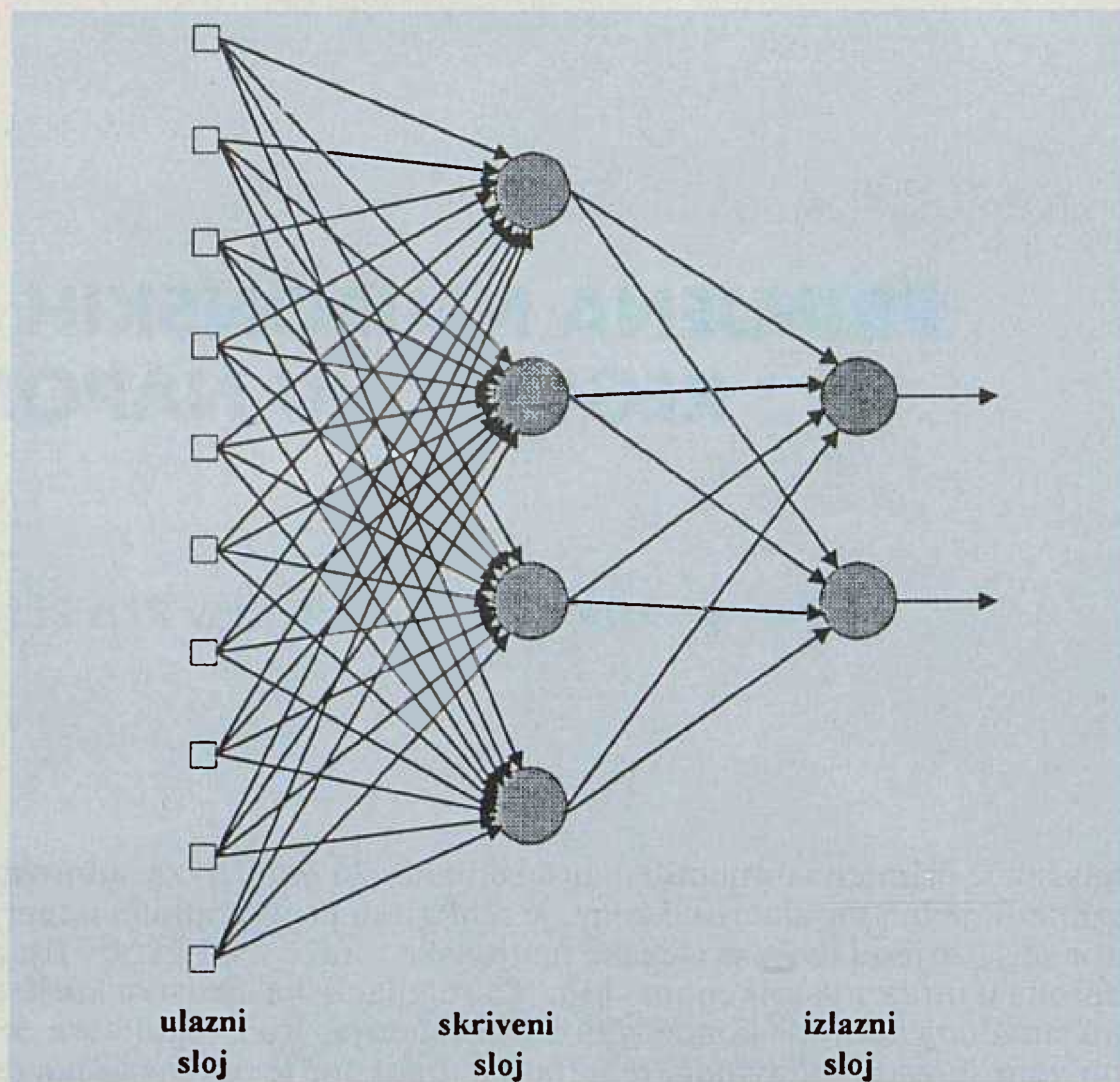
Pri korištenju umjetnih neuronskih mreža pokušava se matematičkim modelom što bolje kopirati biološka struktura živčanog sustava te tako razvijeni model primijeniti za rješavanje različitih problema koji se klasičnim postupcima ne mogu riješiti zadovoljavajućom brzinom i točnošću. Glavne značajke UNM su:



Slika 1. Model neurona

1. sposobnost zaključivanja o nepoznatoj ulazno-izlaznoj ovisnosti iz predloženih podataka
2. sposobnost poopćenja (eng. generalization), odnosno davanja prihvatljivog izlaznog signala za ulazne podatke koji nisu korišteni tijekom procesa učenja
3. nelinearnost
4. paralelna struktura, koja omogućuje veliku brzinu izvođenja proračuna.

Neuronska mreža sastoji se od neurona međusobno povezanih sinaptičkim vezama. Neuroni su poslagani u slojeve, gdje je broj neurona izlaznog sloja određen brojem izlaznih podataka mreže, dok broj unutarnjih slojeva (skriveni



Slika 2. Model unaprijedne mreže (višeslojni perceptron)

ni slojevi) i broj neurona svakog skrivenog sloja nije fiksiran i određuje se po potrebi. Na slici 2 predložena je UNM razvijena korištenjem unaprijedne višeslojne strukture (višeslojni perceptron).

2.2. Algoritam povratnog prostiranja

Najčešće korišteni algoritam za učenje UNM je algoritam povratnog prostiranja (eng. back propagation). Značajka mu je dvostruki prolaz kroz mrežu: *prolaz unaprijed* (eng. forward pass) i *povratni prolaz* (eng. backward pass). Učenje se izvodi na taj način da se mreža opskrbi parom ulaznih podataka i željenog (ili željenih) odziva. Na temelju ulaznih podataka mreža proračunava konačne odzive y_j ($j=1, \dots, c$); gdje je c -broj neurona izlaznog sloja; koji se zatim uspoređuje sa željenim odzivima. Razlika svakog para proračunati odziv-željeni odziv daje signal greške e_j , a trenutni zbroj svih kvadratnih grešaka izlaznog sloja mreže u n -toj iznosi:

$$\xi(n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^c e_j^2(n) \quad (3)$$

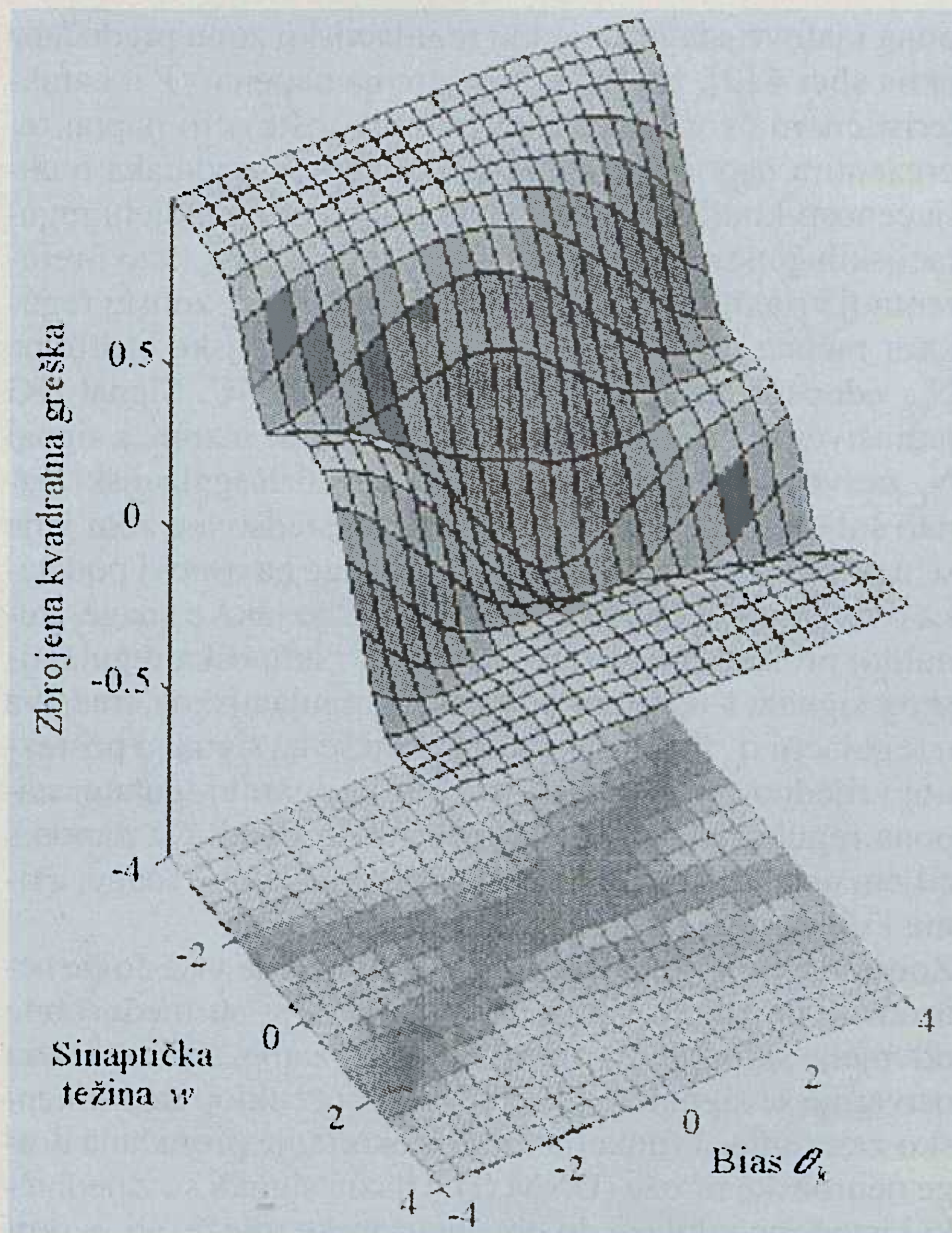
Zbrajanjem $\xi(n)$ ($n=1, \dots, N$); gdje je N - ukupan broj uzoraka u ispitnom skupu te normiranjem prema veličini (N) ispitnog skupa, računa se srednja kvadratna greška:

$$\xi_{SR} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \xi(n) \quad (4)$$

Trenutni zbroj kvadratnih grešaka $\xi(n)$ i srednja kvadratna greška ξ_{SR} funkcije su svih parametara neuronske mreže (sinaptičkih težina i biasa). Derivacija trenutnog zbroja kvadratnih grešaka po pripadnim sinaptičkim težinama $\partial \xi(n) / \partial w_{ji}(n)$ ($w_{ji}(n)$ je sinaptička težina između izlaznog neurona j i skrivenog neurona i) prostire se povratnim putem kroz mrežu, unutar koje se određenom iteracijskom metodom namještaju parametri mreže s ciljem minimiziranja ξ_{SR} , [17]:

$$\begin{aligned} w_{kj}(n+1) &= w_{kj}(n) + \Delta w_{kj}(n) \\ \theta_k(n+1) &= \theta_k(n) + \Delta \theta_k(n) \end{aligned} \quad (5)$$

Nakon prolaska signala greške kroz mrežu, mreža se opskrbljuje novim parom ulaz-željeni odziv, a čitav se postu-



Slika 3. Trodimenzionalna površina greške višeslojne neuronske mreže

pak ponavlja. Nakon što je mreža opskrbljena svim parovima ulaz - željeni odziv koji su na raspolaganju (ispitni skup), ostvarena je jedna epoha unutar procesa učenja. Epoha se ponavlja sve dok se ne postigne zadovoljavajuća točnost proračuna, nakon čega je unutarnja struktura neuronske mreže tako podešena da joj omogućuje rješavanje zadanog problema.

Algoritam povratnog prostiranja, čije se izvođenje temelji na obrascu učenja pod nadzorom, najnesigurniji je, i teorijski najmanje doraden upravo na polju konvergencije. Ovaj algoritam ovisi o gradijentu površine greške u višedimenzionalnom prostoru čiji su parametri vrijednosti sinaptičkih težina i biasa neuronske mreže (slika 3). Algoritam je po prirodi stohastički i ima svojstvo vrlo spore konvergencije. Osim spore konvergencije, značajan je i problem koji se odnosi na postojanje lokalnih minimuma duž površine greške. Ako pogonska točka algoritma dođe u lokalni minimum površine greške, može se desiti da se proračun zaustavi iako postoji drugi skup vrijednosti sinaptičkih težina za koji je ξ_{SR} manja, tj. iako postoji globalni minimum funkcije. Postignuto je stanje neželjeno, pogotovo ako je lokalni minimum znatno iznad globalnog. Ovaj se problem nastoji izbjeći uvođenjem momentuma, tj. proračunom krivulje greške sa samo jednim minimumom ili nekim drugim izmjenama samog algoritma [17]. Iako se ne može sa sigurnošću tvrditi da će algoritam povratnog prostiranja konvergirati za svaki problem kod kojeg se primijeni, mogu se definirati kriteriji zaustavljanja algoritma.

Smatra se da je algoritam povratnog prostiranja konvergirao kada je Euklidova norma vektora gradijenta dostigla dovoljno malu vrijednost, tj. kada je apsolutna vrijednost

promjene srednje kvadratne greške po epohi dovoljno mala (0.1-1% po epohi). Dakle, algoritam povratnog prostiranja bit će zaustavljen pri vrijednosti vektora sinaptičkih težina w_{kon} kada je $lg(w_{kon}) = \epsilon$, gdje je ϵ dovoljno mala vrijednost gradijenta g , ili, $\xi_{SR}(w_{kon}) = \tau$ gdje je τ dovoljno mala vrijednost srednje kvadratne greške.

2.3. Levenberg-Marquardtova metoda

Klasičan algoritam povratnog prostiranja koristi optimizacijsku metodu najstrmijeg pada (eng. steepest descent) gradijenta višedimenzionalne površine greške za namještanje svojih parametara, s ciljem minimiziranja funkcije srednje kvadratne greške (SR). Korištenje Levenberg - Marquardtove optimizacijske metode [18,19] znatno poboljšava algoritam i ujedno rješava problem konvergencije algoritma. Levenberg - Marquardtova metoda predstavlja aproksimaciju Newton - Gaussove metode. S obzirom da je cilj pronaći rješenje x' za koje je kvadratna funkcija $F(x)$ minimizirana, u svakom se koraku dx u nekoj točki p procjenjuju Hessian-ova matrica H i gradijent g :

$$dx = x - p = -H^{-1} g \quad (6)$$

Hessian-ova matrica H predstavlja matricu drugih parcijalnih derivacija funkcije F :

$$H = \nabla^2 F \quad (7)$$

a g je gradijent funkcije F :

$$g = \nabla F \quad (8)$$

Levenberg - Marquardtovo pravilo namještanja glasi:

$$dx = -(H + \mu I)^{-1} g = -(J^T J + \mu I)^{-1} J^T e \quad (9)$$

gdje je J Jacobi-eva matrica derivacija svake greške prema svakoj sinaptičkoj težini, e je vektor greške, I je jedinična matrica, a μ Levenberg - Marquardtov (LM) parametar. Ako je LM parametar velik ($\mu \rightarrow \infty$), izraz (9) će aproksimirati u metodu najstrmijeg pada, a ako je LM parametar mali ($\mu = 0$) izraz (9) će postati Gauss-Newtonova jednadžba. Pri tome će se vlastita vrijednost matrice H povećavati u ovisnosti o μ .

S obzirom da je Gauss-Newtonova metoda brža i puno točnija blizu minimuma greške, cilj Levenberg - Marquardtove metode je što brže prijeći u Gauss-Newtonovu metodu. Nakon svakog uspješnog koraka dx (smanjivanje greške), LM parametar se smanjuje, a nakon svakog neuspješnog koraka povećava.

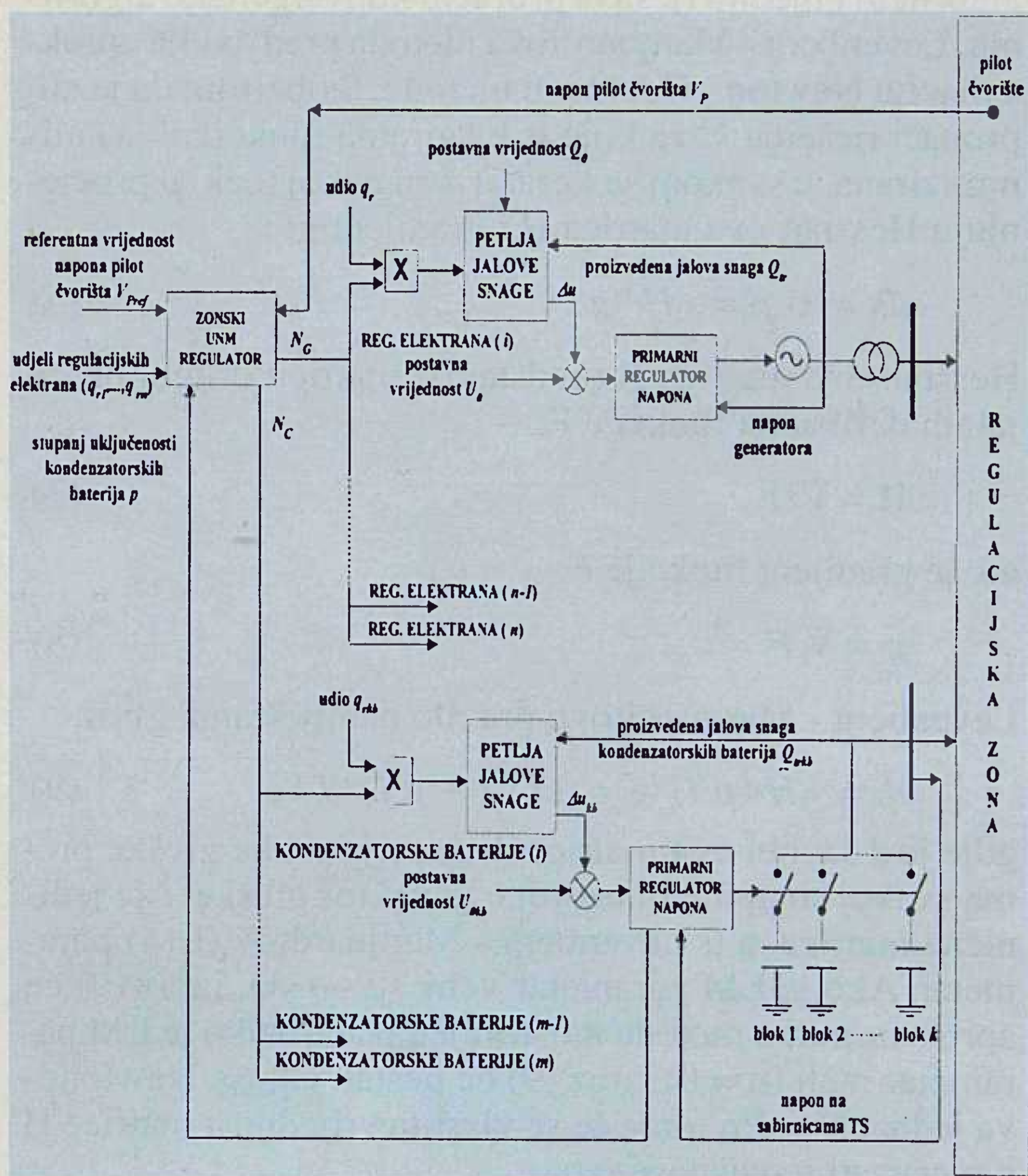
3. IZVEDBA SEKUNDARNOG U-Q REGULATORA

Pri realizaciji sekundarnog U-Q regulatora poštivane su sljedeće postavke:

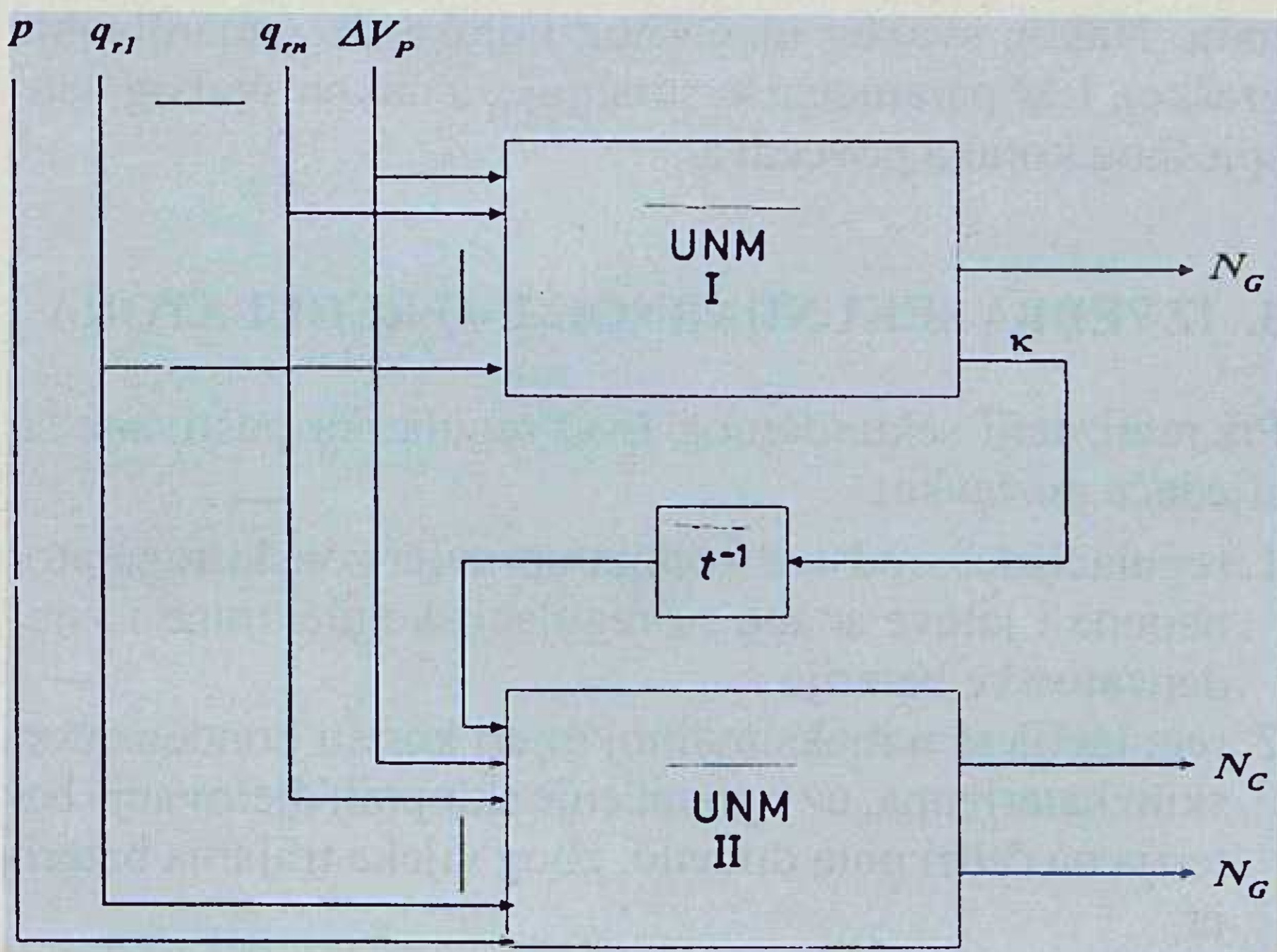
1. regulacijska sredstva kojima upravlja zonski regulator napona i jalove snage su regulacijske elektrane i kondenzatorske baterije
2. regulacija se u maksimalnoj mjeri koristi kondenzatorskim baterijama, uz ograničenje sklopnih djelovanja baterija na četiri puta dnevno, zbog vijeka trajanja baterija
3. udjeli regulacijskih elektrana u regulaciji (q_{ri}) su promjenjivi, a udjeli kondenzatorskih baterija (q_{rkb}) su fiksni i ovisе o kapacitetu pojedine baterije.

Na ovim se postavkama temelji priprema podataka potrebnih za učenje neuronske mreže, da bi se ostvario željeni način sekundarne regulacije EES-a, tj. jedne regulacijske zone. Jednom istrenirana i provjerena neuronska mreža opisuje samo onaj sustav čiji su podaci korišteni u procesu učenja. Za bilo koji drugi sustav potrebno je, ponovo cjelovito analizirati moguća pogonska stanja tog sustava kao i poželjne načine regulacije, te zatim pripremiti podatke potrebne za učenje neuronske mreže. Priprema podataka za učenje mreže je ujedno i najveći problem pri korištenju neuronskih mreža. Osim prikupljanja podataka, potrebna je i njihova obrada te priprema kako bi ih UNM bila sposobna naučiti. Tek nakon toga slijedi izbor optimalne unutarnje strukture neuronske mreže.

Primijenjena shema automatske sekundarne regulacije na-



Slika 4. Shema sekundarne U-Q regulacije jedne zone



Slika 5. Struktura sekundarnog zonskog UNM regulatora

pona i jalove snage za jednu regulacijsku zonu predočena je na slici 4 [2]. Na temelju mjerenja napona VP u karakterističnom čvorištu mreže (pilot čvorište) čiji napon reprezentira naponsko stanje čitave zone, i podataka o uključenosti kondenzatorskih baterija u zoni p, udjelu regulacijskih elektrana u sekundarnoj regulaciji qr, kao i referentnoj vrijednosti napona pilot čvorišta Vpref zonski regulator računa regulacijski signal za regulacijske elektrane NG, odnosno za kondenzatorske baterije NC. Signal NG jedinstven je za sve regulacijske elektrane u zoni, a signal NC za sve kondenzatorske baterije u zoni. Regulacijski signali šalju se do svakog regulacijskog sredstva u zoni gdje se u primarnom regulatoru jalove snage na osnovi podataka o referentnoj vrijednosti proizvodnje jalove snage, trenutnoj proizvodnji jalove snage QTR i umnoška regulacijskog signala s udjelom određenog regulacijskog sredstva u regulaciji qr, formira signal (u koji se uz signal o postavnoj vrijednosti napona U0, uvodi u primarni regulator napona regulacijskog sredstva, kojim se podešava napon s ciljem ostvarivanja željene proizvodnje jalove snage, a time i uklanjanja nastalog poremećaja u zoni.

Zonski UNM regulator (slika 5) sadrži dvije višeslojne neuronske mreže (UNM I i UNM II) koje su međusobno odvojene sklopom za vremensko zatezanje. Njihova veza ostvaruje se signalom (koji prolazi kroz sklop za vremensko zatezanje, a funkcija mu je pokretanje proračuna druge neuronske mreže (UNM II). Ulazni signali su zajednički i istodobno dolaze do obje neuronske mreže, ali se proračun druge mreže pokreće nakon pojave signala (iz prve mreže, tj. nakon vremenskog kašnjenja. Jedan od ulaza u obje neuronske mreže predstavlja odstupanje napona pilot čvorišta od njegove referentne vrijednosti ΔVp, a na ostale ulaze dovode se iz glavnog dispečerskog centra signali o trenutnom udjelu regulacijskih elektrana u sekundarnoj (U-Q) regulaciji (qr1, ..., qrn), gdje je n trenutni broj regulacijskih elektrana u zoni. Broj elektrana koje sudjeluju u sekundarnoj (U-Q) regulaciji može se mijenjati tijekom dana u ovisnosti o stanju i opterećenju u sustavu. Osim ovih podataka potrebno je na ulaz UNM II dovesti i podatak o trenutnoj uključenosti kondenzatorskih baterija p, kako bi, u slučaju da kondenzatorske baterije nemaju dovoljno snage za vraćanje napona unutar željenih granica, bilo omogućeno kombiniranje proizvodnje jalove snage regulacijskih elektrana i kondenzatorskih baterija. U primjeru je taj signal jedinstven za sve kondenzatorske baterije u zoni, ali je moguće i najvjerojatnije da sve kondenzatorske baterije nisu uključene u jednakom postotku, pa se u zonski regulator mogu dovoditi i signali o uključenosti svake kondenzatorske baterije posebno (p1, ..., pm) gdje je m broj kondenzatorskih baterija u zoni.

Promjena opterećenja na nekim sabirnicama uzrokovat će promjenu vrijednosti napona pilot čvorišta što će za posljedicu imati djelovanje zonskog regulatora. U zonskom regulatoru prvo će se proračunati regulacijski signal NG koji će se proslijediti do postojećih regulacijskih elektrana unutar zone kako bi se na taj način što brže popravila razina napona u mreži. Nakon toga se računa regulacijski signal NC koji se prosljeđuje do kondenzatorskih baterija kako bi one preuzele na sebe potrebnu proizvodnju jalove snage (ako imaju mogućnost, tj. ako im kapacitet nije u potpunosti iskorišten). Nakon povratnog signala o uključenju kondenzatorskih baterija, regulacijskim elektranama će se poslati signal za smanjenje proizvodnje jalove

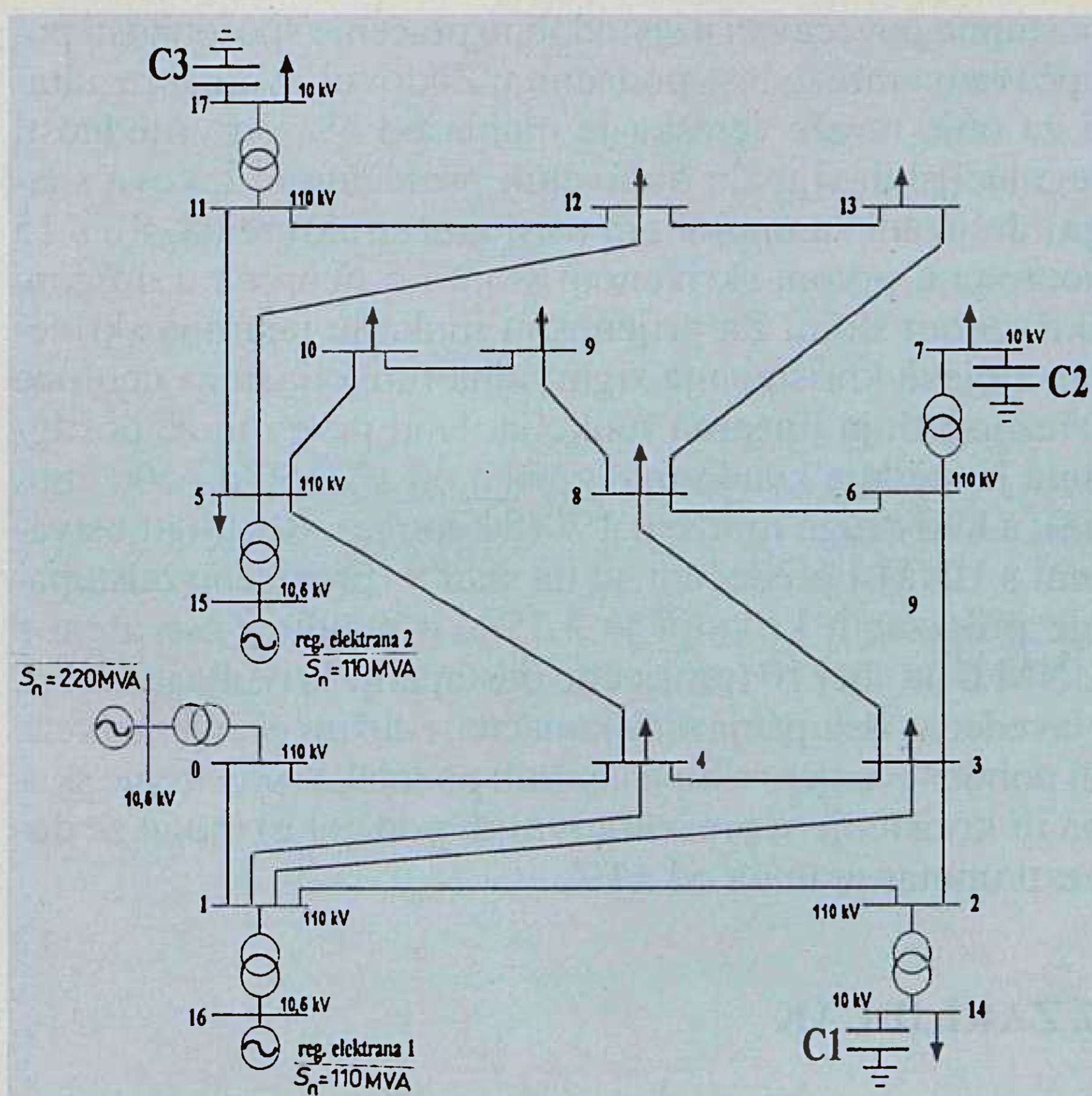
snage, za onu vrijednost snage proizvodnje jalove snage koju će preuzeti kondenzatorske baterije. Smanjena proizvodnja jalove snage elektrana uzrokovat će smanjenje gubitaka prijenosa snage u sustavu, jer su elektrane obično udaljenije od potrošačkih čvorišta od kondenzatorskih baterija koje se ugrađuju što je moguće bliže opterećenju. Osim smanjenja gubitaka, na taj se način osigurava dovoljno pričuve jalove snage potrebne za eliminaciju mogućih kasnijih poremećaja ili kvarova.

Realizacijom zonskog regulatora s dvije neuronske mreže omogućena je regulacija napona i jalove snage samo regulacijskim elektranama, samo kondenzatorskim baterijama ili kombinacijom proizvodnje regulacijskih elektrana i kondenzatorskih baterija.

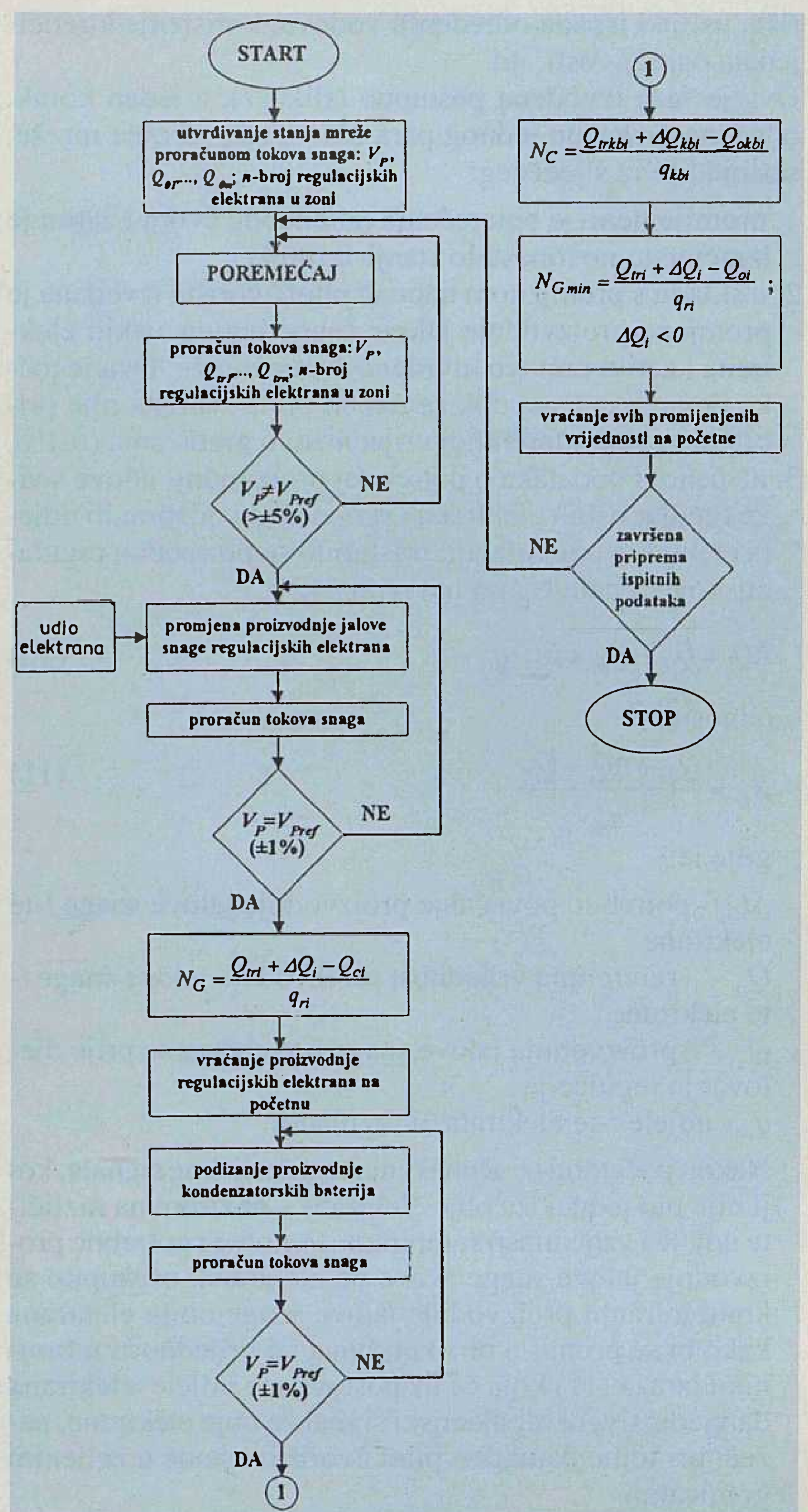
4. ISPITIVANJE REGULATORA

Opisani princip regulacije ispitan je na primjeru modificirane IEEE test mreže sa 14 čvorišta (slika 6) [20]. Modifikacija IEEE test mreže sastojala se iz svodenja čitave mreže na jednu naponsku razinu (110kV), dodavanja transformatora 110/10 kV za vezu prema kondenzatorskim baterijama, i dodavanja treće kondenzatorske baterije (C3). Iz originalne sheme izostavljeni su regulacijski transformatori (jer nije predviđena njihova primjena u predloženoj shemi regulacije), a dodani su blok transformatori za sve tri elektrane. Broj čvorišta se, uslijed navedenih izmjena, povećao s 14 na 18. Pri regulaciji su korištene dvije regulacijske elektrane (čvorišta 15 i 16) i tri kondenzatorske baterije (čvorišta 7, 14 i 17).

Ispitivanje se sastojalo iz tri faze. Prvo je proračunom tokova snaga izvedena analiza stanja mreže čime su utvrđene vrijednosti napona svih čvorišta u mreži. Kao bilančno čvorište postavljeno je čvorište 0. Takovo stanje u mreži uzeto je kao referentno stanje, s obzirom na sve kasnije proračune, a proizvodnja jalove snage regulacijskih elektrana također je uzeta kao referentna. Za pilot čvorište određeno je, prema kriteriju najveće početne struje trolejnog kratkog spoja (IK3''), čvorište 8.



Slika 6. Shema modificirane IEEE test mreže



Slika 7. Dijagram toka pripreme ispitnih podataka potrebnih za učenje neuronske mreže

Druga faza sastojala se od prikupljanja parova ulazno-izlaznih podataka, korištenjem proračuna tokova snaga, potrebnih za učenje neuronske mreže. Pri tome je, s obzirom da se radi o sekundarnoj regulaciji, poštovano sljedeće:

- promjene opterećenja na P-Q sabirnicama zone su relativno malene i uzrokuju promjenu napona pilot čvorišta od 0 do -5%
- u trenutku promjene opterećenja napon pilot čvorišta je blizu referentne vrijednosti ((1%), tj. nije ispitan rad regulatora u početnim uvjetima nekog već postojećeg poremećaja, jer je svrha regulatora da ukloni posljedice poremećaja što je prije moguće.

Prethodno navedene pretpostavke nisu nepromjenjive i mogu se mijenjati, što utječe na količinu ulaznih podataka i potrebnu pripremu za učenje. U sam algoritam je moguće ugraditi mnogo više slučajeva no što je opisano, npr. veće granice promjene opterećenja odnosno napona pilot čvorišta, uključivanje slučajeva promjene napona pilot čvo-

rišta uslijed ispada određenih vodova, korištenje koeficijenta osjetljivosti, itd.

Ova je faza izvedena postupno (slika 7), a jedan korak, odnosno proračun jednog para ulaz-izlaz, za obje mreže, sastojao se iz sljedećeg:

1. promijenjeno je opterećenje određenog čvora i zatim je izračunato novonastalo stanje u mreži
2. u skladu s promjenom napona pilot čvorišta izvedena je promjena proizvodnje jalove snage regulacijskih elektrana i zatim ponovo utvrđeno stanje mreže. Ova je točka ponavljana sve dok se napon pilot čvorišta nije približio svojoj referentnoj vrijednosti u granicama (0.1%,
3. na osnovi podataka o potrebnoj proizvodnji jalove snage regulacijskih elektrana i proizvoljno odabranih udjela elektrana u regulaciji, pristupilo se proračunu regulacijskog signala N_G prema izrazu [2]:

$$\Delta Q_i = Q_{0i} - Q_{ri} + N_G \cdot q_{ri} \quad (10)$$

odnosno

$$N_G = \frac{Q_{ri} + \Delta Q_i - Q_{0i}}{q_{ri}} \quad (11)$$

gdje je:

ΔQ_i - potrebno povećanje proizvodnje jalove snage i -te elektrane

Q_{0i} - referentna vrijednost proizvodnje jalove snage i -te elektrane

Q_{ri} - proizvodnja jalove snage i -te elektrane prije djelovanja regulacije

q_{ri} - udjele i -te elektrane u regulaciji.

Nakon početnog izračunavanja regulacijskog signala, koji nije bio jednak za obje elektrane s obzirom na različite udjele i vrijednosti referentne, trenutne i potrebne proizvodnje jalove snage svake od elektrana, pristupilo se kombiniranju proizvodnje jalove snage obiju elektrana kako bi se pronašla ona kombinacija vrijednosti u brojniku izraza (11) koja će uz postavljene udjele elektrana dati jedinstveni regulacijski signal za obje elektrane, pazеći pri tome da napon pilot čvorišta ostane u željenim granicama.

Time je dobiven jedan ulazno-izlazni par podataka potrebnih za učenje prve neuronske mreže (UNM I)

4. proizvodnja jalove snage elektrana zatim se vraćala na početnu vrijednost (prije djelovanja regulacije), a pristupilo se podizanju proizvodnje kondenzatorskih baterija sve dok napon pilot čvorišta nije ponovo došao unutar željenih granica. Prema (11) proračunat je jedinstveni regulacijski signal za sve tri kondenzatorske baterije N_G , s tim da je pretpostavljeno da su udjeli svih kondenzatorskih baterija jednaki ($q_{kbi}=0.33$) te da su njihove postavne i trenutne vrijednosti snage proizvodnje (Q_{0kbi} , Q_{rkbi}) jednake nuli.

Ponovo je prema (11) izračunat signal N_G , s ciljem da se iznos proizvodnje jalove snage elektrana, koji je povećan djelovanjem regulacije u prethodnom koraku, umanji za iznos kondenzatorskim baterijama proizvedene jalove snage. Na taj se način osigurava određena pričuva jalove snage u sustavu. Iznos potrebne proizvodnje jalove snage elektrana nije se posebno računao već se koristila vrijednost iz prethodnog proračuna tokova snaga (proračun s povećanom proizvodnjom kondenzatorskih baterija).

Na taj se način dobio jedan ulazno-izlazni par podataka potreban za učenje druge neuronske mreže (UNM II): .
5. sve vrijednosti mijenjane tijekom prethodno opisanog proračuna (opterećenje sabirnica, proizvodnja jalove snage regulacijskih elektrana i kondenzatorskih baterija) vraćene su na početne. Povratak na točku 1.

Podaci su prikupljeni za tri moguća odnosa regulacijskih elektrana s obzirom na udio u regulaciji: (0.6, 0.4), (0.5, 0.5) i (0.4, 0.6), a za svaki je odnos proračunato 15 parova ulazno-izlaznih podataka. Svaki od 15 parova obuhvaća promjenu napona pilot čvorišta u rasponu od 0 do -5%, a vrijednosti unutar tog raspona koje nisu bile uključene u učenje UNM, korištene su pri ispitivanju ispravnosti djelovanja sekundarnog regulatora.

Treća faza uključivala je odabir optimalne unutrašnje strukture za svaku od neuronskih mreža (UNM I i UNM II) i učenje mreža podacima pripremljenim u drugoj fazi.

Veličina neuronske mreže, odnosno složenost njene strukture, ima velik utjecaj na konačnu sposobnost poopćavanja mreže, tj. sposobnost rješavanja zadanog problema. Pri korištenju algoritma povratnog prostiranja broj skrivenih slojeva i broj skrivenih neurona ima posebno velik utjecaj na konačne sposobnosti mreže. Neuronske mreže s prevelikim brojem skrivenih neurona u odnosu na veličinu ispitnog skupa nastoje memorirati podatke za učenje što vodi ka lošem poopćavanju, iako će mreža relativno brzo minimizirati srednju kvadratnu grešku proračuna. Male UNM nastoje podesiti svoje težine kako bi što bolje oponašale nepoznatu funkciju ulaz-izlaz, ali ako su premale u odnosu na veličinu ispitnog skupa ne mogu naučiti zadani problem, odnosno nisu sposobne minimizirati srednju kvadratnu grešku. Zadatak se, stoga, svodi na odabir mreže koja će biti dovoljno velika da nauči zadani problem, a dovoljno mala da dobro poopćava.

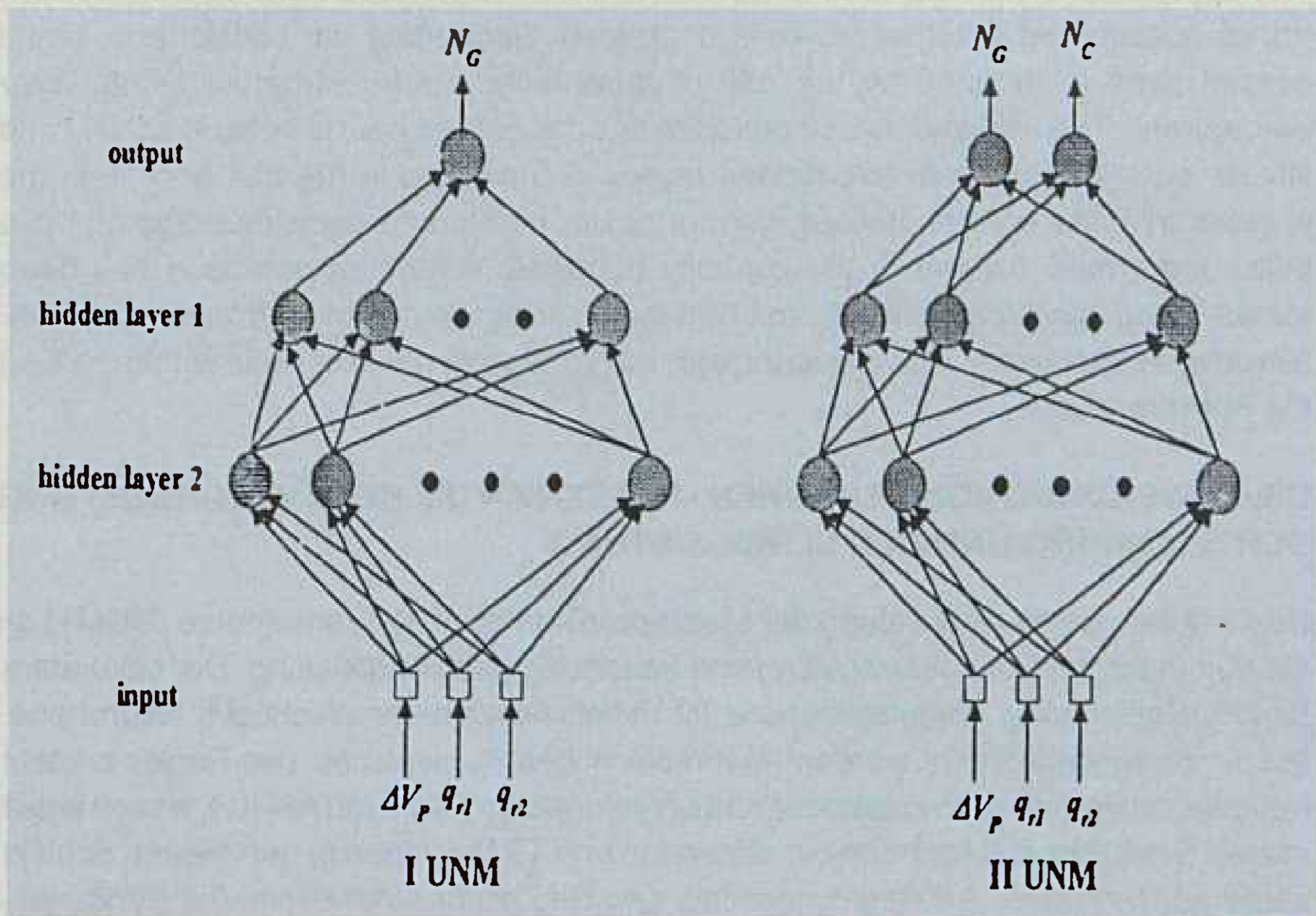
5. REZULTATI

Odabir optimalne neuronske strukture započeo je s najjednostavnijom mrežom, a broj skrivenih neurona je zatim postupno povećavan uz istodobno praćenje sposobnosti poopćavanja mreže test-podacima. Zadovoljavajući rezultati za obje mreže (greška je manja od 4% od vrijednosti regulacijskih signala dobivenih proračunom tokova snaga) dobiveni su uporabom troslojne strukture (sl. 8), s 15 neurona u prvom skrivenom sloju i 5 neurona u drugom skrivenom sloju. Za prijenosnu funkciju neurona skrivenih slojeva korištena je sigmoidna funkcija, a za neurone izlaznog sloja linearna funkcija. Kod prve mreže postignuta je srednja kvadratna greška od 1% (50 do 500 epohe), a kod druge mreže 0.1% (54 epohe). Rezultati ostvareni s UNM I predočeni su na slici 9 (prosječno odstupanje prikazanih krivulja je 3.7%), a rezultati ostvareni s UNM II na slici 10 (prosječno odstupanje krivulja je 1.7%). Navedena odstupanja nisu konačna, i dužim učenjem mreže ili poboljšavanjem skupa ispitnih podataka (proširenje skupa ili korištenje reprezentativnijih podataka) mogu se dovesti unutar granica od $\pm 1\%$.

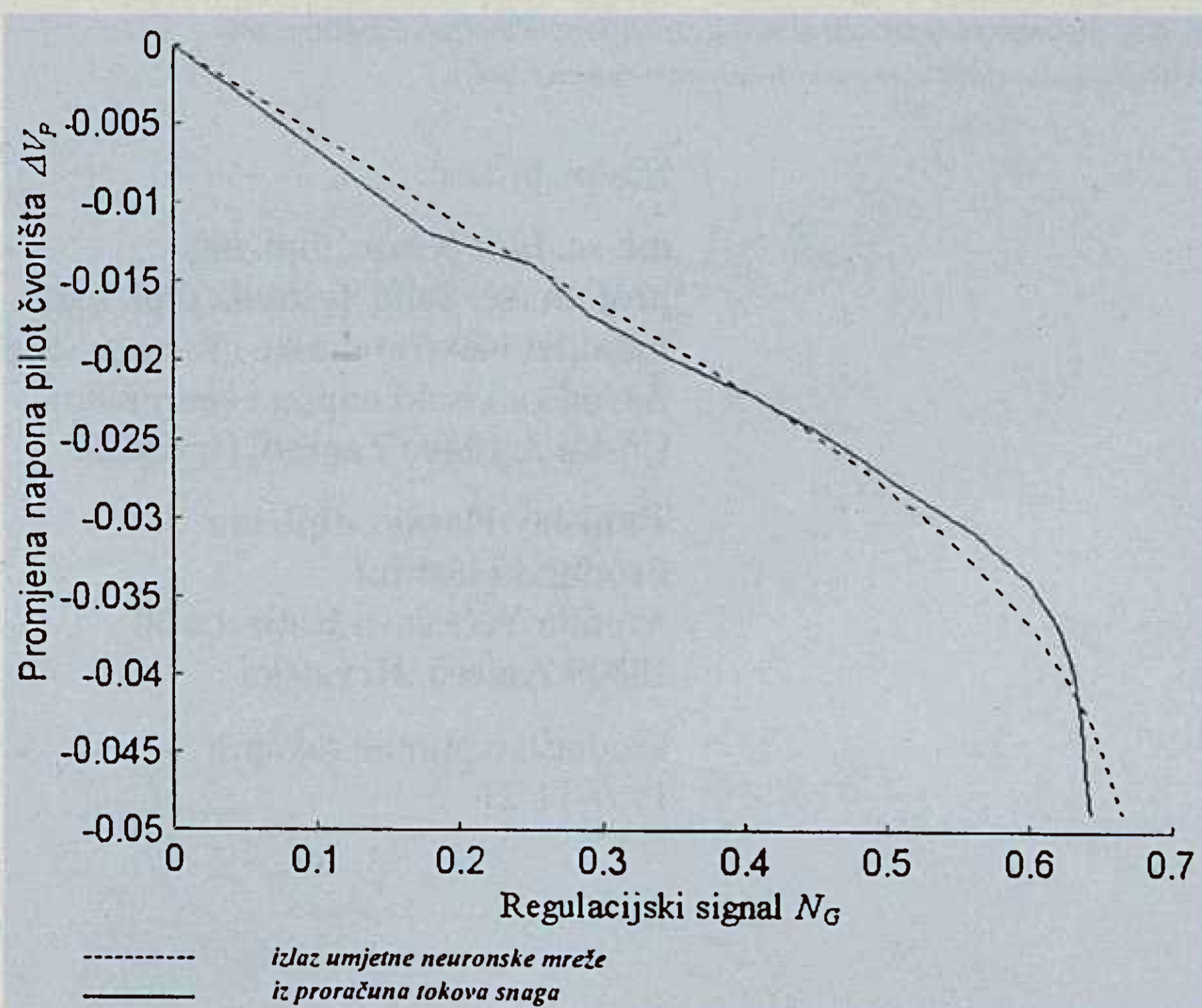
6. ZAKLJUČAK

Razrađena je metodologija za automatsku sekundarnu regulaciju napona i jalove snage korištenjem neuronskih

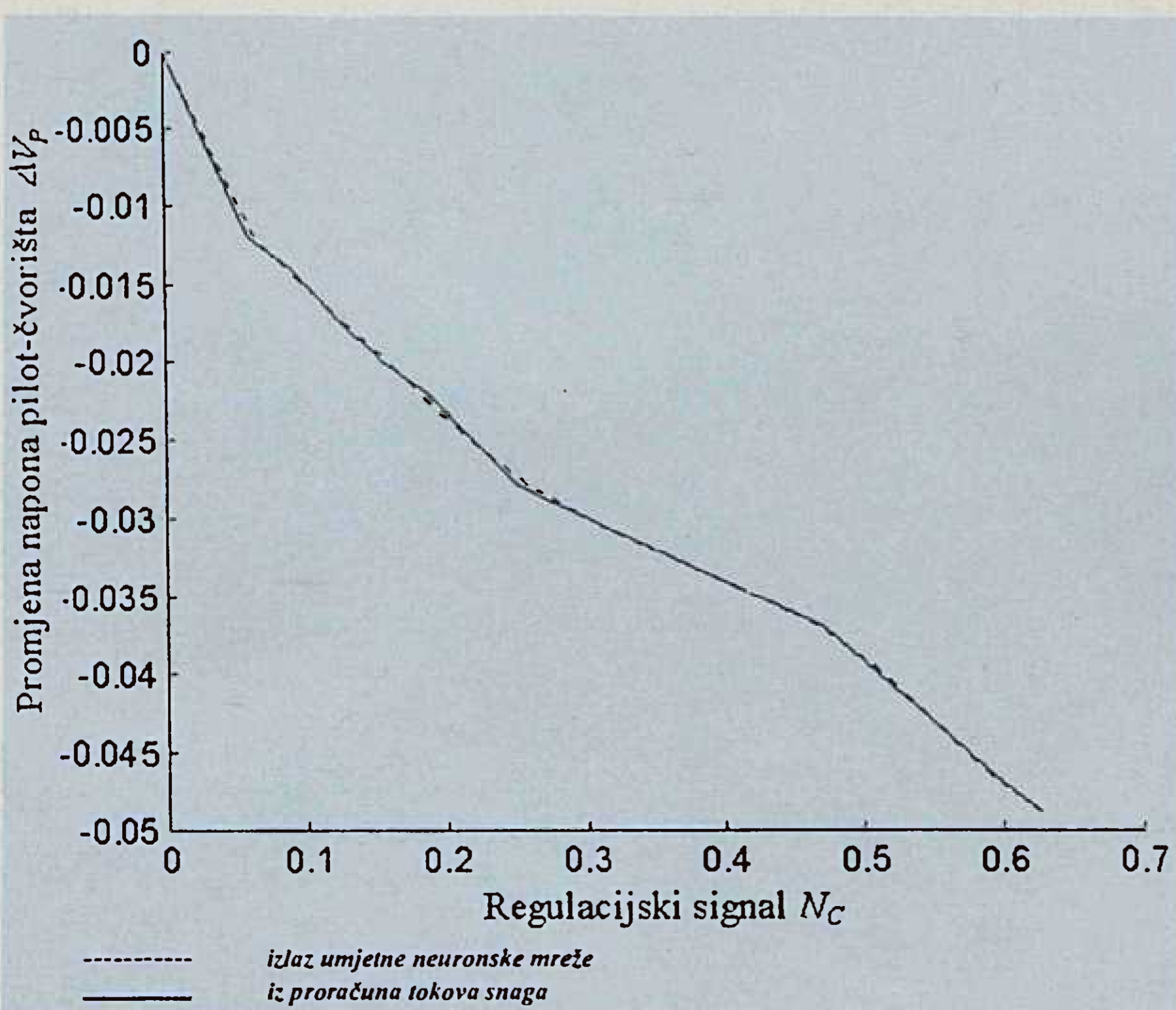
mreža. Razvijen je sekundarni zonski regulator uporabom dvaju neuronskih mreža čime se ostvarila mogućnost U-Q



Slika 8. Prikaz ostvarene UNM strukture prve i druge neuronske mreže



Slika 9. Ovisnost regulacijskog signala N_G o promjeni napona pilot čvorišta ΔV_p



Slika 10. Ovisnost regulacijskog signala N_C o promjeni napona pilot čvorišta ΔV_p

regulacije korištenjem regulacijskih elektrana i/ili kondenzatorskih baterija. Regulator je ispitan na primjeru modificirane IEEE test mreže s 14 čvorišta, koja je predstavljala jednu regulacijsku zonu. Dobiveni su zadovoljavajući rezultati, a regulacijski signali N_G i N_C odstupali su od vrijednosti regulacijskih signala dobivenih proračunom tokova snaga, N_{G0} i N_{C0} , unutar $\pm 4\%$. Ova odstupanja nemaju značajnijeg utjecaja na ispravnost rada regulatora jer i regulacijski signali N_G , N_C i N_{G0} , N_{C0} vraćaju napon pilot čvorišta unutar postavljenih ograničenja od $\pm 1\%$.

Nedostatak opisane metodologije je nemogućnost primjene razvijenog sekundarnog regulatora na neki drugi EES ili dio sustava, jer jednom provjerena i istrenirana neuronska mreža svojstvena je samo za onaj elektroenergetski sustav čiji su podaci korišteni u procesu učenja.

Za bilo koji drugi EES potrebno je cijeli opisani postupak izvesti od početka. Pri tome će novi regulator najčešće imati drugačiju neuronsku strukturu, od ovdje razvijenog, jer odabir optimalne UNM strukture ovisi o tipu podataka koji se koriste za učenje, tj. o veličini i složenosti EES-a za koji se razvija regulator.

Pri procjeni mogućnosti primjene neuronskih mreža za rješavanje nekog problema treba biti svjestan prednosti, ali i nedostataka UNM u odnosu na ostale metode, a posebno je značajno ocijeniti prikladnost primjene neuronskih mreža za rješavanje razmatranog problema.

Cilj daljnjeg razvoja je povećanje univerzalnosti izložene metodologije što će se ostvariti automatiziranjem postupka pronalazjenja ulazno-izlaznih podataka potrebnih za učenje neuronske mreže. Time bi se olakšala praktična primjena.

LITERATURA

- [1] S. TEŠNJAK: "(U-Q) regulacija u EES-u", FER-ZVNE, Zavodska skripta, 1991.
- [2] S. TEŠNJAK, I. KUZLE, N. PULJIĆ: "Prijedlog rješenja automatske sekundarne regulacije napona i jalove snage u EES-u Hrvatske", Drugo savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRE, Primošten 14.-18. svibnja 1995., Ref. 39.07
- [3] J.P. PAUL, J.Y. LEOST, J.M. TESSERON: "Survey of the Secondary Voltage Control in France: Present Realization and Investigations", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 2, No. 2, May 1987, pp. 505-511
- [4] G. BLANCHON, N. GIRARD, Y. LOGEAY, F. MESLIER: "New Developments in Planning of Reactive Power Compensation Devices, IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 2, No. 3, August 1987, pp. 764-771
- [5] J.P. PIRET, J.P. ANTONIE, M. STUBBE, N. JANSSENS, J.M. DELINCE: "The Study of a Centralised Voltage Control Method Applicable to the Belgian System", CIGR..., Paris, Session-1992, Ref. 39-201
- [6] V. ARCIDIACONO, S. CORSI, R. CHINNICI, U. BAZZI, M. MOCENIGO, G. MORESCHINI: "The Regional Voltage Regulator for ENEL's Dispatchers", CIGR..., Paris, Session-1996, Ref. 39-304
- [7] V.S.S. VANKAYALA, N.D. RAO: "Artificial Neural Networks and Their Applications to Power Systems - A Bibliographical Survey", Electric Power Systems Research, Vol. 28, 1993, pp. 67-79
- [8] D. SRINIVASAN, A.C. LIEW, C.S. CHANG: "A Neural Network Short-Term Load Forecaster", Electric Power Systems Research, Vol. 28, 1994, pp. 227-234
- [9] A.A. GIRGIS, S. VARADAN: "Unit Commitment Using Lo-

- ad Forecasting Based on Artificial Neural Networks”, Electric Power System Research, Vol. 32, 1995, pp. 213-217
- [10] D. NIEBUR, A.J. GERMOND: “Power System Static Security Assessment Using the Kohonen Neural Network Classifier”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 2, 1992, pp. 865-872
- [11] Y. ZHANG, O.P. MALIK, G.S. HOPE, G.P. CHEN: “Application of an Inverse Input/Output Mapped ANN as a Power System Stabilizer”, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 9, No. 3, 1994, pp. 433-439
- [12] H. MORI, Y. TAMARU, S. TSUZUKI: “An Artificial Neural-Net Based Technique for Power System Dynamic Stability with Kohonen Network IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 2, 1992, pp. 856-864
- [13] D. SALATINO, R. SBRIZZAI, M. TROVATO, M. LaSCALA: “Online Voltage Stability Assessment of Load Centers by Using Neural Networks”, Electric Power System Research, Vol. 32, 1995, pp. 165-173
- [14] M. KEZUNOVIĆ, I. RIKALO, D.J. ŠOBAJIĆ: “High-Speed Fault Detection and Classification with Neural Networks”, Electric Power System Research, Vol. 34, 1995, pp. 109-116
- [15] C.T. SU, C.T. LIN: “Application of a Neural Network and Heuristic Model for Voltage-Reactive Power Control”, Electric Power System Research, Vol. 34, 1995, pp. 143-148
- [16] S. MILANIĆ, I. ŠKRJANC, R. KARBA: “Survey of Some Neural Network Applications in Control Problems”, Elektrotehniški Vestnik, Vol. 62, No. 3-4, 1995, pp. 171-181,
- [17] S. HAYKIN: “Neural Networks-A Comprehensive Foundation”, IEEE PRESS, 1994.
- [18] W.H. PRESS, B.P. FLANNERY, S.A. TEUKOLSKY, W.T. VETTERLING: “Numerical Recipes - The Art of Scientific Computing”, Cambridge University Press, 1989.
- [19] T.R. CUTHBERT: “Optimization Using Personal Computers - with Applications to Electrical Networks”, John Wiley & Sons, 1987.
- [20] “IEEE 14-bus Test System”, IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution, Vol. 143, No. 5, 1996, str. 390

NEURAL NETWORK APPLICATION FOR THE SECONDARY CONTROL OF VOLTAGE AND REACTIVE POWER

The application of Artificial Neural Network (ANN) for the automatic secondary control of voltage and reactive power is described. Secondary var control of a single control zone is realized by the use of multi-layer neural structure (multi-layer perceptron). The regulator is composed of two connected neural networks (NN I and NN II), each of them with two hidden layers of 5 neurons in the first and 15 in the second layer. As control devices, control power plants and capacity batteries have been used, most frequently the capacity batteries. Regulator operation has been tested using modified IEEE test network having 14 nodes and the results obtained are satisfactory. The regulator kept the voltage of the pilot node within $\pm 1\%$ of the referent value.

DIE ANWENDUNG VON NEURONEN - NETZEN AN DIE SEKUNDÄRREGELUNG DER SPANNUNG UND DER BLINDLEISTUNG

Beschrieben ist die Anwendung der Methode künstlicher Neuronennetze (UNM1) an die automatische Sekundärregelung von Spannung und Blindleistung. Der sekundäre (U-Q1) Regler einer Regulationszone ist mittels einer mehrschichtigen Neuronenstruktur zustandegebracht worden (mehrschichtiges Perceptron). Der Regler besteht aus zwei untereinander verbundenen Neuronennetzen (NN I und NN II), wovon jedes in zwei Schichten je 5 Neuronen in der ersten und 15 Neuronen in der zweiten Schicht verborgen beinhaltet. Als Regelungsmittel sind Regulationskraftwerke und Kondensatoren-Batterien genutzt worden, wobei der Schwerpunkt an der überwiegenden Nutzung von Kondensatoren-Batterien lag. Die Wirkung von Reglern ist am Beispiel eines angepassten IEEE2) Versuchs-Netzes mit 14 Knotenpunkten geprüft worden, wobei der Regler die Spannung des Leitknotenpunktes innerhalb der Abweichungen von $\pm 1\%$ des Stellwertes festhielt, also mit zufriedenstellenden Ergebnissen.

1) Abkürzungen in kroatisch 2) Institute of Electrical and Electornical Engineers.

Naslov pisaca:

mr. sc. Igor Kuzle, dipl. ing.
prof. dr. sc. Sejid Tešnjak, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za visoki napon i energetiku
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Tomislav Plavšić, dipl. ing.
Brodarski institut
Avenija Većeslava Holjevca 20
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1997-11-21

PRORAČUN TROŠKOVA PROIZVODNJE BIOMASE NA PLANTAŽAMA BRZORASTUĆEG DRVEĆA U HRVATSKOJ PRIMJENOM PROGRAMA "BIOCOST"

Julije Domac - Tanja Rukavina, Zagreb

UDK 662.9:621.31
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Uzgajanjem brzorastućeg drveća mogle bi se osigurati značajne količine biomase za proizvodnju energije. Iako takvi projekti nisu rijetkost u razvijenim europskim zemljama, u Hrvatskoj taj mogući izvor energije nije do sada detaljnije razmatran. U radu se analiziraju ekonomski aspekti proizvodnje biomase iz brzorastućeg drveća (topola), mogućnosti podizanja energetske nasade u Hrvatskoj, te su dani i prvi rezultati troškova proizvodnje biomase primjenom metodologije "BIOCOST".

Ključne riječi: brzorastuće drveće (topole), troškovi, program "BIOCOST", biomasa, energija.

1. UVOD

Plantaže brzorastućeg drveća postoje već u mnogim europskim zemljama. Iako je riječ o eksperimentalnim plantažama površine nekoliko desetaka hektara na kojima se ispituju mogućnosti i uvjeti uzgoja te svojstva pojedinih vrsta, postoje već i potpuno ekonomski isplative plantaže. Plantažama brzorastućeg drveća pokušava se smanjiti potrošnja fosilnih goriva, smanjiti proizvodnja poljoprivrednih kultura, odnosno iskoristiti obradivo tlo koje se ne obrađuje za proizvodnju hrane te proizvesti domaće energente. Prednosti proizvodnje energije iz biomase brzorastućeg drveća u odnosu na fosilna goriva su brojne, a glavna je prednost neopterećivanje atmosfere stakleničkim plinovima. Računa se da je opterećenje atmosfere s CO₂ pri proizvodnji energije iz biomase zanemarivo, budući da je količina emitiranog CO₂ prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO₂ tijekom rasta biljke.

U radu su analizirani troškovi uzgajanja brzorastućeg drveća (topola) na pretpostavljenom modelu plantaže u Hrvatskoj. Metodologija utvrđivanja troškova i cijene proizvedene biomase koja je ovdje korištena razvijena je u Sjedinjenim Američkim Državama na Oak Ridge National Laboratory pod imenom "BIOCOST", a za potrebe proračuna prilagođena je prilikama u Hrvatskoj. Energetski institut "Hrvoje Požar" dobio je istoimeni programski paket na korištenje u sklopu međunarodne suradnje na nacionalnom energetskom programu BIOEN. Kao ulazne veličine u proračunu se koriste postojeće cijene i troškovi poljoprivredne proizvodnje (herbicidi, gnojiva, mehanizacija i drugo), a plantaža (prirast, količina gnojiva i zaštitnih sredstava, klimatski čimbenici) se modelira prema stvarnim uvjetima koji bi postojali u Hrvatskoj [1].

2. ENERGETSKI POTENCIJAL BRZORASTUĆEG DRVEĆA U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj postoji 315 000 ha neobraslog proizvodnog šumskog zemljišta. Postojeća površina planira se pošumiti odgovarajućim vrstama drveća do 2025. godine. Za energetske se kulture najpogodnije vrste drveća vrbe, topole, joha i breza, a posebno dobra svojstva i prinose pokazuju neke uzgojene vrste vrba i topola. Kako u Hrvatskoj postoje vrlo velike stanišne razlike, samo manji dio površina bio bi pogodan za podizanje energetske kulture. Brzorastuće se kulture podižu obično u kraćim ophodnjama (3-12 godina), a očekivani prinosi biomase na takvim plantažama iznosila bi od 12 do 15 m³/godišnje. Procjenjuje se da u Hrvatskoj ima 50 000 ha površina koje bi se mogle pošumiti brzorastućim vrstama, te bi se mogao ostvariti godišnji prirast od 650 000 m³ [2].

Goriva vrijednost tako dobivene biomase ovisi o nekoliko čimbenika i nešto je niža od gorive vrijednosti ogrjevnog drveta. Za potrebe ovog proračuna uzima se da je goriva vrijednost biomase brzorastućeg drveća 9 000 MJ/m³. Na temelju navedenih vrijednosti moguće je izračunati i ukupan teoretski energetski potencijal biomase brzorastućeg drveća. Tako dobivena biomasa može se koristiti za proizvodnju energije na različite načine. Najuočividniji načini proizvodnje energije, za sada su proizvodnja toplinske energije te kogeneracija toplinske i električne energije. Uzimajući u obzir stupanj učinkovitosti pri proizvodnji toplinske energije u malim toplinskim sustavima te pri kogeneraciji s parnom turbinom, moguće je izračunati i količinu energije koja bi se mogla proizvesti (tablica 1). Ovakvo izračunata količina energije predstavlja samo približnu vrijednost. U stvarnosti bi na raspoloživu količinu biomase te na energiju koju bi bilo moguće proizvesti utjecalo više raznih čimbenika (gubici biomase pri sakupljanju, transportu i skladištenju te različite karakteristike postrojenja u kojima bi se proizvodila energija), a konačni energetski potencijal bi bio nešto manji.

Tablica 1. Raspoloživa količina i energetska potencijal biomase brzorastućeg drveća u Hrvatskoj

raspoloživa količina biomase	650 000 m ³
teoretski energetska potencijal	5,85 PJ
toplinski sustav - toplinska energija ($\eta=0,78$)	4,56 PJ
kogeneracija - toplinska energija ($\eta=0,62$)	3,63 PJ
električna energija ($\eta=0,29$)	0,471 TWh

S obzirom na prikazani značajan energetska potencijal biomase brzorastućeg drveća, opravdano je promatrati i ekonomske aspekte uzgajanja brzorastućeg drveća za energiju te provesti usporedbu cijene ovog goriva s cijenama ostalih goriva na hrvatskom tržištu.

3. METODOLOGIJA "BIOCOST"

Programski paket i metodologija "BIOCOST" razvijeni su u sklopu američkog Razvojnog programa proračuna za liha biomase (Biofuels Feedstock Development Program) pri Oak Ridge National Laboratory. "BIOCOST" predstavlja skup modela za vrednovanje troškova proizvodnje biomase iz brzorastućeg drveća i energetskih trava. Pri proračunu ukupnih troškova uključeni su fiksni troškovi (opći troškovi, porezi, kamate), varijabilni troškovi (sadnice, kemikalije, gnojivo, gorivo, popravci i unajmljena radna snaga), kao i troškovi vlastitih resursa (vlastita radna snaga, amortizacija opreme, zemljišne rente, *non-land* trošak kapitala) - (Tablica 2). Ovako dobiveni ukupni troškovi korisni su i za analizu nacionalnog poljoprivrednog dohotka, regionalnih i nacionalnih komparativnih prednosti te poljoprivredne proizvodnosti. Sa stajališta samog poduzetnika, ukupni su troškovi značajni za pregled dugoročnog planiranja, mogućnosti proširenja proizvodnje kao i za praćenje životnog ciklusa.

Tablica 2. Struktura troškova

Fiksni troškovi	opći troškovi porezi/premije osiguranja kamate (na proces proizvodnje) kamate (na nekretnine)
Varijabilni troškovi	sadnice gnojivo kemikalije gorivo/maziva ulja popravci unajmljena radna snaga žetva
Troškovi vlastitih resura	troškovi zemljišta troškovi vlastite radne snag amortizacija <i>non-land</i> trošak kapitala

Značajno je napomenuti da dobiveni rezultati uključuju troškove proizvodnje nastale isključivo na plantaži, odnosno da se ne razmatraju troškovi prijevoza. Biomasa ne podnosi visoke troškove prijevoza, te se smatra da ju se u

svrhu energetska iskorištavanja ne isplati transportirati na udaljenostima većim od 50 km. Procjenjuje se da udio troškova prijevoza u cijeni biomase kao goriva iznosi 10-20%. Stoga se najčešće uz elektranu ili slično postrojenje nalazi skladište dovoljno za rad od nekoliko dana, a biomasa se dovozi od pojedinačnih dobavljača.

S obzirom da proces uzgajanja brzorastućeg drveća traje nekoliko godina, troškovi proizvodnje izračunavaju se za svaku godinu, a jedinični trošak proizvodnje po jedinici površine (Kn/ha) izražen je kao neto sadašnja vrijednost. Jedinični troškovi po jedinici prinosa suhe tvari (Kn/t) također su izraženi kao neto sadašnja vrijednost i temelje se na očekivanih prinosima u promatranom razdoblju.

4. PROMATRANI TROŠKOVI

4.1. Fiksni troškovi

Kao svaki proizvodni proces tako i uzgoj biomase na plantažama stvara troškove koji su neovisni o prinosima. Ovakvi fiksni troškovi proizvodnje biomase uključuju sljedeće:

- opće troškove proizvodnje
- poreze i premije osiguranja
- kamate (kamate na investicijske kredite i kredite za nekretnine).

Opći troškovi proizvodnje biomase korištenjem "BIOCOST" programa različiti su ovisno o vrsti brzorastućeg drveća i odabranoj regiji. Pri uzgoju biomase mogući su opći troškovi vezani za održavanje ograda, prilaznih puteva, građevinskih objekata, kanala i sl.

Visina premija osiguranja obračunava se u zavisnosti o stopi prinosa karakterističnoj za odabranu regiju.

U analizu troškova nije uključen porez. Od 01.01. 1998. g. ukida se dosadašnji porez na promet, te se počinje primjenjivati porez na dodanu vrijednost po jedinstvenoj stopi od 22%. S obzirom da će se porez na dodanu vrijednost (pretporez) uračunati u nabavnu cijenu pri nabavci sadnica, goriva, mazivih ulja i ostalog, a po završetku proizvodnog ciklusa te nakon ispostavljenih fakture za prodane topole, isti će se porez odbiti, tj. poduzetnik stječe pravo na povrat, autori smatraju da je utjecaj ovakvog sustava neutralan za promatranje troškova proizvodnje biomase u odabranom modelu. Također se može pretpostaviti da poduzetnik uzgaja biomasu u suradnji s elektranom ili sličnim energetska postrojenjem, te se takva aktivnost smatra tzv. internom aktivnošću i nije predmet poreza na dodanu vrijednost ("Ako naručitelj daje proizvođaču materijal radi prerade, obrade, dorade ili izrade određenog proizvoda, takva isporuka nije oporeziva, jer naručitelj i nadalje zadržava mogućnost raspolaganja tim materijalom." - Pravilnik o porezu na dodanu vrijednost, NN 60/96, čl.7.).

4.2. Varijabilni troškovi

Varijabilni troškovi proizvodnje biomase ovisni su o razini prinosa. Kao takvi neposredno su vezani na visinu prinosa i uključuju sljedeće:

- troškove žetve i sjemena,
- troškove gnojiva,
- troškove kemikalija,
- troškove goriva i mazivih ulja,

- e) troškove popravaka strojeva,
f) troškove unajmljene radne snage.

Troškovi žetve i sjemena izraženi su prema broju žetvi i jedinici sjemena korištenoj po jedinici zemljišta. Pretpostavlja se da se radi o sjemenu brzorastućih topola iz domaćeg uzgoja. Troškovi sjemena javljaju se samo u prvoj godini, a troškovi žetve vezani su uz potrebnu radnu snagu.

Troškovi gnojiva izraženi su prema cijeni jedinice gnojiva i korištenoj količini. Za potrebe ovog modela vršeno je preračunavanje ukupnih troškova gnojiva u jedinice s obzirom da se u nas koristi jedinstvena smjesa dušika, fosfora i kalija (na tržištu poznata kao NPK gnojivo) u omjerima 7-20-30. Također se pretpostavlja da se prihranjivanje izvodi pri pripremi zemljišta te jednakomjerno u 1., 2., 4. i 6. godini.

Troškovi kemikalija uključuju herbicide, insekticide i fungicide. S obzirom na uvjete u Hrvatskoj, za potrebe proračuna korišteni su samo troškovi herbicida i to trenutno zastupljenih na tržištu (Treflan EC, Linuron SC i Bravo MC). Ovi se troškovi javljaju u prvoj godini.

Troškovi goriva i mazivih ulja uključuju cijenu goriva i mazivih ulja, te procijenjenu potrošnju. U proračun su uzete cijene goriva niže od onih na tržištu, jer postoje naznake da će se za poljoprivredu ponovo odobriti subvencionirane cijene goriva. Procijenjena potrošnja goriva i mazivih ulja izražena je prema maksimalnoj snazi traktora te snazi potrebnoj za nesmetani rad na plantaži. Pretpostavlja se da se radi o traktorima na pogon diesel motorima.

Troškovi popravaka strojeva proporcionalni su satima rada i nabavnoj cijeni strojeva, a obrnuto proporcionalni vijeku trajanja istih. Ovi se troškovi javljaju upravo u onim godinama kada se koriste strojevi kao i troškovi gnojenja, goriva i mazivih ulja.

Troškovi unajmljene radne snage javljaju se u prvoj godini jer se pretpostavlja da se sadnja vrši ručno. Ovi se troškovi računaju prema potrebnom broju radnika i jedinичnoj cijeni sadnje.

4.3. Troškovi vlastitih resursa

Troškovi zemljišta predstavljaju značajan dio troškova upravljanja plantažom te variraju ovisno o području. Te razlike vrijednosti zemljišta odraz su različitih potreba za zemljištem koje nisu poljoprivrednog karaktera, različitih stopa produktivnosti zemljišta kao i utjecaja programa koji predviđaju daljnje korištenje istog (na pr. za proizvodnju određenih žitarica, vađenje ruda, naftnih bušotina i sl.). Različita su mišljenja o pitanju koja je odgovarajuća vrijednost zemljišta te kako utjecaj korištenja istog u poljoprivredne i nepoljoprivredne svrhe utječe na tu vrijednost. Za potrebe analize proizvodnje biomase u promatranom modelu, troškovi zemljišta nisu uključeni stoga što se ista praksa može naći u primjerima analiza drugih zemalja, te se pretpostavlja da se kultiviraju neobrađive površine i preoblikuju u plantaže brzorastućeg drveća.

Troškovi vlastite radne snage dijele se na troškove vezane za rad na zemljištu i posebno za rad i upravljanje strojevima. Ovi se troškovi računaju prema prosječnoj nadnici vlastitog poljoprivrednog radnika uvećanoj za iznos doprinosa i osiguranja (15,3%). Pretpostavlja se da su sati rada i upravljanja strojevima za 20% veći od sati rada na zemljištu.

Vrijednost strojeva predstavlja veliku investiciju koja bi

mogla donositi dobit da se uložila u druge svrhe. S obzirom da se strojevi u procesu proizvodnje troše, isti se moraju zamijeniti i stoga se u troškove proizvodnje moraju uračunati i troškovi amortizacije. Stoga se obračunom amortizacije postiže novčano izražavanje smanjenja vrijednosti dugotrajne imovine, terete se troškovi po nosiocima, te se osiguravaju novčana sredstva potrebna za zamjenu dotrajale dugotrajne imovine uračunavanjem u cijenu koštanja proizvoda. Primjenjeni model pretpostavlja linearni obračun amortizacije čija stopa proizlazi iz predviđenog korisnog vijeka trajanja svakog pojedinog stroja.

Non-land trošak kapitala ili oportunitetni trošak predstavlja vrijednost sadržanu u strojevima, opremi, građevinskim

Tablica 3. Prikaz ulaznih podataka

Tip obrade zemljišta	klasično oranje
Ciklus uzgoja	7 godina
Razmak između sadnica	duljina = 1,8 m širina = 1,8 m
Prinos	12 tona/ha
Radna snaga	30 kn/sat ¹
Zemljište	-
Gorivo	1,65 kn/l
Mazivo ulje	8,2 \$/l
Dušik (N) (UREA 46% N)	cijena: 1143,53 kn/t količina u 1. godini: 0 kg/ha količina svake godine: 100 kg/ha
Fosfor (P) (NPK)	cijena: 1293,66 kn/t količina u 1. godini: 28 kg/ha količina svake godine: 0 kg/ha
Kalij (K) (NPK)	cijena: 1293,66 kn/t količina u 1. godini: 56 kg/ha količina svake godine: 0 kg/ha
Vapno	cijena: 93 kn/t količina u 1. godini: 2,5 t/ha količina svake godine: 0 kg/ha
Treflan EC (trifluralin 48%)	cijena: 67,88 kn/l količina svake godine: 1,5 l/ha
Linuron Chromos SC (linuran 45%)	cijena: 129,50 kn/l količina svake godine: 1,5 l/ha
Bravo MC (alaklor 48%)	cijena: 34,15 kn/l količina svake godine: 3 l/ha
Cijena sadnica	61,20 kn/ha
Varijabilni troškovi uključeni	DA
Opći troškovi uključeni	DA
Porezi i premije osiguranja uključeni	NE
Kamate na investicijske kredite uključene	NE
Kamate na kredite za nekretnine uključene	NE
Amortizacija uključena	DA
Oportunitetni troškovi uključeni	DA
Troškovi zemljišta uključeni	NE
Troškovi radne snage uključeni	DA
Troškovi žetve	DA
Transportni troškovi uključeni	NE

¹ SLJH-96, str. 115. Prosječna mjesečna neto plaća po zaposlenom, po JKD-u, prema stručnoj spremi za rad na radnom mjestu u 1994. (šumarstvo).

Tablica 4. Cijena biomase i troškovi proizvodnje biomase brzorastućeg drveća²

Brzorastuće topole	klasičan tip oranja						
prinos (tona suhe tvari/hektar)	12						
diskontna stopa	8,00%						
Ukupni trošak (neto sadašnja vrijednost)							
kn/ha	15.295,60						
kn/t	280,68						
Troškovi po kategorijama	1. godina	2. godina	3. godina	4. godina	5. godina	6. godina	7. godina
Fiksni troškovi							
Opći troškovi	94,43	94,43	94,43	94,43	94,43	94,43	94,43
Porezi/premije osiguranja	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00	117,00
Kamate (invest. krediti)	-	-	-	-	-	-	-
Kamate (kredit za nekretnine)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ukupni fiksni troškovi</i>	211,43	211,43	211,43	211,43	211,43	211,43	211,43
Varijabilni troškovi							
Sadnja i održavanje							
Sadnice	2167,63						
Gnojivo	652,40	401,25		401,25		401,25	
Kemikalije	614,03						
Gorivo/ulje	89,85	65,74	31,78	2,19		2,19	
Popravci	140,19	82,51	38,90	4,72		4,72	
Ispitivanje zemljišta	3,38						
Unajmljena radna snaga	1333,92						
Drugi varijabilni troškovi							
<i>Ukupni varijabilni troškovi</i>	5001,40	549,50	70,67	408,16	-	408,16	-
Troškovi vlastitih resursa							
Zemljište	-	-	-	-	-	-	-
Radnici	67,50	112,73	54,49	3,75	-	3,75	-
Non-land troškovi kapitala	57,13	37,86	17,99	1,88	-	1,88	-
Amortizacija	132,69	87,94	41,72	4,50	-	4,50	-
<i>Ukupni troškovi vlastitih izvora</i>	257,32	238,54	114,20	10,14	-	10,14	-
Troškovi žetve							13.585,88
Ukupni troškovi (Kn/ha)	5470,15	999,47	396,30	629,72	211,43	629,72	13.797,31

objektima i ostaloj dugoročnoj imovini koja se mogla uložiti u druge svrhe te tako donijeti zaradu u obliku kamata, dividendi i sl. Ovako izgubljena vrijednost predstavlja trošak vlasništva. U primjeru se pretpostavljaju oportunitetni troškovi samo za opremu i strojeve, a izražavaju se kroz sate rada strojeva po hektaru, nabavnu vrijednost opreme, premije osiguranja, te godišnji broj sati rada svakog pojedinog stroja.

5. ANALIZA REZULTATA MODELIRANOG NASADA

5.1. Ulazni podaci

Za potrebe ovog proračuna promatran je modelirani, zasad još nepostojeći nasad topola u Hrvatskoj. Specifični su uvjeti (prinos, vrsta tla i potrebno prihranjivanje) modelirani prema karakteristikama područja Banovine, te je prema uzoru na slične nasade koji su podignuti u europskim zemljama, površina nasada 20 ha. Ostale ulazne veli-

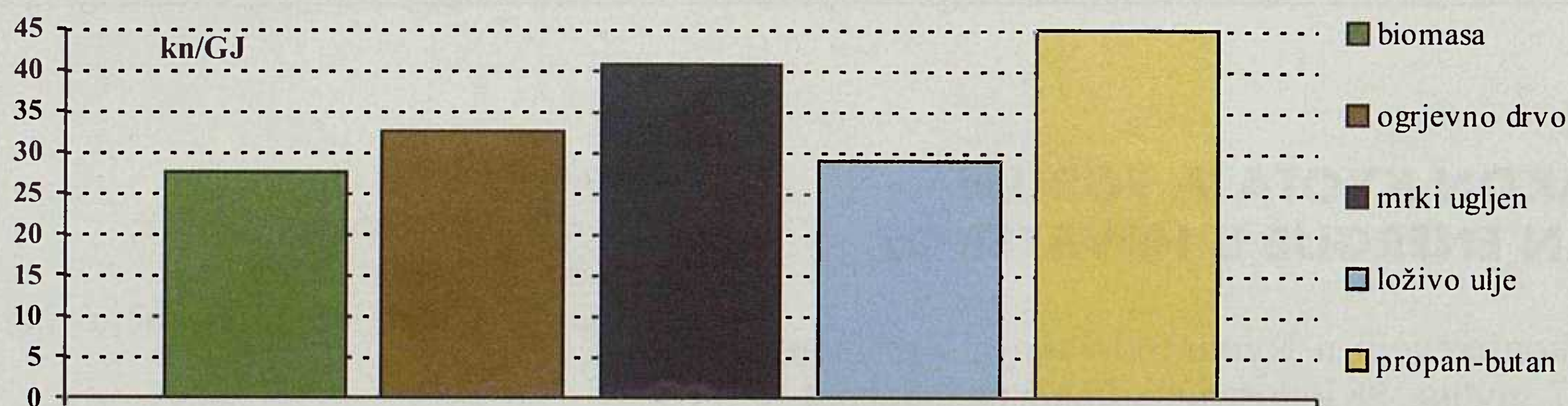
čine kao što su način sadnje, vrsta i cijene gnojiva i herbicida odgovaraju postojećim uvjetima u Hrvatskoj.

5.2. Rezultati i diskusija

Na temelju opisanih ulaznih podataka moguće je izračunati cijenu proizvedene biomase, ukupne troškove uzgajanja brzorastućeg drveća te prikazati dinamiku kretanja troškova proizvodnje za svaku godinu. U tablici 4. prikazani su troškovi proizvodnje biomase iz brzorastućih topola tijekom 7 godina. Ukupni trošak proizvodnje po hektaru izražen je kao neto sadašnja vrijednost uz diskontnu stopu od 8% i iznosi 15.295,60 Kn/ha, odnosno trošak proizvedene tone biomase iznosi 280,68 Kn/t. Uz iste uvjete i 6% diskontnu stopu trošak proizvodnje po hektaru iznosi 16.665,80 Kn/ha, odnosno proizvedene tone biomase 273,40 Kn/t.

Ovako dobivena cijena koštanja biomase omogućava analizu poljoprivrednog dohotka i poljoprivredne proizvodnosti, a godišnji pregled olakšava dugoročno planiranje te pruža mogućnost prožirenja proizvodnje i praćenja životnog ciklusa. U pogledu energetske iskoristivosti biomase, ovakvi prvi rezultati omogućuju usporedivost biomase kao goriva sa ostalim energentima.

² "BIOCOST" model izračunava ukupne troškove proizvodnje u US\$ (1995). Za potrebe proračuna vršeno je preračunavanje u kune po srednjem tečaju NBH za 1995.g., te korekcija dobivene vrijednosti iz 1995.g. na vrijednost u 1997.g. (prosjeak prvih 11 mjeseci 1997.g. prema Indeksu cijena na malo u RH Državnog zavoda za statistiku).



Slika 1. Cijene raznih goriva u Hrvatskoj [5]

Za usporedbu s dobivenim rezultatima mogu poslužiti neke već ranije poznate cijene i troškovi proizvodnje biomase brzorastućeg drveća. Tako je poznato da su troškovi uzgoja brzorastuće topole na nasadima poduzeća "Slavonske šume" procijenjeni na oko 4000 DEM/ha, odnosno 2430 USD/ha [3]. Ova se cijena odnosi na uzgoj od sadnje do žetve, pri čemu cijena zemljišta nije uračunata. Isto tako se navodi da cijena biomase brzorastućeg drveća uzgojene na nasadu sličnih karakteristika u Danskoj iznosi oko 600 DKK/toni suhe tvari (103 USD/toni), odnosno 35 DKK/GJ (6,25 USD/GJ) [4]. U ovom je proračunu cijena zemljišta uračunata.

Kako bi se proizvedena biomasa brzorastućeg drveća mogla usporediti s ostalim vrstama goriva koja su u Hrvatskoj u uporabi, potrebno je usporediti njihove cijene svedene na ekvivalentnu jedinicu energije (Tablica 5). Energetska vrijednost proizvedene biomase ovdje je izražena u 10 GJ/tona suhe tvari.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je analiza troškova proizvodnje brzorastućih topola na plantažama u Hrvatskoj. Kroz samu analizu troškova i predviđenu dinamiku kretanja istih u navedenim godinama, dobivena je moguća cijena koštanja biomase kao domaćeg energenta. Ovako dobivena cijena koštanja predstavlja samo približnu vrijednost. Iako bi konačna cijena biomase kao goriva bila viša (troškovi transporta, priprema biomase za skladištenje i dalje korištenje, skladištenje, troškovi zemljišta), provedena usporedba s drugim gorivima pokazuje da je riječ o energentu koji bi u budućnosti mogao imati svoje mjesto u energetskej politici Hrvatske.

Nedvojbeno je, međutim, da će u Hrvatskoj prije odluke može li se brzorastuće drveće koristiti kao izvor energije u sklopu obnovljivih izvora, trebati obaviti još detaljniju sveobuhvatnu analizu. Ovdje provedeno razmatranje pokazuje da bi takva analiza bila opravdana i potrebna.

LITERATURA

- [1] M. WALSH: "BIOCOST" Documentation
- [2] S. MATIĆ et al.: "Prilozi za program BIOEN", 1997.
- [3] P. VRTARIĆ: Usmeno priopćenje poduzeća "Slavonske šume", 1997.
- [4] L. ZSUFFA: Handbook on How to Grow Short Rotation Forests, IEA, 1997.
- [5] INA, Izravna korespondencija, 1997.
- [6] Pravilnik o primjeni poreza na dodanu vrijednost (NN 60/96)
- [7] Indeks cijena na malo u Republici Hrvatskoj, Državni zavod za statistiku
- [8] Statistički ljetopis 1996, Državni zavod za statistiku

COST CALCULATION OF BIOMASS PRODUCTION ON FAST GROWING TREE PLANTATIONS IN CROATIA USING "BIOCOST" PROGRAMME

The cultivation of fast growing trees in Croatia could result in significant quantities of biomass for energy production. Although such projects are not a rarity among the developed European countries, an energy resource of this kind in Croatia has not been considered yet. The paper gives the economic aspects of biomass production from fast growing trees (poplar-trees), the possibility of energy plantations in Croatia and the first results of biomass production using the "BIOCOST" methodology.

DIE BERECHNUNG DER ERZEUGUNGSKOSTEN VON BIOMASSE AUF PLANTAGEN SCHNELLWACHSENDER BÄUME IN KROATIEN UNTER ANWENDUNG DES "BIOCOST" - PROGRAMMES

Durch Anpflanzung schnellwachsender Baumarten könnte man beträchtliche Mengen von Biomasse zwecks Energieerzeugung sichern. Obwohl solche Vorhaben in den entwickelten Ländern Europas keine Seltenheit sind, hat man in Kroatien dieses Energieerzeugungsvermögen bis jetzt nicht ausführlicher ins Auge gefasst. In dieser Arbeit setzt man sich sowohl mit wirtschaftlichen Sichtpunkten der Bebauung schnellwachsender (Pappel-) Bäume zwecks Biomasse-Erzeugung, als auch mit den Aussichten energetisch bedeutsamer Bepflanzungen in Kroatien auseinander und gibt die ersten Ergebnisse der Biomasse-Erzeugung unter Anwendung der Methode "BIOCOST".

Naslov pisaca:

Julije Domac, dipl. ing.
Tanja Rukavina, dipl. oec.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1997-12-17.

NAKON KYOTA 7. FORUM - DAN ENERGIJE U HRVATSKOJ

Na konferenciji u Kyotu, održanoj u prosincu 1997. godine, 38 industrijaliziranih zemalja potpisalo je protokol, kojim se obvezuju smanjiti emisije za prosječno 5,2 posto u odnosu na emisije ostvarene u 1990. godini. Sve zemlje potpisnice neće u jednakoj mjeri smanjiti emisije: većina zemalja srednje i istočne Europe, te zemlje Europske unije obvezale su se smanjiti emisije za 8 posto, SAD za 7, a Japan za 6 posto u odnosu na 1990. godinu. Republika Hrvatska obvezala se smanjiti emisije za 5 posto u odnosu na referentnu godinu, koja će se odrediti u prvom izvještaju izvršnom tijelu Konferencije. Nakon ovih vrlo jasno definiranih ciljeva, postavlja se jednostavno pitanje: kakva je budućnost energetskega sektora nakon Kyota?

Zemlje potpisnice morat će izraditi načela nove energetske politike, što će promijeniti ponašanje kako proizvođača tako i potrošača energije. Protokol ohrabruje vlade država da smanje emisije poboljšanjem energetske efikasnosti, reformom energetskega i sektora transporta, zaštitom šuma, promocijom obnovljivih izvora energije, te stvaranjem zakonskih i tržišnih uvjeta. Važan doprinos očekuje se i u razvoju novih tehnologija, koje trebaju omogućiti da sve što čovjek čini i proizvodi bude bez emisija ili pak uz vrlo niske emisije. Može se očekivati da će zamjetan tehnološki pomak biti u energetskega, transportnom, industrijskom i poljoprivrednom sektoru, a vjerojatno će i sektor kućanstva doživjeti velike tehnološke promjene. To uistinu znači da će svaki pojedinac, svaka obitelj, svaka lokalna zajednica i svako poduzeće morati preuzeti svoj aktivni udjel u smanjenju emisije.

Teme 7. Foruma

U okviru 7. Foruma obradit će se pitanje: **kako će se Kyoto protokol odraziti na:**

- potrošnju energije,
- poboljšanje energetske efikasnosti,
- korištenje fosilnih goriva,
- razvoj obnovljivih izvora,

- cijene energenata i energije,
- razvoj energetske infrastrukture,
- razvoj energetskega tržišta,
- međunarodnu suradnju u području energetike i drugo.

Program 7. Foruma

Predviđa se da će 7. Forum trajati jedan dan - od 9 do 18 sati 11. prosinca 1998. i to u četiri bloka, s predviđenim stankama između blokova i s odmorom za ručak.

Na 7. Forumu očekuje se sudjelovanje autora iz razvijenih zemalja, zemalja istočne i središnje Europe, te predstavnika međunarodnih organizacija, koji će predstaviti svoje referate.

Vrijeme prezentacije referata bit će ograničeno i ovisit će o broju pozvanih i pristiglih referata. Tijekom održavanja 7. Foruma bit će dopuštena prezentacija proizvoda, prema dogovoru zainteresiranih tvrtki i HED-a kao organizatora 7. Foruma.

Terminski plan

Prijava referata do **30. lipnja 1998.** godine.

Pri prijavi treba naznačiti naziv referata, ime autora, adresu i telefonski broj, te priložiti sažetak referata.

Autori će biti obaviješteni o primitku sažetka referata do 31. srpnja 1998. godine.

Referate treba poslati do 30. listopada 1998. godine u sjedište HED-a.

Referat može imati do osam stranica teksta s priložima.

Napominjemo da naslov i sažetak referata trebaju biti prevedeni na engleski jezik. Referat se dostavlja u jednom primjerku i na disketi. Detaljne upute autorima za pisanje referata bit će dostavljene do 31. srpnja 1998. godine.

Nakon održavanja Foruma, disketa se vraća autorima.

Za sve informacije možete se obratiti na **HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO**

Ulica grada Vukovara 37

tel. br.: (01) 61-14-744

faks. br.: (01) 61-14-266

OBNAVLJANJE SVOJSTAVA TRANSFORMATORSKOG ULJA

Sonja Čabrajac - Božena Musulin - Zvonimir Kraić, Zagreb i Nikola Jaman, Osijek

UDK 621.315.615.2
STRUČNI ČLANAK

Tijekom rada transformatora produkti starenja materijala ulje - papir uzrokuju slabljenje izolacijskog sustava i smanjenje pogonske pouzdanosti. Cilj redovitog praćenja stanja ulja je otkrivanje produkata kemijske degradacije i onečišćenja ulja. Uklanjenje ovih štetnih spojeva može usporiti proces starenja, spriječiti iznenadno ispadanje iz pogona i produljiti vijek trajanja transformatora. Onečišćenja ulja uspješno se uklanjaju obradama ulja. Regeneracija je obnavljanje svojstava ulja koje se postiže izdvajanjem onečišćenja i produkata degradacije kao što su polarni, kiseli ili koloidni materijali, obradom glinom (zemljom) ili na neki drugi način.

Ključne riječi: transformatorsko ulje, obrada ulja, obnavljanje svojstava, starenje.

1. UVOD

Temelj preventivnog održavanja transformatora je redovito praćenje stanja ispitivanjem uzoraka ulja i električkim mjerenjima transformatora. Na temelju mjerenih svojstava, određuju se vrsta i veličina odstupanja, procjenjuje trenutačna sigurnost pogona i predviđa preostali vijek trajanja.

Ispitivanja su podloga za planiranje optimalnih zahvata, kojima se poboljšava, odnosno obnavlja stanje oslabljene izolacije. Cilj je, pored održavanja visoke pogonske sigurnosti, usporiti starenje i produljiti vijek trajanja transformatora.

Redovita ispitivanja provode se u opsegu koji osigurava pouzdan uvid u stupanj onečišćenja i kemijske degradacije ulja i ostalih materijala izolacijskog sustava transformatora. Planiranju većih zahvata moraju prethoditi kompleksne analize, uz korištenje svih raspoloživih dijagnostičkih metoda, uključujući i tehničko-ekonomske pokazatelje korisnika transformatora.

Tijekom manipulacije i u uvjetima pogona, ulja se mogu onečistiti vlagom, krutim česticama i drugim nečistoćama ili kemijski degradirati u štetne spojeve, što se odražava u slabljenju fizikalno-kemijskih svojstava do razine direktnog ili indirektnog ugrožavanja pogonske sigurnosti transformatora.

Loše ulje treba dovesti u pogonski ispravno stanje postupcima obrade koji odgovaraju vrsti degradacije i stanju transformatora.

Fizikalnom obradom uklanjaju se vlaga, krute čestice i plinovi pomoću vakuuma i odgovarajućih mehaničkih filtera. Isti postupak primjenjuje se za nova i stara ulja.

Obnavljanje svojstava ulja regeneracijom podrazumijeva uklanjanje reaktivnih i nepoželjnih produkata kemijske degradacije, a provodi se propuštanjem ulja preko krutih materijala sa svojstvima adsorpcije onečišćenja. Moguća je obrada kiselinama i lužinama, a postupak se odabire prema stupnju onečišćenja odnosno degradacije, te raspoloživoj opremi.

Vruće ulje može se koristiti za čišćenje taloga iz transformatora, ako se npr. provodi prethodno regeneriranim ulj-

em zagrijanim na temperaturu anilinske točke. Naime, kod te temperature ulje djeluje kao otapalo vlastitih produkata degradacije. Talog iz namota moguće je odstraniti provođenjem višekratne cirkulacije vrućeg ulja kroz transformator, sve dok se ne otopi sav talog i tako ispere iz transformatora.

Efikasna zaštita izolacijskog sustava transformatora od ubrzane degradacije sastoji se u sprečavanju nastupanja faze izdvajanja taloga, odnosno u održavanju transformatora u području bez sluzi (engl. "sludge free range").

Na temelju stranih izvora proizlazi zaključak kako je postupak obnavljanja svojstava ulja regeneracijom uobičajeni tehnološki zahvat i provodi se diljem svijeta. Obrada pod nazivom "reclaiming" preporučuje se u tehničkim podlogama za nadgledavanje i održavanje ulja iz transformatora, kao što je preporuka IEC 422/89., kada karakteristike ulja dosegnu određene vrijednosti. Navodi se nekoliko mogućih postupaka i to, obrada s prirodnim zemljama za izbjeljivanje (fullerova zemlja), zatim s aktiviranim aluminijskim oksidom i umjetnim zeolitima (molekularno sito), kombinirani postupak obrade s trinatrijevim fosfatom i nakon toga sa zemljom /L.1/.

Početak primjene regeneracije ulja je 1928. g. u Hydroelectric Power Commission of Ontario, da bi razrada i uvođenje u Evropi bili šezdesetih godina. Interes je porastao između sedamdesete i osamdesete, vezano uz naftnu krizu, inflaciju i propise protiv zagađenja okoliša. U Kanadi je u razdoblju od 1992. do 1994. aktivno nekoliko projekata o istraživanju optimalnih tehnologija regeneracije ulja.

U firmi Micafil postupak je objavljen 1962. god. (L.2), a gotovo istovremeno rade na njemu i u firmi Brown Boveri (L.3). Literatura u kojoj su prikazana pozitivna pogonska iskustva datira iz razdoblja 1978. - 1988. god. (L.4 - L.6). Analize rezultata i stavova stručnjaka različitih stranih firmi upućuju kako je obnavljanje svojstava odnosno regeneracija ulja vrlo koristan postupak obrade, koji se mora promatrati s tehničkog, ekonomskog i ekološkog aspekta, posebno za svaki transformator.

Obrada transformatorskih ulja koja su dostigla određeni

stupanj onečišćenja ili ostarjelosti mora biti interventna kod ovlaženosti, kako bi se spriječio proboj, a u slučaju kemijske degradacije pravovremeno planirana, kako bi se izolacijski sustav zaštitio od ubrzanog propadanja i produžio vijek pouzdanog pogona transformatora.

Razrađen je postupak laboratorijskog ispitivanja regenerabilnosti ulja, postavljeni kriteriji za ocjenu regenerabilnosti i definirano područje vrijednosti karakteristika unutar kojega je poželjno obnoviti svojstva ulja

Opisan je primjer obnavljanja svojstava ostarjelog ulja kod dva transformatora, na mjestu pogona, pomoću kombiniranog uređaja za obradu ulja i transformatora, koji je ovom prilikom tehnički provjeren.

2. ZAŠTITA TRANSFORMATORA OD TALOGA

Produkti kemijske degradacije ulja su kiseline, alkoholi, aldehidi, sluz, fino dispergirane čestice različitog porijekla (grafit, vlakanca, fine metalne čestice). Kiseline iz ulja napadaju bakar, željezo, papir, premaze i ostale materijale, produkti reakcija dopijevaju u ulje i dalje stupaju u međusobne reakcije pri čemu nastaju sluzavi talozi. Ovi su djelomično topljivi u ulju, dijelom se talože, a dijelom stvaraju teške katranske spojeve, koji se lijepe za stijenke kotla, na izolaciju namota, unutar rashladnih kanala, ventilacijskih otvora i komponenata rashladnog sustava. U celuloznim vlaknima talozi se stvaraju prije nego što se izdvajaju iz ulja. Naloženi po izolaciji ugrađuju se u izolacijski sustav, na kojemu djeluju razorno na izolaciju, celulozu, uzrokujući na kraju jako skupljanje izolacije.

Ako je cilj održavati transformator tijekom rada u području bez taloga, zahvat poboljšavanja odnosno obnavljanja svojstava izolacije treba provesti ranije.

Ako je transformator već u fazi izdvojenog taloga, moguća su slijedeća rješenja:

- ne poduzimanje nikakvih aktivnosti, opravdano je jedino u slučajevima potpuno utrošenog vijeka trajanja krute izolacije, nekorisne i zastarjele izvedbe transformatora. Ostavljanje ovakvog transformatora u pogonu rizično je.
- zamjena novim uljem uz jednostavno izlivanje i jednokratno ispitivanje jezgre i namota, zahvat je koji zahtijeva obrazloženje. U izolaciji namota ostaje "zarobljeno" oko 10 % ukupnog volumena ulja, a poznato je da već mala količina jako oksidiranog ulja može pokvariti veliku količinu novog ulja. Iz prakse je također poznata pojava da ulivanje novog ulja u transformator, koji je pred pojavom taloga može izazvati izdvajanje taloga.
- fizikalnom obradom ulje se čisti i suši, čime se otklanja neposredna opasnost od proboja, ali se kemijska svojstva ne poboljšavaju,
- regeneracija svojstava ulja moguća je na različite načine, pri čemu treba provesti prethodna ispitivanja i ekonomsko-tehničke procjene,
- čišćenjem transformatora vrućim uljem, djelomično se odstranjuju talozi, pri čemu konačni učinak ovisi o završnoj fazi obrade,
- potpuno odstranjivanje taloga iz transformatora provodi se kombiniranim postupkom regeneracije ulja, višestrukom cirkulacijom vrućeg ulja, ponovnom regeneracijom, inhibiranjem i dodatkom dijela novog ulja, omoguću-

je obnavljanje svojstava ne samo ulja nego i čitavog izolacijskog sustava transformatora.

3. KAD POMAŽE REGENERACIJA ULJA

Kako bi se transformator održavao u području bez taloga, obnavljanje svojstava ulja provodi se prije nego što dođe do izdvajanja taloga iz ulja, tj. kad analize ulja pokažu da mu je kemijsko stanje na granici kriterija prihvatljivosti (vrijednosti svojstava još unutar područja prihvatljivosti). Postoje razlozi u prilog povremenoj obradi jednog dijela od ukupne količine ulja, što može produžiti vijek trajanja i pomoći održavanju visokog izolacijskog nivoa. Primjeri kada pomaže regeneracija ulja:

- Kad je novo transformatorsko ulje kontaminirano drugim, npr. motornim ili starim uljem, najčešće mu se snizi granična površinska napetost i poveća faktor dielektričnih gubitaka, bez izrazite promjene drugih karakteristika. Stanje ulja ne može se poboljšati fizikalnom obradom.
- Kad se novo i dobro ulje onečisti radi kvara u transformatoru, pored produkata razgradnje ulja i papira prisutne su još i čestice grafita. Fizikalnom obradom vakuumiranjem mogu se odstraniti plinovi, a filtracijom krupne čestice. Fine koloidne čestice grafita ostaju raspodjeljene u ulju, sve dok se, pod naponom, ne izdvoje iz ulja, taloženjem po izolaciji, u smjeru najjačeg električnog polja. U ovakovim slučajevima jedino je efikasna obrada kombiniranim postupkom vakuumiranja s regeneracijom.
- Jako oksidirana ulja, koja su se bacala, treba također razmotriti u svjetlu novih tehnika obrade odnosno obnavljanja svojstava.

Iako se regenerirana ulja mogu koristiti za održavanje, dolijevanje i miješanje, umjesto skupljih novih ulja, cijene regeneracije mogu značajno varirati kod različitih korisnika.

Opravdanost regeneracije procjenjuje se za svaki pojedini slučaj na temelju slijedećih faktora:

- cijene materijala i transportne cijene
 - cijene odlaganja starog ulja
 - ukupna cijena procesa u odnosu na konačnu kvalitetu
 - amortizacija i održavanje opreme,
 - cijene ispitivanja
 - cijena zamjene novim uljem prema cijeni obrađenog
 - gubitak ulja tijekom obrade,
 - cijene inhibitora i udijela novog ulja,
 - vrijednost starog ulja, ako se koristi za neke druge svrhe.
- Pored napomene da se regenerirano ulje ne preporučuje za korištenje u novoj opremi, prije provođenja postupka treba voditi brigu i o slijedećim okolnostima:
- ako se stara ulja skupljaju u spremnike, strogo treba paziti da ne dođe do miješanja sa stranim uljima ili nepoželjnim onečišćenjima,
 - ulja koja sadrže spojeve polikloriranih bifeniola (PCB) moraju se rješavati na zakonom propisani način,
 - kod ulja onečišćenih silikonskim uljima izražena je pojava jakog pjenjenja, što onemogućava obradu,
 - ulja koja sadrže velike količine suspendiranog grafita moraju se obrađivati odvojeno.

Način gospodarenja s uljima i izbor metoda obrade i regeneracije koje će se tehnički i ekonomski opravdati za pojedini elektroenergetski sustav ovisi o tradiciji održavanja i servisiranja, raspoloživoj opremi, odgovornim stručnim službama, te ekološkoj svijesti.

4. DEFINIRANJE ULJA PODOBNIH ZA OBRADU

4.1. Opća klasifikacija ulja iz transformatora u pogonu

Granice funkcijskih svojstava ulja iz transformatora variraju, tako da je granica prihvatljivosti za ulja u pogonu ovisna o specifičnim zahtjevima, tj. vrsti i izvedbi transformatora. Zato je nemoguće definirati značenje pojedinih ispitivanja i preporučiti kriterije važeće za sve moguće primjene izolacijskih ulja u pogonu. Važno je napomenuti da se niti jedno ispitivanje ne može koristiti kao jedini kriterij stanja ulja. Moguće je, međutim, sakupiti rezultate svih testova, procijeniti njihovo značenje i predložiti postupke obrade ispitanih ulja. Ulja, koja više ne zadovoljavaju za transformatore viših napona i snaga, mogu se predvidjeti za manje jedinice, a ovisno o nađenom stanju, prethodno obraditi.

Na temelju rezultata ispitivanja, ulja se mogu podijeliti u četiri grupe:

- Sve karakteristike su dobre i unutar područja zahtijevanih vrijednosti - ulje **zadovoljava** za daljnji pogon i podliježe redovnoj kontroli, čija učestalost ovisi o rezultatima ispitivanja i kategoriji opreme;
- Probojna čvrstoća ulja i sadržaj vlage pokazuju onečišćenje, dok su ostale karakteristike zadovoljavajuće - potrebna je **fizikalna obrada ulja**, eventualno i **obrada transformatora**.
- Ispitane karakteristike pokazuju kemijsku degradaciju i onečišćenje ulja srednjeg stupnja - potrebno je obnoviti svojstva **regeneracijom**, poželjna je **obrada transformatora**.
- Kemijske karakteristike pokazuju visok stupanj kemijske degradacije, zahvat se ne isplati - potrebna je **zamjena ulja i obrada transformatora**.

4.2. Regenerabilnost ulja

U tablici 1. date su granične vrijednosti za područje prihvatljivosti, unutar kojeg je preporučljiva regeneracija ulja. Kad karakteristike ulja prijeđu određene vrijednosti znači da je nastupila jaka degradacija ulja kod koje su upitni i tehnički i ekonomski efekti regeneracije. Važno je naglasiti da se postavljeni kriteriji moraju promatrati elastično, da se tehnike obrade ulja također razvijaju i unapređuju, te da se svaki slučaj mora ispitati i procijeniti pojedinačno.

Karakteristike ulja koje najbolje pokazuju stupanj ostarjelosti su upravo one koje se najbrže mijenjaju obradom ulja, a to su: boja, granična površinska napetost, neutralizacijski broj, faktor dielektričnih gubitaka, specifični električni otpor, probojna čvrstoća, sadržaj vode, inhibitor. Uzorci trafo ulja čije karakteristike odstupaju od zadovoljavajućih vrijednosti ili se nalaze blizu donjih graničnih vrijednosti trebaju se ispitati na regenerabilnost, kako bi se ova obrada mogla uzeti u obzir prilikom sanacije stanja.

Tablica 1. Granične vrijednosti karakteristika ulja iz eksploatacije

Karakteristika	Područje prihvatljivosti - moguće obnoviti svojstava	Jaka degradacija ulje za otpad (uvjetno)
Neutralizacijski broj, mg KOH/g	0,10 - 0,20 (0,3)	> 0,30
Granična površinska napetost, mN/m	25 - 15	< 15
Faktor dielektr. gubitaka, tg δ (90°C)	0,050 - 0,200	> 0,200
Specif. električni otpor (90°C), G Ω m	10 - 1	< 1
Sadržaj PCB-a, ppm	do 50	> 50
Sadržaj inhibitora	tragovi	utrošen

Tablica 2. Granične vrijednosti karakteristika novog i regeneriranog ulja

Svojstvo	Novo ulje - dostavno stanje	Novo ulje iz transformatora	Ulje nakon regeneracije
Neutralizacijski broj, mg KOH/g	< 0,03	< 0,03	0,03 - 0,05
Granična površinska napetost, mN/m	> 40	> 36	35 - 40
Faktor dielektričnih gubitaka tg (900 C)	< 0,005	< 0,015	0,005-0,015
Specifični elektr. otpor (90° C), G(m	> 100	> 100	> 100
Inhibitor oksidacije	cca 0,30	cca 0,30	ne sadrži treba dodati

Ispitivanje se provodi simuliranjem realnog procesa, u laboratorijskim uvjetima. Zagrijano ulje propušta se kroz cilindre napunjene različitim količinama adsorbensa (npr. od 5 do 40 % tež. u odnosu na ulje). Ulju se ispituje granična površinska napetost. Omjer kod kojega se dobiva najbolji rezultat, odnosno vrijednost, koja zadovoljava kriterij za dobro regenerirano ulje (tablica 2.), koristi se za pripremu dovoljne količine ulja, za ispitivanje svih relevantnih karakteristike. Prema kriterijima iz tablice ocjenjuje se da li je moguće postići zadovoljavajuće kriterije i sa kojim omjerom adsorbensa. Ako je udio iznad 25 %, ocjenjuje se kao neregenerabilno, isto tako ako se s ni jednom količinom ne mogu postići zadovoljavajući rezultati. U tablici 2. za usporedbu su navedeni i kriteriji za novo ulje prije punjenja u transformator, novo ulje iz transformatora prije puštanja u pogon i ulje nakon laboratorijske regeneracije.

5. OPIS PROCESA REGENERACIJE

5.1. Materijal

Regeneracija uključuje korištenje metoda procesa adsorpcije, koji rezultira obnavljanjem svojstava ulja na temelju promjene njegovog sastava. Adsorpcija je proces kod kojeg jedna tvar privlači drugu i čvrsto je zadržava na svojoj površini. Većina onečišćenja ulja uključujući vodu polarog su karaktera i lako se adsorbiraju. Ima dosta komercijalnih materijala koji su neposredno upotrebljivi kao adsorbensi, kao što je "fullerova" zemlja, zemlja za izbjeljivanje (njem. "Bleicherde"), aktivirani aluminijski oksid, umjetno smolni materijali (molekularna sita). Prirodni hidratizirani magnezij-aluminijski silikati, koji se dobivaju površinskim kopom na određenim lokalitetima, kristali-

nične su strukture i posjeduju visoku unutrašnju poroznost što, vezano uz veliku površinu, daje visok kapacitet adsorpcije. Za aktivitet materijala važna je granulacija, koja se odabire ovisno o raspoloživoj opremi za regeneraciju, i temperatura, koja se optimalizira s obzirom na aktivitet, protok i utjecaj povišene temperature na već degradirano ulje. Aktivitet materijala adsorbensa očituje se u svojstvu neutralizacije kiselina, adsorpcije polarnih spojeva i uklanjanju boje ulja.

5.2. Definiranje parametara obrade

Opća pravila definiranja parametara prije provođenja procesa su slijedeća:

- Vrsta i granulacija adsorbensa. Izbor adsorbensa provodi se na temelju karakteristika uređaja i tržišno dostupnog materijala. Mobilni uređaji rade s granuliranim materijalom, koji je manje efikasan, jer mu je i ukupna aktivna površina manja. Kod velikih granula potrebno je dulje vrijeme za postizanje punog kapaciteta adsorpcije nego kod manjih zrna. Brzinu protoka treba prilagoditi veličini čestica adsorbensa. Male čestice pružaju veći otpor protoku ulja (veći pad tlaka) nego velike.
- Gustoća sloja. Kod gušćeg sloja postiže se bolji kontakt između materijala, dok kod rjeđeg ulje prođe brže, bez prodiranja u pore. Pad tlaka bitno ovisi o gustoći sloja.
- Debljina sloja. Prolazom ulja kroz deblji sloj postiže se veći stupanj pročišćavanja nego kroz tanji, jer je ulje dolazi u kontakt sa znatno većom aktivnom površinom.
- Viskoznost ulja. Manje viskozno ulje protiče brže. Viskoznost ulja smanjuje se zagrijavanjem.
- Vlažnost ulja. Veća efikasnost obrade je sa suhim adsorbensom i osušenim uljem. Ovisno o vrsti adsorbensa i njegovoj higroskopnosti moguća je uspješna provedba procesa bez prethodnog sušenja adsorbensa. Kod nekih vrsta, vlaga izrazito utječe na aktivitet i nije moguće raditi bez prethodnog sušenja.
- Temperatura. Lakši protok kroz sloj granuliranog materijala postiže se zagrijanim uljem. Također je veći aktivitet površine za pojedine vrste onečišćenja. S druge strane povećanjem temperature iznad 70-80°C, ubrzava se proces starenja ulja, što se želi izbjeći.

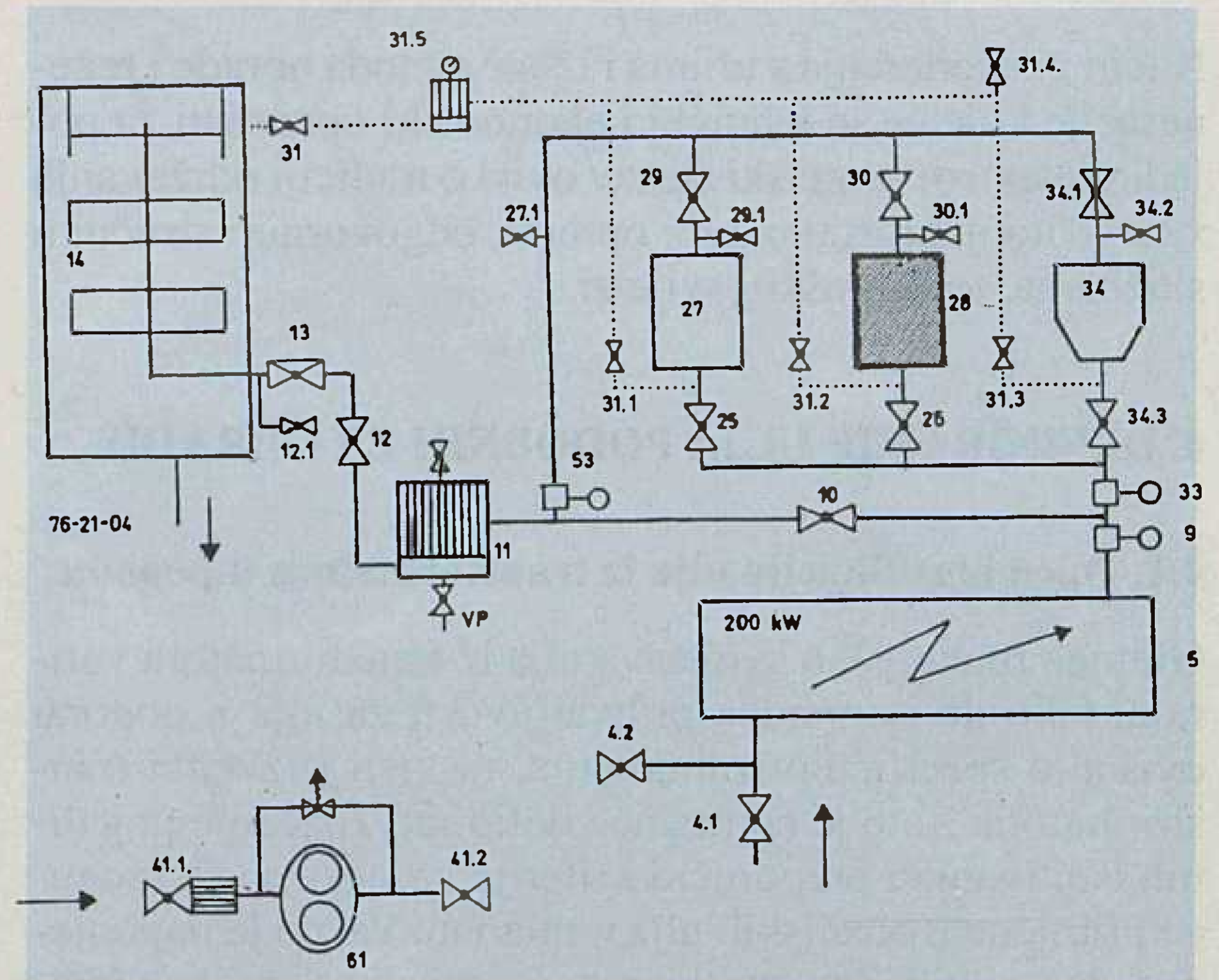
5.3. Potrebna oprema

Izbor tehnološke varijante i odgovarajuće opreme za regeneraciju trafo ulja ovisi o različitim tehničko-komercijalnim aspektima, koji su uglavnom već navedeni.

Oprema korištena za pogonsku regeneraciju predstavlja mobilno, kombinirano postrojenje za kompletnu obradu ulja u više varijanti, koje se mogu odabirati ovisno o stanju ulja i opsegu obrade ulja i transformatora.

Kompaktni uređaj za kombiniranu obradu ulja, koji je korišten, omogućuje slijedeće obrade:

- sušenje, filtriranje, vakuumiranje, regeneracija i doinhibiranje ulja;
- punjenje transformatora na terenu osušenim i prerađenim uljem;
- sušenje transformatora vakuumiranjem i uljnim parama;
- obrada izolacijskog sustava transformatora ispiranjem regeneriranim uljnim sprejem;
- regeneracija izolacijskog sustava transformatora kružnom cirkulacijom postupno regeneriranog ulja.



Slika 1. Uređaj za obradu ulja s kolonama (27 i 28) za regeneraciju i inhibiranje (34)

U sklopu uređaja za obradu ulja (slika 1) dio na kojemu se provodi regeneracija (komore 27 i 28) izveden je u "bypassu", a sastoji se od sustava zapornih ventila, dvije paralelno spojene komore volumena cca 135 l za punjenje granuliranim adsorbensom i jedne manje komore za doziranje inhibitora (komora 34). Ovakav proces regeneracije odgovara postupku djelomične regeneracije perkolacijom pod tlakom.

5.4. Opis tehnološkog postupka

Prije izbora postupka obrade ulja i čišćenja transformatora važno je utvrditi kakva je otpornost kotla transformatora prema potlaku i koja je sve pomoćna oprema raspoloživa na terenu. Ovisno o tome provode se paralelna ili kružna metoda obrade. Paralelna metoda provodi se uz korištenje pomoćnog spremnika u koji se ubacuje ukupna količina ulja iz transformatora. Ulje se izvlači iz transformatora pomoću uređaja za obradu u kojem se zagrijava, filtrira, vakuumski suši i otplinjava, propušta kroz kolone punjene granuliranim sredstvom za adsorpciju produkata degradacije ulja i kao obrađeno puni u čisti spremnik. Kolone punjene zemljom za obradu prazne se nakon prolaza odgovarajuće količine ulja. Ispražnjeni transformator može se vakuumski sušiti i iscijediti staro ulje, ispirati čistim, regeneriranim uljem, prelijevanjem ili bolje, uljnim sprejanjem. Pri ovom postupku staro i novo odnosno obrađeno ulje ne miješaju se. Ulje koje je korišteno za ispiranje također se regenerira. Punjenje se provodi pod vakuumom, doda se novog ulja u količini koja nedostaje (zemlja za regeneraciju upije i zadrži približno 30 % tež. starog ulja) i inhibitora da se postigne prosječni sadržaj u ulju 0,3 % tež.

Kod kružne metode transformator ne mora biti otporan prema vakuumu i nije neophodan pomoćni spremnik. Ulje se povlači sa dna transformatora u uređaj za obradu i vraća odozgo u transformator. Regeneracija se odvija postupno, u ciklusima, kojih mora biti koliko je potrebno da se utroši količina zemlje izračunata za obradu dotične vrste i količine ulja.

6. REZULTATI ISPITIVANJA

6.1. Preliminarna ispitivanja ulja i izolacijskog sustava transformatora

U okviru redovitog praćenja stanja energetskih transformatora T1 i T2 (20 MVA, starosti 20 i 25 god.) dobiveni su rezultati fizikalno-kemijskih karakteristika još unutar područja prihvatljivosti, ali sa izraženim znakovima kemijske degradacije, što je upućivalo na potrebu skore zamjene odnosno obnavljanja svojstava ulja (tablica 3.).

Tablica 3. Rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih karakteristika ulja iz dva energetska transformatora

Karakteristika	Rezultati ispitivanja ulja		Područje prihvatljivosti - moguće obnoviti svojstava
	T1	T2	
Boja (skala prema DIN 53578)	2,5 - 4,5	2,5 - 4,5	ne propisuje se
Neutralizacijski broj, mg KOH/g	0,15	0,07	0,10 - 0,20 (0,3)
Granična površinska napetost, mN/m	17,6	23,6	25 - 15
Faktor dielektr. gubitaka, tg (90°C)	0,059	0,080	0,050 - 0,200
Specif. električki otpor (90°C), GΩ m	3,2	2,7	10 - 1
Talog s n-heptanom	ne sadrži	ne sadrži	tragovi
Sadržaj PCB-a, ppm	ne sadrži	ne sadrži	do 50
Sadržaj inhibitora	ne sadrži	ne sadrži	tragovi

Kod oba transformatora kromatografska analiza odgovarala je normalnom stanju, bez znakova povećanih električkih ili termičkih napreznja. Ispitano je i stanje papirne izolacije na uzorcima uzetim s n.n. izvoda dvije faze. U oba slučaja stupanj polimerizacije papira odgovarao je zadovoljavajućem stanju papira, sa preostalim vijekom trajanja iznad 10 godina.

Električka mjerenja izolacije namota također su pokazivala zadovoljavajuće rezultate. Kompleksna slika stanja odgovarala je visokom stupnju ostarjelosti ulja, dobrom stanju izolacijskog sustava transformatora, koji se mora zaštititi od daljnjeg ubrzanog starenja ulja i propadanja sustava ulje-papir zahvatom zamjene ili obnove svojstava ulja. Provedeno je laboratorijsko ispitivanje regenerabilnosti ulja pomoću raspoloživog materijala, tipa kristobalit, porijeklom iz rudnika Češinovo, Makedonija. Dobiveni su zadovoljavajući rezultati, ali s obzirom na lošije stanje ulja kod TR 1 sa 25 % zemlje, a kod TR 2 sa 17 % zemlje. Kod oba ulja postignuta je očekivana oksidacijska stabilnost regeneriranog i inhibiranog ulja. Na temelju ovih ispitivanja procijenjena je tehnička opravdanost provođenja procesa regeneracije, kojim je, također trebalo potvrditi radne karakteristike raspoloživog uređaja za kombiniranu obradu ulja i transformatora.

Proces je proveden na oba transformatora, TR 1 i TR2 i to kod jednog pretežno paralelnom, a kod drugog transformatora pretežno kružnom metodom. Transformatori su podvrgnuti vakuumsom sušenju i čišćenju. Ulje je nakon regeneracije inhibirano s približno 0,4 % inhibitora, te mu je dodano novog ulja približno 10 %,

Tablica 4. Stanje ulja u transformatoru prije i poslije regeneracije

Karakteristika	Rezultati ispitivanja ulja	
	(T1) prije (T2) prije	(T1) poslije (T2) poslije
Boja (skala prema DIN 53578)	2,5 - 4,5	2,5 - 4,5
	1,5 - 2,5	1,5 - 2,5
Neutralizacijski broj, mg KOH/g	0,15	0,07
	0,03	0,02
Granična površinska napetost, mN/m	17,6	23,6
	31,8	39,1
Faktor dielektr. gubitaka, tg δ (90°C)	0,059	0,080
	0,005	0,002
Specif. električki otpor (90°C), GΩ m	3,2	2,7
	105	623

Usporedbom rezultata ispitivanja ulja iz transformatora prije i poslije regeneracije prikazani su u tablici 4. Prikazane su samo one karakteristike koje neposredno odražavaju stupanj ostarjelosti ulja i koje se bitno mijenjaju regeneracijom.

Ispitivanja oksidacijske stabilnosti u otvorenoj posudi na temperaturi 1150C, za vrijeme 96 sati i uz bakar kao katalizator pokazuju razliku u termičkoj stabilnosti neoobrađenog i obrađenog ulja (tablica 5):

Tablica 5. Oksidacijska stabilnost ulja iz transformatora prije i poslije regeneracije

Karakteristike starenog ulja	Rezultati ispitivanja ulja		Rezultati ispitivanja ulja
	(T1) prije	(T1) poslije	(T2) prije (T2) poslije
Boja (skala prema DIN 53578)	8		8
	2,5		2,5
Neutralizacijski broj, mg KOH/g	0,14		0,06
	0,04		0,02
Granična površinska napetost, mN/m	7,1		12,9
	31,2		34,3
Faktor dielektr. gubitaka, tg (90°C)	0,283		0,187
	0,0379		0,0117
Specif. električki otpor (90°C), G(m	1,02		1,6
	16,2		66,7
Talog s n-heptanom	izdvojen sadrži	ne	izdvojen ne sadrži

Provedena su također ispitivanja oksidacijske stabilnosti prema metodama IEC 1125/metoda A i metoda C i dobivene vrijednosti koje zadovoljavaju zahtjevima za novo neinhibirano ulje.

Nakon provedenog procesa obrade ulja i čišćenja unutrašnjosti transformatora provedena su električka mjerenja izolacije, kojima su dobivena zadovoljavajuća izolacijska svojstva i nizak sadržaj vode.

Transformatori se redovito prate godišnjom kontrolom.

7. ZAKLJUČAK

Na temelju raspoložive literature i informacija stranih firmi, proizlazi tehničko i ekološko značenje postupaka obra-

de odnosno regeneracije transformatorskih ulja. Kao podloga za primjenu ovih metoda razrađen je ispitni postupak regenerabilnosti ulja i definirani kriteriji na temelju kojih se preporučuje obrada ulja odnosno ocjenjuje učinak provedenog postupka obnavljanja svojstava ulja.

Potvrđeni su rezultati laboratorijske obrade ulja s obradom u pogonskim uvjetima, provedenom raspoloživim kombiniranim uređajem za obradu ulja i transformatora. Potvrđena je učinkovitost korištenog uređaja za kombiniranu obradu ulja i transformatora.

Za postizanje boljih tehničko ekonomskih efekata potrebno je koristiti sredstva za adsorpciju većeg aktiviteta, što povoljnije cijene i dobave, a proces provoditi prije nego što se dostigne previsok stupanj degradacije ulja i onečišćenja transformatora.

Efekt neposrednog povećanja sigurnosti pogona transformatora izražen je kod obrade ovlaženih sustava. Uklanjanjem produkata kemijske degradacije obnavljaju se svojstva ulja i transformator održava u području bez taloga, što neposredno produžuje vijek trajanja izolacijskog sustava transformatora.

LITERATURA

- [1] ZERBE: "Mineralöle und Verwandte Produkte", Teil II, str. 731, Springer-Verlag, Berlin, 1969.
- [2] "Hinweise zur Ueberwachung und Wartung von Leistungstransformatoren", Technische Nachrichten Micafil MNV 50/4 (Dec.1982):
- [3] K. WOLF: "Regenerierung der Oelfüllung und Hauptisolation von Transformatoren", Bull. SEV,1963.
- [4] G. METZGER: "Transformatoröle-Aufbereitungs-und Regenerieranlagen", Elektrizitätswirtschaft, 7(1978),H 22
- [5] "Instruction General Electric: Insulating Oil and Transformer Drying, GEI-65070"
- [6] W. HORAK: "Aufbereitung und Regenerierung von ölgefüllten Transformatoren und Messwandlern", E und M, H7, 1988.
- [7] ANSI/IEEE Std 637-1985: "IEEE Guide for Reclamation of Insulating Oil and Criteria for Its Use"
- [8] IEC 422 (1989): "Supervision and maintenance guide for mineral insulating oils in electrical equipment".

TRANSFORMER OIL RECLAMATION

During the operation of the transformer, the aging process of the material oil - paper causes insulation system weakness and service reliability decrease. The aim of a regular oil monitoring is to detect the products of chemical deterioration and oil contamination. The removal of these harmful compounds can slow down the aging process, prevent sudden outages and prolong the transformer life time.

The removal of oil contaminant can be successfully realized by oil treatment. Reclamation refers to the restoration of oil characteristics by removing contaminants and products of degradation such as polar, acid or colloidal materials using the treatment with clay (earth) or some other means.

DIE WIEDERHERSTELLUNG DER EIGENSCHAFTEN VOM TRANSFORMATORENÖL

Während des Betriebes von Transformatoren verursachen die Alterungsprodukte von Öl und Papier die Schwächung der Isolation und die Herabsetzung der Betriebs-Zuverlässigkeit. Zweck der regelmäßigen Überprüfung des Ölzustandes ist die Entdeckung der chemischen Wertminderung und der Verunreinigung des Öles. Die Beseitigung dieser schädlichen Verbindungen kann den Alterungsvorgang verzögern, den plötzlichen Betriebsausfall des Transformators verhindern und seine Lebensdauer verlängern. Die verunreinigten Öle werden durch entsprechendes Bearbeiten erfolgreich beseitigt. Die Wiederherstellung der Öleigenschaften durch das Ausschleiden solcher Verunreinigungen und Zersetzungsprodukten wie es polarisierte, saure und kolloide Stoffe sind - mittels Tonerde oder anderswie - nennt sich Regeneration.

Naslov pisaca:

Sonja Čabrac, dipl. ing.
Božena Musulin, dipl. ing.
Končar-Institut za elektrotehniku,
Baštijanova bb,
10000 Zagreb, Hrvatska

Nikola Jaman, dipl. ing.
HEP, Prijenosno područje Osijek,
Kardinala F. Šepera 1a,
31000 Osijek, Hrvatska

Zvonimir Kraić, ing.
Končar - D&ST,
Josipa Mokrovića 8,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1997-11-12.

VISINA NAKNADE ZA PROSTORE KOJE KORISTE ELEKTRANE

Od 9. prosinca prošle godine (Narodne novine broj 132 od 9.12.1997.) počinje se primjenjivati nova odluka o visini naknade za prostore koje koriste objekti za proizvodnju električne energije. Ovom odlukom mijenja se ranija odluka objavljena u Narodnim novinama broj 24/95, 28/95 i 58/97 u dijelu "Popis elektrana, jedinični iznosi naknada, popis gradova i općina na čijim su područjima elektrane smještene" i to:

1. Kod HE Dubrava
 - a) Briše se općina Kotoriba, a dodaje općina Sveta Marija s iznosom raspodjele 12 %
 - b) Smanjuje se raspodjela za općinu Mali Bukovec sa 16 % na 2 %.
 - c) Dodaje se općina Veliki Bukovec s iznosom raspodjele 14 %.
 2. Kod HE Rijeka
 - a) Briše se općina Čavle.
 - b) Raspodjela se mijenja prema sljedećem:
 - Grad Rijeka 64 %, općina Jelenje 36 %.
 3. Kod HE Kraljevac
 - Briše se općina Šestanovac, a dodaje općina Zadvarje s iznosom raspodjele 90 %.
- Odluka se primjenjuje od 1. kolovoza 1997. godine.

Sb

ODRŽAN ŠESTI ENERGETSKI FORUM

U organizaciji Hrvatskog energetskeg društva uz podršku Ministarstva znanosti i tehnologije, Ministarstva gospodarstva i Hrvatske gospodarske komore, u prosincu prošle godine, održan je šesti energetski forum na temu regionalnog planiranja kao dijela nacionalnog energetskeg planiranja. Namjera organizatora je bila da se otvori rasprava o ciljevima, metodologiji i iskustvima regionalnog planiranja kao dijela nacionalnog energetskeg planiranja. Promjene u energetskeg sektoru na globalnoj razini vode liberalizaciji i demonopolizaciji tržišta energije. Svaka zemlja mora naći svoj put u tim promjenama, te definirati način i domet planiranja u energetskeg sektoru.

Nekoliko inozemnih i domaćih energetičara priredili su referate čiji se pregled daje u nastavku:

- Planiranje u energetskeg sektoru u uvjetima tržišta (G. Granić): Temeljem analize potrebe planiranja u energetskeg sektoru u tržišnim uvjetima, na globalnoj, nacionalnoj i lokalnoj razini planiranja, konstatira se da razvoj tržišta ne umanjuje potrebu planiranja. Aktivnosti planiranja intenzivirati će se, a sadržaj morati prilagoditi dinamičnim promjenama energetskeg sektora. Isto tako će porasti odgovornost za kvalitetu, korištenje energije i zaštitu okoliša.
- Učinkovito korištenje energije i urbana obnova gospodarstva zemalja u tranziciji (K. Bredow): Omogućit će do 2020. godine smanjenje urbanog energetskeg intenziteta i emisije SO₂/Nox za 40% i više. Nepoznavanje modernih načina planiranja, sporo napredovanje urbane i energetske reforme, te upravljanje potražnjom prepreke su sustavnom pristupu urbanoj energetskeg obnovi u gospodarstvima u zemljama u tranziciji.
- Izrada i uvođenje regionalnih i općinskih energetskeg planova (W. Jilek): Koristi se cjeloviti pristup odnosno ne obrađuje se samo ekonomske probleme opskrbe energijom nego i mogući utjecaj na okoliš te pitanje očuvanja izvora energije.
- Lokalno energetsko planiranje u Švedskoj (N. Moe): Zakon o

lokalnom energetskeg planiranju (1977. godine) ima za cilj promicanje efikasnog korištenja energije, te međusobnu suradnju lokalnih zajednica ili drugih važnih čimbenika u energetskeg sektoru. Mjere koje koriste lokalna poglavarstva moraju biti u skladu glavnim ciljevima energetske politike koju utvrđuje vlada, čija tijela utvrđuju preduvjete za planiranje energetskeg sustava putem zakonodavstva, financijske potpore i regulacije poreza. Odgovornost za lokalno energetsko planiranje u potpunosti leži na lokalnim poglavarstvima.

- Vidici planiranja opskrbe i potražnje energije u Sloveniji (M. Tomšić, A. Urbančić, Al Mansour, S. Merše): Koristi se cjeloviti pristup planiranja resursa. Korišteni novi programski paket MESAP-PlaNet dopunjen je modelima koji obuhvaćaju nove tehnologije, promjene dijagrama opterećenja elektroenergetskeg sustava. Također se koristi i paket za optimalno planiranje elektroenergetskeg sustava (model WASP). Detaljno se obrađuju podsustavi: industrija, domaćinstva i lokalni sustavi opskrbe energijom.
- Europska iskustva u primjeni kogeneracijske politike (M. Marin Nortés): U provedenoj analizi utvrđuje se da su politički i zakonodavni čimbenici najutjecajni čimbenici u razvoju kogeneracije u pojedinim zemljama.
- Energija i novi svjetski poredak (M. Šander): Nafta i zbijanja oko nje u hladnoratovsko vrijeme i vrijeme nakon raspada SS-SR-a, te Zaljevski rat 1991. godine, razdoblja su promatranja odnosa i utjecaja na druge oblike energije (ugljen, nuklearna energija).
- Uvođenje regionalnog planiranja energetike u hrvatske županije (D. Pešut): Prema konceptu regionalnog planiranja energetike u Hrvatskoj i dosadašnjim iskustvima u njegovoj implementaciji slijede aktivnosti koje već sada treba početi da bi se dugoročno osigurala uspješnost vođenja regionalnog planiranja.
- Ciljevi, iskustva i metodologija regionalnog planiranja kao dijela nacionalnog energetskeg plana (J. Kurek): Na temelju iskustava pojedinih zemalja oslikava se stanje u Hrvatskoj te mogućnosti i zapreke efikasnom regionalnom planiranju energetskeg izvora.
- Hrvatska energetska strategija i regionalno planiranje (I. Toljan): Odnosi hrvatske energetske strategije i regionalnog planiranja temelj su za određivanje ciljeva, okruženja i preduvjeta potrebnih za učinkovitu uspostavu moderne energetike u Hrvatskoj.
- Energetska baza podataka kućanstava po konceptu regionalnog planiranja energetskeg sektora (M. Majstrović, R. Goić, E. Sutlović, E. Mudnić): Dobru analizu postojećeg stanja energetskeg sektora po konceptu regionalnog planiranja nije moguće provesti bez dobro pripremljenih podataka. Podaci i struktura relacijske baze podataka dio su projekta razvoja energetskeg sektora Splitsko-dalmatinske županije.
- Elektroenergetika i jedinice lokalne uprave i samouprave Republike Hrvatske - pregled podataka za 1994., 1995. i 1996. godinu (B. Makšijan): Proizvodni kapaciteti električne energije, potrošnja električne energije po županijama, izgradnja energetskeg objekata predmet su analize postojećeg stanja u županijama.
- Mogućnosti primjene dobrovoljnog sporazuma o energetskeg efikasnosti u zemljama centralne i istočne Europe (Z. Stanić): Rezultati studije o mogućnostima korištenja dobrovoljnih sporazuma kao instrumenta za unapređenje energetske efikasnosti u industrijskeg sektora zemalja u tranziciji pokazuju da su sporazumi mogu biti sredstvo za rješavanje problema kvalitete okoliša (SO₂, NO_x, CO₂) i korištenja preostalih izvora energije bez negativnog utjecaja na ekonomski razvoj.

- Upravljanje energetske sustavom Zagreba (N. Čupin, I. Radeka): Iskazana je potreba promjene nadležnosti upravljanja između nacionalnog dispečerskog centra i dispečerskog centra Zagreba (četvrtina potrošnje, četvrtina vršne snage, četvrtina stanovništva) sukladno nužnoj decentralizaciji upravljanja elektroenergetskim sustavom Hrvatske kao i mogućnosti koje pružaju nove tehnologije.
- Iskustva u uvođenju prirodnog plina na nova područja (I. Baličević): Analiza utjecajnih faktora i kriterija za uvođenje prirodnog plina na nova područja pokazuje da je potrebno istodobno vođenje tri paralelna procesa: izgradnja magistralnih plinovoda, izgradnja distributivne mreže i izgradnja ili rekonstrukcija instalacije potrošača.
- Plitka geotermalna energija u Hrvatskoj (K. Jelić, I. Kevrić): Geotermalna energija iz plićih bušotina može se i kod nas koristiti kao dopuski izvor energije. Prikupljeni su relevantni podaci koji mogu poslužiti kao baza planiranja korištenja ovog energetske izvora.
- Stablo jabuke - izvor energije (T. Krička, S. Pliestic): Biomasa stabala jabuka koja se baca nakon obrezivanja čini dovoljnu količinu da može poslužiti kao kao izvor energije.
- Regionalni energetske potencijal gradskog otpada u Hrvatskoj (V. Potočnik): Gradski otpad je moguće koristiti kao izvor energije i time smanjiti štetno djelovanje otpada na zdravlje i okoliš.

Sb

PUTO - POKRETNI UREĐAJ ZA OBRADU OPASNOG ORGANSKOG OTPADA U PROBNOM POGONU NA SMETLIŠTU JAKUŠEVAC

U studenom prošle godine stavljen je u probni rad pokretni uređaj za obradu opasnog organskog otpada na smetlištu Jakuševac. Godine 1995. započeli su radovi na sanaciji smetlišta Jakuševac. Tijekom radova utvrđeno je da su na području tog neuređenog deponija odložene značajne količine posebnog otpada s kojim se mora postupati po posebnim postupcima. Da bi cjeloviti sustav gospodarenja otpadom bilo moguće provesti doneseni su suvremeni propisi koji utvrđuju odgovornost proizvođača otpada za ispravno postupanje s vlastitim otpadom kao i plaćanje troškova njegovog zbrinjavanja. To su :

- Zakon o zaštiti okoliša
- Zakon o otpadu
- Pravilnik o postupanju s ambalažnim otpadom
- Pravilnik o vrstama otpada.

Ovi zakoni omogućuju provođenje nadzora toka otpada od mjesta nastanka do mjesta konačnog odlaganja. Time su stvoreni uvjeti za praktičnu provedbu prioritarnih aktivnosti Cjelovitog sustava gospodarenja otpadom.

Nositelj ovog projekta je Grad Zagreb, odnosno njegovo poduzeće za gospodarenje otpadom i zaštitu okoliša - ZGO.

Realizacija projekta počela je izradom katastra tehnološkog otpada, koji je izradio Ekonerg. Katastar je ukazao na potrebu izgradnje postrojenja koje će moći zbrinuti široki raznovrstan otpad (kruti, tekući, plinoviti, itd.). Na području Zagreba i bliže okolice nastane godišnje oko 15.000 t opasnog organskog tehnološkog otpada. Dio tog otpada može se reciklirati, dok se preostali dio može spaliti. Procijenjeno je da je dovoljan kapacitet postrojenja od 10.000 t godišnje.

Polazeći od tih spoznaja i svjetskih iskustava započeo je rad na projektu PUTO (Pokretni uređaj za termičku obradu otpada). Ustrojeno je posebno zajedničko društvo s ograničenom odgovornošću. Enerkon je načinio glavni strojarsko-tehnološki projekt i projekt elektroinstalacija. Ekonerg je načinio procjenu utjecaja na okoliš postrojenja PUTO. Glavni i izvedbeni projekt tehnološko strojarskog dijela međuskladištenja i obrade pepela i praškastih krutih ostataka iz postrojenja PUTO načinio je Enerkon.

Postrojenje je pušteno u rad u studenom 1997. godine i nalazi se u probnom pogonu. PUTO je suvremeno postrojenje za termičku obradu otpada, čije su glavne komponente rotacijska peć i komora za naknadno izgaranje. Postrojenje se sastoji od 23 bloka koji su demontažni i mogu se vrlo lako preseliti na novu lokaciju. Osim izgaranja otpada obavlja se i pročišćavanje produkta izgaranja. Što se tiče emisije štetnih tvari u zrak, PUTO zadovoljava norme Njemačke i Europske zajednice. Emisije onečišćenih voda nema jer se sve vode vraćaju u proces gdje isparavaju. Onečišćene suhe tvari se sakupljaju u posebnim vrećastim filterima i kao pepeo pohranjuju na adekvatan način. Dakle, PUTO s aspekta utjecaja na okoliš zadovoljava. Rad postrojenja PUTO bit će stalno nadziran kako od strane ovlaštenih inspekcija tako i od strane građana.

Sb

OBNOVOM GENERATORA POBOLJŠANE SU PERFORMANSE HE VARAŽDIN

HE Varaždin puštena je u pogon 1975. godine. Izgrađena je kao protočna derivacijska hidroelektrana riječno-kanalskog tipa. Koristi energetske potencijal rijeke Drave između Ormoža i Varaždina. Ona predstavlja najuzvodniju hidroelektranu na Dravi u našoj zemlji. Armirano betonska brana sa šest protočnih polja širine 17 m nizvodno od Ormoža i bočni nasipi (najveća visina 6 m, ukupna duljina 10,4 km) čine bazen korisnog sadržaja od 2,8 hm³. Strojarnica je smještena jugoistočno od naselja Svibovec. Armirano betonska konstrukcija strojarnice omogućuje smještaj dvaju agregata s Kaplan-turbinama i generatorima na vertikalnoj osovinu.

Ugrađene Kaplan-turbine su snage 2 x 45 MW, instaliranog protoka 2 x 225 m³/s i brzine vrtnje 125 min⁻¹, a proizvela ih je tvornica Litostroj. Trofazne sinhronne generatore snage 2 x 50 MVA, cos φ=0,85, generatorski napon 10,5 kV, 2 blok-transformatora 2 x 50 MVA, 10,5/115 kV, opremu za postrojenje 110, 35 i 10 kV s transformatorima vlastite potrošnje kao i ostalu elektroopremu isporučila je tvornica Končar. Osnovni podaci prikazani su u donjoj tablici.

Osnovni (projektni) podaci:

Akumulacija

Uspor	- maksimalni radni	(m nm.)	191,00
	- minimalni radni	(m nm.)	190,00
Volumen	- maks. radnog uspora	(hm ³)	11,6
	- min. radnog uspora	(hm ³)	8,1
	- korisni	(hm ³)	3,5
Energetska vrijednost akumulacije		GWh	0,150

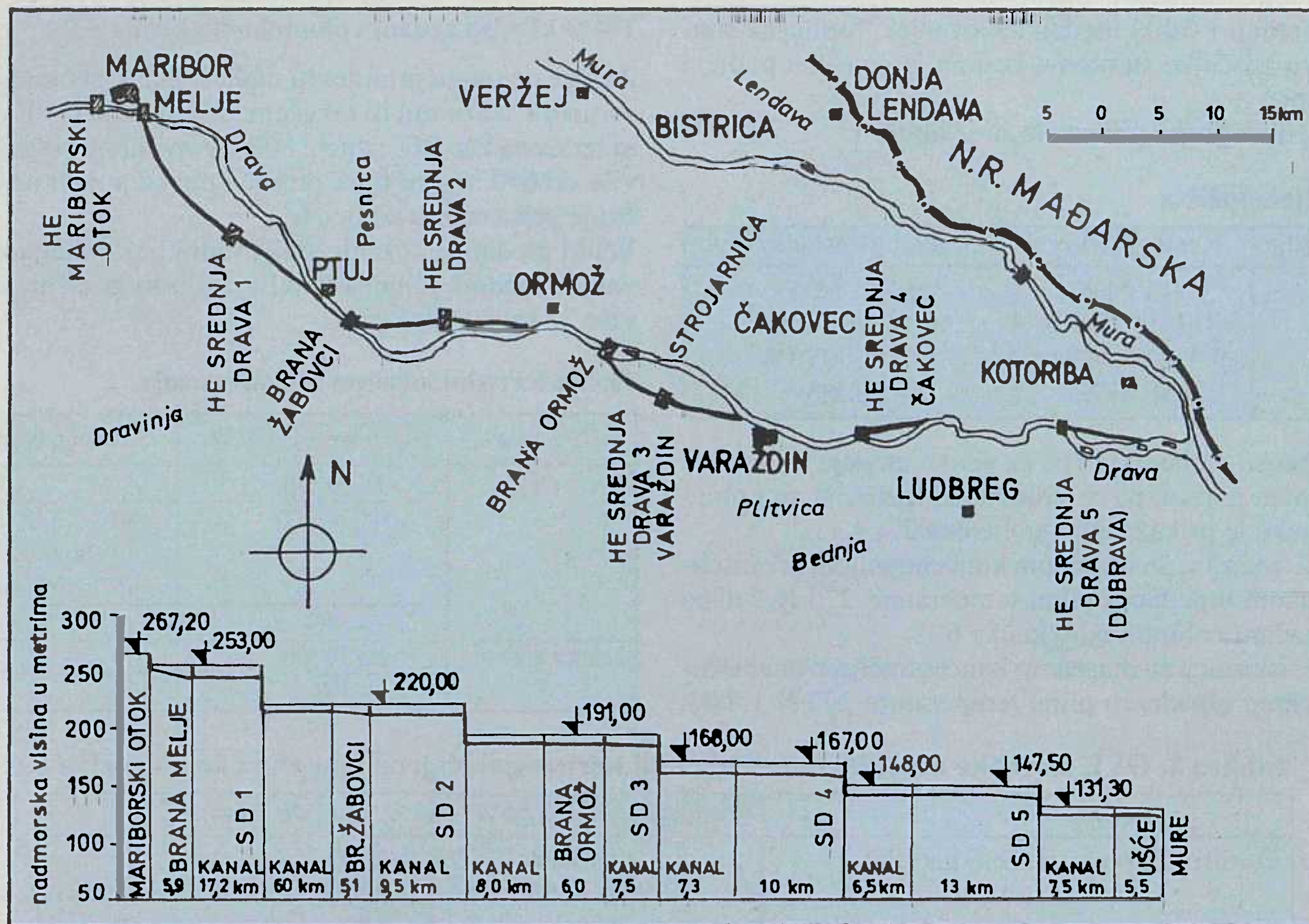
Hidroelektrana

Bruto pad	(m)	23
Konstruktivni pad turbine	(m)	22,6
Srednji energetske ekvivalent	(kWh/m ³)	0,053
Snaga turbine	(MW)	2 x 45
Snaga generatora	(MVA)	2 x 50
Faktor učina	(cos())	0,85
Instalirana snaga elektrane	(MW)	86
Instalirani protok	(m ³ /s)	2 x 225
Brzina vrtnje elektrane	(min ⁻¹)	125

Energija

Maksimalna godišnja	(GWh)	572,9
Minimalna godišnja	(GWh)	299,2
Prosječna godišnja	(GWh)	426,3
- konstantna	(GWh)	395,9
- varijabilna	(GWh)	30,4

Nakon puštanja u pogon uzvodne HE Formin u Sloveniji sa instaliranim protokom od 500 m³/s, stvarni protok u HE Varaždin (uključivši i međudotoke) veći je od projektiranog. Da bi se iskori-



Slika 1. Položaj hidroelektrane Varaždin na srednjoj Dravi

Prosječna mjesečna proizvodnja (GWh)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ukupno
19,4	17,9	24,8	34,9	47,9	54,4	49,9	43,1	36,1	34,1	36,9	26,9	426,3

stio veći protok turbine u HE Varaždin su bile u pogonu s većom snagom, odnosno sa snagom od 48 MW bez ikakvih dorada. Tako je instalirana snaga povećana na 2 x 47 MW. Agregati su u pogonu u prosjeku oko 6400 sati godišnje s oko 300 pokretanja, jer je hidroelektrana protočna i treba maksimalno iskoristiti postojeći vodni potencijal.

Kako već i manji kvarovi uzrokuju gubitke u proizvodnji važnu ulogu igra kvaliteta ugrađene opreme. Tijekom pogona na jednom od hidrogeneratora (A) dogodilo se nekoliko većih kvarova čiji uzrok je bila slabija izvedba statora i još neke manjkavosti. Godine 1975. pojavio se asinkroni rad, a 1978. zemni spoj statorskog namota prouzročio otkidanjem lima sa statorskog paketa. Zemni spoj se ponovio i tijekom 1994. godine.

Teški uvjeti pogona, te stanje hidrogeneratora uvjetovali su da se 1996. godine prišlo obnovi hidrogeneratora. Obnovu je načinila tvornica Končar. S obzirom na napredak u proizvodnji generatora zatraženo je povećanje snage (usklađeno s dopuštenom maksimalnom snagom turbine od 48 MW i mogućim režimom rada s $\cos \varphi = 0,85$) i korisnosti obnovljenog generatora uz zadržavanje zagrijavanja namota (klasa B).

Definirani su novi parametri hidrogeneratora kako slijedi:

Osnovni parametri	Stari	Novi
- snaga (kVA)	50000	53500
- napon (V)	10500	10500
- regulacija napona (%)	5	7,5
- struja (A)	2740	2942
- faktor snage	0,85	0,85
- frekvencija (Hz)	50	50
- brzina vrtnje (O/mim)	125	125
- brzina pobjega	305	315

Probni pogon i provedena mjerenja te detaljna analiza pokazuju da su obnovom postignuti značajni učinci kao što je povećanje

sigurnosti i raspoloživosti elektrane, povećanje snage hidrogeneratora (oko 15 % - klasa B), otklanjanja štetnog utjecaja vibracija i veliko smanjenje gubitaka u proizvodnji električne energije.

Sb

UREDBA O GRANIČNIM VRIJEDNOSTIMA EMISIJE ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK IZ STACIONARNIH IZVORA

Krajem prosinca 1996. godine Vlada je donijela Uredbu o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora. (Narodne novine broj 140/97 od 29. prosinca 1996.). Evo ukratko najinteresantnijih informacija sa stajališta elektroprivredne djelatnosti ali i pojedinog čovjeka. Radi lakšeg razumijevanja informacija daje se objašnjenje nekoliko osnovnih terminoloških pojmova.

Uredbom su utvrđeni termini kao što je emisija, goriva (kruta, tekuća, plinovita), biomasa, ložišta, plinska turbina, itd. Osim toga utvrđen je način i učestalost mjerenja emisije (prvo mjerenje, povremena, kontinuirana i posebna mjerenja).

Pod stacionarnim izvorima podrazumijevaju se industrijski pogoni, tehnološki procesi, uređaji i objekti iz kojih se onečišćujuće tvari ispuštaju u zrak. Granične vrijednosti emisije najveće su dopušteno ispuštanje onečišćujućih tvari u zrak iz ispusta stacionarnih izvora, što se utvrđuje mjerenjem.

Emisija se iskazuje emisijskim veličinama: masenim protokom (kg/h) i/ili masenom koncentracijom te emisijskim faktorom. Također su utvrđene granične vrijednosti i razredi emisije za sve vrste tvari (praškaste, anorganske, kancerogene), te granične vrijednosti emisije za pojedine tehnološke procese (proizvodnja nemetalnih mineralnih sirovina, prehrambena industrija).

Osim toga utvrđene su granične vrijednosti emisije za uređaje za

loženje (mali, srednji i veliki uređaji za loženje). Toplinska snaga i vrsta goriva značajke su prema kojima je izvršena podjela uređaja za loženje.

Veličine za pojedinu grupu prikazane su u tablici 1:

Tablica 1. Podjela ložišta

Uređaj za loženje	Kruto gorivo	Tekuće i plinsko gorivo
Vrlo mali	≤ 0,1 MW	≤ 0,1 MW
Mali	> 0,1 do 1 MW	> 0,1 do 5 MW
Srednji	> 1 do 5 MW	> 5 do 50 MW
Veliki	> 50 MW	> 50 MW

Granične vrijednosti emisije (GVE) za velike uređaje za loženje ovise o korištenom gorivu, pa se vrijednosti razlikuju za kruta i tekuća goriva kako je prikazano u tablicama 2. i 3.

GVE u tablici 2. iskazane su masenom koncentracijom onečišćujućih tvari u suhom otpadnom plinu temperature 273 K i tlaka 101,3 kPa, za zadani volumni udio kisika 6 %.

GVE u tablici 3. iskazane su masenom koncentracijom onečišćujućih tvari u suhom otpadnom plinu temperature 273 K i tlaka

101,3 kPa, za zadani volumni udio kisika 3 %.

Ako se ne mogu primijeniti tablice 2. i 3. zbog visokog sadržaja sumpora u krutom ili tekućem gorivu onda GVE oksida sumpora izražena kao SO₂ iznosi 800 mg/m³, ali je poželjno da ne bude više od 650 mg/m³ ili se primjenjuju stupnjevi odsumporavanja, što je prikazano u tablici 4.

Veliki uređaji za loženje smiju raditi bez uređaja za odsumporavanje otpadnih plinova najviše 240 sati godišnje, a od toga najviše 72 sata neprekidno.

Tablica 4. Pregled stupnjeva odsumporavanja

Vrsta goriva	Toplinska snaga, MW	Stupanj odsumporavanja, %
Kruto gorivo	> 50 do 100	-
	> 100 do 500	40 (za 100 - 167 MW) 40 - 90 (linearni rast od 167 - 500 mW)
	> 500	90
Tekuće gorivo	> 50 do 300	-
	> 300	90

Tablica 2. GVE za velike uređaje za loženje koji koriste uobičajena i posebna kruta goriva

	Toplinska snaga, MW	GVE, mg/m ³
Oksidi sumpora izraženi kao SO ₂	> 50 do 100	2000
	> 100 do 500	2000 - 4000 (linearni pad)
	> 500	400
Oksidi sumpora izraženi kao SO ₂ kod ložišta sa fluidiziranim slojem		300
Oksidi dušika izraženi kao NO ₂ Oksidi dušika izraženi kao NO _x kod ložišta sa fluidiziranim slojem		650
		300
Krute čestice	≤ 500	100
	> 500	50
Ugljik (II) oksid		250
Plinoviti anorganski spojevi klora izraženi kao HCL	≤ 300	200
	> 300	100
Plinoviti anorganski spojevi fluora izraženi kao HF	≤ 300	30
	> 300	15
Anorganske tvari i njihovi spojevi (As, Pb, Cd, Cr, Co, Ni) - ukupno		0,5 (odnosi se na posebna kruta goriva)

Tablica 3. GVE za velike uređaje za loženje koji koriste uobičajena i posebna tekuća goriva

	Toplinska snaga, MW	GVE, mg/m ³
Oksidi sumpora izraženi kao SO ₂	> 50 do 300	1700
	> 300 do 500	1700 - 400 (linearni pad)
	> 500	400
Oksidi dušika izraženi kao NO ₂		450
Krute čestice		50
Ugljik (II) oksid		175
Plinoviti anorganski spojevi klora izraženi kao HCL		30
Plinoviti anorganski spojevi fluora izraženi kao HF		5
Anorganske tvari i njihovi spojevi (As, Pb, Cd, Cr, Co, Ni)		2 (primjenjuje se za posebna tekuća goriva i za uobičajena tekuća goriva koja imaju udio nikla u gorivu veći od 12 mg/kg goriva)

Granične vrijednosti emisije za velike uređaje za loženje koji koriste plinska goriva prikazane su u tablici 5. Iskazane su masom koncentracijom onečišćujućih tvari u suhom otpadnom plinu temperature 273 K i tlaka 101,3 kPa, za zadani udio kisika 3 %.

Za plinske turbine koje koriste uobičajeno tekuće gorivo i plinsko gorivo GVE prikazane su u tablici 6. Ove vrijednosti ne primjenjuju se na plinske turbine za proizvodnju energije u nuždi

Tablica 5. Veliki uređaji za loženje plinom

	GVE, mg/m ³
Oksidi sumpora izraženi kao SO ₂	35
	5 (za ukapljeni plin)
	800 (za niskoenergetski plin nastao isplinjavanjem iz rafinerijskog ostatka)
	50 (za plin nastao isplinjavanjem ugljena)
Oksidi dušika izraženi kao NO _x	30
Krute čestice	5
	10 (za plin iz visokih peći)
	50 (za plin nastao pri proizvodnji čelika)
Ugljik (II) oksid	100

koje nisu predviđene za trajni rad i plinske turbine u istraživanju i testiranju. Granične vrijednosti emisije iskazane su masenom koncentracijom ugljik (II) oksida, oksida sumpora izraženih kao SO₂ i oksida dušika izraženih kao NO₂ u suhom otpadnom plinu temperature 273 K i tlaka 101,3 kPa, za zadani volumni udio kisika 15 %.

Za plinske turbine koje rade manje od 2000 sati godišnje GVE su prikazane u tablici 7. Iskazane su masenom koncentracijom ugljik (II) oksida i oksida dušika izraženih kao NO₂ u suhom ot-

Tablica 6. GVE za plinske turbine

Krute čestice	
- količine otpadnih plinova ≤ 60 000 m ³ /h	dimni broj 3
- količina otpadnih plinova > 60 000 m ³ /h	dimni broj 2, pri puštanju u rad dimni broj 3
Ugljik (II) oksid	100 mg/m ³
Oksidi sumpora izraženi kao SO ₂ uobičajeno tekuće gorivo	do 1 % sumpora
plinsko gorivo:	
- snaga turbine ≤ 10 MW	800 mg/m ³
- snaga turbine > 10 MW	200 mg/m ³
Oksidi dušika izraženi kao NO ₂ : uobičajeno tekuće gorivo:	
- snaga turbine ≤ 100 MW	200 mg/m ³
snaga turbine ≤ 100 MW	150 mg/m ³
plinsko gorivo:	
- snaga turbine ≤ 100 MW	150 mg/m ³
snaga turbine ≤ 100 MW	100 mg/m ³

Tablica 7. GVE za plinske turbine sa manje od 2000 sati godišnje

Krute čestice	
- količine otpadnih plinova ≤ 60 000 m ³ /h	dimni broj 3
- količina otpadnih plinova > 60 000 m ³ /h	dimni broj 2, pri puštanju u rad dimni broj 3
Ugljik (II) oksid	100 mg/m ³
Oksidi dušika izraženi kao NO ₂ :	
- količine otpadnih plinova ≤ 60 000 m ³ /h	300 mg/m ³
- količina otpadnih plinova > 60 000 m ³ /h	350 mg/m ³

padnom plinu temperature 273 K i tlaka 101,3 kPa, za zadani volumni udio kisika 15 %. Ako se otpadni plinovi pri izlasku iz plinske turbine koriste za proizvodnju pare ili zagrijavanje vode (plinski kombi-blok) i pri tome dodatno izgara gorivo (kotao na otpadnu toplinu), za ukupne otpadne plinove iz turbine koji predstavljaju zbroj plinova iz turbine i plinova zbog izgaranja u kotlu na otpadnu toplinu GVE se određuje prema posebnoj jednadžbi.

Emisija CO₂, SO₂, NO₂, volumni udio kisika i temperatura u otpadnim plinovima iz plinskih turbina s toplinskom snagom većom od 50 MW utvrđuje se kontinuiranim mjerenjem.

Sb

NOVE HRVATSKE NORME IZ PODRUČJA ISPUŠTANJA IZ NEPOMIČNIH IZVORA

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo objavio je u svom biltenu broj 9-10/97 (rujan -listopad 1997.) nove norme iz područja ispuštanja iz nepomičnih izvora. Evo pregleda tih normi:

HRN ISO 7934:1997 en Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije sumpornog dioksida - Vodikov peroksid/Barijev perklorat/Thorin metoda (ISO 7934:1989)

HRN ISO 10155:1997 en Emisija iz stacionarnih izvora - Automatizirano praćenje masenih koncentracija čestica - Značajke izvedbe, metode ispitivanja i specifikacije (ISO 10155:1995)

HRN ISO 10396:1997 en Emisije iz stacionarnih izvora - uzorkovanje za automatsko određivanje koncentracije plinova (ISO 10396:1993)

HRN ISO 10780:1997 en Emisije iz stacionarnih izvora - Mjerenje brzine i obujamskog protoka plinova u odvodnom kanalu (ISO 10780:1994)

HRN ISO 7935:1997 en Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije sumpornog dioksida - Značajke rada automatskih mjernih metoda (ISO 7935:1992)

HRN ISO 9096:1997 en Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje koncentracije i masenog protoka čestica u odvodnim kanalima - ručna gravimetrijska metoda (ISO 9096:1992)

Sb

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA DOBILA KONCESIJU ZA KORIŠTENJE VODNE SNAGE RADI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Odluka o dodjeli koncesije za korištenje vodne snage radi proizvodnje električne energije, dodjeljena Hrvatskoj elektroprivredi, odnosi se na HE Ozalj I (snage 2,6 MW) i Ozalj II (2,5 MW), odnosno rijeku Kupu. Odluka je objavljena u Narodnim novinama broj 10 od 28. siječnja ove godine. Koncesija je dodijeljena na rok od 20 godina. Hrvatska elektroprivreda je dužna plaćati godišnju naknadu u iznosu od 1 % ostvarene prosječne cijene proizvedene električne energije na pragu elektrane u svakoj godini korištenja. Hrvatska elektroprivreda je dužna zahvaćati vodu i koristiti je radi proizvodnje električne energije sukladno Zakonu o vodama, posebnim propisima donesenim na temelju tog zakona, te na temelju vodopravne dozvole. Detalji se reguliraju posebnim ugovorom.

Sb

KAKAV ĆEMO ZRAK UDISATI?

Buduća kvaliteta zraka koji udišemo u okolišu i na radnom mjestu određena je novim hrvatskim normama, koje su objavljene u Glasilu Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo broj 9-10 u listopadu prošle godine. Norme se su objavljene pod naslovima:

Kakvoća zraka u okolišu

Kakvoća zraka na radnom mjestu

To su preuzete ISO norme. U nastavku je prikazan pregled normi iz svake pojedine grupe.

13.040.20 Kakvoća zraka u okolišu

- HRN ISO 7996:1997 en Vanjski zrak - Određivanje masene koncentracije dušikovih oksida - Metoda kemiluminiscencije (ISO 7996:1985)
- HRN ISO 4219:1997 en Kakvoća zraka - Određivanje plinovitih sumpornih spojeva u vanjskom zraku - Uređaj za sakupljanje uzoraka (ISO 4219:1979)
- HRN ISO 4220:1997 en Vanjski zrak - Oređivanje pokazatelja onečišćenja zraka kiselim plinovima - Titrimetrijska metoda uz indikator ili potenciometrijsko utvrđivanje točke završetka (ISO 4220:1983)
- HRN ISO 6767:1997 en Vanjski zrak - Određivanje masene koncentracije sumpornog dioksida - Tetraklormerkurat (TCN)/pararozalin metoda (ISO 6767:1990)

13.040.30 Kakvoća zraka na radnom mjestu

- HRN ISO 8518:1997 en Radna atmosfera - Određivanje čestica olova i olovnih spojeva - Metoda plamene atomske apsorpcijske spektrometrije (ISO 8518:1990)
- HERN ISO 8760:1997 en Radna atmosfera - Određivanje masene koncentracije ugljikova monoksida -Metoda upotrebe detektorskih cjevčica za kratkotrajno uzorkovanje s izravnim očitavanjem (ISO 8760:1990)
- HERN ISO 8761:1997 en Radna atmosfera - Određivanje masene koncentracije dušikova dioksida - Metoda uporabe detektorskih cjevčica za kratkotrajno uzorkovanje s izavnim očitavanjem (ISO 8761:1989)
- HERN ISO 8762:1997 en Radna atmosfera - Određivanje vinil klorida - Cjevčica s aktivnim ugljenom/plinska kromatografija (ISO 8762:1988)
- HERN ISO 9486:1997 en Radna atmosfera - Određivanje para kloriranih ugljikovodika - Cjevčica s aktivnim ugljenom/desorpcija otapalom/plinska kromatografija (ISO 9486:1991)
- HERN ISO 9487:1997 en Radna atmosfera - Određivanje para aromatskih ugljikovodika - Cjevčica s aktivnim ugljenom/desorpcija otapalom/plinska kromatografija (ISO 9487:1991)

Sb

HRVATSKE NORME ZA ELEKTRIČNE UREĐAJE ZA EKSPLOZIVNU ATMOSFERU

Izrada ovih normi povjerena je tehničkom odboru TO 31 - "Pro-

tueksplzijski zaštićeni uređaji za potencijalno ugrožene atmosfere", osnovanom 1993. godine. Odlučeno je da se prihvate europske i međunarodne norme iz ovog područja. Zbog poteškoća oko stručnog prevođenja norme su preuzete dijelom "metodom prve stranice", tj. samo prva stranica norme s nacionalnim predgovorom, a dijelom "metodom objave", tj. samo popis normi, dok osnovicu čini izvornik EN ili IEC norme na engleskom jeziku.

Vrijedno je spomenuti da je naša zemlja na ovom području posebno aktivna, te joj je povjereno vođenje tajništva međunarodnog tehničkog pododbora IEC/SC 31J - Klasifikacija ugroženih prostora i instalacijski zahtjevi, na čijem čelu je prof. dr. sc. Nenad Marinović.

Nakon objavljivanja prijedloga normi i rasprave usvojene su slijedeće hrvatske norme:

29.260.20 Električni uređaji za eksplozivnu atmosferu

- HRN EN 50014:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Opći zahtjevi (EN 50014:1997)
- HRN EN 50015:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Uranjanje u ulje "0" (EN 50015:1997)
- HRN EN 50016:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Nadtlak "p" (EN 50016:1995)
- HRN EN 50017:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Punjenje pijeskom "q" (EN 50017:1994)
- HRN EN 50018:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Neprodorni oklop "d" (EN 50018:1994)
- HRN EN 50019: 1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Povećana sigurnost "e" (EN 50019:1994)
- HRN EN 50020:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere- Samosigurnost "i" (EN 50020:1994)
- HRN EN 50028:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere- Punjenje krutim tvarima "m" (EN 50028:1987)
- HRN EN 50033:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Naglavne rudarske svjetiljke za rudnike sa zapaljivim parama (EN 50033:1991)
- HRN EN 50050:1997 en Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - Elektrostatična ručna oprema za raspršivanje (EN 50050:1986)
- HRN EN 50053-1:1997 en Zahtjevi za elektrostatičku opremu za raspršivanje zapaljivih tvari - 1. dio: Ručni pištolji za elektrostatičko raspršivanje boje s ograničenjem energije od 0,24 mJ i njima pridruženi uređaji (EN 50053-1:1987)
- HRN EN 50053-2:1997 en Zahtjevi za elektrostatičku opremu za raspršivanje zapaljivih tvari - 2. dio: Ručni pištolji za elektrostatičko raspršivanje boje s ograničenjem energije od 5 mJ i njima pridruženi uređaji (EN 50053-2:1989)
- HRN EN 50053-3:1997 en Zahtjevi za elektrostatičku opremu za raspršivanje zapaljivih tvari - 2. dio: Ručni pištolji za elektrostatičko nanošenje vlakanaca s ograničenjem energije od 0,24 mJ ili 5 mJ i njima pridruženi uređaji (EN 50053-3:1989)
- HRN EN 50059:1997 en Odredbe za ručnu elektrostatičku opremu za raspršivanje nezapaljivih

	tvari za bojanje i lakiranje (EN 50059:1990)
HRN EN 50104:1997 en	Uređaji za otkrivanje i mjerenje kisi-ka - Zahtjevi i metode ispitivanja (EN 50104:1995)
HRN EN 50176:1997 en	Automatske elektrostatičke instalacije za raspršivanje zapaljivih tekućih tvari (EN 50176:1996)
HRN EN 50177:1997 en	Automatske elektrostatičke instalacije za raspršivanje zapaljivog praha za nanošenje (EN 50177:1996)
HRN IEC 79-4:1997 en	Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - 4. dio: Metoda određivanja temperature paljenja (IEC 79-4:1995)
HRN IEC 79-4A:1997 en	Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - 4. dio: Metoda određivanja temperature paljenja - Prva nadopuna (IEC 79-4A:1970)
HRN IEC 79-13:1997 en	Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - 13. dio: Izrada i upotreba prostorija i zgrada zaštićenih nadtlakom (IEC 79-13:1982)
HRN IEC 79-15:1997 en	Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - 15. dio: Električni uređaji vrsta zaštite "n" (IEC 79-15:1987)
HRN IEC 79-16:1997 en	Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - 16. dio: Prisilna ventilacija za zaštitu analizatorskih kućica (IEC 79-16:1990)
HRN IEC 79-20:1997 en	Električni uređaji za potencijalno eksplozivne atmosfere - 20. dio: Podaci o zapaljivim plinovima i parama u odnosu na upotrebu električnih uređaja (IEC 79-20:1996)
HRN IEC 1241-1-1:1997 en	Uređaji za upotrebu u zapaljivoj prašini - 1. dio: Električni uređaji zaštićeni kućištima - 1. odjeljak: Specifikacije za uređaje (IEC 1241-1-1:1993)
HRN IEC 1241-1-2:1997 en	Uređaji za upotrebu u zapaljivoj prašini - 1. dio: Električni uređaji zaštićeni kućištima - 2. odjeljak: Izbor, instalacija i održavanje (IEC 1241-1-2:1993)
HRN IEC 1241-2-1:1997 en	Uređaji za upotrebu u zapaljivoj prašini - 2. dio: Metode ispitivanja - 1. odjeljak: Metoda određivanja najmanje temperature paljenja prašine (IEC 1241-2-1:1994)
HRN IEC 1241-2-2:1997 en	Uređaji za upotrebu u zapaljivoj prašini - 2. dio: Metode ispitivanja - 2. odjeljak: Metoda određivanja električnog otpora prašine u slojevima (IEC 1241-2-2:1993)
HRN IEC 1241-2-3:1997 en	Uređaji za upotrebu u zapaljivoj prašini - 2. dio: Metode ispitivanja - 3. odjeljak: Metoda određivanja najmanje energije paljenja smjese zraka i prašine (IEC 1241-2-3:1994)
HRN IEC 1241-3:1997 en	Električni uređaji u zapaljivoj prašini - 3. dio: Klasifikacija područja gdje mogu biti zapaljive prašine (IEC 1241-3:1997)

ELEKTROMAGNETSKE SMETNJE I ELEKTRO-MAGNETSKA KOMPATIBILNOST (EMC) - HRVATSKE NORME

Pripremu ovih normi obavio je hrvatski Tehnički odbor TO 77. Osim prijevoda općih normi EN 50081-1,-2 i EN 50082-1, ostale IEC, odnosno EN norme iz ovog područja bit će prihvaćene kao HRN norme bez prevođenja, s hrvatskim ovitkom. U Glasilu Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo broj 9-10/97 od listopada 1997. godine objavljene su prihvaćene norme, čiji se pregled daje u nastavku.

33.100 Elektromagnetske smetnje i elektromagnetska kompatibilnost (EMC)

HRN EN 55011:1997 en	Granice i metode mjerenja značajki smetnji od industrijske, znanstvene i medicinske (ISM) radiofrekvencijske opreme (CISPR 11:1990+A1:1996+A2:1996; EN 55011:1991+A1:1997+A2:1996)
HRN EN 55013:1997 en	Granice i metode mjerenja značajki radiofrekvencijskih smetnji od zvučnih i televizijskih radiodifuznih prijemnika i pripadne opreme (EN 55013:1990)
HRN EN 55013:1997/A12:1997 en	Granice i metode mjerenja značajki radiofrekvencijskih smetnji od zvučnih i televizijskih radiodifuznih prijemnika i pripadne opreme (EN 55013:1990/A12:1994)
HRN EN 55014-1:1997 en	Elektromagnetska kompatibilnost - zahtjevi za kućanske uređaje, električne alate i slične uređaje - 1. dio: Emisija - Norma srodnih uređaja (CISPR 14:1993; EN 55014-1:1993)
HRN EN 55014-2:1997 en	Elektromagnetska kompatibilnost - zahtjevi otpornosti prema smetnjama za kućanske naprave, alate i slične uređaje - 2. dio: Norma srodnih uređaja (CISPR 14-2:1997; EN 55014-2:1997)
HRN EN 55015:1997 en	Granice i metode mjerenja značajki radiofrekvencijskih smetnji od električne, rasvjetne i slične opreme (CISPR 15:1996; EN 55015:1996)
HRN CISPR 16-1:1997 en, fr	Specifikacija za mjerne uređaje i metode mjerenja radiofrekvencijskih smetnji i otpornosti na radiofrekvencijske smetnje - 1. dio: Uređaji za mjerenje radio-smetnji i otpornosti na radio-smetnje (CISPR 16-1:1993)
HRN CISPR 16-2:1997 en, fr	Specifikacija za mjerne uređaje i metode mjerenja radiofrekvencijskih smetnji i otpornosti na radiofrekvencijske smetnje - 2. dio: Metode mjerenja smetnji i otpornosti (CISPR 16-2:1996)
HRN EN 55020:1997 en	Granice i metode mjerenja značajki otpornosti zvučnih i televizijskih radiodifuznih prijemnika i pripadajuće opreme (EN 55020:1994+A1:1996)
HRN EN 55022:1997 en	Granice i metode mjerenja značajki radiofrekvencijskih smetnji od informatičke opreme (CISPR 22:1993+A1:1995; EN 55022:1994+A1:1995)
HRN CISPR 24:1997 en, fr	Oprema informatičke tehnike - Značajke otpornosti - Granice i metode mjerenja (CISPR 24:1997)

- HRN EN 55103-1:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Norma porodice proizvoda za audio, video, audio-vizualne i zabavne svjetlosne upravljane uređaje za profesionalnu upotrebu - 1. dio: Emisija (EN 55103-1:1996)
- HRN EN 55103-2:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Norma porodice proizvoda za audio, video, audiovizualne i zabavne svjetlosne upravljane uređaje za profesionalnu upotrebu - 2. dio: Otpornost (EN 55103-2:1996)
- HRN EN 50081-1:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Norma srodnih proizvoda za emisiju - 1. dio: Stambena i poslovna područja i područja lake industrije (EN 50081-1:1992)
- HRN EN 50081-2:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Norma srodnih proizvoda za emisiju - 2. dio: Industrijsko okruženje (EN 50081-2:1993)
- HRN EN 50082-1:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Norma srodnih proizvoda za otpornost - 1. dio: Stambena i poslovna područja i područja lake industrije (EN 50082-1:1992)
- HRN EN 50082-2:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Norma srodnih proizvoda za otpornost - 2. dio: Industrijsko okruženje (EN 50082-2:1995)
- HRN EN 61000-4:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 1. odjeljak: Pregled ispitivanja otpornosti. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4:1992; EN 61000-4-1:1994)
- HRN EN 61000-4-2:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 2. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na elektrostatičko izbijanje. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-2:1995; EN 61000-4-2:1995)
- HRN EN 61000-4-3:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 3. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na radiofrekvencijsko elektromagnetsko polje zračenja. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-3:1996; EN 61000-4-3:1996)
- HRN EN 61000-4-4:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 4. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na brze tranziente/rafale: Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-4:1995; EN 61000-4-4:1995)
- HRN EN 61000-4-5:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 5. odjeljak: Ispitivanja otpornosti na prenapon (IEC 1000-4-5:1995; EN 61000-4-5:1995)
- HRN EN 61000-4-6:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 6. odjeljak: Otpornost na vođene smetnje inducirane radiofrekvencijskim poljima (IEC 1000-4-6:1996; EN 61000-4-6:1996)
- HRN EN 61000-4-8:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 8. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na magnetsko polje s frekvencijom napajanja. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-8:1993; EN 61000-4-8:1993)
- HRN EN 61000-4-9:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 9. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na impulsno magnetsko polje: Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-9:1993; EN 61000-4-9:1993)
- HRN EN 61000-4-10:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 10. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na magnetsko polje s prigušenim titranjem. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-10:1993; EN 61000-4-10:1993)
- HRN EN 61000-4-11:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 11. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na propade napona, kratke prekide i promjene napona. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-11:1994; EN 61000-4-11:1995)
- HRN EN 61000-4-12:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - 4. dio: Ispitna i mjerna tehnika - 12. odjeljak: Ispitivanje otpornosti na valove titranja. Osnovna EMC norma (IEC 1000-4-12:1995; EN 61000-4-12:1995)
- 33.200 Daljinsko upravljanje i daljinsko mjerenje**
- HRN EN 50065-1:1997 en Signalizacija na niskonaponskim električnim instalacijama u frekvencijskom području 3 kHz do 148,5 kHz - 1. dio: Opći zahtjevi, frekvencijski pojasi i elektromagnetske smetnje (EN 50065-1:1991+A1:1992+A2:1995+A3:1996)
- 33.060.40 Kabelski sustavi za razdiobu**
- HRN EN 50083-2:1997 en Sustavi kabelaške raspodjele televizijskih i zvučnih signala - 2. dio: Elektromagnetska kompatibilnost za opremu (EN 50083-2:1995)
- 29.200 Ispravljači i pretvarači, stabilizirano napajanje**
- HRN EN 50091-2:1997 en Sustavi za neprekidno napajanje - 2. dio: Zahtjevi za elektromagnetsku kompatibilnost (EMC) (EN 50091-2:1995)
- 13.320 Alarmni sustavi i sustavi upozoravanja**
- HRN EN 50130-4:1997 en Alarmni sustavi - 4. dio: Elektromagnetska kompatibilnost - Norma porodice proizvoda: Zahtjevi otpornosti alarmni sustava za požar i provalu i zahtjevi otpornosti za socijalne alarmne sustave (EN 50130-4:1995)
- 25.160.30 Oprema za zavarivanje**
- HRN EN 50199:1997 en Elektromagnetska kompatibilnost - Proizvodna oprema za lučno zavarivanje (EN 50199:1995)
- 33.200 Sučelna i vezna oprema**
- HRN EN 60870-2-1:1997 en Oprema i sustavi za daljinsko upravljanje - 2. dio: Radni uvjeti - 1. odjeljak: Izvor napajanja i elektromagnetska kompatibilnost (IEC 870-2-1:1995; EN 60870-2-1:1996)

33.20 Telekomunikacije

- HRN ETS 300 279:1997 en Radijska oprema i sustavi (RES). EMC norma za privatnu pokretnu radijsku (PRM) opremu i pomoćnu opremu (ETS 300 279:1996)
- HRN ETS 300 340:1997 en Radijska oprema i sustavi (RES). EMC za pozivne prijemnike europskog sustava radijskih poruka (ERMES) (ETS 300 340:1994)
- HRN ETS 300 342-2:1997 en Radijska oprema i sustavi (RES). EMC za europski digitalni čelijski telekomunikacijski sustav (GSM 900 MHz i DCS 1800 MHz) - 2. dio: Oprema osnovnih radijskih postaja i pomoćna oprema (ETS 300342-2:1994)
- HRN ETS 300 386-1:1997 en Tehnika opreme (EE); Oprema za javne telekomunikacijske mreže - Zahtjevi za EMC - 1. dio: Pregled srodnih proizvoda, mjerila za usklađene i ispitne razine (ETS 300 386-1:1994)
- HRN ETS 300 445:1997 en EMC norma za bežične mikrofone i slično (ETS 300 445:1996)

Sb

HRVATSKE NORME OD INTERESA ZA ELEKTRO-PRIVREDNU DJELATNOST IZ RAZNIH PODRUČJA

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo objavio je u svom Glasilu broj 9-10 za rujan-listopad 1997. godine nekoliko normi iz raznih područja koje su interesantne za elektroprivrednu djelatnost. To je područje nerazornih ispitivanja u upravljanju ljudskim potencijalima, te kod zavarenih spojeva. Osim toga objavljeno je i nekoliko normi iz područja naftnih proizvoda.

19.100 Nerazorna ispitivanja

03.100.30 Upravljanje ljudskim vrelima

- HRN EN 473:1997 en Kvalifikacija i certifikacija osoblja u nerazornim ispitivanjima - Osnovni principi (EN 473:1993)

19.100 Nerazorna ispitivanja

- HRN ISO 3057:1997 en Nerazorno ispitivanje - Metalografske tehnike ispitivanja površine (ISO 3057:1994)
- HRN ISO 3058:1997 en Nerazorno ispitivanje - Pomagala za vizualnu kontrolu. Odabir lupa malog povećanja
- HRN ISO 3059:1997 en Nerazorno ispitivanje - Metoda posredne procjene izvora crne svjetlosti (ISO 3059:1974)
- HRN EN 462-3:1997 en Nerazorno ispitivanje - Kvaliteta radiograma - 3. dio: Klasa radiograma za željezne materijale (EN 462-3:1996)
- HRN EN 462-5:1997 en Nerazorno ispitivanje - Kvaliteta radiograma - 5. dio: Indikatorri kvalitete radiograma (dvostruke žice); određivanje ukupne neoštrine (EN 462-5:1996)
- HRN EN 571-1:1997 en Nerazorno ispitivanje penetrantima - 1. dio: Osnovni principi (EN 571-1:1997)
- HRN EN 584-2:1997 en Nerazorno ispitivanje - Film za industrijsku radiografiju - 2. dio: Provje-

ra kemijske obrade filma pomoću referentnih vrijednosti (EN 584-2:1996)

- HRN EN 25580:1997 en Nerazorno ispitivanje - Iluminatori za industrijsku radiografiju - Minimalni zahtjevi (ISO 5580:1985; EN 25580:1992)

25.160.40 Zavareni spojevi

77.040.20 Nerazorno ispitivanje kovina

- HRN EN 27963:1997 en Zavareni spojevi čelika - Baždarni blok br. 2 za ultrazvučno ispitivanje zavarenih spojeva (ISO 7963:1985; EN 27963:1992)

75.80 Naftni proizvodi općenito

- HRN EN ISO 3675:1997 en Sirova nafta i tekući naftni proizvodi - Laboratorijsko određivanje gustoće ili relativne gustoće - Metoda hidrometrom (ISO 3675:1993; EN ISO 3675:1995)
- HRN ISO 3733:1997 en Naftni proizvodi i bitumenski materijali - Određivanje vode - Metoda destilacije (ISO 3733:1976)

75.160.20 Tekuća goriva

- HRN EN ISO 4264:1997 en Naftni proizvodi - Izračunavanje cetanskog indeksa za srednje destilatna goriva pomoću jednadžbe s četiri veličine (ISO 4264:1995)

Sb

KLASIFIKACIJA VRSTA GRAĐEVINA ZA STATISTIČKO PRAĆENJE

U Narodnim novinama broj 11 od 29. siječnja ove godine Državni zavod za statistiku objavio je Klasifikaciju vrsta građevina - KVG i metodološke upute za mjesečni i tromjesečni izvještaj građevinarstva (GRAĐ-21/M, GRAĐ-21/M/OBRT, GRAĐ-21/3M). Ona služi za statističko istraživanje građevinske djelatnosti na području naše zemlje. Između ostalih izvještajne jedinice su trgovačka društva i njihovi dijelovi, koja su u Nacionalnoj klasifikaciji razvrstana u građevinsku djelatnost. Cilj istraživanja je prikupljanje podataka za mjesečno i tromjesečno izvješće. Izvještajne jedinice daju odgovarajuće podatke na obrascu GRAĐ-21/M odnosno GRAĐ-21/3M.

Izvor podataka su kadrovske i druge evidencije o broju radnika statističke jedinice te prisutnim radnicima i odrađenim satima rada na gradilištu, ugovori s naručiteljima radova, privremeni mjesečni obračun izvršenih radova i konačni obračun završenih radova. Rezultati obrade podataka mjesečnog i tromjesečnog izvješća građevinarstva objavljuju se u Priopćenju i u Mjesečnom statističkom izvješću.

Hrvatska elektroprivreda kao trgovačko društvo dužna je prikupljati podatke i dostavljati ih Državnom statističkom zavodu.

U ovoj Klasifikaciji dana su precizna uputstva za popunjavanje navedenih obrazaca kao i obrasci. Na koncu je navedena klasifikacija vrsta građevina - KVG. Slijedi objašnjenje osnovnih pojmova koji se koriste u ovom istraživanju.

U Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (Narodne novine broj 6/1995.) u području F definiran je pojam građevinarstva koji se koristi u statističkom istraživanju. Pod pojmom građevinarstva podrazumijeva se:

- izvođenje pripremnih radova na gradilištu
- izgradnja kompletnih građevinskih objekata ili njihovih dijelova

- instalacijski i završni građevinski radovi te
- iznajmljivanje građevinskih strojeva s rukovateljem.

Obuhvaćaju se radovi na svim građevinama (novogradnja), te radovi na postojećim građevinama (rekonstrukcije, popravci i održavanje). Prema namjeni građevine su podijeljene na:

- zgrade i
- ostale građevine.

Zgrade su stalne građevine (nad i pod zemljom) koje imaju krovište, izgrađene su kao samostalne upotrebne cjeline koje pružaju zaštitu od vremenskih i drugih vanjskih utjecaja, a namijenjene su za stanovanje, obavljanje neke djelatnosti ili za smještaj i čuvanje životinja, robe, opreme za različite proizvodne i uslužne aktivnosti.

Ostale građevine su građevine koje nisu zgrade, npr. ceste, mostovi, željezničke pruge, zrakoplovne staze, magistralni i lokalni cjevovodi, električni i telekomunikacijski vodovi, brane, elektrane, luke, različiti objekti za rudarstvo i prerađivačku industriju i slično.

U slučaju da građevinska djelatnost nije osnovna djelatnost poslovnog subjekta izvješće se daje za dio poslovnog subjekta (izvođač radova) koji obavlja građevinsku djelatnost. Daju se podaci samo za radove koji se ostvare s vlastitim radnicima. Pod tim se podrazumijevaju svi radnici bez obzira na to radi li se o radnom odnosu na određeno ili neodređeno vrijeme, ugovoru o radu ili o nekom drugom obliku dogovora. Isto tako se iskazuje vrijednost ugovorenih radova samo za radove koje se namjerava ostvariti s vlastitim radnicima.

U nastavku je dana klasifikacija za građevine u elektroprivrednoj djelatnosti:

1. ZGRADE

12 Nestambene zgrade

- 12 122 1220 Uredske zgrade
- 12 125 Industrijske zgrade i skladišta
- 12 125 1251 Industrijske zgrade: elektrane, rezervoari, skladišta
- 12 125 1252 Rezervoari za ulje i plin, tankovi, natkrivena skladišta na otvorenom

2. OSTALE GRAĐEVINE

21 Prometna infrastruktura

- 21 215 Luke, plovni kanali, brane i ostali hidro građevinski objekti
- 21 215 2152 Brane i slične konstrukcije za potrebe hidroelektrana, nasipe, ustave (2151) i hidroelektrane (2302)

22 Cjevovodi, električni i komunikacijski vodovi

- 22 221 Magistralni električni i komunikacijski vodovi
- 22 221 2214 Međugradski električni vodovi visokog i srednjeg napona, transformatorske stanice i podstanice, gradske električne vodove za distribuciju električne energije i pomoćne instalacije
- 22 221 2224 Lokalni električni kabeli, transformatorske stanice i podstanice

23 Složene građevine na industrijskim prostorima

- 23 230 Elektrane
- 23 230 2302 Objekti i oprema za proizvodnju električne energije: hidroelektrane, termoelektrane na ugljen, nuklearne elektrane, vjetroelektrane, objekti i postrojenja za obradu i preradu nuklearnog materijala, spalionice smeća, brane (2152), električne vodove uključujući transformatorske stanice i podstanice (2214).

Ova klasifikacija primjenjuje se od 29. siječnja ove godine tj. od dana kada je objavljena.

Sb

POMOĆ NORVEŠKE ZA OBNOVU ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA U HRVATSKOM PODUNAVLJU

Krajem siječnja potpisan je ugovor o donaciji vrijedan 2 milijuna američkih dolara između norveške tvrtke ABB Kraft i Hrvatske elektroprivrede. Tim novcem financirat će se izgradnja i opremanje 48 transformatorskih stanica, tj. obnova elektroenergetske mreže u hrvatskom Podunavlju odnosno u istočnoj Slavoniji, Baranji i zapadnom Srijemu. Opremu vrijednu oko 30 % ugovorenog iznosa isporučit će norveška tvrtka. Izvođenje potrebnih radova i isporuku preostale opreme izvršit će hrvatske tvrtke.

Sb

IZ PROGRAMA RADA HRVATSKE GOSPODARSKE KOMORE ZA 1998. GODINU

Praćenje i poticanje aktivnosti svih gospodarskih djelatnosti odvija se putem sektora Hrvatske gospodarske komore. Praćenje podataka o proizvodnji, izvozu, uvozu i potrošnji energije i energenata te utjecaja europskog i svjetskog tržišta na hrvatsko elektroenergetsko tržište i tržište energenata obavlja Sektor za energetiku, zaštitu okoliša i sustav kvalitete. Uz sektore važnu ulogu u ostvarivanju programa rada imaju strukovna udruženja osnovana po pojedinim srodnim djelatnostima i strukovne zajednice. Prema programu rada u 1998. godini (HGK Info br. 70 od 16. prosinca 1997.) za Sektor energetike, zaštitu okoliša i sustav kvalitete planiraju se slijedeće aktivnosti:

1. Energetika

- Koordiniranje i poticanje rada Udruženja energetike: razmjena informacija među članicama, izrada strategije hrvatskog energetskog sektora s naglaskom na regionalnom planiranju.
- Pripremanje i održavanje stručnih predavanja o aktualnoj energetskoj problematici po županijskim komorama.
- Nastavak suradnje s Energetskim institutom Hrvoje Požar, vladinim i nevladinim organizacijama te najznačajnijim gospodarskim subjektima u zemlji na izradi Nacionalnog energetskog programa "MIEE - Mreža industrijske energetske efikasnosti".
- U suradnji s vladinim institucijama, znanstvenim i stručnim organizacijama nastavak rada na pripremama te organizaciji domaćih i međunarodnih stručnih skupova.

2. Zaštita okoliša

- Suradnja s nadležnim državnim tijelima u donošenju zakonskih i podzakonskih akata, kao i s nevladinim organizacijama koje se bave zaštitom okoliša.
- Primjena i provedba zakona, pravilnika i uredbi, praćenje razvitaka novih tehnologija i istraživanja.
- Upoznavanje gospodarstvenika sa zakonskim obvezama i svjetskim iskustvima na području zaštite okoliša te međunarodnim sustavima upravljanja okolišem.
- Uspostava sustava za provedbu pravilnika o postupanju s ambalažnim otpadom preko komunalnih službi.
- Rad na uspostavi i primjeni Nacionalnog programa za sigurno gospodarenje kemikalijama.
- Suradnja na provedbi projekta čistije proizvodnje u Hrvatskoj s inicijativnim odborom za čistiju proizvodnju i Agencijom za posebni otpad.
- Suradnja s Državnim zavodom za normizaciju i mjeriteljstvo u Tehničkom odboru TO 207 - Upravljanje okolišem, na uspostavi hrvatskih normi u području zaštite okoliša, u skladu s međunarodnim normama niza ISO 14000.

3. Sustav kvalitete

- Pokretanje i razrada programa obrazovanja na području osiguranja kvalitete.
- Izrada studije s elementima za realizaciju sustava obrazovanja, koja će sadržavati ciljeve, namjenu, populaciju, organizacijske oblike, cijenu i partnere za realizaciju.

- Osnivanje Vijeća za kvalitetu u HGK koje bi stvorilo osnovu za poticanje nacionalnog programa za osiguranje kvalitete, nacionalne nagrade za kvalitetu kao i sustavno praćenje potreba, osmišljavanje politike kvalitete, te razvitak i koordinacija osnovnih i viših sustava za upravljanje kvalitetom.
- Nastavak promicanja motiviranosti za uvođenje sustava osigu-

ranja kvalitete po županijskim komorama, promicanje integriranih sustava kvalitete (okoliš, zaštita na radu i dr.), organizacija jednodnevnih i višednevnih seminara, održavanje popisa tvrtki koje djeluju na području osiguranja kvalitete, kao i praćenje i suradnja s državnim ustanovama (DZNM, Ministarstvo gospodarstva) i strukovnim organizacijama (HDK, HMD).

Sb

ISPRAVAK

U "Energiji" br. 5/97. u članku OSNOVE OPTIČKIH KOMUNIKACIJA - I. dio: PRIJENOS OPTIČKOG SIGNALA SVJETLOVODNIM VLAKNOM autora mr. sc. Dubravka Sabolića, pogrešno su otisnute neke riječi i simboli. Pogreške navodimo prema stranicama:

str. 320, 3. redak nakon formule (4): umjesto riječi *privatni* treba stajati *prihvatni*.

str. 320, slika 1: umjesto oznaka za kuteve O_0 i O_1 trebaju stajati θ_0 i θ_1 .

str. 321, formula (10):

- 4. izraz umjesto $j\omega\epsilon E_x$ u njemu treba biti $j\omega\epsilon E_x$.

- 5. i 6. izraz: umjesto oznaka ∂_z i ∂_x trebaju stajati ∂z i ∂x . Ovakva greška učinjena je više puta kroz tekst.

str. 321, 9, 10. i 11. redak nakon formule (10): umjesto oznaka H_z , H_y i E_z trebaju stajati H_z , H_y i E_z .

str. 321, 4. redak odjeljka *TE modovi*: umjesto ∂_x treba biti ∂x .

str. 321, formula (16): umjesto $V = ka \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = ka \eta_A = 2\pi(a/\lambda) \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$, treba pisati:

$$= ka \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = ka \eta_A = 2\pi(a/\lambda) \sqrt{n_1^2 - n_2^2}.$$

str. 322, 1. redak nakon slike 3: umjesto $v < \pi/2$ treba biti $V < \pi/2$.

str. 322, slika 4: umjesto oznake za $T_y(x)$ treba biti $E_y(x)$.

str. 323, cijeli lijevi stupac teksta: svugdje gdje krivo piše J_ν ili K_ν , treba pisati J_ν , tj. K_ν .

str. 324, odlomak poslije formule (28): umjesto ... gdje je α stupanj ..., treba pisati ... gdje je α stupanj ...

str. 324, 3. redak nakon slike 7: umjesto $x(t)=d(t)$ treba biti $x(t)=\delta(t)$.

str. 324, formula (31): u integralu $\int_{-\infty}^{\infty} (t^2 h(t)) \cdot dt$ postoji jedna zagrada viška, pa on treba glasiti: $\int_{-\infty}^{\infty} t^2 h(t) \cdot dt$.

a u broju 6/97. u članku OSNOVE OPTIČKIH KOMUNIKACIJA - II. dio: GENERIRANJE, DETEKCIJA I POJAČANJE SVJETLOVODNIH IMPULSA U DIGITALNIM PRIJENOSNIM SUSTAVIMA istoga autora potkrale su se dvije tiskarske pogreške:

str. 390, formula (8): umjesto navedenog izraza treba stajati:

$$I(f) = \frac{A_{mn}}{B_{nm} \exp(hf/kT) - B_{nm}} \quad (8)$$

str. 393, formula (15): umjesto navedenog izraza treba stajati:

$$B_L = 2\pi R_\varphi \quad (15)$$

Autoru se ispričavamo, a čitatelje molimo da ovim ispravcima posvete pozornost.

Uredništvo

STATIČKI KONDENZATOR ZA VJETROELEKTRANE

Korištenje energije vjetra je u porastu. Na pogodnim se mjestima često podiže grupa vjetroelektrana tzv. park ili farma vjetrenjača. Time se stvara velika koncentracija energije s obzirom na redovno slabu i perifernu električnu mrežu što u priključnoj točki bitno mijenja osobine mreže, ukoliko se ne osigura potrebna kompenzacija.

U jesen 1997. godine u Danskoj je stavljen u pogon park vjetrenjača Rejsby Hede gdje je montiran statički kompenzator s posebnom regulacijom za dobavu jalove snage. Pogon je pokazao da je ugradnja takvog kompenzatora u priključnoj točki vrlo učinkovita. Asinkroni generatori vjetrenjača trebaju pri proizvodnji djelatne snage i jalovu snagu. Ukoliko se jalova snaga dobavlja iz mreže, dolazi do velikih kolebanja napona i dodatnih gubitaka.

U spomenutom parku vjetrenjača svaki generator ima kompenzator koji dobavlja potrebnu jalovu snagu u praznom hodu, ali kad generatori proizvode djelatnu snagu poraste i potreba jalove. Kompenzirati ovu jalovu snagu na svakom generatoru bilo bi preskupo, pa je najekonomičnije rješenje za cijeli park ugraditi u priključnoj točki zajednički statički kompenzator koji uz odgovarajuću regulaciju može davati dinamičku jalovu snagu. Time se električna mreža rasterećuje kolebanja napona i dodatnih gubitaka. U danskom postrojenju primijenjena regulacija proizvodnje jalove snage bazira se na poluvodičima s mogućnošću isključivanja. Ova tehnika ima prema konvencionalnoj tiristorskoj tehnici u pogonu pri nižim naponima znatnih prednosti.

ETZ, god. 118(1997), br. 20

Mrk

NOVA ELEKTRANA-TOPLANA U BERLINU

U rujnu 1997. godine puštena je u pogon, nakon samo 33 mjeseca gradnje, najmodernija elektrana-toplana u samom središtu Berlina. Ukupne su investicije iznosile oko 600 milijuna DEM. Postrojenje raspolaže električnom snagom od 380 MW i isto tolikom toplinskom snagom. U pravilu elektrana-toplana troši zemni plin, a iznimno lako loživo ulje. Emisije štetnih plinova su minimalne, a grijanjem iz ove toplane okoliš se rasterećuje godišnje za oko milijun tona CO₂. Mogućnosti grijanja je 60.000 stanova. Sada je priključeno 35.000 stanova i 250 poslovnih i javnih zgrada. Novo je postrojenje sagrađeno na mjestu starog, koje nakon sjedinjenja Berlina u jedinstven grad više nije zadovoljilo. Kako je stara toplana morala raditi do završetka nove, moralo se tijekom gradnje svladati znatne poteškoće koje su otežale gradnju. Ne samo da je ovo novo postrojenje najmodernije, u tehničkom smislu, u Europi, a možda i u svijetu, već su se graditelji pobrinuli da i vanjska arhitektura bude na visokoj razini.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 21

Mrk

NAJVEĆA HIDROELEKTRANA NA RIJECI YANGTZE

Kina gradi na svojoj najvećoj rijeci Yangtze, u provinciji Hubei, najveću hidroelektranu na svijetu, koja bi u konačnoj izgradnji imala snagu od 18.200 MW. Gradnja brane započela je 1993. godine. Ona se ne gradi samo zbog potrebe hidroelektrane već i kao zaštita od poplava. Prvih 6 turbina i generatora, snage po 700 MW isporučit će kanadsko-njemački konzorcij. Prvi bi agregat imao ići u pogon 2003. godine. Elektrana će električnom energijom

(u konačnici 80 TWh godišnje) opskrbljivati i istočni dio Kine.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 21

Mrk

POVEĆANA PROIZVODNJA MALIH VODNIH TURBINA

U nastojanju da se što više koristi izvore obnovljive energije, grade se danas hidroelektrane i na manjim vodenim tokovima. To se osjeća kao povećana potražnja opreme za male hidroelektrane. Koncern Voigt (osnovno poduzeće Voigt - St. Pölten, Austrija) prisutan u svijetu u izgradnji velikih hidro-energetskih postrojenja, razvio je veliku djelatnost i u području standardnih i malih vodnih turbina.

Znatna je razlika u proizvodnji velikih jedinica npr. turbine snage 740 MW za brazilsku hidroelektranu Itaipu, gdje promjer rotora iznosi 8,4 m, i malih turbina do 5 MW s promjerom rotora od 1 m do 2 m. Velike jedinice snage preko 500 MW stavljaju standardne i male turbine doduše u drugi plan, ali se i to područje projektiranja i proizvodnje opreme ne može zanemariti, jer je potražnja u porastu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 21

Mrk

SOLARNE ČELIJE ZA POKRIVANJE KROVA

Kako bi se primjena fotovoltaičkih sunčevih ćelija što više proširila, industrija daje tržištu fotovoltaičke ćelije za različite mogućnosti ugradnje. Tvrtka Atlantis Energie iz Hamburga dala je tržištu tip fotovoltaičke ćelije nazvane "Sunlates", to je ćelija ugrađena u betonsku ploču koja ujedno služi za pokrivanje krova. U betonsku ploču, pojačanu vlaknima, ugrađen je solarni modul. Ćelija je umetnuta u stabilni i elastični materijal od plastične mase. Ovakav element ustakljen i podložen aluminijskim folijama vrlo je trajan i vrlo otporan protiv atmosferskih utjecaja. Posebna nosiva konstrukcija nije potrebna, jer se betonske ploče, s ugrađenim fotovoltaičkim ćelijama, učvršćuju kukama za konstrukciju krova. 10 m² "Sunlates" ploča daju vršnu snagu od 1 kW. Ugrađene na južnoj strani kosog krova (30°) mogu godišnje dati 750 kWh (njemačke prilike). Pod pretpostavkom da uređaj radi 30 godina, proizvedenom električnom energijom u ćelijama, umjesto u termoelektrani, atmosfera se rasterećuje za 20 t CO₂.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 21

Mrk

KOGENERATIVNA ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Njemački proizvođači električne energije stalno su unapređivali korištenje izvora obnovljive energije (vodu, vjetar, sunce, smeće) za proizvodnju struje. Broj elektrana koje troše obnovljive energente stalno raste, kao i njihova instalirana snaga, ali taj porast ne slijedi i količina proizvedene električne energije. Prema podacima udruge njemačkih elektrana (VDEW), u Njemačkoj je iz obnovljivih izvora proizvedeno 1996. godine ukupno 21,1 milijarda kWh. To je razmjerno mala proizvodnja, jer godina nije pogodovala niti vodom niti vjetrom. Godine 1995. proizvedeno je 24 milijarde kWh, premda su u međuvremenu izgrađene nove elektrane. Snaga elektrana koje koriste obnovljivu energiju, a priključene su na javnu električnu mrežu, više je povećana kod privatnika nego u vlasništvu elektroprivrede, što se vidi iz priložene

tablice. Ukupna snaga u razdoblju od 1992. godine do 1996. povećana je za 18 %.

Udio električne energije iz regenerativnih elektrana, u ukupnoj potrošnji iz javne električne mreže, kretao se: 1994. udio 4,7 %, 1995. 5,2 %, a 1996. 4,5 %.

Snaga regenerativnih elektrana prema vrsti energenta prikazana je u MW u priloženim tablicama.

Snaga regenerativnih elektrana u vlasništvu elektroprivrede u MW

Godina	Voda	Vjetar	Sunce	Smeće	Biomasa	Ukupno
1992	4049	96,3	2,0	550	39,6	4677
1994	4076	49,0	2,5	499	52,0	4679
1996	4071	59,1	3,0	551	59,1	4756

Snaga regenerativnih elektrana u privatnom vlasništvu u MW

Godina	Voda	Vjetar	Sunce	Biomasa	Ukupno
1992	440,1	146,1	2,7	187,5	776,4
1994	452,8	582,6	7,9	223,3	1266,6
1996	492,4	1486,3	14,2	284,8	2277,7

ETZ, god. 118(1997), br. 21

Mrk

GOSTI DOCENTI INTERNACIONALIZIRAJU VISOKO ŠKOLSTVO

U zimskom semestru 1997. na njemačkim visokim školama predaje 33 renomirana znanstvenika iz inozemstva i time doprinose internacionalizaciji visokog školstva. Ovakvu suradnju omogućuje program Njemačke službe akademske razmjene (DAAD) u Bonu. Posljednjih nekoliko mjeseci ta je organizacija primila 130 ponuda iz inozemstva. Program teče do kraja 2000. godine, a otvoren je za sva naučna područja.

ETZ, god. 118(1997), br. 22

Mrk

HIDROELEKTRANA CABORA BASSA OPET U PUNOM POGONU

Hidroelektrana Cabora Bassa, na rijeci Zambezi u Mozambiku, ponovno je u punom pogonu (vidjeti: Energija, god. 41(1992), br. 5). Prva je etapa elektrane proradila 1977., a završena je 1979. u ukupnoj snazi od 9 x 400 MW. Glavni joj je konzument bila Južnoafrička Republika s kojom je bila vezana visokonaponskim istosmjernim dalekovodom (533 kV, duljine 1420 km. Terminalna usmjerivačka stanica Apollo nalazi se u blizini Johannesburga. Godine 1981. dalekovod je u građanskom ratu onesposobljen, a prijenos u Južnoafričku Republiku je prekinut. Time se hidroelektrana mogla iskoristiti samo oko 1 % svoje snage za okolinu konzuma. Naravno da je takvo stanje izazivalo samo gutbitke. Nakon prestanka neprijateljstava dalekovod je osposobljen a visokonaponske usmjerivačke terminalne stanice uređene i modernizirane, pa je ponovo omogućen prijenos snage od 1920 MW.

U usmjerivačke uređaje, prije prekida, ugrađeni su tiristori zapornog napona 1,65 kV i prolazne struje od 900 A, dok su tijekom modernizacije zamijenjeni tiristorima 5,5 kV i 400 A i 8 kV, 2500 A. Impulsi paljenja tiristora ne prenose se više magnetski već optički i time je iskorišten međuvremeni napredak tehnike.

ETZ, god. 118(1997), br. 21

Mrk

BRZO PUNJENJE BATERIJA ELEKTRIČNIH VOZILA

Elektrovozila još uvijek imaju poteškoća da se uklope u redovan promet. između ostalog i još su premale daljine koje se mogu svladati jednim punjenjem baterija, a osim toga punjenje predugo traje. Time ispada da je dnevno iskorištenje koliko i doseg vozila jednim punjenjem.

Uređaj montiran u Berganu na otoku Rügen (njemački dio Baltika) uz benzinsku crpku (Vidjeti: Energija, god. 46(1997), br.5 "Projekt Rügen za električna vozila"), pokazao je da je sa strane usmjerivača, strujne, mjerne i kontrolne tehnike riješeno pitanje brzog punjenja baterija i da uređaj može ići u serijsku proizvodnju.

Priključak uređaja montiranog u Bergenu udešen je za punjenje baterija različitih tipova. Usmjerivač daje snagu do 60 kW uz napon do 300 kV. Kao kod benzinskih crpki, punjenje baterija vrši se posredstvom magnetskih kartica. Cijeli se obračun obavlja automatski s upravljanjem na daljinu. Brzim se punjenjem omogućuje da električno vozilo prevali dnevno i do 300 km.

ETZ, god. 118(1997), br. 22

Mrk

RAD U SKRAĆENOM RADNOM VREMENU U EU

Prema statističkim podacima u 15 zemalja EU u 1996. godini, u prosjeku 16 % svih uposlenih radilo je u skraćenom radnom vremenu. Mnogima takav način rada odgovara jer se mogu više posvetiti privatnim poslovima i obvezama npr. obitelji, doškolaivanju i slično. Svakako treba spomenuti da takav način rada odgovara najviše ženama.

Postotak uposlenih koji rade u skraćenom radnom vremenu vrlo je različit u pojedinim zemljama EU. Dok je najveći postotak takvih uposlenika u Nizozemskoj (38% od ukupno uposlenih), V. Britaniji (29%) i Švedskoj (23%), a razmjerno je malen postotak u Španjolskoj (8%), Luxemburgu (8%), Italiji (7%) i Grčkoj (5%).

ETZ, god. 118(1997), br. 22

Mrk

RACIONALIZACIJA U NJEMAČKOJ ELEKTROPRIVREDI

Njemačka se elektroprivreda racionalizacijom sprema za budući sustav slobodne trgovine energijom. Od 1991. godine do 1996. broj osoblja smanjen je za 18 % i to najviše u istočnom dijelu zemlje. Produktivnost je porasla za 25 %. Dok je u godini 1991. na jednog uposlenog dolazilo 2,1 GWh prodane električne energije, u 1996. ta se količina povećala na 2,5 GWh.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 23

Mrk

SLOBODNO ELEKTROENERGETSKO TRŽIŠTE I OBNOVLJIVA ENERGIJA

Jedan od dužnosnika Udruge njemačkih elektrana (VDEW) izjavio je na nedavnoj konferenciji za tisak, da će njemačka elektroprivreda biti oštećena potpomaganjem korištenja obnovljivih energija na temelju zakona o davanju električne energije u javnu mrežu. Taj zakon nije primjeren budućem sustavu slobodne tržišne utakmice u energetici. Uzimajući u obzir strane konkurente i proizvođače električne energije u industriji elektroprivreda neće biti u prednosti. Navedeni zakon morao bi biti zamijenjen zakonom koji uvažava buduće slobodno tržište i podiže njegovu učinkovitost.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 22

Mrk

NOVI TIP LOPATICA ZA PARNE TURBINE

Prema podacima koje je objavila tvrtka Siemens KWU, tvrtka je razvila novi tip lopatica parnih turbina (oznaka 3DV), prvi takav u svijetu, kojim se osjetno povećava učinkovitost. Ovakve se lopatice ugrađuju u visokotlačne i srednjetačne turbine sviju snaga, bilo u novoizgrađene i obnovljene. Kao primjer izneseno je da se ugradnjom novih lopatica u turbinsku jedinicu od 660 MW dobiva dodatnih 3 MW. Godišnja ušteda na gorivu za jednaku snagu iznosi 5600 t ugljena, a atmosfera se olakšava za oko 12.500 t ugljičnog dioksida. Novi će se tip turbina isporučivati od 1999. godine

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 22

Mrk

DESET NAJVEĆIH NJEMAČKIH ELEKTROPRIVREDNIH PODUZEĆA

Deset najvećih njemačkih elektroprivrednih poduzeća dobavlja 40 % sveukupno potrebne električne energije u zemlji. Najveće je poduzeće RWE sa sjedištem u Essenu. U priloženom pregledu navedena su velika elektroprivredna poduzeća sa sjedištima i prodanom električnom energijom potrošačima u 1996. godini.

RWE Energie - Essen	127 TWh
Preussen Elektra AG, Hannover	62 TWh
Veag Vereinigte Energiewerke AG, Berlin	50 TWh
Beyernwerk AG, München	39 TWh
VEW Energie AG, Dortmund	34 TWh
Badenwerk AG, Karlsruhe	21 TWh
Energieversorgung Schwaben AG, Stuttgart	21 TWh
Ham. Elektrizitätswerke AG, Hamburg	14 TWh
Berliner Kraft und Licht (Bewag) AG, Berlin	14 TWh
Energieversorgung Ostbayern AG, Regensburg	12 TWh

Navedene je podatke objavila Udruga njemačkih elektrana (VDEW) iz Frankfurta na M.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 22

Mrk

MJESEČNI RAČUN KUĆANSTAVA ZA ELEKTRIČNU ENERGIJU

Cijena električne energije za kućanstva vrlo je različita u pojedinim državama Europe, pa su i mjesečni računi za elektriku vrlo različiti. Prema švicarskim podacima te su cijene za švicarska kućanstva među nižima i Europi, što se vidi iz danog pregleda. Uzme li se u prosječni godišnji potrošak od 3500 kWh po kućanstvu, onda mjesečni račun, u švicarskim francima iznosi:

Finska	35 CHF	Španjolska	89 CHF
Švedska	40 CHF	Portugal	99 CHF
Švicarska	58 CHF	Italija	129 CHF

Stvarno u mjesečnim računima nema toliko razlike, jer sjeverne zemlje troše mnogo više električne energije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 23

Mrk

SIEMENS OSVAJA AZIJSKO TRŽIŠTE

Tvrtka Siemens ugovorila je gradnju prve privatne termoelektrane u Južnoj Koreji. To će biti kombinirana elektrana s plinskim i parnim turbinama, na pogon zemnim plinom, snage 500 MW. Gradi se južno od glavnog grada Seula, a kompletni se završetak planira 2001. godine. Prema podacima izvođača iskoristivost će

elektrane biti 58,8 %. Pozicija tvrtke na azijskom području jača, a samo posljednjih nekoliko mjeseci ugovori za gradnju elektrana u tom području dosegli su snagu od 7000 MW.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 23

Mrk

EUROPSKE NORME ZA DALEKOVODE

U europskoj organizaciji za norme u elektrotehnici Cenelec (Comit(Europ(en de Normalisation El(ctrotechnique) izrađene su europske norme (EN) za dalekovode napona iznad 45 kV, koje će uskoro zamijeniti nacionalne norme europskih država pa i poznate njemačke propise DIN VDE 0210/12.85. Već su sastavljeni prednacti EN i razaslani stručnjacima pojedinih zemalja na diskusiju i mišljenje. Ovo je jedan od postupaka koji su potrebni s obzirom na buduće europsko slobodno energetske tržište i slobodnog prometa roba i osoba.

EN su regionalne, ali su koliko je to moguće sukladne s međunarodnim normama ISO i IEC. Norme izdane od Ceneleca preuzete su 85 % od normi IEC, a tek 15 % je prerađeno. Za dalekovode IEC je izdao norme IEC 826 izrađene na principima probabilistike i služi kao temelj nacionalnih normi. Predviđeno je da nove EN imaju tri dijela:

1. Glavni dio obvezatan je za sve zemlje. On propisuje osnove s podacima i proračunima općeg značenja. Spomenuti prednact sadrži upravo taj dio.
2. Indeks je dio koji neće obrađivati tehnička pitanja, već daje pregled podataka iz nacionalnih propisa sadržanih u trećem dijelu.
3. Ovaj dio sadrži specifičnosti propisa pojedinih zemalja koji vrijede u dotičnim zemljama, a za ostale su informativni. Definirane bi bile specifičnosti propisa pojedinih zemalja, eventualna odstupanja od EN i posebne dopune u svezi s klimatskim i geografskim uvjetima.

Potrebno je posebno spomenuti novi koncept projektiranja čeličnih rešetkastih stupova. Uvest će se novi način proračuna nosivosti stupa sukladno europskom napretku u gradnji čeličnih konstrukcija uzimajući u obzir granična opterećenja. Stručnjaci smatraju da ovaj novi koncept neće bitno utjecati na profile i težine stupova, a time i na cijenu. U Njemačkoj, bez obzira na EN, predviđena je modernizacija projektiranja čeličnih konstrukcija i izmjena starih propisa. Prema planu EN za dalekovode morale bi biti gotove i uvedene za dvije godine. Time će npr. u Njemačkoj prestati vrijediti već spomenuti DIN VDE 0210/12.85.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 23

Mrk

IZGRADNJA PRIJENOSNE MREŽE ZA HIDROELEKTRANU "TRI KLISURE" U KINI

U gradnji je jedna od najvećih hidroelektrana u svijetu na rijeci Yangze u Kini. Kad budu završene sve faze izgradnje 2009. godine hidroelektrana Three Gorges će imati ukupni kapacitet 18.200 MW (vidjeti: *Energija*, 47(1998), br. 1). Za prijenos tako velike snage potrebno je također izgraditi i novu prijenosnu mrežu. Za izgradnju ove prijenosne mreže Kina će potrošiti oko 7,3 milijarde američkih dolara u idućih deset godina. Naime, potrebno je izgraditi oko 9.100 km dalekovoda u razdoblju od 1998. do 2008. godine. Dvije trećine kapaciteta elektrane ići će u centralnu Kinu. Snaga od 4.200 MW prenosit će se u istočnu Kinu. Susjedno područje Chongqing će dobiti 2.000 MW. Planira se da će 13 od 15 biti 550 kV izmjenična veza, dok će preostale dvije biti istosmjerna veza. Većina opreme za dc bit će uvezena.

Hidroelektrana Three Gorges (Tri klisure) početak će proizvodnju 2003. godine kada će biti izgrađena prva faza. Država je odredila

nagradu za potrošače električne energije u Shanghai-u i provincijama Yiangsu, Zheijang, Sichuan, Anhui i Hunan. Zbog izgradnje brane morat će se preseliti oko 400.000 stanovnika u susjedna područja.

Internet, www.dmg.co.uk/powerlines/, 1997/11/18

DK

JAPAN PRODAJE TEHNOLOGIJU SPALJIVANJA SMEĆA

Japansko poduzeće Electric Power Development Co. (EPDC) planira prodaju tehnologije za proizvodnju električne energije iz otpada. Potencijalni kupci su lokalna uprava. Glasnogovornik poduzeća EDPC, koje je dvije trećine u vlasništvu vlade, izjavio je da se gradi, uz trošak od 30,7 milijuna američkih dolara, pokusna elektrana u zapadnom Japanu kraj grada Kitakyushu. Ova elektrana proizvodit će električnu energiju koristeći gorive derivate iz smeća koji nastaju od smeća kućanstva. U travnju ove godine ova tehnologija se plasira na tržište. Nova tehnologija može značajno smanjiti emisiju CO₂, visokootrovne nusprodekte nekih industrija te spaljivati otpad. I ovo bi trebao biti korak prema planiranoj privatizaciji u idućih pet godina. Naime, vlada drži većinski udio u poduzeću EPDC. Preostali dio je u vlasništvu japanske elektroprivrede uključujući i Tokyo Electric Power Co.

Power in Asia, 28 July 1997.

DK

INTEGRACIJE SUSTAVA - PRIBLIŽAVANJE CENTRELA I SUDELA

Ukupna godišnja potrošnja električne energije članica SUDEL-a (Italija, Austrija, Hrvatska, Crna Gora, BiH, Srbija, Makedonija i Grčka) iznosi oko 410 TWh (slika 1.). Članice CENTREL-a Poljska, Češka, Slovačka i Mađarska) troše oko 210 TWh godišnje. CENTREL je na svojoj skupštini krajem studenog prošle godine raspravljao o zaključku UPTA-a, da se CENTREL nakon uspješnog pokusnog pogona uključi trajno u interkonekciju. No rasprava o njihovom statusu kao člana UCPTE je odložena.

Na sastanku predsjednika CENTREL-a i SUDEL-a iznesene su glavne značajke i statutarne pojedinosti unije SUDEL u svrhu tješnje međusobne tehničke povezanosti. Tješnju međusobnu suradnju omogućuje zaključak skupštine UCPTE, od 17. listopada prošle godine na Bledu, da mreža elektroenergetskog sustava CENTREL-a postaje dio mreže interkonekcije UCPTE-a. Tako su unije postale susjedi, odgovorni za regionalno rješavanje pitanja pogona i unapređenja regionalnog pogona. Istina je da postoje veće razlike u organiziranosti obiju unija, a različiti su i neki ciljevi, što proizlazi i prethodnog razvoja obiju unija. CENTREL ima nasuprot SUDEL-u svoj operativni koordinacijski centar u Varšavi, dok su članice SUDEL-a pojedinačno uključene u UCPTE. Unatoč toga po navodima predsjednika SUDEL-a postoji potreba i mogućnost za intenzivnijom suradnjom kao i za njezinim formalnim konstituiranjem. Inicijativa predsjednika SUDEL-a sa zaključkom CENTREL-a razmatrat će se na skupštini SUDEL-a u lipnju ove godine. Do tada će obje unije temeljem dogovora njihovih predsjednika postupno usaglašavati svoje stavove i stručno surađivati na svim važnijim dodirnim točkama. CENTREL se posebno obvezao da će sudjelovati kod ponovnog uključivanja jugoistočnih dijelova konekcije (Srbija, Crna Gora, Makedonija i Grčka) u matični dio UCPTE-a, što je i glavni zadatak SUDEL-a.

Naš stik, december 1997.

DK

SKORO 100 % ISKORIŠTENJE NE KRŠKO U STUDENOM 1997.

U studenom prošle godine nuklearna elektrana Krško proizvela je 444 tisuće Mwh, što predstavlja 99,5 % raspoložive snage. Ispust vode u Savu povećao je temperaturu rijeke za 1,4 °C, što je ispod dozvoljene granice od 3 °C. Također emisije plinskih i tekućih radioaktivnih tvari su bile u dozvoljenim granicama. Tijekom mjeseca studenog prošle godine uskladišteno je novih 49 bačvi sa radioaktivnim otpadom.

Naš stik, december 1997.

DK

NOVI KONCEPT ABB-OVE VISOKONAPONSKE PODSTANICE

Nekoliko tvornica koncerna ABB koje proizvode raznu visokonaponsku opremu razvilo je novi koncept visokonaponske podstanice tzv. IAIS concept (Intelligent Air-Insulated Substation). Ove podstanice prikladne su za mala naselja jer su smanjenih dimenzija, male težine, zahtijevaju minimalno održavanje, ali postižu visoku učinkovitost i pouzdanost. Tijekom razvoja ovog koncepta dodatno su razvijeni i inženjerski alati koji omogućuju kraće vrijeme projektiranja.

Podstanica je namijenjena za vanjsku izvedbu za razinu napona od 110 do 550 kV. Srce podstanice čini super brzi procesor za komunikaciju između rasklopišta i kontrolnog sustava. Pri razvoju ovog koncepta trebalo je uzeti u obzir brze promjene opterećenja u industriji, te se prilagoditi potrebama tržišta. Svi elementi podstanice su rezultat primjene najnovije tehnologije (optička vlakna, modularni hardware i software, itd.). Modularnost omogućuje jednostavno proširenje prema potrebi. Kontrolni i zaštitni uređaji osiguravaju maksimum pouzdanosti.

ABB Review, 4/97.

DK

STRATEŠKI PLANOWI IEC

Međunarodna elektrotehnička komisija - IEC (International Electrotechnical Commission) objavila je 1993. godine svoj prvi strateški plan naziva Masterplan, gdje je bio prikazan strateški pogled na politiku i buduće djelovanje komisije. Kako je većina aktivnosti bila prema planu završena, 1996. godine donijet je drugi Masterplan sa rokovima aktivnosti do kraja ovog stoljeća. U tekstu Masterplana 1996 IEC poziva svoje članice među kojima je i Hrvatska da prionu realizaciji postavljenih ciljeva. U sažetom obliku dan je prikaz strategije.

1. Zamisao IEC jest da osigura najbolju moguću potporu i međunarodnoj trgovini kroz primjenu konsensusom usvojenih međunarodnih normi koje olakšavaju međunarodnu razmjenu dobara, te podižu kvalitetu života.
2. Nastojanja IEC su usmjerena na:
 - udovoljavanje zahtjevima efikasnosti svjetskog tržišta
 - osiguranje primjene IEC normi i sustava širom svijeta
 - osiguranje kvalitete proizvoda i usluga
 - povećanje efikasnosti industrijskih procesa
 - doprinos očuvanju zdravlja i sigurnosti ljudi
 - doprinos zaštiti okoliša
 - poboljšanje suradnje između državnih organizacija i vlada.
3. Utjecaj na okoliš odvija se kroz djelovanje na brojne čimbenike kao što su:
 - politički
 - poslovni
 - tehnološki
 - socijalni i ljudski čimbenici.

4. Strategija i ciljevi - Da bi se ostvario utjecaj na okoliš IEC je odredio svoje ciljeve i strategiju djelovanja kako je prikazano u nastavku.

<i>Ciljevi djelovanja</i>	<i>Način djelovanja</i>
Postojeća tehnologija	- podržavati visoku kvalitetu i primjerene norme za postojeće tehnologije
Primjena nove tehnologije	- prepoznati i prihvatiti nove tehnološke potrebe - koristiti TTA (Technology Trend Assessment) dokumentaciju kao prednormativne informacije - voditi industriju što je moguće bolje da IEC prethodi tehnologiji - pravovremeno uvesti PAS (Publicly Available Specifications) u IEC-ove procese normizacije
Sustavi	- usvojiti sustavni pristup kod srodnih tehnologija
Zaštita okoliša	- osigurati odgovarajuće standarde IEC norme za potrebe okoliša
Ocjena suglasnosti	- povećati ulogu IEC servisa za ocjenu sukladnosti kroz proširenje njegovog obujma i povećanje korištenja njegove pomoći
Organizacija	- povećati efikasnost nacionalnih komiteta u razvoju i primjeni IEC normi
Menadžment	- donošenje odluka učiniti procesom koji uvažava transparentno i izbalansirano predstavljanje
Tehnički poslovi	- osigurati veću tržišnu relevantnost i koherentnost IEC normi - osigurati radne procedure i mehanizme upravljanj aprojekta - olakšati poslovanje centralne službe
Centralne službe Nečlanovi i zemlje u industrijalizaciji Udruživanje na međunarodnom nivou	- podržati industrijalizaciju zemalja - dovršiti uređivanje odnosa sa Svjetskom trgovačkom organizacijom (WTO) - proširiti suradnju između IEC i njegovih međunarodnih partnera u području normizacije
Udruživanje na regionalnom nivou	- Maksimalno usvajanje IEC normi na regionalnoj razini
Udruživanje s ostalima	- naći nove mogućnosti za sudjelovanje u radu IEC
Promocija na tržištu	- promovirati svoje poslovanje da bi vlade postale svjesnije njegovog rada
Prodaja i podjela tržišta	- osigurati korisnicima jednostavan pristup IEC normama i podacima - uključiti nacionalne komitete u pouzdanu elektroničku razmjenu informacija
Financiranje	- osigurati kontinuitet adekvatnog financiranja

5. Provođenje i pregled situacije - Skupština IEC ovlastila je generalni komitet (GPC - General Policy Committee) da promatra, analizira i revidira zadatke Masterplana na temelju izvješća Centralne službe. Revizija se u pravilu rade svake tri godine prilikom izbora novog predsjednika.

IEC Masterplan 1996 - The IEC Strategy

DK

HE ASWAN 1 OBNOVLJENA NAKON TRIDESET-GODIŠNJEG RADA

Kasnih osamdesetih godina ovog stoljeća egipatska vlada se odlučila na radikalnu modernizaciju hidroelektrane Aswan 1, koja je već tada bila u pogonu više od 30 godina. Prema planu trebalo je obnoviti sedam jedinica turbina - generator, kompletnu električnu i hidromehaničku opremu. Zahtjev da ne smiju više od dvije jedinice biti izvan pogona za vrijeme obnove bio je izazov za izvođače radova. Sve je prošlo bez poteškoća i u kolovozu 1996. godine najveći projekt obnove u povijesti egipatske hidroenergetike bio je uspješno završen.

ABB Review, 4/1997.

DK

PARNI TURBINSKI BLOKOVI NAJVEĆEG KAPACITETA U SVIJETU U TE LIPPENDORF NA LIGNIT

Dva parna turbinska bloka, snage 933 MW svaki, koje je isporučio ABB termoelektrani na lignit u Lippendorfu u Njemačkoj predstavljaju vrhunac razvoja tehnologije elektrana na fosilna goriva. Osim postignutih visokih normi u izvedbi tu je i spremnost za rad pri visokim temperaturama. Prva blok jedinica počeo će s radom u 1999. godini. U punom pogonu termoelektrana će raditi s efikasnošću od 42,4 %, što joj omogućuje visoka tehnologija prvi puta primjenjena. Glavni elementi turbine načinjeni su od specijalnog toplinski otpornog čelika takve kvalitete da može izdržati i u najtežim uvjetima pogona.

ABB Review, 6/1997.

DK

NOVI SUSTAV ZA PROČIŠĆAVANJE ZRAKA U ELEKTRANI NA OTPAD "LUCERNE 2000"

Da bi udovoljilo zakonskoj regulativi za čisti zrak vodstvo elektrane na otpad u Lucernu raspisalo je ponudu za nabavu sustava za kontrolu zagađivanja zraka koji bi zadovoljio ovako rigorozne uvjete. Elektrana je bila opremljena elektrostatskim filterima i jednostepenim vodenim prečistačima. No novi sustav bi trebao sadržati još i stupanj za selektivno katalitičko odvajanje dušikovih oksida. Ugovor je sklopljen 1993. godine sa tvrtkom ABB Fläkt koja je novi sustav za kontrolu zagađivanja zraka i instalirala. Nakon probnog rada i testiranja u 1996. godini uređaj radi kontinuirano. Prednost su mu ne samo tehničke karakteristike već i povoljnija cijena.

ABB Review, 6/1997.

DK

TALIJANSKI EDISON SVEČANO STAVIO U POGON KOGENERACIJSKU TERMOELEKTRANU

Najveći talijanski nezavisni proizvođač energije EDISON stavio je u pogon kogeneracijsku elektranu na plin snage 125 MW, pa sada raspolaže s ukupno instaliranom snagom od 2400 MW. Kogeneracijsko postrojenje je smješteno u Porto Virou u provinciji Rovigo na Jadranskoj obali. Troškovi izgradnje iznosili su 80 milijuna američkih dolara. Proizvedenu energiju u novoj termoelektrani prodat će državnoj korporaciji Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL). Više od 90 tona pare na sat bit će prodano šećerani koja je vlasništvo tvrtke Montedison (podružnica Eridiana). U međuvremenu Edison se udružio s francuskim EdF i Fiatovom podružnicom da kontrolira gradsku elektroprivrednu organizaciju u Turinu. AEM Torino, prva talijanska elektroprivredna tvrtka koja se privatizira nudi 43 % svojih dionica.

Preostale dionice će biti prodane lokalnoj tvrtki Sondel i njemačkom RWE u aranžmanu "joint venture" te konzorciju lokalnog AEM Milan i švicarskom Atelu.

Global Private Power, 30/1997.

DK

LEŽAJEVI ZA SKLOP TURBINA-GENERATOR

Elinova tvornica strojeva i metalnih konstrukcija (M(S), locirana u Austriji, proizvodi i montira klizne ležajeve svih tipova i veličina. Do sada najveći proizvedeni klizni ležaj ima vanjski promjer 2800 mm i ukupnu nosivost 1300 tona u oba smjera rotacije. Ležajevi udovoljavaju zahtjevima vertikalnih brzohodnih hidrogneratora, ali i sporohodnih cijevnih hidrogneratora.

Hidro Review Worldwide, 11/1997.

DK

SUD ODBIJA ZAHTJEV ZA NAKNADU ZBOG ZATVARANJA NE BIBLIS U NJEMAČKOJ

Korporacija RWE ispostavila je zahtjev za naknadu štete za vrijeme zatvaranja NE Biblis na zahtjev Ministarstva za zaštitu okoliša. Usprkos zastoju, RWE Energie je podigla cijenu električne energije za 4,4 % do 29.7 biliona kWh u 1996/97 poslovnoj godini. Zbog niže cijene električne energije prihod je pao na 9,3 milijardi američkih dolara. Nakon odbitka poreza rezultat poslovanja je bolji za 344 milijuna američkih dolara u odnosu na 170,2 milijuna koliko je iznosio prethodne godine. Ovakav poslovni rezultat je najvećim dijelom posljedica konsolidacije organizacije u elektroenergetskom dijelu. Investicije u RWE Energie porasle su sa 400 milijuna na 1,66 milijardi američkih dolara. RWE-ova tvrtka iz Essena preuzela je 20 % dionica švicarske tvrtke Motor-Columbus.

Poslovodstvo RWE-a smatra da će i ove godine bit ponovljen uspjeh pod uvjetom da nuklearke ostanu u pogonu. Profitabilnost je najvećim dijelom porasla zbog ponovnog stavljanja u pogon nuklearke Biblis A. Prema izjavi poslovodstva male i srednje velike industrijske tvrtke mogle bi očekati jeftiniju opskrbu električnom energijom, ali kada, nije još odlučeno.

Electricity International, November 1997.

DK

VELIKI NAPREDAK U RAZVOJU LOPATICA PARNIH TURBINA

Siemens/KWU razvio je "revolucionarnu" novu generaciju lopatica parnih turbina s varijabilnim stupnjevima reakcije i najvišom iskoristivosti stupnja turbine. Uz trodimenzionalni oblik, ove lopatice sa oznakom 3DV odlikuju se stupnjevima reakcije koji se mogu pojedinačno izabrati za svaki stupanj. Time se postiže daljnje povećanje efikasnosti turbine, odnosno novog ali i obnovljenog postrojenja. S novim lopaticama kod visoko i srednjetačnih turbina efikasnost se može povećati do 1 % po cilindru turbine. Usljed različitih nominalnih vrijednosti pojedinih turbina i više temperature pregrijanja rastu s povećanom efikasnošću turbine te kod 600 MW turbine-generatora mogu dostići povećanje nominalne vrijednosti od skoro 3 MW bez ikakvog povećanja potrošnje goriva. Za novo postrojenje navedene nominalne vrijednosti ovo povećanje efikasnosti reducira potrošnju, jer je potrebno manje pare i prema tome manje goriva za istu snagu nego u slučaju upotrebe "starih" lopatica. Redukcija toplinskog dijela je 0,4 % za 660 MW jedinicu. Godišnja potrošnja ugljena prema tome je reducirana za oko 5600 metričkih tona kao i emisija CO₂ za oko 12 500 metričkih tona na godinu. Isto tako su

troškovi životnog vijeka aelektreane smanjeni za 10,5 milijuna DM. Očekuje se da će prve turbine s novim lopaticama biti spremne u 1999. godini.

World Power, November/December 1997.

DK

NORME ZA MJERENJE UNAPREĐENJA OKOLIŠA

Za organizacije koje se bore s određivanjem i mjerenjem svog utjecaja na okoliš, ISO razvija novu normu ISO 14031 za sustav ocjene performansi okoliša. Dok međunarodna norma za sustav upravljanja okolišem, ISO 14001, traži od organizacija da kontinuirano smanjuju utjecaj na okoliš postavljanjem i ostvarivanjem adekvatnih zadataka, nije rečeno kako odrediti performanse. Ovaj zadatak se odnosi na EPE program (Environmental Performance Evaluation), na postupke, interne procese gdje se kompariraju prošle i sadašnje performanse prema kriterijima okoliša. Za implementaciju EPE programa ISO razvija novu međunarodnu normu ISO 140031, koja će uputiti organizacije kako planirati EPE program, odabrati mjerenja relevantna za njihove poslovne aktivnosti, kako sakupljati podatke i kako usmjeriti njihovo provođenje u odnosu na objekte i ciljeve. ISO 140031 također savjetuje kako izvještavati i komunicirati informacijama unutar i izvan organizacije, kako pratiti EPE program poboljšavajući sam program i indikatore. ISO 140031 će usmjeriti poduzeća pri postavljanju i praćenju ostvarenih indikatora performansi okoliša (EPIs - Environmental Performance Indicators). Usmjeren je na tri glavna područja: stanje okoliša, performanse provedbe i performanse upravljanja. Tako će se prikupljati informacije o indikatorima stanja okoliša (ECIs - Environmental Condition Indicators) na lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Oni će osigurati podlogu za istraživanje veza između mjerenja promjena okoliša, odnosno stanja okoliša i aktivnosti organizacije i njenih proizvoda. Očekuje se izdavanje ove norme krajem 1998. ili početkom 1999. godine.

European Quality, 6/1997.

DK

POMOĆ PRI UTVRĐIVANJU TROŠKOVA NISKE KVALITETE

Procjenjuje se da se u zapadno europskim zemljama gubi 20 - 30 % nacionalnog prihoda zbog loše kvalitete i škarta. Slično je bilo i u istočnoj Europi za vrijeme izrade projekta koji je pokrenula Europska komisija za normizaciju (CEN). Projektom je trebalo utvrditi metodu za identifikaciju troška loše kvalitete, koji je definiran kao razlika između stvarnih troškova poduzeća (materijal, usluge) i troška koji bi bio postignut kada ne bi bilo pogreška ili škarta za vrijeme proizvodnje ili nakon isporuke. U projekt su uključene Bugarska, Češka, Mađarska, Slovačka i Rumunjska. Na izradi projekta angažiran je Juran institut iz Wiltona, država Massachusetts. Kao istraživačke jedinice služe ključna poduzeća pojedinih zemalja, čiji je izbor načinjen prema njihovom udjelu u nacionalnom dohotku dotične zemlje. Pojedinačne pilot studije bit će revidirane i kompletirane za svaku zemlju. Ova metoda procjene je bila uspješno korištena u zapadno europskim i sjeverno američkim zemljama. To je interaktivni proces koji uključuje sve razine upravljanja.

European Quality, 4/1997.

DK

61. GENERALNA KONFERENCIJA IEC U NEW DELHIJU

Predsjednik IEC Bernard H. Falk objasnio je glavne značajke 61. generalne konferencije u New Delhiju, održane u listopadu

1997. godine. Najvažnije u New Delhiju bilo je prihvaćanje tehničkog industrijskog sporazuma (ITAs - Industry Technical Agreements) od strane Vijeća. To daje novom Upravnom odboru zeleno svjetlo za postavljanje mehanizama dogovora za potrebe tržišta u situaciji brzog razvoja tehnologija.

Osim toga značajno je da je načinjen izbor novih članova i upravne strukture, koja se uspostavlja 1. siječnja 1998. Potvrda izbora novog sekretara Roni Amita bit će na 62. generalnoj konferenciji u Houstonu u Texasu ove godine.

ITAs će omogućiti industriji platformu za sporazume o tehničkom razvoju koji će biti dostupni u par mjeseci za razliku od IEC norme za koje su procedure mnogo duže. Zbog uspješnosti procedure će morati biti fleksibilne, te će se morati izbjegavati konsensus kod donošenja međunarodnih normi. Novi proizvodi morat će biti konkurentni po cijeni te tehničke karakteristike koje udovoljavaju IEC normama. Proces nudi direktno uključivanje industrije u rad IEC. ITAs znači dvije stvari: pojačane napore prema većoj efikasnosti i brzijoj normizaciji koja je bila zaštitni znak IEC u proteklih nekoliko godina i drugo spoznaju da industrija mora imati veću i aktivniju ulogu u odlučivanju o tehnologijama za koje će IEC pripremati i donositi norme. Postojeće metode u procesu normizacije koristit će se i dalje, ali će se raditi i na razvijanju novih. Nova struktura organizacije i uprava omogućit će brže donošenje odluka pri izradi i provođenju programa IEC naročito u slučajevima kada to zahtijeva tržište. Više se neće morati čekati godišnji sastanak odgovarajućeg tijela da bi se poduzele konkretne aktivnosti u slučajevima koji traže brze odgovore na zahtjev tržišta. To znači veću efikasnost i bržu normizaciju. Industrija već dugo prigovara da je proces normizacije prespor. Zato su poduzimane aktivnosti da se taj problem riješi. Industrija je glavni i najveći korisnik usluga IEC. Neudovoljavanje zahtjevima industrije bio bi za IEC ozbiljan problem. Sada je stvar industrije da iskoristi što bolje može ove promjene u IEC. IEC je odgovoran za opskrbu industrije onim što joj treba, ali važna je i uloga industrije. Ona treba dati potvrdu efikasnosti rada IEC. Gledano dugoročno za IEC je važno globalno tržište koje traži globalne norme i sustave ocjene usklađenosti. Na taj način će se omogućiti nabava proizvoda, bilo gdje proizvedenog, koji će udovoljavati jednoj međunarodnoj normi bez obzira gdje je izdan atest. U kratkoročnom razdoblju IEC će ići na ubrzanje procesa normizacije, tj. donošenje norme u svega par mjeseci. Osim toga uporabom informatičke tehnologije smanjit će se papirologija. Gledano dugoročno cilj je da cijeli svijet koristi IEC, što bi značilo: jedna norma, jedan proizvod koji je univerzalno prihvaćen.

IEC Bulletin, No. 167/1997.

DK

BERLINSKI BEWAG DOBIO ODOBRENJE ZA PRIVATIZACIJU

Njemački federalni ured za karte (The German Federal Cartel Office) u načelu je prihvatio privatizaciju berlinske elektroprivredne tvrtke Bewag. Berlinska uprava prodaje svih svojih 50,8 % dionica Bewaga. Ranije je te dionice htjela kupiti američka tvrtka Southern Company. Sada je vjerojatno da će dionice kupiti tri tvrtke: Southern Company, Veba i Viag. U dogovoru s Federalnim uredom za karte, njemačka elektroprivredna tvrtka PreussenElektra se odrekla svog prava veta na odluku uprave Bewaga. To će također limitirati njezino planirano kupovanje dionica do razine koju joj odredi Federalni ured za karte. Na koncu, tvrtka PreussenElektra će imati 23,8 % dionica u Bewagu. Ostali novi partneri će imati 28,7 % od prava glasa.

MPS - Modern Power System, 9/1997.

DK

SURADNJA IZMEĐU EUROSTATATA I NACIONALNIH STATISTIKA

EUROSTAT - Ured za statistiku Europske zajednice izradio je publikaciju "ekonomski proračuni Europske unije za 1996. godinu". Publikacija je rezultat suradnje EUROSTAT-a i nacionalnih instituta za statistiku zemalja članica. Ovaj način predstavlja prekretnicu na putu razvoja europskog statističkog sustava. U 1997. godini EUROSTAT-u su se priključili nacionalni instituti Italije (ISTAT), Nizozemske (CBS) i Velike Britanije (ONS). Poslovodstvo EUROSTAT-a vjeruje da će prezentacija i komentar makroekonomskih podataka Europske unije i zemalja članica na jednom mjestu podatke učiniti dostupnijima korisnicima i značajno doprinijeti boljem razumijevanju ekonomskih fenomena našeg vremena. U publikaciji se ispituju strukturalne razlike među državama članicama te istražuju efekti poslovnih ciklusa. Svrha je prikazati ekonomski profil Europske unije uspoređujući ga s onim glavnih trgovinskih partnera (gdje je to moguće). U dodatku publikacija prikazuje bruto nacionalni proizvod (BDP - Bruto Domestic Product) i nezaposlenost u regijama Europske unije. Rezultati istraživanja odnose se na 1996. godinu. Krizu rasta u Europskoj uniji u 1996. godini pokazuju slijedeći podaci:

- Rast je pao sa 2,4 % u 1995. godini na 1,7 % u 1996. godini. Cijene u zemljama članicama povećale su se u odnosu na 1995. godinu od 8,6 % u Irskoj do 0,7 % u Italiji
- SAD zabilježile su rast sa 2,0 % u 1995. na 2,4 % u 1996. te Japan sa 0,9 na 3,6 %.
- Mršavi rast u prethodne dvije godine od 2,0 % ostvaren je u privatnoj potrošnji u Europskoj uniji. Rast vrijednosti osnovnih sredstava (Gross Fixed Capital) je pao na 1,1 % dok je rast zajedničke potrošnje ostao na 0,6 %.
- Uvoz je porastao za 3,7 %, a izvoz za 4,5 %. Trgovinski suficit je porastao na 2 % bruto nacionalnog proizvoda sa 1,6 % u 1995. godini.
- Bruto nacionalni proizvod Europske unije bio je 6,764 milijarde ECU-a. To je oko 13 % više od SAD i gotovo dvostruko više od Japana.
- Među državama članicama najviši bruto nacionalni proizvod ima Njemačka s 1854, u milijarde ECU-a. To čini 27,4 % ukupnog bruto nacionalnog proizvoda Europske unije. Bruto nacionalni proizvod 11 zemalja koje traže članstvo u Europskoj uniji predstavlja svega 3,8 % bruto nacionalnog proizvoda Europske unije (prema podacima za 1995. godinu). Vanjska trgovinska bilanca Europske unije pokazuje oscilacije. Za usporedbu statističari koriste umjetnu valutu PPS da bi izbjegli razliku u cijenama među državama te na taj način došli do stvarne vrijednosti košare dobara i usluga.
- Bruto nacionalni proizvod BDP po glavi stanovnika u Luksemburgu prema standardima kupovne moći bio je najviši u europskoj uniji s 30 520 PPS, čak ispred SAD (26 870 PPS). Među potencijalnim državama članicama najbolje rezultate imale su Slovenija s 10 199 PPS i Češka s 9857 PPS. Porezi i nezaposlenost rastu.
- Vladini prihodi od poreza i socijalnog osiguranja porasli su za 0,4 % te sada iznose 42,4 % BDP. Iznad tog prosjeka nalaze se Švedska (55,2 %), Danska (52,0 %), Finska (48,8 %) i Belgija (47 %).
- Svaka država članica, osim Luksemburga, suočena je s deficitom u javnom sektoru koji se kreće od 0,4 % u Irskoj do 7,6 % u Grčkoj. Najveći javni dugovi zabilježeni su u Belgiji (126,9 % od GDP), Italiji (133,8 %) i Grčkoj (112,7 %). Suprotno tome, u Luksemburgu oni iznose svega 6,6 % od BDP.
- Na području čitave Europske unije zaposlenost je porasla za svega 0,3 %. Najviše je zaposlenih u uslužnim djelatnostima (64,5 %). Od početka 90-tih udio u uslužnim djelatnostima povećao se za puna 4 %. Ta se promjena dogodila nauštrb industrije (-2,8 %) i poljoprivrede (-1,5 %).
- Nakon pada nezaposlenosti od 3,1 % u 1995. godini, ponovo je porasla za 2,1 % te ukupno iznosi 10,9 %.

- Među nezaposlenima najviše je onih između 15 i 24 godine (26,3 %) te žena (18,6 %).

Internet//europa.eu, November 1997.

DK

GORIVE ČELIJE - IZVOR ELEKTRIČNE ENERGIJE S VELIKOM BUDUĆNOŠĆU

Prema prognozama, instalirana snaga gorivih ćelija kao izvora električne energije povećat će se svake godine do 2000. godine za 250 GW. 90 % će imati komercijalnu uporabu, a 8 % će biti korišteno u javne svrhe.

Ovi elektrokemijski uređaji koji pretvaraju kemijsku energiju tekućeg goriva u električnu energiju dati će svijetu sigurna i efikasna sredstva za proizvodnju električne energije. S aspekta zaštite okoliša ovi uređaji udovoljavaju strogim zahtjevima zaštite i upravljanja okolišem. Naročito će se koristiti u industrijskim zemljama. Rezultati istraživanja gorivih ćelija sadržani su u publikaciji IEC pod nazivom "Fuel Cells - Electric Power Generation with a Great Future", koja će postati referalni dokument za ovaj vitalni izvor električne energije. Autori su Prof. K. Kriechbaum i grupa stručnjaka iz tog područja. Publikacija daje pregled stanja današnje tehnologije gorivih ćelija, prednosti i nedostatke različitih pristupa gorivim ćelijama, opis aktivnosti sudionika u tehnološkom razvoju, mogućnosti primjene i tržišta u budućnosti, izgleda za pokrivanje troškova te mjere za poticanje razvoja i primjene gorivih ćelija.

IEC - News Release, 1997-09-22

DK

CAHORA BASSA OPET ŽIVI

Cahora Bassa, hidroelektrana na rijeci Zambezi u Mozambiku, ponovno oživljava. Poslije 15 godina prekida pogona radi građanskog rata hidroelektrana pripadnici visokonaponski istosmjerni prijenos (HG) prema Južnoj Africi u ožujku 1997. godine ponovno ulazi u pogon. Uz ostale i Siemens u odgovarajućoj mjeri sudjeluje u potrebnim radovima modernizacije i ponovnog puštanja u pogon.

Koncem pedesetih godina su u Lisabonu, za tadašnju portugalsku koloniju Mozambik, započeli poslovi na projektiranju HE Cahora Bassa s prijenosom energije putem 1400 km dugog voda do Južne Afrike. Godine 1969. potpisani su ugovori. Ugovor za izgradnju postrojenja, tj. brane, strojarnice, rasklopnih postrojenja i HG, dobio je konzorcij Zamco, u kom je surađivalo 15 firmi, i to iz Njemačke, Francuske, Italije, Portugala, Švicarske i Južne Afrike. Postrojenje se sastojalo iz tri stupnja izgradnje, koji su ušli u pogon 1976., 1977. i 1979. godine.

Šesnaestogodišnji građanski rat za nezavisnost buknuo je 1975. godine. U tijeku tih nemira minirani su stupovi voda prema Južnoj Africi te je sustav prijenosa sve više otežavan. Konačno je korisnik, Hidroelectrica de Cahora Bassa (HBC) 1981. godine potpuno zaustavio rad elektrane.

Već pri izgradnji Siemens je sudjelovao u isporukama u kojim asu bili

- ventili ispravljača
- ispravljački transformatori
- HGÜ-upravljanje
- rotor generatora i
- transformatori bloka.

Cahora Bassa je na rijeci Zambezi, oko 120 km uzvodno od Tete u Mozambiku. Strojarnica se nalazi u stijeni u kaverni u podnožju brane. Tu je smješteno pet proizvodnih jedinica.

Akumulacija

Dužina 270 km Širina 30 km Dubina 140 m
Površina 2660 km² Zapremnina 52 000 milijuna m³

Brana

Visina 164 m Dužina (kruna) 303 m Debljina 20 m dolje i 5 m u kruni

Ispusti 8 za po 1650 m³/s, ukupno 13 200m³/s

Vodne turbine

Tip Francis Snaga 415 MW n=107,1 o/min

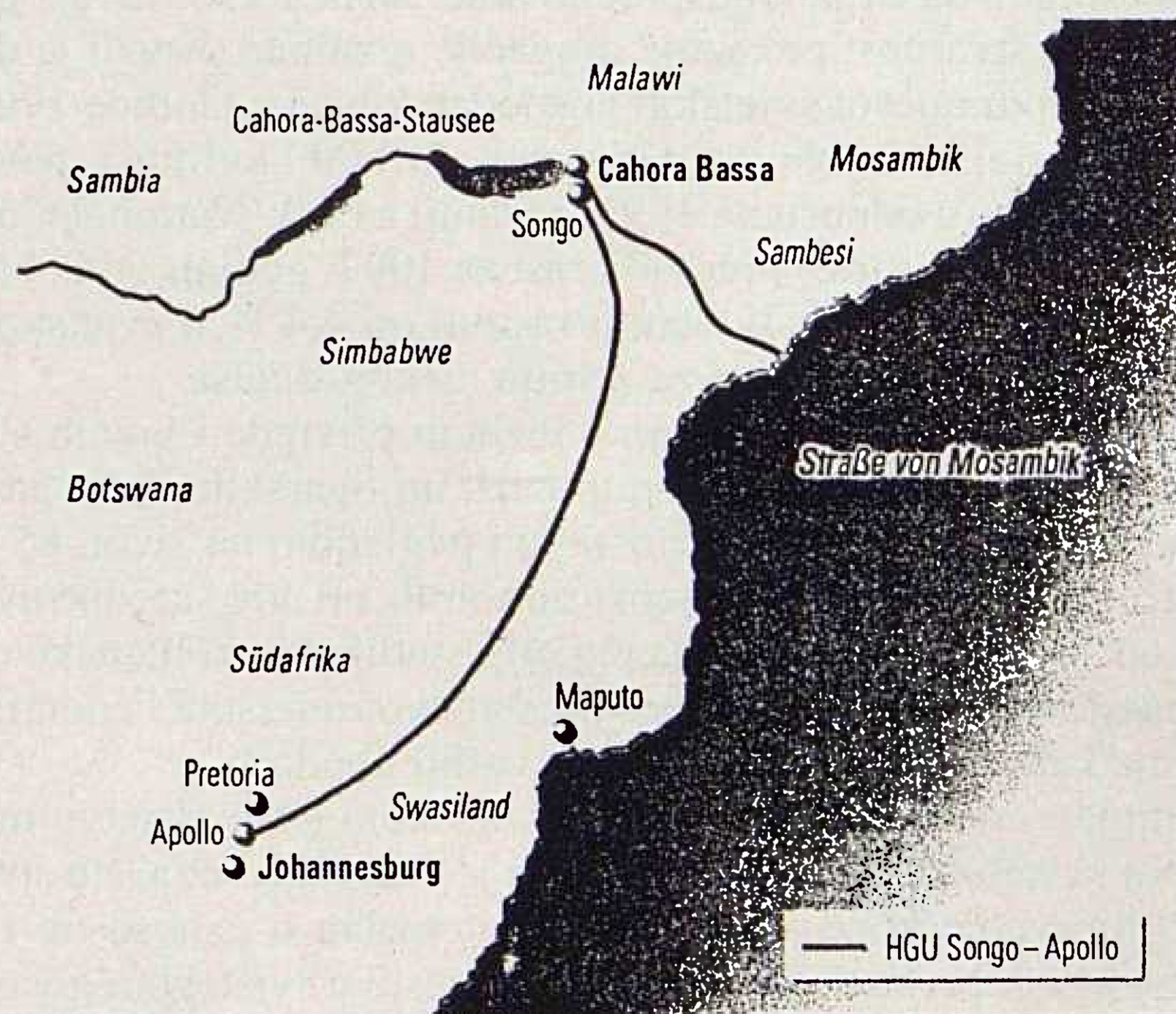
Generatori

Napon 16 kV, 50 Hz Snaga 480 MVA broj polova 56
Rotor generatora jepromjera 13 m, težine 920 tona. Turbin ai generator imaju zajednički noseći ležaj nosivosti 2150 tona i dva vodeća ležaja.

Izolirane sabirnice opteretivosti 18 000 A spajaju generatore i slogove transformatora u odvojenoj kaverni. Od transformatora jednofazni uljni kabeli 230 kV vode do rasklopnog postrojenja Songo s konvertorskom stanicom za visokonaponski istosmjerni napon prema Apollo-u između Johannesburg-a i Pretorije u Južnoj Africi. Konvertorska stanica se sastoji iz 8 6-pulsnih mostova, koji se mogu sastaviti u četiri 12-pulsnih mostova. Dva 12-pulsna mosta formiraju jedan pol.

Cahora Bassa je bila prva HGÜ s tiristorskom tehnikom. Do tada su bili korišteni ispravljači sa živinim parama i izmjenjivači. Tiristori u Cahora Bassa su izolirani i hlađeni uljem.

U prvoj etapi izgradnje ugrađeno je 2x280 tiristora u seriju po ventilu, a za drugu i treću etapu izgradnje na temelju poboljšane izvedbe tiristora ugrađeno je samo još 2x192 u seriju po ventilu. Na taj način je u konvertorskoj stanici Songo ugrađeno 22 656 tiristora i u približno istu protustanicu Apollo još jednom isti broj, tj. upotrijebljeno je više od 45 000 tiristora.



Slika 1. Elektrana locirana u sjevernom dijelu Mozambika proizvodi preko 2 GWh godišnje, dok su veliki potrošački centri u Južnoafričkoj republici

Prijenos energije obavlja se preko dvaju jednopolnih vodova, koji na razmaku od 1 km vode od Songo-a prema Apollo-u. Nazivni napon prijenosa je (533 kV, nazivna struja je 1800 A.

Postrojenje se sada bitno modernizira.

Upravljanje mostova i stanice (DC-Control) predstavlja bitnu komponentu tehnike upravljanja svakog HG(-postrojenja). Glavni im je zadatak koordinirano u- i iskapčanje ispravljača kao i upravljanje rashladnim uređajima transformatora, prigušnica za izravnavanje i tiristorskih ventila. Za vrijeme prijenosa snage upravljanje mostova i stanice ispunjava važne funkcije nadzora i zaštite. Pogon HG(-a bez tog upravljanja stoga nije moguć.

Do sada j eupravljanje mostovima i stanicom bilo u konvencio-

nalnoj relejnoj tehnici u 54 rasklopna ormara po ispravljačkoj stanici. Iskustva iz prvih godina pogona su pokazala, da je radi kvarova na kontaktima releja često dolazilo do krivog obavljanja uklopnih sekvenci. Stoga je prije ponovnog puštanja u rad Siemens dobio zadatak da u obje stanice zamijeni relejno upravljanje programibilnim upravljanjem.

Novo upravljanje i uz prošireni obujam funkcija sastoji se samo iz 13 rasklopnih ormara. Uvođenje elektronike smanjilo je ispađe i potrebe održavanja. Suvremeni uređaji obavljaju zadatke točno na milisekunde. Novi signalni uređaj omogućava ubuduće pogonskom osoblju točniju analizu odvijanja smetnji. Napominje se da je po ispravljačkoj stanici predviđeno oko 5000 raznih signala.

Sustav posluživanja sa četiri zaslonske stanice i dva pisača, zamjenjuje opsežne elemente za upravljanje i pokazivanje u konvencionalnoj mozaik-tehnici. Otpadanjem velikog broja sklopki i svjetlosnih signala dalje se smanjuje broj grešaka i potrebe signalizacije.

Novi monitori u koloru daju posadi znatno poboljšani pregled momentalnog stanja pogona HG(-postrojenja).

Sustav posluživanja osim pokazivanja ostvaruje i prikupljanje podataka. Izmjenom sustava upravljanja i posluživanja na obje ispravljačke stanice konsekvntno koristeći prednosti računarski poduprte tehnike vođenja poboljšana je cjelokupna raspoloživost HG(-postrojenja Cahora Bassa. Bitno se smanjuje potreba održavanja, dok se povećao komfor posluživanja i pogonska sigurnost.

Siemens EV Report, prosinac / 7.god. 4/96.

E. H.

PROCVAT BRAZILA

Iako se smatra da Brazilci usporeno rade, da ne forsiraju rast gospodarstva, stvarnost pokazuje drugačije rezultate. Brazil je danas na osmom mjestu svjetskih gospodarskih sila. Godine 1996. imali su nacionalni dohodak US dolara 713 000 milijuna, povećanje od 2,9 % u odnosu na 1995. godinu, a CNI (National Confederation of Industrie) predviđa rast za 1997. godinu od 3,4 %. To je u usporedbi s predviđenim rastom od 4,4 % u svjetskom gospodarstvu sasvim dobro za zemlju njenog statusa.

Brazil je širom otvorio vrata privatizaciji privrede i javnih službi, ali je brzina manja od one u azijskim tigarskim državama, usklađena s lokalnim mogućnostima i pogledom na život. 85 % elektro-sektora je pod državnim kontrolom, ali nove uredbe uvedene od 1995. i ove godine na temelju studija konzultantske organizacije Cooper(Lybrand za Ministarstvo rudarstva i energije, upućuje kako bi ovaj sektor trebalo voditi ubuduće.

Ocjenjuje se da bi jedina zapreka brazilskom gospodarstvu mogao biti nestabilni platni bilans. Uvoz je veći od izvoza, što stvara ozbiljne poteškoće. uz to je tečaj nerealan u odnosu na US dolarvelika zapreka da se nađe pravo mjesto u svjetskom gospodarstvu. Međutim mnoge kompanije sa sjedištem u Brazilu ostvaruju znatan napredak.Među njima npr. GEC ALSTHOM Brazil, koja zapošljava oko 1900 ljudi, očekuje rast dohotka oko 200 milijuna uS dolara u 1997. financijskoj godini, a blizu 250 milijuna u 1998. godini. Ovaj značajan rast nije nova pojava. Krivolj arasta posljednjih pet godina odražava se, kompanija je povećala svoj poslovni promet od 50 milijuna US dolara u 1992. godini. Smatra se da će se rast i dalje nastaviti. Brazil će poslužiti kao platforma za poslove u ostalim zemljama Južne Amerike.

Predviđa se i odgovarajuća izgradnja željezničkih pruga, sistema od- i navodnjavanja. Sve veće svjetske kompanije energetskog tržišta instalirale su se u Brazilu, koji bi im poslužio kao oslonac za juriš na Južnu Ameriku.

Pojedine kompanije su se ovdje smjestile još kada je bilo malo posla, ali su stekle reputaciju i povjerenje. Pravodobno se počelo raditi i na termoelektričnim postrojenjima. Bitan rast potrošnje prirodnog plina na nacionalnom tržištu, aktuelno sa samo 2,5 %

stumulativno će utjecati na razvoj termoelektrana. Vrlo specifičan razlog za energiju je da slijedi ovo usmjerenje. Aktualno Brazil ima instaliranu električnu snagu 53 000 MW, od čega je 95 5 iz hidroelektričnih izvora, ali nije dovoljno da zadovolji potrebe u energiji, koje je rast od skoro 5 5 zadnje tri godine.Sada je nastojanje da se iskoristi prednost rezervi prirodnog plina u Boliviji. Izgrađenim plinovodom dužine 3100 km, izgrađenim za iznos od US dolara 1800 milijuna dopremati će se dnevno tri milijuna kubičnih metara plina u Brazil počevši od 1999. godine. U budućnosti bi se mogla dostići dnevna dobava od osam milijuna kubičnih metara.

Uz razne druge inicijative dobavom ovog novog goriva potaknuti će se razvoj povoljnih poslova u regiji. To ukazuje na pravu integraciju izvoza i potreba s ostalim Mercosult-zemljama (Argentina, Paragvaj i Urugvaj), uključivši Boliviju i Vencuelu.

Zapreke napretku su velike udaljenosti, pa će trebati izgraditi veliku željezničku mrežu. Zakonom iz 1995. godine je omogućeno da se mogu dati koncesije raznih ogranaka željezničkih pruga privatnom sektoru.

Panorama int Magazin GEC ALSTHOM, 3/July 1997.

E. H.

NIZOZEMSKA - NAJVEĆA U EUROPI

Najveća kombi-elektrana u Europi u Eemshaven-u, na sjevernoj obali Nizozemske, svečano je puštena u pogon.

Elektranu snage 1675 MW gradio je GEC ALSTHOM za elektroprivrednu organizaciju EPON (Electriciteits Produktieaatschappi Oasten Noord - Neederland). Ugovor je stupio na snagu 1992. godine, dok je elektrana ušla u puni komercijalni pogon u 1996. godini. Kod izbora opreme vođeno je računa o njenom visokom stupnju korisnosti, minimalnom štetnom utjecaju na okoliš, o investicijskim ulaganjima, troškovima održavanja kao i o velikoj raspoloživosti.

Elektrana radi sa stupnjem korisnosti iznad 55 %, dok je razina štetnih ispuštanja ispod onih koja zahtijevaju Europski propisi.

Panorama int Magazin GEC ALSTHOM, 3/July 1997.

E. H.

PRIJENOS - INOVACIJA

Nekom pogledu na čelične stupove koji prelaze kroz krajobraz predstavlja neospornu atrakciju. Drugima oni ostaju vizualno nametljivi bez obzira što su se uklopili u okoliš.

U gusto naseljenim područjima i gradovima, gdje prostor predstavlja premiju, dalekovodni stupovi su nepraktični i neekonomični, a najbolje bi bilo da su nevidljivi. Iako ne postoje neposredni dokazi o bilo kakvoj uzročnoj vezi između jakih izmjeničnih elektromagnetskih polja uz nadzemne vodove i ljudskih bolesti, ostaje sumnja. U današnjem shvaćanju rasta globaln esvijesti okoliša i odgovornosti, visokonaponska dalekovodna prijenosna mreža predstavlja sporno pitanje koje korisnici ne mogu zanemariti.

Ukopavanje kabela ispod površine ukazalo je na mnoge tehničke poteškoće i ekstremno je skupo. Sada se nastavlja pritisak u korist podzemnog rješenja, posebice u urbanim područjima. Zakoni fizike propisuju za vrlo visoke napone i velike snage, da postaje nemoguće za konvencionalne kabele da prenose snagu na više od 10 km bez specijalnih kompenzatorskih stanica. Čak se i tada troškovi po kilometru mogu popeti do 20 puta u odnosu na obični odgovarajući nadzemni vod.

Radi znalaženja brzog troškovno prihvatljivog rješenja za ovaj rastući problem, inženjeri u GEC ALSTHOM Power Transmission and Distribution (T(D) Division razvili su novi nekonvencionalni sistem. Prilagođavajući postojeću tehnologiju za plinom izoliranu metalom oklopljenu opremu podstanica, pokusi su usmjereni na revolucionarni cjevovod za prenos snage, koji sigurno može biti ukopan u zemlju.

Od ranih 1970-tih godina oprema visokonaponskih postrojenja sve je više koristila uporabu plinom izoliranih sistema sa SF6. Od jednofaznih sistema u početku s odgovarajućim izolacionim razmacima, preko razvoja moderne trofazne opreme, cjelokupne dimenzije opreme i uklapanja u okoliš su se jako smanjile. Plinom izolirani sistemi za visokonaponski prenos daleko su od novog, a plinom punjeni "kabeli" već se koriste za podzemne gradske sisteme u Francuskoj i Kanadi. Međutim oni su jednofazne konstrukcije s jednim vodičem u svom "kabelu".

Navedeni razvoj prototipa trofaznog plinom izoliranog sistema prenosa predstavlja novitet. Taj je sistem sa smanjenim vanjskim mjerama i troškovima za podzemni prenos.

Poznata kao CGIC (Compressed Gas Insulated Cable) tehnologija, ovaj sistem za visoki napon, veliku snagu, trofazni sistem u dužinama po 100 m zaštićen do rđanja, čelični cjevovod napunjen plinom. Snaga se prenosi trima aluminijskim vodičima zavješanim na specijalno izvedenim izolatorima unutar cijevi. Svaka dionica cijevi i vodiča u njima spaja se sa slijedećom visokokvalitetnim zavarivanjem, a ne prirubnicama s vijcima. Kompletan cjevovod konačno se napuni dušikom pod visokim tlakom kao izolacionim sredstvom.

Spojnice na svakih 100 m omogućavaju da cijev mijenja smjer, ako je potrebno, snaga može biti efikasno i pouzdano prenošena na udaljenosti od deset kilometara pa i do 100 kilometara.

Iako je SF6 plin koji se koristi kao izolacijsko sredstvo u opremi modernih podstanica potpuno inertan, no ipak može još biti štetan kao "staklenički plin", a uz to je i skup. Da bi se izbjegao svaki mogući rizik i smanjili troškovi, dušik najveće čistoće, pod visokim tlakom odabran je kao izolacijski plin za novi trofazni CGIC. Dušik je inertni plin koji osigurava izvrsnu izolaciju, ali ima dodatne prednosti, da je jeftiniji, potpuno neškodljiv i pogodan za okoliš.

U laboratoriji u Villeurbanne-u obavljani su opsežni simulacijski pokusi korištenjem najnovijih digitalnih software-a modeliranja. Budući da su ovi pokusi pomogli da se optimizira mnoštvo konstruktivnih parametara, također su obavljena i ispitivanja na prototipu u mjerilu 1:1, da bi se dokazala valajnost postupka sastavljanja, podzemne električne karakteristike i dugotrajnost izvedbe.

Panorama, int Magazin GEC ALSTHOM, 3/July 1997.

E. H.

UJEDINJENI NARODI - POTENCIJALNA ZAGAĐIVANJA

UN-studije pokazuju da vlade nisu dosta učinile na promicanju prodaje tehnologije za kontrolu zagađivanja i zaštitu okoliša. UN cijene da tržište za takvu tehnologiju raste i može porasti do US dolara 500 milijardi godišnje u 2000. godini, kako bi industrija udovoljila propisima za zaštitu okoliša. Preporučuje se vladama da trebaju više činiti na širenju informacija o probitačnosti investiranja u sektor zaštite okoliša. Studije pokazuju da će većina od 1000 milijardi US dolara potrebnih za nove proizvodne objekte u zemljama u razvoju u Istočnoj Europi biti iskorišteno za razvoj opskrbe obnovljivom energijom.

Panorama, int Magazin GEC ALSTHOM, 3/July 1997.

E. H.

ČILE - PREKO ANDA

200 milijuna US dolara iznosi ugovor za izgradnju najveće elektrane u Čile-u. Elektrana 740 MW ložena plinom biti će izgrađena u Atacama-i, blizu Majillones-a na sjeveru te zemlje. Obuhvata četiri plinske turbine i parageneratore za dobivanje topli- ne, sa pridruženim parnim turbinama i generatorima. Elektrana će biti ložena plinom iz Atacama plinovoda koji prelazi Ande, dolazeći iz nalazišta Cornejo u Argentini.

Elektrana treba biti pušrena u komercijalni pogon početkom 1999. godine. Isti isporučilac (GEC ALSTHOM) također je odabran za izgradnju 175 MW elektrane s kombiniranim ciklusom u Taltal-u. ona će dobivati plin iz produženog Atacama plinovoda.

Panorama, int Magazin GEC ALSTHOM, 4/1997.

E. H.

PRVO STRANO FINANCIRANJE ZA KINU

EdF i GEC ALSTHOM će graditi termoelektranu na uglj Lai- bin B 2 x 360 MW u Kini. To je prvi Build - Operate- Transfer energetski projekt u Kini koji će biti u potpunosti financiran stranim kapitalom. Gore navedeni sada investiraju US dolara 150 milijuna van ukupne vrijednosti projekta, nešto preko US dolara 600 milijuna, i oni će obuhvatiti 60 odnosno 40 % kapitala. Dovršenje elektrane je predviđeno za početak 2000. godine. Poslije 15 godina komercijalnog pogona vlasništvo elektrane biti će prenešeno na provinciju Guanxi.

Panorama, int Magazin GEC ALSTHOM, 4/1997.

E. H.

KOOPERACIJA S ENERGOINVESTOM SARAJEVO

U listopadu 1996. godine su Poslovno udruženje srednjih napona Siemens-a i Energoinvest Sarajevo potpisali ugovor o kooperaciji. Cilj je ponovna izgradnja srednjenaponske mreže u Bosni i Hercegovini.

Siemens će isporučivati komponente i sisteme srednjeg napona, dok će ih Energoinvest adaptirati i montirati.

Siemens EV Report, ožujak 8. god. 1/97.

E. H.

TRANSFORMATORSKA STANICA OSIGURAVA NAPAJANJE SARAJEVA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM PRIJE ZIMSKIH HLADNOĆA

U studenom je Siemens pod teškim uvjetima pustio u rad 110/10 kV - transformatorsku stanicu Sarajevo 7. Na taj je način učinjen bitan korak da bi se osiguralo pouzdano napajanje glavnog grada Bosne i Hercegovine električnom energijom. Opskrba energijom je bila ugrožena ratnim zbivanjima. Električna mreža je bila iskidan na mnogo dijelova, a podstanica Sarajevo kod Buća Potoka bila je jedina veza opkoljenog grada s napajanjem energijom. ponajprije je napravljen provizorij sa učinske sklopke ispred transformatora te je ostvarena pomoćna veza,

Vlada Nizozemske je 1996. godine stavila na raspolaganje više milijuna DEM, da bi se opskrba električnom energijom u Bosni i Hercegovini ponovno uspostavila korak po korak. Elektroprivreda BiH je dala najviši prioritet rasklopnom postrojenju Sarajevo 7. Raspis je napravila Elektroprivreda BiH zajedno s Gesellschaft fuer technische Zusammenarbeit (GTZ) (Društvo za tehničku suradnju), Frankfurt na Maini, kao i s nizozemskim Consultant Energie Noord West. U jakoj međunarodnoj konkurenciji Siemens je uspio u svibnju sklopiti ugovor za isporuku plinom izoliranog rasklopnog postrojenja tip 8DN9. Presudan kriterij bio je rok isporuke, jer je novo postrojenje moralo u pogon još prije zime.

Koncem studenog, šest mjeseci nakon ugovaranja, postrojenje je u skladu s terminskim planom pušteno u rad. Neuobičajeno kratko vrijeme isporuke, montaže i puštanja u rad bilo je moguće radi vrlo uske uspješne suradnje između Elektroprivrede BiH i Siemens-a.

Siemens, EV Report, ožujka, 8. god. 1/97.

E. H.



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA

ISO 9001-94

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

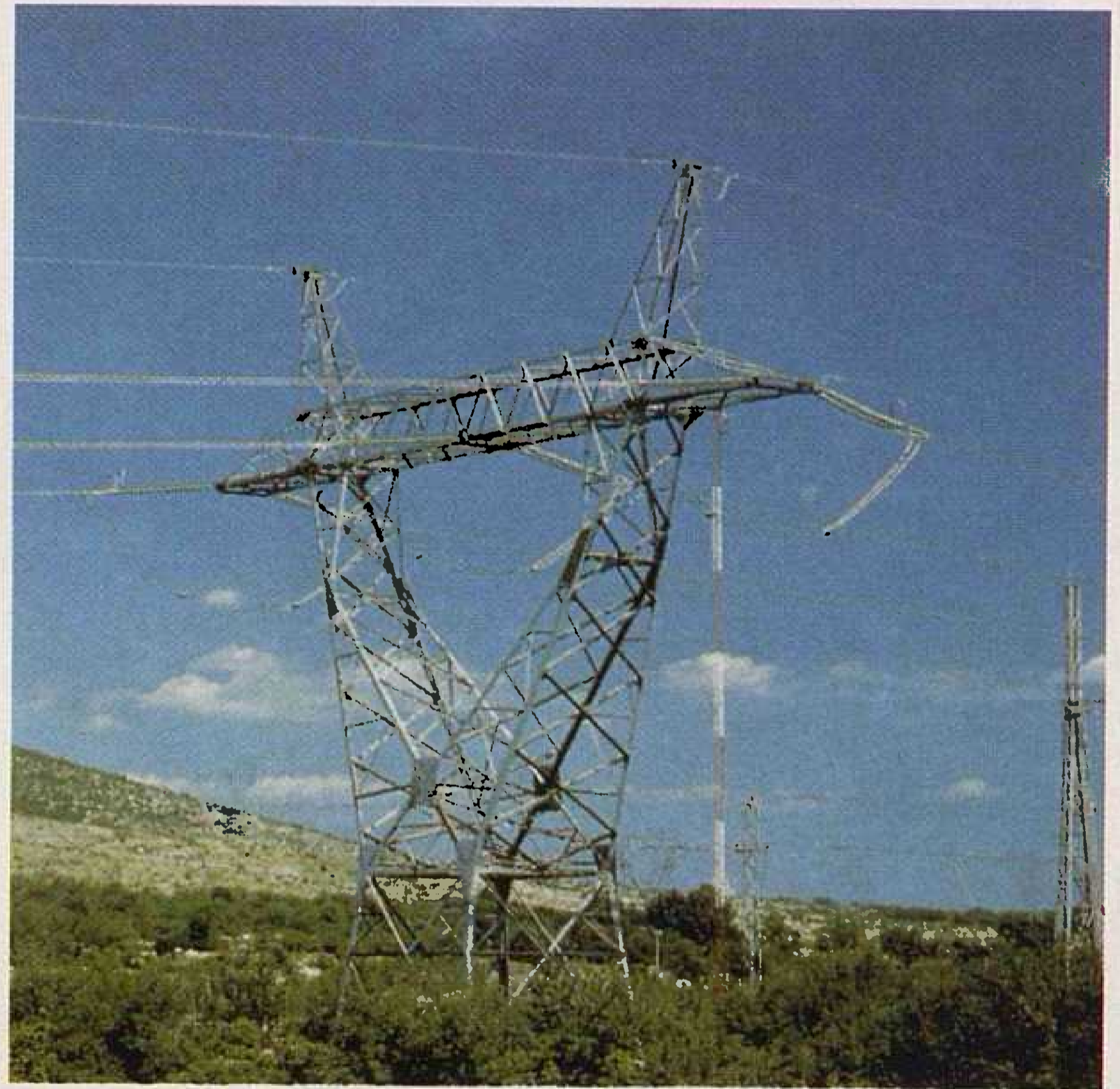
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, sportskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzini i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO — 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

**Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.**

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

<p>Approval Certificate No. 200638</p>	<p>Original Approval : 6th March 1995 Current Certificate : 6th March 1995 Certificate Expiry : 28th February 1998</p>
--	--

N. K. ...
on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

DAR TGA-ZQ 002/91

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

Locations:	Activities:
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

<p>Certificate Schedule Certificate No. 200638</p>	<p>Page 1 of 1</p> <p>Original Approval : 6th March 1995 Current Certificate : 6th March 1995 Certificate Expiry : 28th February 1998</p>
--	---

Deutscher Akkreditierungsrat

DAR TGA-ZQ 002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++ 385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++ 385-1-530-606, 511-754

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 47 (1998)

Zagreb

Br. 3

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić*, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split –
Adrijano *Fišer*, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea*, di-
pl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović*, dipl. ing., HEP
Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić*, dipl. oec., HEP Zagreb –
dr. sc. Vladimir *Mikuličić*, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc.
Niko *Malbaša*, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR – EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković*, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić*, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski siste-
mi«, dr. sc. Goran *Granić*, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vla-
dimir *Prizl*, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan
Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. sc.
Zdenko *Tonković*, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potro-
šnja električne energije«, Mladen *Ježić*, dipl. ing. i Dasenko
Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna po-
litika«, dr. sc. Jure *Šimović*, dipl. ecc., mr. sc. Mladen *Man-
dić*, dipl. ecc. i Marijan *Magdić*, dipl. ecc. – »Ekologija«,
dr. sc. Niko *Malbaša*, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola *Las-
trić*, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Bran-
ko *Mališ* – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun *Čagalj*, prof.
– Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. sc. Mladen
Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1998 – 05 – 19

SADRŽAJ

<i>Frühvirth B.</i> : Proračun tokova snaga u radijalnim i petljastim distributivnim elektroenergetskim mrežama (Izvorni znanstveni članak)	179
<i>Bujas P.</i> : Opći principi utvrđivanja i izravnavanja neželjenih razmjena u interkonekciji (Pregledni članak)	191
<i>Rajić F.</i> : Obuka voditelja energetskih postrojenja putem procesnih trenažera i osobnih računala (Pregledni članak)	197
<i>Kuterovac V. - Horvatić Ž.</i> : Modernizacija rotora 210 MW turbogeneratora (Stručni članak)	201
<i>Sabolić D. - Šimunić D.</i> : Kvaliteta napona i komunikacijska vrijednost distribucijske elektroenergetske mreže u zgradama (Stručni članak)	211
<i>Šimundić N.</i> : Optimalno korištenje i upravljanje vodama u hidroenergetskom sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre (Prethodno priopćenje)	223
Vijesti iz elektroprivrede	235
Iz strane stručne literature	244

Fotografija na omotnoj stranici DETALJ VRELOVODA U TE-TO ZAGREB 2

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sek-
tor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema miš-
ljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na pro-
met (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6125-641 i 6125-111/641, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi
300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).
Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj
30101-604-495

Tisak – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
 - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenoj području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

PRORAČUN TOKOVA SNAGA U RADIJALNIM I PETLJASTIM DISTRIBUTIVNIM ELEKTROENERGETSKIM MREŽAMA

Borko Frühwirth, Zagreb

UDK 621.316.1:621.3.016.3
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazan je algoritam za proračun tokova snaga u petljastim radijalnim mrežama, s velikim padovima napona. Algoritam je učinkovit, te prilagođen džepnim računalima.

Ključne riječi: tokovi snaga, distribucijske mreže, džepna računala.

1. UVOD

Prilikom studija planiranja i održavanja distributivnih elektroenergetskih mreža potrebno je proučiti veliki broj statičkih stanja mreže za vrijeme različitih terećenja mreže. Statička analiza terećenja mreže provodi se proračunom tokova snaga. Ukoliko se proračunima pokaže da je mreža preopterećena ili da je napon na pojedinim čvorovima mreže prenizak potrebno je poduzeti mjere za sanaciju takvog stanja kao što je povećanje presjeka vodiča, dodavanje kompenzatora jalove snage, podizanje napona na transformatoru. Nakon toga potrebno je ponovno provesti proračun kako bi se utvrdilo je li stanje u mreži nakon poduzete mjere svedeno na normalno stanje. Ponekad, zbog znatnih tereta na nekim čvorovima, potrebno je izvršiti i isklapanje dijela mreže, kao najdrastičniju mjeru. I za sustav koji nije preopterećen potrebno je ponekad poduzeti akcije kako bi se smanjili gubici mreže. Ovaj proces također zahtijeva proračun tokova snaga s različitim konfiguracijama mreže i različitim terećenjima. Efikasnost postupka znatno ovisi o efikasnosti i mogućnostima primijenjenog algoritma prilikom proračuna tokova snaga.

Distributivne elektroenergetske mreže se općenito napajaju iz jednog čvora i pretežno su radijalne, a omjer R/X je vrlo velik. Zbog toga uobičajene metode proračuna tokova snaga razvijene za potrebe proračuna tokova snaga u visokonaponskim elektroenergetskim mrežama u distributivnim radijalnim mrežama u kojima je pad napona od početnog do krajnjeg čvora velik nisu učinkovite. Jedna od takovih metoda je i Newton-Raphson-ova metoda.

Karakteristika distributivnih mreža je da se napajaju iz jednog čvora i da grane u sustavu imaju vrlo različite vrijednosti za X i R . Kao što je već prije napomenuto, omjer za pojedine grane u distributivnim mrežama je vrlo velik u usporedbi s prijenosnim elektroenergetskim sustavom. Ovakav omjer čini standardne metode proračuna tokova snaga za prijenosne visokonaponske sustave nepogodnima za primjenu. Najčešće te metode primijenjene na elektroenergetsku distributivnu mrežu divergiraju. Razni autori [5-6] predlagali su modificirane verzije uobičajenih metoda za proračun tokova snaga distributivnih elektroenergetskih mreža. Tek u zadnje vrijeme pojavljuju se meto-

de specijalizirane za rješavanje distributivnih mreža. Većina tih algoritama pogodna je za proračun elektroenergetskih distributivnih mreža koje ne sadrže ni jednu petlju, no danas nije neuobičajeno da distributivne mreže imaju u sebi petlje koje osiguravaju manje gubitke i veću sigurnost napajanja potrošača. Osim toga zajedničko im je da se sve one primjenjuju na većim računalima, te da rade s realnim brojevima. Ovaj rad opisuje metodu koja je primjenjiva i na malim džepnim računalima i koristi sve prednosti njihovog operativnog sustava kao što je računanje s kompleksnim brojevima, što je uobičajeno kod današnjih "scientific" džepnih računala.

Svaka radijalna mreža koja u sebi sadrži petlje (u daljnjem tekstu "petljasta mreža") može se transformirati na takav način da se dobije radijalna mreža. Transformacija se provodi primjenom dodatnih, virtualnih (u daljnjem tekstu "virtualnih"), čvorova. Dodavanjem virtualnih čvorova za potrebe proračuna može se svaka petljasta mreža razbiti na čistu radijalnu mrežu. Snaga koja se prenosi tom granom simulira se dodavanjem snage u čvor na kojem je napravljen prekid mreže. Isti taj iznos, samo s obrnutim predznakom, dodaje se kao u novi, virtualni čvor te tamo simulira teret. Broj virtualnih čvorova je jednak broju petlji u originalnoj mreži. Na tako prekonfiguriranu mrežu primjenjuju se postupci za proračun radijalnih distributivnih mreža s dodatkom posebnog algoritma koji izračunava iznose dodanih snaga na mjestima prekida petlje, odnosno dodani teret u virtualnom čvoru mreže.

Ovaj je rad iniciran idejom da se napravi algoritam koji će konvergirati u bilo kojoj situaciji, a koji će biti vrlo jednostavan, te zahtijevati što manje memorije i procesorske snage, kako bi se mogao primijeniti na malim, džepnim računalima kao što je HP48SX. Algoritam je zasnovan na algoritmu prikazanom u članku "Novel method for solving radial distribution networks" [1], u kojem je razrađen problem proračuna tokova snaga u ruralnim dijelovima Indije. Dodatno je algoritam prilagođen na taj način da bi se na njemu mogle proračunavati distributivne mreže koje u sebi sadrže petlje prema [8]. Sam je algoritam prerađen kako bi bio što učinkovitiji u primjeni na računalu HP48SX. U prethodno navedenom članku [1] zanemaren je kut napona, odnosno napon je predstavljen samo svojim modu-

lom, što ne unosi znatniju pogrešku. U ovdje opisanom programu ovo zanemarenje nije primijenjeno zbog toga što operativni sustav HP-a tretira kompleksne brojeve isto kao i realne.

Metoda se sastoji u tome da se kreće od krajnjeg čvora prema prvom, te da se, pomoću pretpostavljenog napona, izračunavaju gubici u pojedinim granama i ukupna snaga koja prolazi kroz taj čvor i granu koja ga napaja. Zatim se kreće od prvog čvora i na osnovi prije izračunatih snaga i gubitaka u pojedinim granama računaju se padovi napona na pojedinim vodovima i naponi čvorova. Time završava jedna iteracija. Postupak se ponavlja dok razlika napona čvorova između dvije iteracije nije manja od željene točnosti. Nakon što je željena točnost postignuta, izračunavaju se gubici u granama i snaga koja prolazi kroz čvorove te se formiraju rezultatne matrice s tim vrijednostima. Označavanje čvorova i grana preuzeto je iz prije navedenog članka [1] u kojem je razvijena jedinstvena metoda označavanja kako bi se smanjile potrebe unošenja i pohrane dodatnih podataka. Time se smanjilo vrijeme potrebno za unošenje podataka u računalo kao i potrebna memorija za pohranu podataka. Tako je vrijeme proračuna, od unosa podataka do ispisa rezultata, znatno smanjeno.

2. PRETPOSTAVKE

U proračunu tokova snaga je pretpostavljeno da se trofazna, po fazama jednoliko opterećena, radijalna distributivna elektroenergetska mreža može nadomjestiti ekvivalentnim jednofaznim modelom. Admittancije grana nisu uzete u obzir u proračunu. Njihovo uzimanje u obzir povećalo bi s jedne strane točnost proračuna, ali bi se ujedno i produžilo vrijeme izračunavanja i vrijeme unošenja podataka. Nadomještanje elektroenergetske mreže njenim jednofaznim modelom nije ovdje obrađeno (obrađeno je u [2 i 3]).

3. ALGORITAM

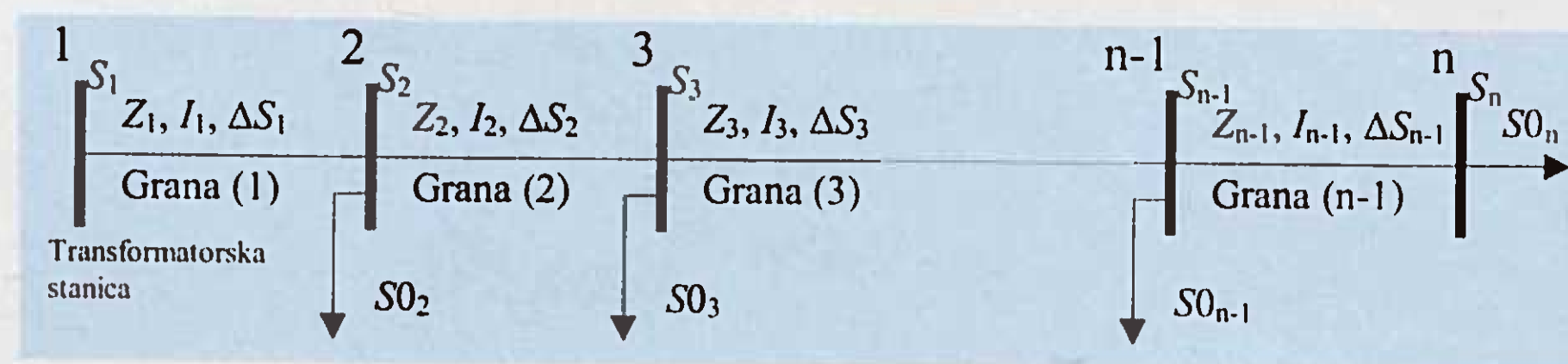
Vrlo je bitno označavanje grana i čvorova sustava. Na prvi pogled ono može izgledati, naročito za petljastu mrežu, pomalo komplicirano, ali znatno pojednostavljuje algoritam proračuna.

Objašnjenje algoritma provedeno je počevši od najjednostavnijeg slučaja, odnosno jedne napojne grane, pa preko razgranate radijalne distributivne mreže do razgranate radijalne petljaste mreže s više grana i petlji.

3.1 Distributivni sustav od samo jedne napojne grane

3.1.1. Označavanje

Najjednostavniji distributivni sustav koji se može pojaviti je distributivni sustav od samo jedne napojne grane, koja se sastoji od n čvorova i $n-1$ grana, kao što je prikazano na slici 1. Čvorovi se označavaju brojevima od 1 do n , tako da je početni čvor onaj iz kojega se napaja mreža i za kojega možemo pretpostaviti da mu se napon ne mijenja u ovisnosti o opterećenju. Grane se označavaju isto brojevima od 1 do $n-1$ i to tako da grana završava u čvoru čiji je redni broj za jedan veći od broja grane.



Slika 1. Distributivni sustav od samo jedne napojne grane

3.1.2. Proračun

Za ovako definiran sustav vrijedi:

$$S_n = SO_n \quad S_i = S_{i+1} + SO_i + \Delta S_i \\ i = n-1, \dots, 1 \quad (\text{broj čvora}) \quad (1)$$

gdje je:

S_i - snaga koja prolazi kroz čvor i
 SO_i - snaga koju potrošači preuzimaju iz čvora i
 ΔS_i - gubici na grani između čvorova i i $i+1$.

Gubici u pojedinim granama (ΔS_i) izračunavaju se pomoću jednadžbe:

$$\Delta S_i = \Delta U_i \cdot I_i^* = Z_i \cdot I_i \cdot I_i^* \quad \text{gdje je } i \text{ broj promatrane grane} \quad (2)$$

gdje je:

ΔS_i - gubici na grani između čvorova i i $i+1$
 ΔU_i - pad napona na grani i
 I_i - struja grane i .

Struja koja prolazi kroz granu i , a ujedno i struja koja prolazi kroz $i+1$ čvor, izračunava se pomoću jednadžbe:

$$I_i = \left(\frac{S_{i+1}}{V_{i+1}} \right) \quad \text{gdje je } i \text{ broj promatrane grane} \quad (3)$$

$$V_{i+1} = V_i - I_i \cdot Z_i \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (\text{broj čvora}) \quad (4)$$

gdje je:

V_{i+1} - napon čvora i .

(Napomena: I , S , Z i V su kompleksne veličine (vektori))

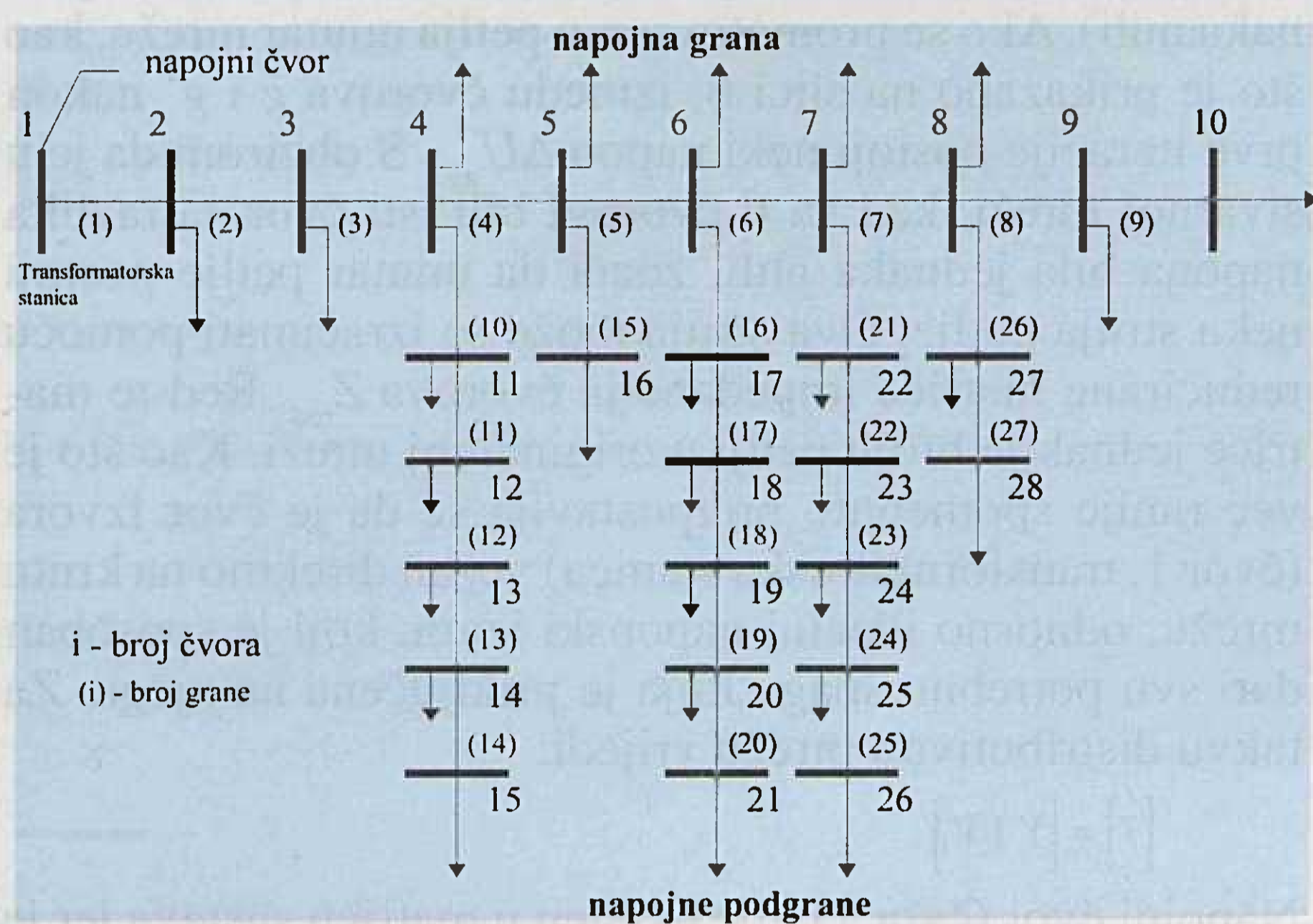
Najprije se pretpostavi da su svi naponi čvorova jednaki naponu prvog čvora. Pomoću tako pretpostavljenih napona izračunavaju se snage koje prolaze kroz pojedine čvorove (S_i). Ovaj proračun provodi se od zadnjeg čvora prema prvom čvoru koristeći jednadžbu (1). Gubici na pojedinim vodovima, granama, izračunavaju se pomoću jednadžbe (2). Nakon toga provodi se korekcija napona. Počevši od prvog čvora, a na osnovi prethodno izračunatih snaga koje prolaze kroz pojedine čvorove, pomoću jednadžbe (4) izračunavaju se padovi napona pojedinih grana i novi naponi čvorova. Izračunavanjem novih vrijednosti za napone čvorova završava se prva iteracija i s tim vrijednostima napona ulazi se u drugu iteraciju. Ovaj postupak se ponavlja dok se ne postigne željena točnost. Točnost se određuje kao razlika dobivenih vrijednosti između dviju uzastopnih iteracija. Može se promatrati promjena snage, struje ili napona, a najbolje je promatrati promjenu veličine koja se traži proračunom. Na taj način postiže se najoptimalnije vrijeme proračuna za zadanu točnost s jedne strane, a zna se i točnost na koju je promatrana veličina izračunata.

3.2. Distributivni sustav s napojnom granom i podgranama

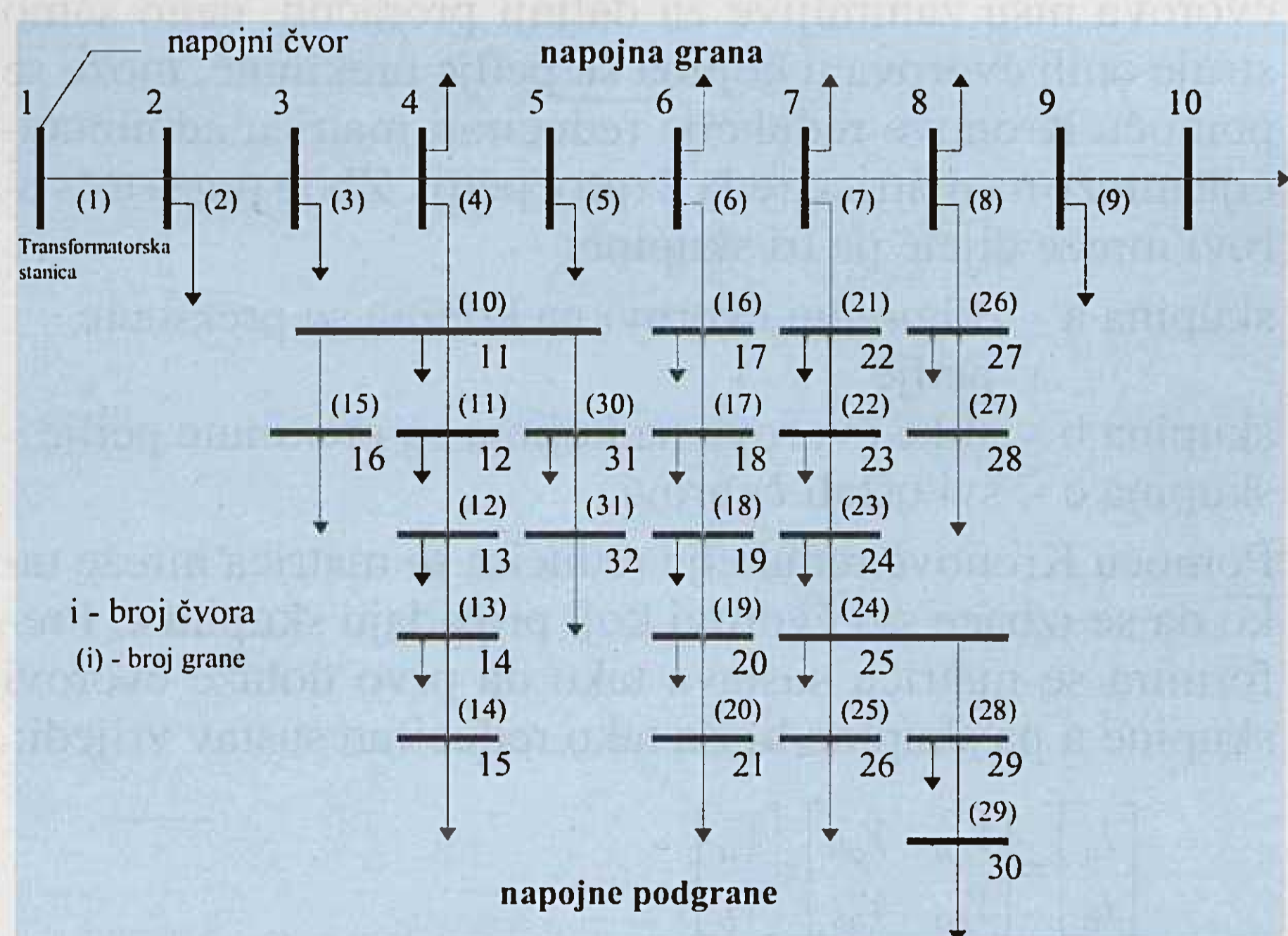
3.2.1. Označavanje

U slučaju distributivnog sustava s napojnom granom i na-

pojnim podgranama situacija je praktički ista kao i kod jednostavnijeg, prije opisanog slučaja. Napojna grana je niz grana koje počinju u prvom čvoru (transformatorskoj stanici), a napojna podgrana je niz grana s početkom na nekom od čvorova napojne grane ili napojne podgrane. Počinje se prvo od napojne grane, te je se označi na prije opisani način (čvorove brojevima od 1 do n , a grane brojevima od 1 do $n-1$). Nakon toga se označavanje nastavlja napojnom podgranom koja počinje na napojnoj grani, a na čvoru s najmanjim rednim brojem. Čvorovi se označavaju brojevima od $n+1$ do nn , a grane brojevima od n do $nn-1$. Označavanje se nastavlja slijedećom napojnom podgranom i tako dok se ne označi čitava mreža. Naročito je važno da napojne grane budu označene redom od manjih brojeva prema većima u smjeru od napojnog čvora (čvora broj 1, transformatorske stanice) do krajnjeg potrošača. Primjeri označavanja čvorova i grana dani su na slici 2 i slici 3.



Slika 2. Označavanje mreže s napojnim podgranama



Slika 3. Označavanje mreže s napojnim podgranama

3.2.2. Proračun

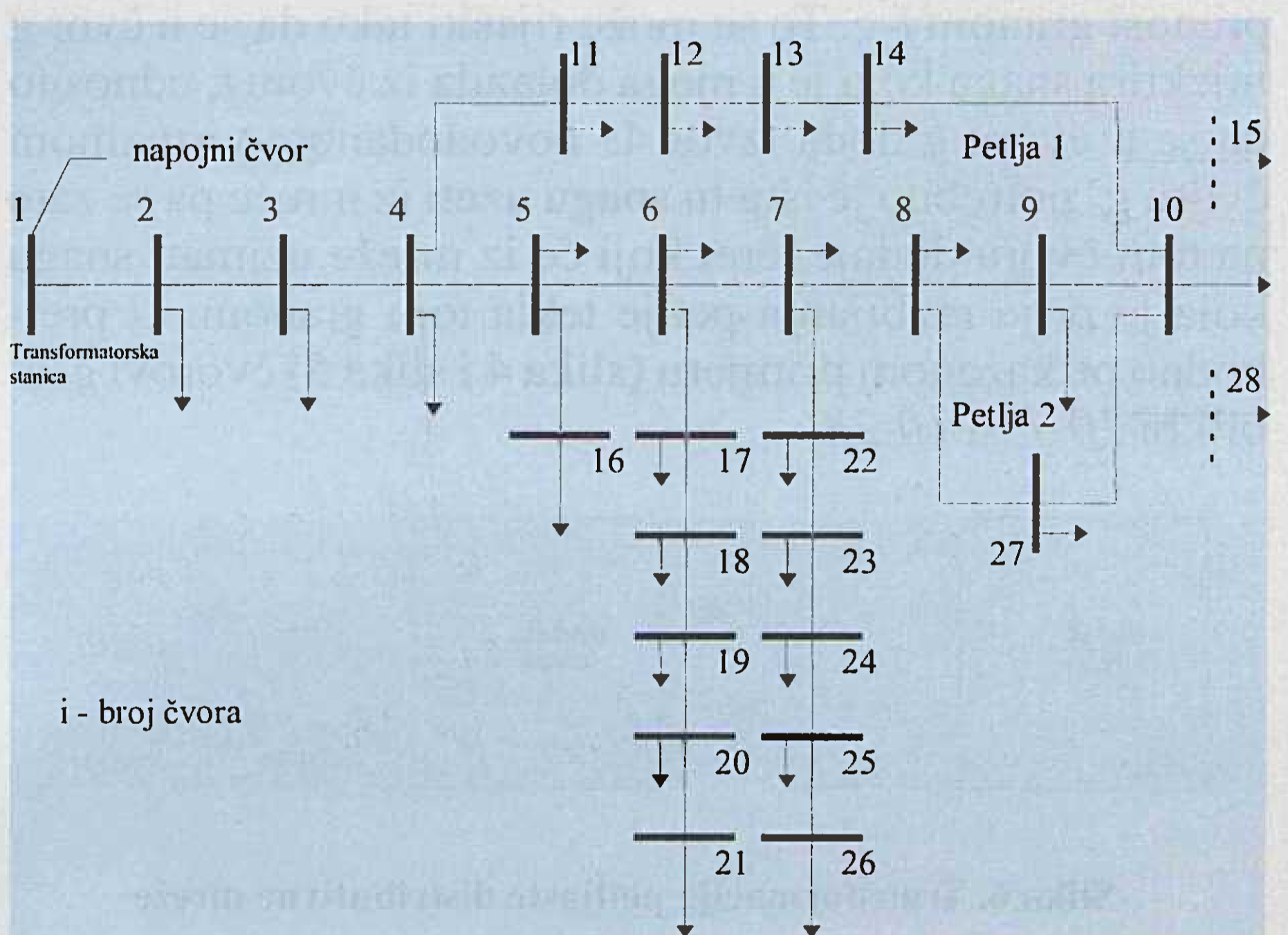
Za ovakvu mrežu vrijede jednačbe (1), (2), (3) i (4), iste kao i za prethodno obrađeni slučaj. Jedina je razlika što se sad promatrana mreža sastoji od napojne grane i više napojnih podgrana. Napojne podgrane promatraju se isto kao i napojna grana. Izračunava se snaga koju promatrana napojna podgrana preuzima od napojne grane i onda se ta snaga dodaje napojnoj grani u čvoru gdje se napojna pod-

grana veže na napojnu granu. Zbog toga proračun počinje od krajnje napojne podgrane. Postupak se provodi obrnutim redom od onoga kojim je mreža označena. Nakon što se izračunaju snage koje prolaze kroz čvorove, potrebno je izračunati napone pojedinih čvorova s kojima se ulazi u slijedeću iteraciju. Naponi na čvorovima se izračunavaju tako da se od napona početnog čvora oduzimaju padovi napona na grani koja ga povezuje sa slijedećim čvorom (jednačba (4)). Pri tome se koristi struja koja prolazi kroz granu, a koja se izračunava iz jednačbe (3). Prvo se izračunaju naponi napojne grane, a onda prelazimo na napojne podgrane. Najbolje je postupak provoditi onim redom kako su grane označene. S ovako izračunatim naponima čvorova ulazi se u slijedeću iteraciju. Ovaj postupak se ponavlja, kao i u prethodnom slučaju, dok se ne postigne željena točnost, koja se određuje kao razlika dobivenih vrijednosti, promatranih veličina, između dviju uzastopnih iteracija.

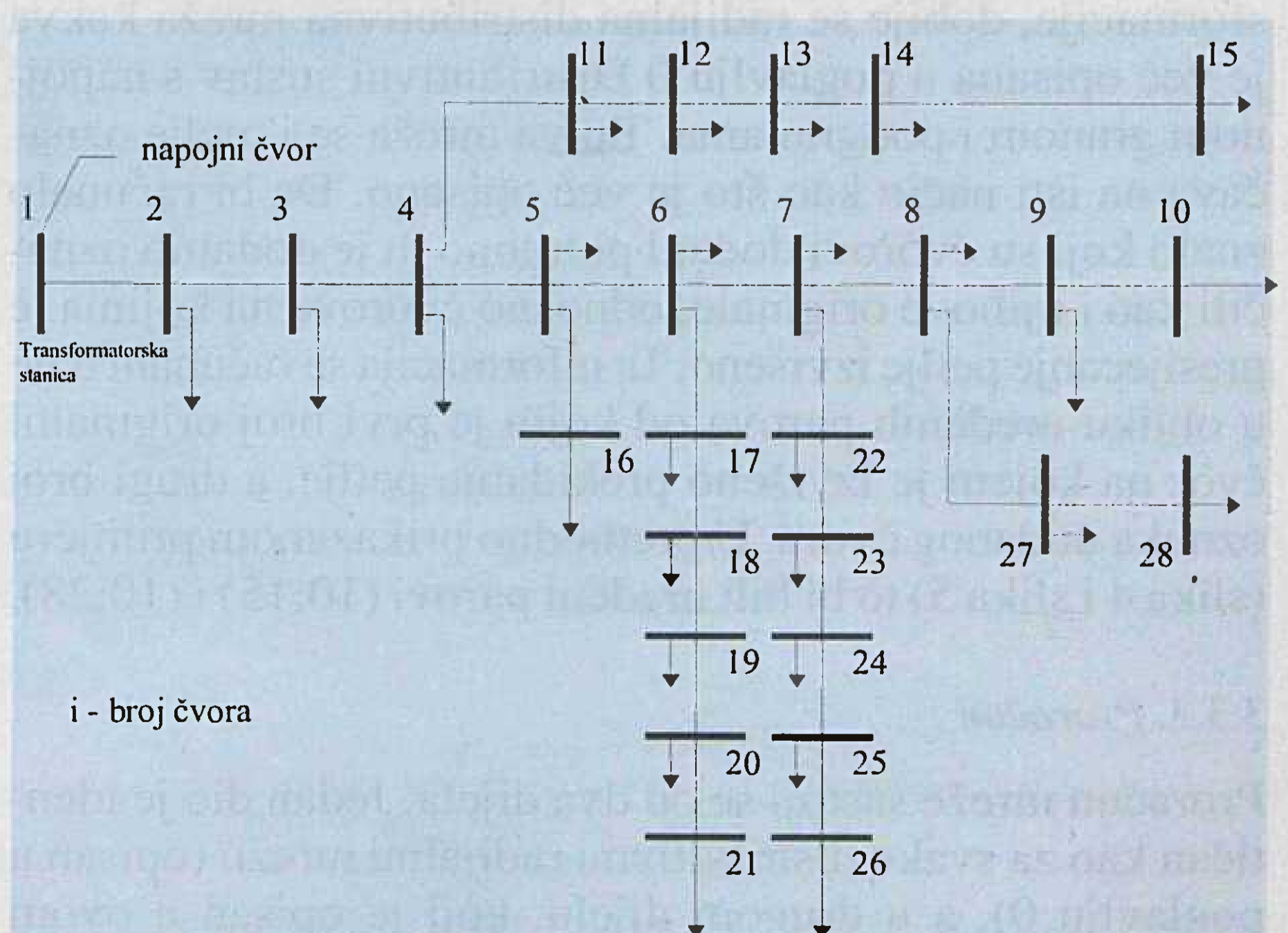
3.3. Distributivni sustav s napojnom granom, podgranama i petljama

3.3.1. Transformacija mreže

Distributivne mreže su najčešće radijalne, napajane iz jednog čvora. U zadnje vrijeme pojavljuju se distributivne



Slika 4. Primjer petljaste distributivne mreže



Slika 5. Transformacija petljaste distributivne mreže

mreže, napajane iz jednog čvora, koje imaju petljastu konfiguraciju. Petlje se primjenjuju zbog povećanja sigurnosti napajanja, stabilnosti, smanjenja gubitaka te boljih naponskih prilika.

Za radijalne distributivne mreže bez petlji vrijedi:

$$n = nb + 1$$

gdje je:

n - broj čvorova mreže

n_b - broj grana mreže

Za radijalne distributivne mreže s petljama vrijedi:

$$n_p = n_b - n + 1$$

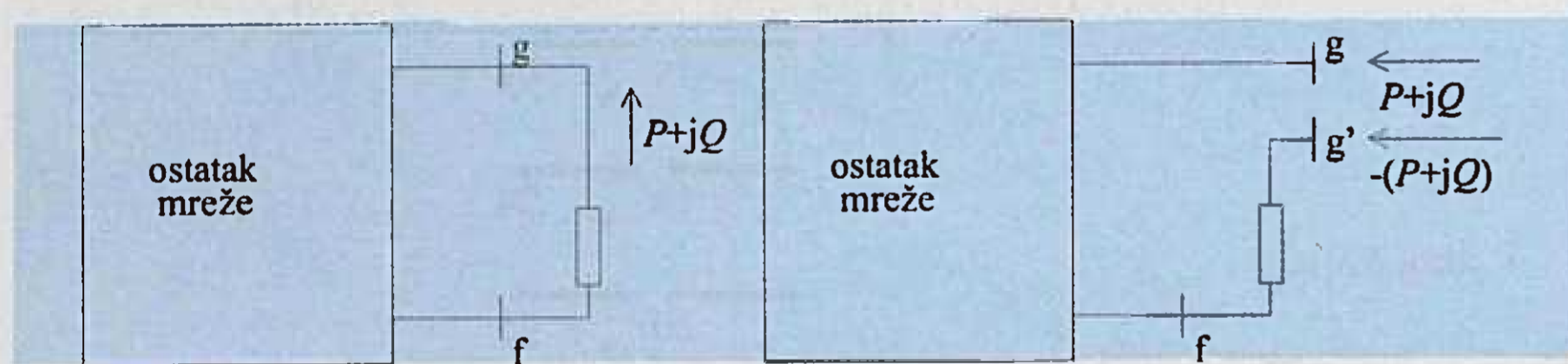
gdje je:

n - broj čvorova mreže

n_b - broj grana mreže

n_p - broj petlji mreže

Mreža koja se sastoji od n_p petlji može se prekonfigurirati u radijalnu mrežu bez petlji dodavanjem n_p čvorova. Na slici 4 i slici 5 prikazana je transformacija petljaste distributivne mreže dodavanjem virtualnih čvorova kako bi se razbile petlje. Takvom transformacijom dobiva se radijalna distributivna mreža sa slike 2. Da bi se nakon razbijanja mreže ostvarile naponske i strujne prilike u mreži iste kao i prije potrebno je nekako nadomjestiti snagu koja se prenosi granom $f-g$. To se može riješiti tako da se u čvor g injektira snaga koja je u njega dolazila iz čvora f , odnosno da se u čvoru g doda izvor. U novododanom virtualnom čvoru g' potrebno je istu tu snagu uzeti iz mreže pa se zato na tom čvoru dodaje teret koji će iz mreže uzimati snagu koja je prije razbijanja petlje tekla tom granom. U prethodno prikazanom primjeru (slika 4 i slika 5) čvorovi $g-g'$ bili bi 10-15 i 10-28.



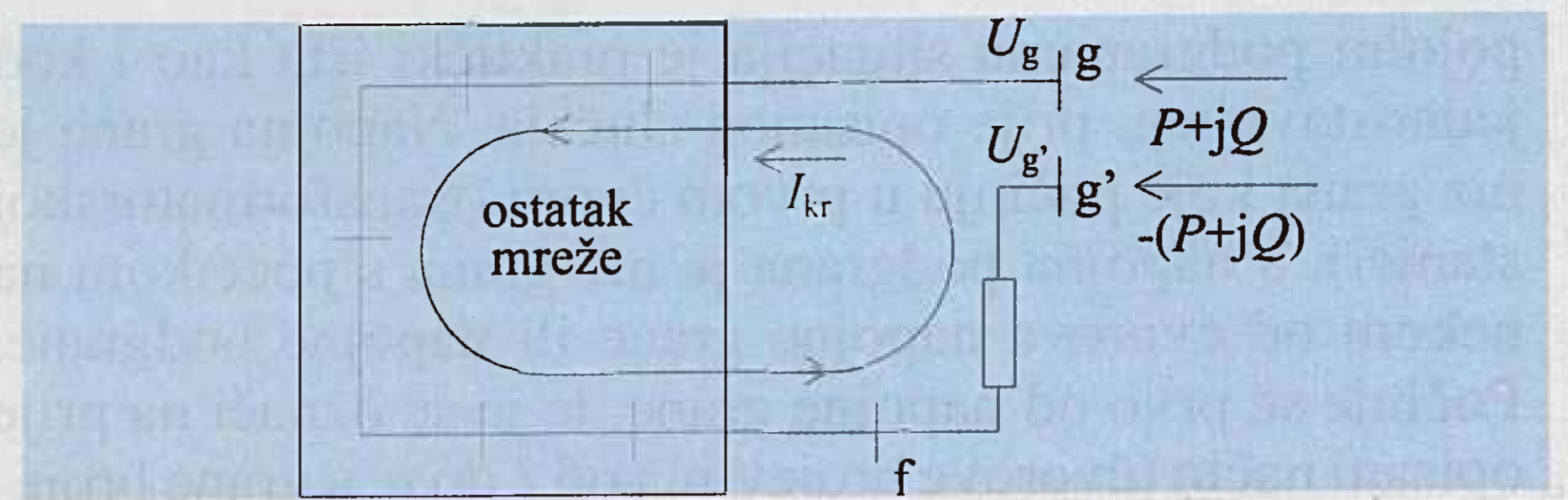
Slika 6. Transformacija petljaste distributivne mreže

3.3.2. Označavanje

Nakon što se dodaju dodatni čvorovi, odnosno nakon transformacije, dobije se radijalna distributivna mreža kakva je već opisana u poglavlju 0 Distributivni sustav s napojnom granom i podgranama. Takva mreža se i ovdje označava na isti način kao što je već opisano. Da bi računalo znalo koji su čvorovi dodani potrebno ih je dodatno označiti kao i njihove originale, odnosno čvorove na kojima je presijecanje petlje izvršeno. Ta informacija se računalu daje u obliku uređenih parova od kojih je prvi broj originalni čvor na kojem je izvršeno prekidanje petlje, a drugi broj oznaka dodanog čvora. U prethodno prikazanom primjeru (slika 4 i slika 5) to bi bili uređeni parovi (10;15) i (10;28).

3.3.3. Proračun

Proračun mreže sastoji se od dva dijela. Jedan dio je identičan kao za svaku distributivnu radijalnu mrežu (opisan u poglavlju 0), a u drugom dijelu, koji je opisan u ovom poglavlju određuje se snaga koju je potrebno injektirati u čvorove na kojima su prekinute petlje.



Slika 7. Prikaz kružne struje

Snaga koju treba injektirati u čvor određuje se iz razlike napona čvora prekida i originalnog čvora, odnosno čvora g i g' . S obzirom da su ta dva čvora u stvari isti čvor razlika napona tih čvorova mora biti nula. U prvu iteraciju se kreće snagom injektiranom u te čvorove jednakoj nuli ($P+jQ=0+j0$) i svim naponima jednakima. Na kraju te iteracije naponi U_g i $U_{g'}$ će se razlikovati (teoretski se može pojaviti da ovi naponi budu jednaki, ali u praksi to neće biti tako, čak i kad je snaga koja treba biti injektirana jednaka nuli). Ako se promatra samo petlja unutar mreže, kao što je prikazano na slici 6, između čvorova g i g' nakon prve iteracije postoji neki napon $\Delta U_{gg'}$. S obzirom da je u stvarnoj mreži, kad su ti čvorovi bili isti čvor, ta razlika napona bila jednaka nuli, znači da unutar petlje postoji neka struja petlje. Ova struja može se izračunati pomoću reducirane matrice impedancija čvorova Z_{red} . Red te matrice jednak je broju petlji u originalnoj mreži. Kao što je već ranije spomenuto pretpostavlja se da je čvor izvora (čvor 1, transformatorska stanica) vezan direktno na krutu mrežu, odnosno idealni naponski izvor, koji je sposoban dati svu potrebnu snagu koja je priključena na njega. Za takvu distributivnu mrežu vrijedi:

$$[I] = [YIV]$$

Napojni čvor (čvor 1) nije uvršten u matricu sustava jer je preko zanemarive impedancije spojen s referentnim nul-tim čvorom. S obzirom da struje koje ulaze i izlaze iz svih čvorova nisu zanimljive za daljnji proračun, nego samo struje onih čvorova u kojima su petlje prekinute, može se pomoću Kronove redukcije reducirati matrica admintancija mreže na matricu reda $2 \times$ broj petlji. Zbog toga se čvorovi mreže dijele na tri skupine:

skupina a - originalni čvorovi na kojima su prekinute petlje

skupina b - slike čvorova na kojima su prekinute petlje

skupina c - svi ostali čvorovi.

Pomoću Kronove redukcije reducira se matrica mreže tako da se izbace svi čvorovi koji pripadaju skupini c. Preformira se matricu sustava tako da prvo dolaze čvorovi skupine a pa skupine b. Za tako reduciran sustav vrijedi:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{aa} & Y_{ab} \\ Y_{ba} & Y_{bb} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix}$$

odnosno:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 & Z_2 \\ Z_3 & Z_4 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \end{bmatrix}$$

Iz čega slijedi da je razlika napona između čvorova skupine a i skupine b, odnosno razlika napona između čvorova u kojima je prekinuta mreža i njihovih virtualnih slika jednaka:

$$[V_{ab}] = [V_a - V_b] = [Z_1 - Z_3 I I_a] + [Z_2 - Z_4 I I_b]$$

S obzirom da su struje koje se injektiraju u čvorove skupine a i b jednake, ali različitog predznaka, odnosno da vrijedi:

$$[I_a] = -[I_b]$$

Razliku napona između čvorova skupine a i b možemo izračunati iz:

$$[V_{ab}] = [Z_1 - Z_3 - Z_2 + Z_4] I_b = [Z_{red}] I_a$$

Kako je mreža linearna ova relacija vrijedi i za infinitezimalne vrijednosti:

$$[\Delta V_{ab}] = [Z_{red}] \Delta I_a$$

Red matrice $[Z_{red}]$ jednak je broju petlji u polaznoj mreži, a infinitezimalno mala razlika napona je razlika napona između čvorova i njihovih slika u pojedinoj iteraciji. S obzirom da ova razlika mora biti jednaka nuli, znajući tu razliku u pojedinoj iteraciji može se izračunati struja $[\Delta I_a]$ iz koje se prema relaciji $[\Delta S_a] = [V_a] \Delta I_a$ može izračunati snaga koju je potrebno dodatno injektirati u čvor da bi prilike u transformiranoj mreži odgovarale prilikama u polaznoj mreži $[\Delta S_a]$. Aktivne i reaktivne snage pojedine iteracije računaju se prema:

$$P_{(p+1)}^I = P_{(p)}^I + R(\Delta S_a) \text{ i } Q_{(p+1)}^I = Q_{(p)}^I + I(\Delta S_a)$$

gdje su $R(\Delta S_a)$ i $I(\Delta S_a)$ radna odnosno jalova komponenta snage $[\Delta S_a]$.

Opisani postupak ima i tu manu da se ne može primijeniti u slučaju da se dvije petlje razbijaju na istom čvoru. Ovo i nije neki nedostatak jer se mreža može uvijek tako transformirati da ne postoje dvije slike jednog čvora. Gore spomenuti postupak je poprilično zahtjevan za računalo na kojem bi se postupak trebao primijeniti. U promatranom primjeru potrebno je kreirati matricu reda veličine 27x27 i onda je reducirati na matricu reda veličine 4x4 Kronovom redukcijom i dalje, kako je gore navedeno, na matricu reda veličine 2x2. Ovaj postupak, osim velikih zahtjeva na memoriju, ima i velike zahtjeve na brzinu računala. Na računalu HP48SX ovaj bi postupak trajao neprihvatljivo dugo, a zahtijevao bi i za takvo računalo preveliki memorijski prostor. Na računalu na kojem je program ispitivan redukcija samo prvog čvora trajala je više od 10 minuta i uzrokovala je grešku nedostatka memorije. S obzirom da iz prijeopisanih razloga ovakav postupak redukcije nije dolazio u obzir potrebno je uvesti pojednostavljenje koje se sastoji u tome da se promatra samo petlja i njezin otpor te da se uzme da će snaga koja treba biti injektirana u čvorove i njihove slike biti jednaka struji koju prouzrokuje razlika napona između čvora prekida i njegove slike. Ovo je zapravo pojednostavljena redukcija mreže koja donekle utječe na brzinu konvergencije algoritma, ali se višestruko isplati jer postupak postaje primjenjiv na malim računalima. Ovim postupkom matrica se praktički "reducira" već prilikom unošenja podataka u računalo.

Za tako reduciranu matricu vrijedi:

$$S = V \cdot I_p^*$$

gdje je:

$$I_p = \frac{\Delta U_{gg'}}{Z_p}$$

gdje je:

Z_p - ukupni otpor petlje

Ovako izračunata snaga injektira se u prekidni čvor petlje i njegovu sliku s različitim predznacima i tako se ulazi u drugu iteraciju.

Ovakav način proračuna zauzima izuzetno malo memorije i nema manu kao prethodno navedeni, da jedan čvor ne smije imati dvije slike. Konvergencija ovakvog postupka možda je malo sporija nego konvergencija u slučaju da radimo s prethodno opisanom postupkom, ali još je uvijek prihvatljiva. U svakom slučaju čitav izračun ovim postupkom traje nekoliko puta manje nego Kronova redukcija za samo jedan čvor.

4. PROGRAM ZA IZRAČUNAVANJE TOKOVA SNAGA U RADIJALNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

4.1. Ulazni podaci

Ulazni podaci za program su slijedeći:

- snaga koju potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova
- impedancije pojedinih grana
- napon napojnog čvora (čvor broj 1)
- konfiguracija mreže
- željena točnost.

Prije pokretanja programa potrebno je kreirati varijable u kojima su ulazni podaci za program. Kad se program pokrene on će upotrijebiti ove podatke kad mu budu trebali. Da bi se olakšao postupak kreiranja ulaznih varijabli, napravljeni su podprogrami koji ujedno i kontroliraju unos ulaznih parametara, da se ne bi dogodili grubi previdi pri unošenju podataka.

4.1.1. Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova

Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova sastoje se od radne i jalove komponente. U programu se pretpostavlja da je ta snaga konstantna, što je uobičajena pretpostavka.

U računalu su snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova pohranjene u varijabli S_0 u obliku vektora kompleksnih brojeva. Ova varijabla može biti i lista, što je vrlo prikladno, jer se onda uz vrlo male preinake u programu mogu rješavati i problemi kada snaga, koju potrošači preuzimaju iz mreže, nije konstantna.

4.1.2. Impedancije pojedinih grana

Impedancije pojedinih grana su kompleksne veličine. Stvarne impedancije vodova potrebno je preračunati na određeni naponski nivo, što nije predmet ovog rada.

U računalu su impedancije pojedinih grana pohranjene u varijabli Z u obliku vektora kompleksnih brojeva. Ova varijabla može biti i lista, što je vrlo prikladno jer se onda uz vrlo male preinake u programu mogu rješavati i problemi kod vodova čija impedancija nije linearna.

4.1.3. Napon napojnog čvora (čvor broj 1)

Napon napojnog čvora (čvor broj 1) je napon u početnom čvoru. Pretpostavka je da je regulacija takva da je taj napon konstantan.

U računalu se napon napojnog čvora (čvor broj 1) pohranjuje u varijablu V_0 i tretira kao kompleksni broj. Ukoli-

ko je ova varijabla zadana kao realan broj, onda se on pretvara u kompleksni, množenjem s $1+j0$.

4.1.4. Konfiguracija mreže

Konfiguracija mreže je opisana pomoću tablice koja se sastoji od tri stupca i onoliko redova koliko mreža ima napojnih grana i podgrana. U prvom stupcu je broj čvora u kojemu grana počinje, u drugom je prvi slijedeći čvor nakon čvora iz kojeg je napojna grana ili podgrana krenula, a u trećem stupcu je zadnji čvor na grani odnosno podgrani. U tabl. 1 prikazana je konfiguracija mreže za mrežu sa slike 2, a u tabl. 2 prikazana je konfiguracija mreže za mrežu sa slike 3.

Tablica 1. Tablica konfiguracije mreže za distributivnu mrežu na slici 2

	Polazni čvor	Čvor odmah iza početnog	Krajnji čvor
Napojna grana	1	2	10
Napojna podgrana	4	11	15
Napojna podgrana	5	16	16
Napojna podgrana	6	11	21
Napojna podgrana	7	22	26
Napojna podgrana	8	27	28

Tablica 2. Tablica konfiguracije mreže za distributivnu mrežu na slici 3

	Polazni čvor	Čvor odmah iza početnog	Krajnji čvor
Napojna grana	1	2	10
Napojna podgrana	4	11	15
Napojna podgrana	10	16	16
Napojna podgrana	10	31	32
Napojna podgrana	6	17	21
Napojna podgrana	7	22	26
Napojna podgrana	25	29	30
Napojna podgrana	8	27	28

U računalu konfiguracija mreže je pohranjena u varijablu **CFG** kao lista podlista. Lista je oblik podatka na HP48SX koji se sastoji od elemenata zatvorenih unutar vitičastih zagrada. Na drugim računalima ovaj se podatak može pohraniti kao matrica cijelih brojeva.

4.1.5. Petlje koje su sastavni dio mreže

Da bi računalo znalo koje su grane sastavni dio petlji potrebno mu je opisati petlje. Bitna su tri podatka. Dva su početni i krajnji čvor otvorene petlje $g-g'$. Treći podatak je podatak o granama koje promatrana petlja sadrži. Ovi podaci se predaju računalu pomoću varijable **PET** koja je tipa liste u koju je za svaku petlju upisana po jedna lista koja se sastoji od zrcalne slike čvora na kojemu je prekinuta mreža (g'), čvora na kojemu je prekinuta mreža (g) i liste u kojoj su nabrojane sve grane koje pripadaju promatranoj mreži.

4.1.6. Željena točnost

Željena točnost je apsolutna vrijednost razlike promatrane veličine između pojedinih iteracija. Kad ta vrijednost postane manja od zadane vrijednosti, onda je iterativni postupak završen. Zadana vrijednost željene točnosti je realna veličina i pohranjena je u varijabli **ACC**.

4.2. Izlazni podaci

Kao rezultat program daje slijedeće podatke:

- napone pojedinih čvorova
- snage koje prolaze kroz pojedine čvorove
- gubitke po granama
- broj iteracije nakon koje je postignuta željena točnost.

Program rezultate, osim broja iteracija, pohranjuje u određene varijable koje sam kreira. Broj iteracija nakon kojeg je postignuta željena točnost ostaje na stogu (stack).

Za potrebe ispitivanja metode program je bio preuređen tako da sprema i napone pojedinih čvorova po iteracijama.

Ovi međurezultati obrađeni su u posebnom poglavlju 0 Rezultati proračuna.

4.2.1. Naponi pojedinih čvorova

Naponi pojedinih čvorova su izlazni podatak programa u obliku vektora kompleksnih brojeva po redu od prvog do zadnjeg čvora.

4.2.2. Snage koje prolaze kroz pojedine čvorove

Nakon zadnje iteracije izračunavaju se snage koje prolaze kroz pojedine čvorove i gubitke po granama. Snage koje prolaze kroz pojedine čvorove dane su u obliku vektora kompleksnih brojeva.

4.2.3. Gubici po granama

Kao što je prethodno rečeno, nakon zadnje iteracije izračunavaju se snage koje prolaze kroz pojedine čvorove i gubitke po granama. Ovi gubici su dani u obliku vektora kompleksnih brojeva.

4.2.4. Broj iteracije nakon koje je postignuta željena točnost

Nakon završetka izvođenja programa na stack-u ostaje broj koji kaže koliko je iteracija bilo potrebno da bi se postigla željena točnost. Za vrijeme izvođenja programa broj trenutne iteracije ispisuje se u prvom redu zaslona, a trenutna točnost u trećem.

4.3. Program za izračunavanje tokova snaga u radijalnim distributivnim mrežama

Ime programa je **KALK.EQ**. Nastavak **“.EQ”** označava tip programa. Na HP48SX se programi s nastavkom **“.EQ”** mogu izvršavati i kao programi i kao funkcije. Kad se program izvršava kao funkcija, korisnik se podsjeća kako se zovu ulazne i izlazne varijable, što je vrlo korisno kod programa koji u pravilu dolaze bez klasičnog korisničkog sučelja. Na malim džepnim računalima korisničko je sučelje svedeno na minimum zbog štednje memorije i zbog ograničenja malog ekrana. Uobičajeno je da se u određene varijable postave ulazne vrijednosti, te pokrene program koji kreira nove varijable s rezultatima. Za pregled varijabli koristi se sam operativni sustav računala. Program je pisan modularno. Nakon testiranja moduli su spojeni u jednu cjelinu. Ovakav način pisanja programa omogućava njegovu jednostavno testiranje i ispravljanje. Za potrebe testiranja i prenošenja podataka na PC korišteni su dodatni moduli koji ovdje nisu opisani jer nisu predmet ovog članka.

```

STEP
END 'S' P DUP2 GET S N GET DUP V N GET / DUP CONJ * Z N 1 - GET * + + PUT
»
NEXT "S1: " S 1 GET 2 ENG + STD 2 DISP V CFG OBJ-> 1
FOR J J ROLL OBJ-> DROP -> P N K
« 'V' DUP P GET S N GET V N GET / CONJ Z N 1 - GET * - N SWAP PUT
IF N K <
THEN N 1 + K
FOR I 'V' DUP 1 1 - GET S I GET V I GET / CONJ Z I 1 - GET * - I SWAP PUT
NEXT
END
» -1
STEP GTI
UNTIL V - ABS DUP " ? " + ACC + 3 DISP ACC <
END Z 'DS' STO S0 'S' STO CFG OBJ-> 1 SWAP
START OBJ-> DROP -> P N K
«
IF N K <
THEN K 1 - N
FOR I 'S' I DUP2 GET S I 1 + GET DUP V I 1 + GET / DUP CONJ * Z I GET * 'DS' I 3
PICK PUT + + PUT - I
STEP
END 'S' P DUP2 GET S N GET DUP V N GET / DUP CONJ * Z N 1 - GET * 'DS' N 1 - 3
PICK PUT + + PUT
»
NEXT
»

GTI
« 2 ENG PET1 LIST-> 1 SWAP
FOR I LIST-> DROP -> A B R
« V A GET V B GET DUP2 + 2 / 3 ROLL - " >V:" OVER ABS + SWAP R / CONJ ROT * "S:"
OVER ABS + ROT + 3 I + DISP 'S0' A DUP2 GET 4 PICK + PUT 'S0' B DUP2 GET 4 ROLL -
PUT
»
NEXT STD
»

PETLJE
« { } 'PET1' STO PET LIST-> 1 SWAP
START LIST-> DROP LIST-> 0 SWAP 1 SWAP
START Z ROT GET +
NEXT 3 ->LIST 1 ->LIST PET1 + 'PET1' STO
NEXT
»

```

4.5. Rezultati proračuna radijalne distributivne mreže promatrani na primjeru

Kao što je već prije rečeno, iteracijski postupak se ponavlja dok apsolutna vrijednost napona ne postane manja od neke unaprijed zadane točnosti. Osim napona mogla bi se promatrati snaga u bilo kojem čvoru ili gubici u pojedinoj grani. Napon je odabran zbog jednostavnosti i zbog toga što se ovim postupcima vrlo često izračunavaju naponi u pojedinim čvorovima. Ti su podaci obično početne vrijednosti za proračun kratkog spoja u mreži.

Rezultati proračuna su promatrani na primjeru koji je obrađen i u [1] Konfiguracija mreže promatranog primjera prikazana je na slici 2.

4.5.1. Ulazni podaci

Ulazni podaci za primjer prikazan na slici 1 su:

Napon napojnog čvora $V_0 = 11 \text{ kV}$.

Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova $S_0 = [(0,0) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (14000,14280) (56000,57130) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (35280,36000) (8960,9140) (8960,9140) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280)]$

(35280,36000) (8960,9140) (56000,57130) (8960,9140) (35280,36000) (35280,36000) (35280,36000)]VA (čvorovi su nabrojani po redu od prvog do dvadeset i osmog, a vrijednosti su prikazane u obliku uređenih parova kod kojih je prva vrijednost realna komponenta, a druga imaginarna).

Impedancije pojedinih grana $Z = [(1.197,0.82) (1.796,1.231) (1.306,0.895) (1.851,1.268) (1.524,1.044) (1.905,1.305) (1.197,0.82) (0.653,0.447) (1.143,0.783) (2.823,1.172) (1.184,0.491) (1.002,0.416) (0.455,0.189) (0.546,0.227) (2.55,1.058) (1.366,0.567) (0.819,0.34) (1.548,0.642) (1.366,0.567) (3.552,1.474) (1.548,0.642) (1.092,0.453) (0.91,0.378) (0.455,0.189) (0.364,0.151) (0.546,0.226) (0.273,0.113)] \Omega$ (impedancije pojedinih grana su nabrojane po redu od prve do dvadeset i sedme, a vrijednosti su prikazane u obliku uređenih parova kod kojih je prva vrijednost realna komponenta, a druga imaginarna).

Zadana vrijednost željene točnosti $ACC = 0,1\%$.

4.5.2. Rezultati proračuna

Tablica 3. Naponi čvorova i snage koje prolaze kroz njih

	Napon čvora		Napon čvora/napon	Snaga čvora	
	$Re(U)$ [kV]	$Im(U)$ [kV]	čvora I	P [kW]	Q [kVar]
Čvor 1	11,000	0,000	1,000	829,867	822,547
Čvor 2	10,848	0,028	0,986	816,361	813,295
Čvor 3	10,630	0,067	0,966	762,551	764,594
Čvor 4	10,475	0,095	0,952	735,570	741,418
Čvor 5	10,319	0,124	0,938	513,055	518,781
Čvor 6	10,203	0,144	0,928	457,496	464,216
Čvor 7	10,102	0,163	0,918	315,237	320,770
Čvor 8	10,074	0,167	0,916	133,916	136,596
Čvor 9	10,071	0,168	0,916	28,005	28,563
Čvor 10	10,069	0,168	0,916	14,000	14,280
Čvor 11	10,407	0,123	0,946	176,332	179,614
Čvor 12	10,387	0,131	0,944	120,010	122,350
Čvor 13	10,375	0,136	0,943	84,594	86,294
Čvor 14	10,372	0,138	0,943	49,293	50,285
Čvor 15	10,370	0,139	0,943	35,280	36,000
Čvor 16	10,307	0,129	0,937	35,280	36,000
Čvor 17	10,184	0,152	0,926	102,921	104,743
Čvor 18	10,172	0,157	0,925	93,819	95,544
Čvor 19	10,154	0,164	0,923	84,640	86,313
Čvor 20	10,145	0,168	0,922	49,294	50,286
Čvor 21	10,138	0,171	0,922	14,000	14,280
Čvor 22	10,070	0,175	0,916	144,956	147,608
Čvor 23	10,053	0,182	0,914	109,412	111,498
Čvor 24	10,040	0,188	0,913	100,267	102,281
Čvor 25	10,037	0,189	0,913	44,249	45,144
Čvor 26	10,035	0,189	0,912	35,280	36,000
Čvor 27	10,069	0,170	0,916	70,567	72,003
Čvor 28	10,068	0,170	0,915	35,280	36,000

U tabl. 3 dani su naponi čvorova, naponi čvorova u odnosu na napojni čvor (čvor 1) i snage koje prolaze kroz čvorove za obrađeni primjer, a u tabl. 4 dani su gubici u pojedinim granama. Ovi rezultati dobiveni su nakon pet iteracija.

Tablica 4. Gubici u granama

	DP [W]	DQ [VAr]		DP [W]	DQ [VAr]
Grana 1	13505,95	9252,20	Grana 15	60,98	25,30
Grana 2	18530,67	12701,14	Grana 16	283,98	117,87
Grana 3	12980,52	8895,54	Grana 17	141,88	58,90
Grana 4	9252,18	6338,07	Grana 18	219,35	90,97
Grana 5	6217,39	4259,15	Grana 19	65,80	27,31
Grana 6	3774,77	2585,86	Grana 20	13,82	5,73
Grana 7	431,40	295,53	Grana 21	653,15	270,88
Grana 8	10,30	7,05	Grana 22	263,59	109,34
Grana 9	4,51	3,09	Grana 23	185,14	76,90
Grana 10	1651,08	685,47	Grana 24	18,04	7,49
Grana 11	322,25	133,64	Grana 25	9,18	3,81
Grana 12	135,89	56,42	Grana 26	54,72	22,65
Grana 13	20,96	8,71	Grana 27	6,84	2,83
Grana 14	12,90	5,36			

4.5.3. Konvergencija

Za potrebe praćenja iteriranja proračuna napravljan je pod-program koji je bilježio sve iteracije i zapisivao ih u posebnu varijablu. Promatrani su naponi pet iteracija kao što se vidi u tabl. 5. Iz tablice se vidi da metoda vrlo brzo konvergira, te da je promjena napona već između druge i treće iteracije manja od 1%. Za neke grublje proračune zadovoljila bi i samo jedna iteracija, jer uvijek moramo imati na umu i točnost ulaznih parametara.

Tablica 5. Prikaz napona prvih pet iteracija iz primjera

	Iteracija 0	Iteracija 1	Iteracija 2	Iteracija 3	Iteracija 4	Iteracija 5
Čvor 1	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000
Čvor 2	1,0000000	0,9865009	0,9862274	0,9862197	0,9862194	0,9862194
Čvor 3	1,0000000	0,9675172	0,9664872	0,9664536	0,9664524	0,9664523
Čvor 4	1,0000000	0,9541644	0,9524181	0,9523560	0,9523538	0,9523537
Čvor 5	1,0000000	0,9409480	0,9382981	0,9381937	0,9381897	0,9381896
Čvor 6	1,0000000	0,9312233	0,9278081	0,9276641	0,9276584	0,9276582
Čvor 7	1,0000000	0,9228321	0,9186800	0,9184943	0,9184867	0,9184864
Čvor 8	1,0000000	0,9205893	0,9162353	0,9160380	0,9160298	0,9160295
Čvor 9	1,0000000	0,9203336	0,9159564	0,9157578	0,9157495	0,9157492
Čvor 10	1,0000000	0,9201097	0,9157123	0,9155125	0,9155042	0,9155038
Čvor 11	1,0000000	0,9483384	0,9462423	0,9461662	0,9461634	0,9461633
Čvor 12	1,0000000	0,9466766	0,9444771	0,9443969	0,9443940	0,9443939
Čvor 13	1,0000000	0,9456849	0,9434226	0,9433398	0,9433368	0,9433367
Čvor 14	1,0000000	0,9454225	0,9431435	0,9430600	0,9430569	0,9430568
Čvor 15	1,0000000	0,9451970	0,9429036	0,9428195	0,9428164	0,9428163
Čvor 16	1,0000000	0,9398953	0,9371720	0,9370644	0,9370603	0,9370601
Čvor 17	1,0000000	0,9295817	0,9260300	0,9258791	0,9258730	0,9258728
Čvor 18	1,0000000	0,9286845	0,9250571	0,9249023	0,9248961	0,9248959
Čvor 19	1,0000000	0,9271543	0,9233951	0,9232334	0,9232269	0,9232267
Čvor 20	1,0000000	0,9263678	0,9225399	0,9223747	0,9223681	0,9223678
Čvor 21	1,0000000	0,9257870	0,9219081	0,9217402	0,9217334	0,9217332
Čvor 22	1,0000000	0,9202146	0,9158130	0,9156134	0,9156051	0,9156048
Čvor 23	1,0000000	0,9188209	0,9142839	0,9140767	0,9140680	0,9140676
Čvor 24	1,0000000	0,9177558	0,9131141	0,9129008	0,9128918	0,9128915
Čvor 25	1,0000000	0,9175208	0,9128559	0,9126413	0,9126322	0,9126319
Čvor 26	1,0000000	0,9173710	0,9126912	0,9124758	0,9124667	0,9124663
Čvor 27	1,0000000	0,9201397	0,9157430	0,9155434	0,9155351	0,9155348
Čvor 28	1,0000000	0,9200273	0,9156200	0,9154197	0,9154114	0,9154111

4.6. Rezultati proračuna radijalne petljaste distributivne mreže

Kao što je već prije rečeno, iteracijski postupak se ponavlja dok apsolutna vrijednost napona ne postane manja od neke unaprijed zadane točnosti. Osim napona mogla bi se promatrati snaga u bilo kojem čvoru ili gubici u pojedinoj grani. Napon je odabran zbog jednostavnosti i zbog toga što se ovim postupcima vrlo često izračunavaju naponi u pojedinim čvorovima. Ti su podaci obično početne vrijednosti za proračun kratkog spoja u mreži.

Rezultati proračuna su promatrani na primjeru koji je obrađen i u [1] Konfiguracija mreže promatranog primjera prikazana je na slici 4.

4.6.1. Ulazni podaci

Ulazni podaci za primjer prikazan na slici 4 su:

Napon napojnog čvora $V_0=11\text{kV}$.

Snage koje potrošači preuzimaju iz pojedinih čvorova
 $S_0 = [(0,0) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (14000,14280) (35280,36000) (14000,14280) (56000,57130) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (0,0) (35280,36000) (8960,9140) (8960,9140) (35280,36000) (35280,36000) (14000,14280) (35280,36000) (8960,9140) (56000,57130) (8960,9140) (35280,36000) (35280,36000) (0,0)]$ JVA (čvorovi su nabrojani po redu od prvog do dvadeset i osmog, a

vrijednosti su prikazane u obliku uređenih parova kod kojih je prva vrijednost realna komponenta, a druga imaginarna).

Impedancije pojedinih grana $Z = [(1.197, 0.82) (1.796, 1.231) (1.306, 0.895) (1.851, 1.268) (1.524, 1.044) (1.905, 1.305) (1.197, 0.82) (0.653, 0.447) (1.143, 0.783) (2.823, 1.172) (1.184, 0.491) (1.002, 0.416) (0.455, 0.189) (0.546, 0.227) (2.55, 1.058) (1.366, 0.567) (0.819, 0.34) (1.548, 0.642) (1.366, 0.567) (3.552, 1.474) (1.548, 0.642) (1.092, 0.453) (0.91, 0.378) (0.455, 0.189) (0.364, 0.151) (0.546, 0.226) (0.273, 0.113)] \Omega$ (impedancije pojedinih grana su nabrojane po redu od prve do dvadeset i sedme, a vrijednosti su prikazane u obliku uređenih parova kod kojih je prva vrijednost realna komponenta, a druga imaginarna).

Zadana vrijednost željene točnosti $ACC=0,1V$.

Konfiguracija petlji u mreži zadana je pomoću varijable $PET = \{ \{ 28 \ 10 \ \{ 26 \ 27 \ 9 \ 8 \} \} \ \{ 15 \ 10 \ \{ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 12 \ 13 \ 14 \} \} \}$.

Tablica 7. Gubici u granama

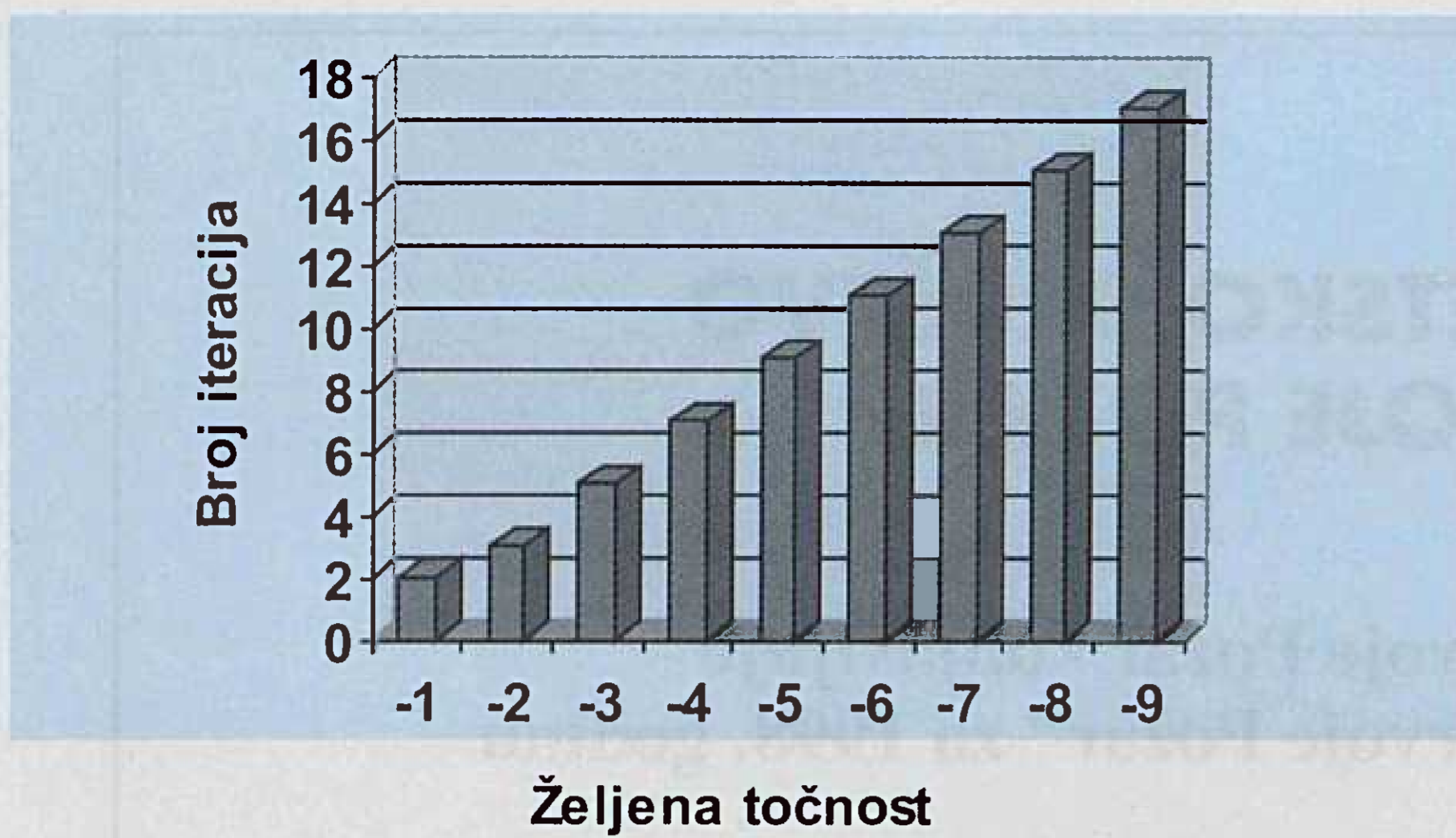
	DP [W]	DQ [VAr]		DP [W]	DQ [VAr]
Grana 1	10814,82	7408,65	Grana 15	59,65	24,75
Grana 2	14681,45	10062,84	Grana 16	275,19	114,23
Grana 3	10237,95	7016,05	Grana 17	137,48	57,07
Grana 4	3870,55	2651,46	Grana 18	212,55	88,15
Grana 5	2316,52	1587,07	Grana 19	63,76	26,46
Grana 6	764,68	523,83	Grana 20	13,39	5,56
Grana 7	42,22	28,92	Grana 21	625,64	259,47
Grana 8	4,48	3,07	Grana 22	252,47	104,73
Grana 9	23,68	16,19	Grana 23	177,32	73,66
Grana 10	4125,86	1712,90	Grana 24	17,28	7,18
Grana 11	1107,46	49,26	Grana 25	8,79	3,65
Grana 12	664,76	275,99	Grana 26	34,04	14,09
Grana 13	199,33	82,80	Grana 27	43,33	17,94
Grana 14	197,50	82,11			

4.6.2. Rezultati proračuna

U tabl. 6 dani su naponi čvorova, naponi čvorova u odnosu na napojni čvor (čvor 1) i snage koje prolaze kroz čvorove za obrađeni primjer, a u tabl. 7 dani su gubici u pojedinim granama.

Tablica 6. Naponi čvorova i snage koje prolaze kroz njih

	Napon čvora		Napon čvora/napon	Snaga čvora		Snaga čvora	
	Re(U) [kV]	Im(U) [kV]	čvora/napon čvora 1	P [kW]	Q [kVAr]	P [kW]	Q [kVAr]
Čvor 1	11,000	0,000	1,0000	741,452	737,208	0	0
Čvor 2	10,864	0,024	0,9877	730,638	729,799	35,280	36,000
Čvor 3	10,670	0,060	0,9701	680,676	683,737	14,000	14,280
Čvor 4	10,532	0,085	0,9576	656,438	662,441	35,280	36,000
Čvor 5	10,433	0,110	0,9485	312,789	360,288	14,000	14,280
Čvor 6	10,363	0,128	0,9422	261,133	308,396	35,280	36,000
Čvor 7	10,319	0,143	0,9383	121,906	167,021	35,280	36,000
Čvor 8	10,327	0,146	0,9390	-58,978	-16,867	35,280	36,000
Čvor 9	10,330	0,146	0,9392	-20,964	-17,100	14,000	14,280
Čvor 10	10,336	0,145	0,9397	-34,987	-31,397	-34,987	-31,397
Čvor 11	10,421	0,121	0,9475	300,372	261,788	56,000	57,130
Čvor 12	10,384	0,132	0,9441	243,265	204,199	35,280	36,000
Čvor 13	10,357	0,140	0,9416	207,320	167,923	35,280	36,000
Čvor 14	10,347	0,142	0,9407	171,841	131,840	14,000	14,280
Čvor 15	10,336	0,145	0,9397	157,643	117,478	157,643	117,478
Čvor 16	10,420	0,115	0,9474	35,280	36,000	35,280	36,000
Čvor 17	10,344	0,136	0,9405	102,907	104,737	8,960	9,140
Čvor 18	10,333	0,141	0,9395	93,810	95,540	8,960	9,140
Čvor 19	10,315	0,148	0,9379	84,637	86,312	35,280	36,000
Čvor 20	10,306	0,152	0,9370	49,293	50,286	35,280	36,000
Čvor 21	10,299	0,155	0,9364	14,000	14,280	14,000	14,280
Čvor 22	10,288	0,156	0,9354	144,936	147,599	35,280	36,000
Čvor 23	10,271	0,162	0,9339	109,403	111,494	8,960	9,140
Čvor 24	10,259	0,168	0,9328	100,266	102,281	56,000	57,130
Čvor 25	10,256	0,169	0,9325	44,249	45,144	8,960	9,140
Čvor 26	10,254	0,170	0,9324	35,280	36,000	35,280	36,000
Čvor 27	10,332	0,146	0,9394	-73,332	-35,784	35,280	36,000
Čvor 28	10,336	0,145	0,9397	-108,656	-71,802	-108,656	-71,802



Slika 8. Broj potrebnih iteracija u odnosu na željenu točnost

4.6.3. Konvergencija

Postupak primijenjen za proračun distributivnih petljastih mreža konvergira vrlo brzo u svim promatranim slučajevima. U promatranom primjeru konvergencija je nešto slabija zato jer su u njemu, kao što je već prije opisano, dvije petlje razbijene na istom čvoru. Broj potrebnih iteracija u ovisnosti o željenoj točnosti za promatrani primjer prikazan je na slici 8. Željena točnost je tražena kao $ACC = V_0 \cdot 10^x$; gdje je x bio redom od -1 do -9, kao što je prikazano na slici. Vidi se da je promjena napona nakon treće iteracije već u granicama od 1% što je zadovoljava za najveći dio proračuna.

5. ZAKLJUČAK

Ovdje obrađena metoda pokazala se vrlo učinkovitom. Ona u potpunosti iskorištava posebnosti radijalne distributivne elektroenergetske mreže. Metodom označavanja mreže količina podataka koju je potrebno unijeti u računalo smanjena je na minimum, što je rezultiralo smanjenjem vremena unosa podataka, racionalizacijom memorije i smanjenjem ukupnog vremena proračuna. Metoda konvergira u svim slučajevima, a konvergencija je vrlo brza. Kao što je prije rečeno za neke potrebe zadovoljavala bi i prva iteracija. S malom promjenom ovaj bi se program mogao koristiti za proračun struja i napona u niskonaponskoj mreži. U tom slučaju snage, koje potrošači uzimaju iz mreže, bi se mogle modelirati funkcijom bilo kakvog karaktera, pa i na taj način da na istoj mreži imamo potrošače raznih tipova. U tom slučaju konvergencija ne bi bila tako brza, a u nekim slučajevima moglo bi doći i do divergencije. Jed-

nostavnost primjene i primjenjivost na malim džepnim računalima omogućava primjenu ove metode i na terenu, a podprogrami za prijenos podataka na PC omogućavaju daljnju obradu podataka i njihovo formatiranje i ispis na PC-u.

LITERATURA

- [1] D. DAS, H.S. NAGI, D.P. KOTHARI: "Novel method for solving radial distribution networks", IEE Proc. -Gener. Transm. Distrib., Vol. 141, No. 4, July 1994, pp. 291-298
- [2] John J. GRAINGER, William D. STIVENSON Jr.: "Power System Analysis", McGraw-Hill 1994
- [3] Dr. Marija i Karlo OŽEGOVIĆ: "Električne mreže", Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu, Split 1989.
- [4] HP: "HP48SX Owner's Manual"
- [5] D. RAJICIC i A. BOSE: "A modification to the fast decoupled power flow for ill-conditioned power systems", IEEE Trans. 1988, PWRS-3, pp. 743-746
- [6] S. IWAMOTO i Y. TAMURA: "A load flow calculation method for ill-conditioned power systems", IEEE Trans. 1981, PAS-100, pp. 1736-1713
- [7] S. C. TRYPATHY, G. DURGAPARASAD, O. P. Malik i G. S. Hope: "Load flow solutions ill-conditioned power systems by a Newton like method", IEEE Trans. 1982, PAS-101, pp. 3648-3657
- [8] M. H. HAQUE: "Efficient load flow method for distribution systems with radial or mesh configuration", IEEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 143, No. 1. siječnja 1996.

LOAD FLOW CALCULATION IN RADIAL AND MASHED ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION NETWORKS

The algorithm for load flow calculation in mashed radial networks with great voltage drops is given. The algorithm is efficient and adapted to pocket computers.

DIE BERECHNUNG VON ENERGIEFLÜSSEN IN RADIALEN UND VERMASCHTEN STROMVERTEILUNGSNETZEN

Dargestellt ist das Rechenverfahren für Energieflüsse in radialen und vermaschten Stromverteilungsnetzen mit großen Spannungsabfällen. Das Rechenverfahren ist leistungsfähig und den Taschenrechnern angepasst.

Naslov pisca:

Borko Frühwirth, dipl. ing.
Končar-KET, Fallerovo šetalište 22
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis :
 1997-11-24

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

**Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar" objavljuje
odluke o dobitnicima nagrade "Hrvoje Požar" za 1998. godinu**

Temeljem objavljenog natječaja i postupka propisanog Poslovníkom o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", te Poslovníka o stipendiranju mladih energetičara, Glavni odbor je odlučio da su dobitnici:

A) za stručni znanstveni doprinos razvitku energetike:

Dr. sc. Goran Granić

Energetski institut "Hrvoje Požar", d.o.o., Zagreb

B) za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom:

"KONČAR" – Transformatori, Energetika i usluge, d.d., Zagreb

C) za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte:

"ZGO" – Gospodarenje otpadom i zaštita okoliša, d.o.o., Zagreb

D) za izvrstan uspjeh u studiju energetskeg usmjerenja:

1. **Marko Aunedi**, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

2. **Lidia Maurović**, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

E) za izvrstan uspjeh u studiju i posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike:

1. **Marko Živković, dipl. inž.**, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

2. **Kristian Lenić, dipl. inž.**, Tehnički fakultet, Rijeka

3. **Branimir Ćučić, dipl. inž.**, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

F) stipendije za stručni dio studija:

1. **Sandra Vicković**, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

2. **Snježana Šunjerga**, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

3. **Dražen Jakšić**, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

4. **Boris Sučić**, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

5. **Damir Škugor**, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

Nagrade se dodjeljuju 1. srpnja 1998. g. u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti, Zagreb.

OPĆI PRINCIPI UTVRĐIVANJA I IZRAVNAVANJA NEŽELJENIH RAZMJENA U INTERKONEKCIJI

Pavao B u j a s, Zagreb

UDK 621.315.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Izložen je princip izračunavanja i izravnavanja odstupanja između planiranih i ostvarenih razmjena.

Ključne riječi: interkonekcija, razmjena, kompenzacija odstupanja.

1. UVOD

Pri zajedničkom radu u interkonektivnoj mreži moraju se predvidjeti tzv. neželjena odstupanja. Ta odstupanja nastaju kao razlika između planiranih i ostvarenih vrijednosti isporuke. Općenito je iznos neželjenih odstupanja neznan u usporedbi s ukupnom razmjenom. Međutim kolegod partneri u zajedničkom radu poštivali dogovoreni "vozni red razmjene" neželjeno odstupanje nije moguće izbjeći.

Obrada ovih odstupanja mogla bi se obaviti na različite načine. Kod UCPTE-a se od 1958. upotrebljava postupak za izravnavanje neželjenih odstupanja u naturi i to razdijeljen po dogovorenim tarifnim vremenima. U ovom će se članku opisati opći principi koji se upotrebljavaju za naturalno izravnavanje neželjenih odstupanja. U Dispečerskoj se službi HEP-a udomaćio naziv kompenzacija neželjenih odstupanja ili samo "kompenzacija" pa će se i taj termin ravnopravno upotrebljavati.

2. OPĆI PRINCIPI

Opći principi utvrđivanja kompenzacije neželjenih odstupanja polaze od toga da su elektroenergetski sustavi (EES) članica UCPTE-a spojeni u zajedničku mrežu. Pri tome je svaki pojedini EES u svakom trenutku obračuna *točno ograničena jedinica*. Prigodom obračuna moguće je po istom principu promatrati kako blokove sastavljene od više zemalja (npr. blok Hrvatska-Slovenija) tako i zemlje sastavljene od više dijelova (više samostalnih elektroprivrednih organizacija). Ovaj će se opći proračun odnositi na zemlje koje graniče s najmanje dvije UCPTE zemlje, a ne odnosi se na zemlje koje imaju samo jednu zajedničku granicu s drugom UCPTE zemljom, kao što je slučaj Portugala, Španjolske, Danske i Hrvatske (dok se ne izvrši ponovno spajanje prema istoku). Za ove će se zemlje izravnavanje neželjenih odstupanja obavljati preko bilateralnih ugovora, kao naprimjer kompenzacija između Hrvatske i Slovenije.

3. PRORAČUN NEŽELJENIH ODSUPANJA

3.1. Dogovoreni plan razmjene

Dvije zemlje, od kojih jedna isporučuje a druga prima energiju, dan ranije definiraju međusobni program razmjene za idući dan. Početak, trajanje i snaga isporuke moraju biti precizno određeni obostrano potvrđeni i razmijenjeni (telefonom, telefaksom ili E-poštom).

Npr. partner i partneru j isporučuje energiju za dan $dd-mm-gg$ po slijedećem dijagramu:

$$00 - 06 - 22 - 24 \quad h$$

$$P_1 P_2 P_3 \text{ kW}$$

$$\text{Ukupno: } (6 \times P_1 + 16 \times P_2 + 2 \times P_3) \text{ kWh}$$

Ako je P_{ij}^t dogovoreni iznos razmjene iz zemlje i u zemlju j u vremenu t tada se tradicionalno smatra da je $P_{ij}^t > 0$ ako se radi o izvozu iz zemlje i u zemlju j , a u suprotnom je slučaju $P_{ij}^t < 0$.

Očito je

$$P_{ij}^t = -P_{ji}^t \quad (i, j = 1, 2, \dots, l) \quad (1)$$

Iz toga slijedi da je $P_i^t = \sum_{j=1, j \neq i}^l P_{ij}^t$ algebarska suma svih iznosa energije koje je zemlja i dogovorila s drugim zemljama j s kojima je u zajedničkom radu i to u vremenu t . Odatle je iz (1):

$$\sum_{i=1}^l P_i^t = 0 \quad (2)$$

Riječima objašnjeno, ukupni je zbroj dogovorene razmjene između više partnera koji rade u zajedničkom sustavu nula jer se izvoz i uvoz računaju sa suprotnim predznakom. Ovaj podatak u praksi služi kao dodatna kontrola kojom se lakše uoči da li se za pojedine sate pojavila slučajna pogreška nastala nepažnjom.

3.2. Ostvarena razmjena

Stvarni se iznos satno izmijenjene energije E razlikuje od

planirane satne snage P i očitava se s brojila u krajnjim trafostanicama. Podatak se može izravno prenositi u procesno računalo u dispečerskom centru ili u nedostatku daljinskih mjerenja satno očitavati i dojavljivati. Pouzdanost i točnost brojila kao i prijenos mjerenja osnovni su preduvjet za uspješno obavljanje čitavog proračuna.

Neka je E_{ij}^t algebarska suma izmjerenih iznosa energije iz zemlje i u zemlju j u vremenu t na međusobnim dalekovodima između zemalja i i j . Ova definicija ne vrijedi kada zemlje i i j međusobno ne graniče.

Po definiciji vrijedi

$$E_{ji}^t = -E_{ij}^t \quad (i, j=1, 2, \dots, l \quad i \text{ i } j \text{ su susjedne zemlje}) \quad (3)$$

Napomena: E_{ji}^t predstavlja izmjerenu satnu snagu očitavnu iz brojila.

Uzimanjem u obzir odgovarajućih oznaka dobije se energija koja je stvarno (bez obzira na dogovoreni vozni red) prošla (uvezena ili izvezena) u satu t u zemlju i :

$$E_i^t = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^l E_{ij}^t$$

i uvažavajući (3):

$$\sum_{i=1}^l E_i^t = 0 \quad (4)$$

Izraz (4) ponovo kao i (2) služi u praksi za kontrolu da bi se lakše uočile eventualne pogreške u pojedinim satima.

3.3. Neželjeno odstupanje

Neželjeno odstupanje jest razlika između dogovorene razmjene i stvarne razmjene u promatranom satu.

Neželjeno odstupanje S_i^t zemlje i u vremenu t definirano je:

$$S_i^t = E_i^t - P_i^t \quad (i = 1, 2, \dots, l) \quad (5)$$

Uz pomoć (2) i (4):

$$\sum_{i=1}^l S_i^t = 0 \quad (6)$$

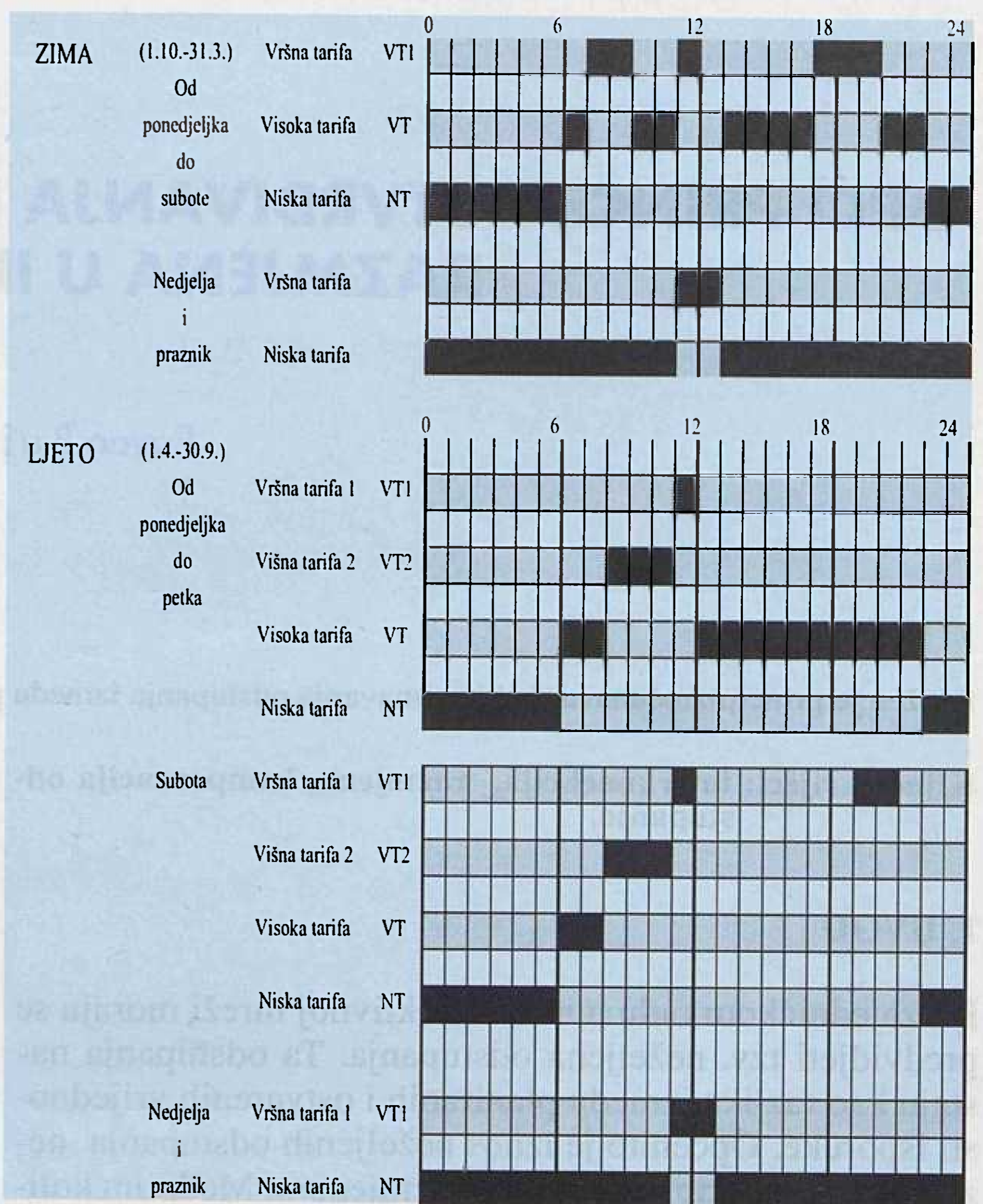
Kako je u uvodu rečeno ova su odstupanja u normalnom radu neznatna. U trenutku poremećaja u pogonu, bilo da je riječ o havariji veće proizvodne jedinice ili o ispadu dijela konzuma može doći do znatnijeg odstupanja u tom satu. Korektno i disciplinirano ponašanje pojedinih partnera u zajedničkom radu (interkonekciji) nalaže brzo i potpuno ispravljanje nastale pogreške.

4. PRORAČUN KOMPENZACIJE

4.1. Tarifno vrijeme i kompenzacijsko vrijeme

Tarifno vrijeme je utvrđeni vremenski interval unutar kojeg neželjeno odstupanje ima istu vrijednost za povratak u naturi. Važeća podjela tarifnih vremena za UCPTE nalazi se u Prilogu 1. Iz dijagrama se može očitati ukupan broj sati po tarifama u jednom tjednu bez praznika za ljeto (od 1. travnja do 30. rujna) i za zimu (od 1. listopada do 31. ožujka). U tablici T1 navedeni su brojevi sati po tarifama u jednom tjednu. Iz tablice se može očitati npr. da je broj sati koji pripadaju vršnoj tarifi 1 (VT1) u zimskom razdoblju (1.10.-31.3.) 38.

Prilog 1. Vremenske tarife UCPTE-a



$$T_{VT1} = 38 \text{ sati}$$

Tablica 1. Broj sati po tarifama za tjedan bez blagdana

Tarifa	NT	VT	VT1	VT2	Ukupno
Zima	70	60	38	-	168
Ljeto	70	70	10	18	168

Kompenzacijsko vrijeme je vremenski interval, u kojem je ukupno zbrojeno odstupanje (u MWh) razdijeljeno za povratak konstantnom snagom (MW) unutar istog tarifnog vremena. Po pravilima UCPTE-a neželjeno se odstupanje saldira za jedan tjedan od ponedjeljka u 0 sati do nedjelje u 24 sata. Izračunato se odstupanje vraća unutar 7 dana koji počinju od iduće srijede u 0 sati do utorka u 24 sata. Ponedjeljak i utorka služe za izračunavanje, međusobno usklađivanje i konačno potvrđivanje kompenzacije.

4.2. Proračun kompenzacije neželjenih odstupanja

Program za kompenzaciju neželjenih odstupanja izračunava satna odstupanja za pojedina tarifna vremena. Satne snage (MWh/h) tj. kompenzacija koja se treba pribrojiti dogovorenom voznom redu razmjene zemlje i u vremenu t da bi se poništila pogreška iz prethodnog tjedna izračunavaju se po slijedećim formulama:

$$P_{NT} = -\frac{S_{NT}}{NT} \quad P_{VT1} = -\frac{S_{VT1}}{VT1} \quad P_{VT2} = -\frac{S_{VT2}}{VT2} \quad P_{VT} = -\frac{S_{VT}}{VT} \quad (7)$$

gdje su S_{NT} , S_{VT1} , S_{VT2} i S_{VT} kumulirana tjedna odstupanja u MWh od dogovorene razmjene za pojedinu zemlju u odgovarajućim tarifnim vremenima (NT, VT1, VT2 i VT). Te se satne snage (7) nazivaju u praksi "kompenzacija". Neka je npr. za jedan ljetni radni dan za zemlju i zadana "kompenzacija", proračunata iz tjednog odstupanja po izrazu (6) i (7) i po modelu opisanom u točkama 3. i 4.:

P_{NT}	10
P_{VT1}	0
P_{VT2}	20
P_{VT}	-5

Tada se vozni red razmjene zemlje i prema zemlji j satno korigira, uvažavajući tarifna vremena iz Priloga, slijedećim iznosima:

0	6					12					18					24 h						
10	10	10	10	10	10	15	15	20	20	20	0	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	10	10

Po izrazu (1) kompenzacije odstupanja između dviju zemalja imaju suprotne predznake pa će se vozni red razmjene zemlje j prema zemlji i korigirati za "kompenzaciju" istoga iznosa, ali suprotna predznaka.

5. PRIMJER OBRAČUNA Odstupanja UCPTE - BLOK SLOVENIJA/HRVATSKA

S pomoću dvije dnevne liste (Prilog 2 i Prilog 3) objasniti ćemo postupak izravnavanja neželjenih odstupanja u slučaju UCPTE - Slovenija - Hrvatska. Unatoč tome što ovaj slučaj ne spada u najopćenitiji, jer se blok SI/Hr nalazi na

rubu UCPTE-a, svi su elementi proračuna kompenzacije ovdje sadržani i mogu se navesti za primjer.

Komentari uz listu od 12. listopada 1997. godine:

U listi su navedene satne snage (MWh/h) za sve sate tijekom promatranog dana za tri sudionika proračuna (HEP, ELES i UCPTE). Stupci su slijedeći:

- Ostvarenje: energija razmijenjena u promatranom satu uzeta iz brojila.

- Plan: satna snaga planirana po voznom redu razmjene.
- Odstupanje: razlika između ostvarenja i plana.
- Kompenzacija: korekcija voznog reda zadana prošlu srijedu (8.10.97.) po tarifama.
- Odstupanje1: razlika između ostvarenja i plana ispravljenog za kompenzaciju.

Svi stupci završavaju s ukupnom energijom po tarifama (NT,VT,VT2,VT1).

U donjem se dijelu nalaze tri manje tablice: Početni saldo, Konačni saldo i Kompenzacija.

Iz tablice Kompenzacija npr. za NT vidi se da blok SI/Hr u prethodnom tjednu nije značajnije odstupao prema

Prilog 2.

DNEVNI OBRAČUN Odstupanja ZIMA-NERADNI DAN-NED.

12-lis-97

Sat	Tar.	ELES				HEP						UCPTE						
		Ostvare.	Plan	Odstup.	Kompen.	Odstupa.	Ostvare.	Plan	Odstup.	Kompen.	Odstup.	Penali	Ostvare.	Plan	Odstup.	Kompen.	Odstup.	Penali
1	NT	-116	-100	-16	-10	-6	13	0	13	10	3		103	100	3	0	3	0
2	NT	-113	-100	-13	-10	-3	6	0	6	10	-4		107	100	7	0	7	0
3	NT	-108	-100	-8	-10	2	10	0	10	10	0		98	100	-2	0	-2	0
4	NT	-100	-100	0	-10	10	19	0	19	10	9		81	100	-19	0	-19	0
5	NT	-112	-100	-12	-10	-2	24	0	24	10	14		88	100	-12	0	-12	0
6	NT	-128	-100	-28	-10	-18	23	0	23	10	13		105	100	5	0	5	0
7	NT	-123	-100	-23	-10	-13	11	0	11	10	1		112	100	12	0	12	0
8	NT	-119	-100	-19	-10	-9	-35	-50	15	10	5		154	150	4	0	4	0
9	NT	-115	-100	-15	-10	-5	-90	-100	10	10	0		205	200	5	0	5	0
10	NT	-140	-100	-40	-10	-30	-89	-100	11	10	1		229	200	29	0	29	9
11	NT	-95	-100	5	-10	15	-91	-100	9	10	-1		186	200	-14	0	-14	0
12	VT1	-118	-100	-18	-10	-8	-97	-100	3	10	-7		215	200	15	0	15	0
13	VT1	-93	-100	7	-10	17	-86	-100	14	10	4		179	200	-21	0	-21	1
14	NT	-123	-100	-23	-10	-13	-77	-100	23	10	13		200	200	0	0	0	0
15	NT	-123	-100	-23	-10	-13	-71	-100	29	10	19		194	200	-6	0	-6	0
16	NT	-120	-100	-20	-10	-10	-91	-100	9	10	-1		211	200	11	0	11	0
17	NT	-97	-100	3	-10	13	-75	-100	25	10	15		172	200	-28	0	-28	8
18	NT	-94	-100	6	-10	16	-112	-100	-12	10	-22		206	200	6	0	6	0
19	NT	-109	-100	-9	-10	1	-133	-100	-33	10	-43		242	200	42	0	42	22
20	NT	-115	-110	-5	-10	5	-89	-100	11	10	1		204	210	-6	0	-6	0
21	NT	-98	-110	12	-10	22	-89	-100	11	10	1		187	210	-23	0	-23	3
22	NT	-136	-100	-36	-10	-26	-71	-100	29	10	19		207	200	7	0	7	0
23	NT	-141	-100	-41	-10	-31	-80	-100	20	10	10		221	200	21	0	21	1
24	NT	-103	-100	-3	-10	7	-84	-100	16	10	6		187	200	-13	0	-13	0
	NT	-2528	-2220	-308	-220	-88	-1171	-1450	279	220	59	0	3699	3670	29	0	29	43
	VT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VT2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VT1	-211	-200	-11	-20	9	-183	-200	17	20	-3	0	394	400	-6	0	-6	1
	Zbroj	-2739	-2420	-319	-240	-79	-1354	-1650	296	240	56	0	4093	4070	23	0	23	44
		POČETNI SALDO			KONAČNI SALDO			KOMPENZACIJA										
		HEP	UCPTE	ELES	HEP	UCPTE	ELES	HEP	UCPTE	ELES								
	NT	-392	47	345	NT	-113	76	37	NT	0	0	0						
	VT	199	-652	453	VT	199	-652	453	VT	0	10	-10						
	VT2	0	0	0	VT2	0	0	0	VT2	0	0	0						
	VT1	-251	153	98	VT1	-234	147	87	VT1	10	-10	0						
	Zbroj	-444	-452	896	Zbroj	-148	-429	577										

Prilog 3.

DNEVNI OBRAČUN ODSUPANJA

ZIMA-RADNI DAN-SRI.

15-lis-97

Sat Tar.	ELES					HEP					UCPTE					
	Ostvare.	Plan	Odstup.	Kompen.	Odstupa.	Ostvare.	Plan	Odstup.	Kompen.	Odstup.	Ostvare.	Plan	Odstup.	Kompen.	Odstup.	
1 NT	-231	-200	-31	0	-31	53	50	3	0	3	178	150	28	0	28	
2 NT	-189	-170	-19	0	-19	52	50	2	0	2	137	120	17	0	17	
3 NT	-190	-170	-20	0	-20	69	50	19	0	19	121	120	1	0	1	
4 NT	-173	-170	-3	0	-3	51	50	1	0	1	122	120	2	0	2	
5 NT	-165	-170	5	0	5	50	50	0	0	0	115	120	-5	0	-5	
6 NT	-180	-170	-10	0	-10	43	50	-7	0	-7	137	120	17	0	17	
7 VT	-363	-360	-3	-10	7	-86	-40	-46	0	-46	449	400	49	10	39	
8 VT1	-369	-360	-9	0	-9	-132	-140	8	10	-2	501	500	1	-10	11	
9 VT1	-362	-360	-2	0	-2	-142	-140	-2	10	-12	504	500	4	-10	14	
10 VT	-371	-360	-11	-10	-1	-113	-140	27	0	27	484	500	-16	10	-26	
11 VT	-370	-370	0	-10	10	-144	-140	-4	0	-4	514	510	4	10	-6	
12 VT1	-370	-370	0	0	0	-135	-140	5	10	-5	505	510	-5	-10	5	
13 VT	-369	-360	-9	-10	1	-144	-140	-4	0	-4	513	500	13	10	3	
14 VT	-354	-360	6	-10	16	-138	-140	2	0	2	492	500	-8	10	-18	
15 VT	-376	-360	-16	-10	-6	-133	-140	7	0	7	509	500	9	10	-1	
16 VT	-350	-360	10	-10	20	-157	-140	-17	0	-17	507	500	7	10	-3	
17 VT	-365	-360	-5	-10	5	-146	-140	-6	0	-6	511	500	11	10	1	
18 VT1	-337	-360	23	0	23	-127	-140	13	10	3	464	500	-36	-10	-26	
19 VT1	-364	-360	-4	0	-4	-136	-140	4	10	-6	500	500	0	-10	10	
20 VT1	-352	-360	8	0	8	-127	-140	13	10	3	479	500	-21	-10	-11	
21 VT	-153	-160	7	-10	17	-136	-140	4	0	4	289	300	-11	10	-21	
22 VT	-144	-160	16	-10	26	-120	-140	20	0	20	264	300	-36	10	-46	
23 NT	-154	-150	-4	0	-4	-153	-150	-3	0	-3	307	300	7	0	7	
24 NT	-81	-100	19	0	19	-52	-50	-2	0	-2	133	150	-17	0	-17	
NT	-1363	-1300	-63	0	-63	113	100	13	0	13	1250	1200	50	0	50	0
VT	-3215	-3210	-5	-100	95	-1317	-1300	-17	0	-17	4532	4510	22	100	-78	0
VT2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VT1	-2154	-2170	16	0	16	-799	-840	41	60	-19	2953	3010	-57	-60	3	0
Zbroj	-6732	-6680	-52	-100	48	-2003	-2040	37	60	-23	8735	8720	15	40	-25	0

	POČETNI SALDO			KONAČNI SALDO			KOMPENZACIJA				
	HEP	UCPTE	ELES	HEP	UCPTE	ELES	HEP	UCPTE	ELES		
NT	37	47	-84	NT	50	97	-147	NT	0	0	0
VT	269	-850	581	VT	252	-828	576	VT	0	10	-10
VT2	0	0	0	VT2	0	0	0	VT2	0	0	0
VT1	-169	193	-24	VT1	-128	136	-8	VT1	10	-10	0
Zbroj	137	-610	473	Zbroj	174	-595	421				

UCPTE-u. Kompenzacija za tu tarifu je nula. Za ELES je kompenzacija -10 što znači da će ELES korigirati planirani vozni red tako da će povećati primanje za 10 MWh/h. Za HEP je kompenzacija 10 i HEP će planiranu razmjenu promijeniti tako da će isporučivati 10 MWh/h Sloveniji u nižoj tarifi.

Iz tablice Početni saldo vidi se saldo odstupanja za pojedine partnere u zajedničkom radu i to po tarifama. U ovom je slučaju to konačni saldo od prethodnoga dana (subote, 11.10.97.). Npr u NT HEP je primio 392 MWh više od plana. ELES je u istom tarifnom vremenu uzeo 345 MWh manje od plana. Ukupno je blok SI/Hr prema UCPTE-u uzeo 47 MWh manje od plana.

Tablica Konačni saldo nastaje ispravkom Početnoga salda za odstupanje promatranog dana. Npr. 12.10.97. HEP je ukupno u NT odstupao 279 MWh. Ta su odstupanja takva jer je u tim satima (u nedjelju ima 22 sata niže tarife) kompenzacija bila 10 MWh/h. Početni saldo je bio -392 MWh. Konačni saldo je $-392 + 279 = -113$, sve u MWh. Algebarska suma salda Slovenije, Hrvatske i UCPTE-a je 0 po (6). Nova kompenzacija, koja se računa od iduće srijede (15.10.97. godine) izračuna se iz konačnog salda od ne-

djelje po izrazima (7). Npr. po $P_{VT1} = -\frac{S_{VT1}}{VT1}$ kompenza-

cija za HEP je $P_{VT1} = -\frac{234MWh}{38h} \approx 10MW$.

38h = 10 MW. Objasnjeno riječima: Prethodnog je tjedna HEP u VT1 uzeo iz sustava 234 MWh više od plana. U idućem će se razdoblju to odstupanje ispravljati pomoću kompenzacije.

6. ZAKLJUČAK

U zajedničkom su radu neizbježna odstupanja između dogovorene razmjene i ostvarenja. Ta se neželjena odstupanja prate satno kontrolom graničnih dalekovoda između susjednih zemalja. U normalnom pogonu radi se o neznatnim satnim iznosima energije. Ta se odstupanja zbrajaju tijekom jednog obračunskog tjedna i to po vremenskim tarifama. Smatra se da energija unutar iste vremenske tarife ima jednaku ekonomsku i pogonsku vrijednost. Ukupna energija koja je neželjeno razmijenjena izravna se u obliku kompenzacije čije je izračunavanje opisano u članku. Hrvatska elektroprivreda u praksi provodi kompenzaciju

neželjenih odstupanja koje blok Slovenija/Hrvatska napravi prema UCPTE-u. Korektan i discipliniran rad unutar inertkonekcije podrazumijeva poštivanje dogovorene razmjene.

LITERATURA

- [1] Zusammenstellung wesentlicher Empfehlungen der UCPTE für den Verbundbetrieb, UCPTE-secretariaat, 1991., Arnhem Poglavlja:
- [2] Allgemeine Gesichtspunkte (ber die Erfassung und den Ausgleich des ungewollten Austausches im Verbundnetz, JB 1993-1974
- [3] Die Erfassung und Ausgleich des ungewollten Austausches im Verbundnetz, JB 1988

GENERAL RULES FOR DETERMINATION AND EQUALISATION OF UNPLANNED INTERCONNECTION EXCHANGE

The principle of calculation and equalisation of deviation between planned and realised exchange is given.

ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE DER FESTSTELLUNG UND DES AUSGLEICHES UNERWÜNSCHTER AUSTAUSCHE IN DER INTERCONNECTION

Dargestellt ist das Grundsatz der Feststellung und des Ausgleiches der Abweichungen zwischen der planierten und realisierten Austausche.

Naslov pisca:

Pavao Bujas, dipl. inž.
Hrvatska elektroprivreda
Direkcija za upravljanje i prijenos
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-01-29

NAKON KYOTA 7. FORUM - DAN ENERGIJE U HRVATSKOJ

Na konferenciji u Kyotu, održanoj u prosincu 1997. godine, 38 industrijaliziranih zemalja potpisalo je protokol, kojim se obvezuju smanjiti emisije za prosječno 5,2 posto u odnosu na emisije ostvarene u 1990. godini. Sve zemlje potpisnice neće u jednakoj mjeri smanjiti emisije: većina zemalja srednje i istočne Europe, te zemlje Europske unije obvezale su se smanjiti emisije za 8 posto, SAD za 7, a Japan za 6 posto u odnosu na 1990. godinu. Republika Hrvatska obvezala se smanjiti emisije za 5 posto u odnosu na referentnu godinu, koja će se odrediti u prvom izvještaju izvršnom tijelu Konferencije. Nakon ovih vrlo jasno definiranih ciljeva, postavlja se jednostavno pitanje: kakva je budućnost energetskega sektora nakon Kyota?

Zemlje potpisnice morat će izraditi načela nove energetske politike, što će promijeniti ponašanje kako proizvođača tako i potrošača energije. Protokol ohrabruje vlade država da smanje emisije poboljšanjem energetske efikasnosti, reformom energetskega i sektora transporta, zaštitom šuma, promocijom obnovljivih izvora energije, te stvaranjem zakonskih i tržišnih uvjeta. Važan doprinos očekuje se i u razvoju novih tehnologija, koje trebaju omogućiti da sve što čovjek čini i proizvodi bude bez emisija ili pak uz vrlo niske emisije. Može se očekivati da će zamjetan tehnološki pomak biti u energetskega, transportnom, industrijskega i poljoprivrednom sektoru, a vjerojatno će i sektor kućanstva doživjeti velike tehnološke promjene. To uistinu znači da će svaki pojedinac, svaka obitelj, svaka lokalna zajednica i svako poduzeće morati preuzeti svoj aktivni udjel u smanjenju emisije.

Teme 7. Foruma

U okviru 7. Foruma obradit će se pitanje:

kako će se Kyoto protokol odraziti na:

- potrošnju energije,
- poboljšanje energetske efikasnosti,
- korištenje fosilnih goriva,
- razvoj obnovljivih izvora,

- cijene energenata i energije,
- razvoj energetske infrastrukture,
- razvoj energetskega tržišta,
- međunarodnu suradnju u području energetike i drugo.

Program 7. Foruma

Predviđa se da će 7. Forum trajati jedan dan - od 9 do 18 sati 11. prosinca 1998. i to u četiri bloka, s predviđenim stankama između blokova i s odmorom za ručak.

Na 7. Forumu očekuje se sudjelovanje autora iz razvijenih zemalja, zemalja istočne i središnje Europe, te predstavnika međunarodnih organizacija, koji će predstaviti svoje referate.

Vrijeme prezentacije referata bit će ograničeno i ovisit će o broju pozvanih i pristiglih referata. Tijekom održavanja 7. Foruma bit će dopuštena prezentacija proizvoda, prema dogovoru zainteresiranih tvrtki i HED-a kao organizatora 7. Foruma.

Terminski plan

Prijava referata do **30. lipnja 1998.** godine.

Pri prijavi treba naznačiti naziv referata, ime autora, adresu i telefonski broj, te priložiti sažetak referata.

Autori će biti obaviješteni o primitku sažetka referata do 31. srpnja 1998. godine.

Referate treba poslati do 30. listopada 1998. godine u sjedište HED-a.

Referat može imati do osam stranica teksta s priložima.

Napominjemo da naslov i sažetak referata trebaju biti prevedeni na engleski jezik. Referat se dostavlja u jednom primjerku i na disketi. Detaljne upute autorima za pisanje referata bit će dostavljene do 31. srpnja 1998. godine.

Nakon održavanja Foruma, disketa se vraća autorima.

Za sve informacije možete se obratiti na
HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO

Ulica grada Vukovara 37

tel. br.: (01) 61-14-744

faks. br.: (01) 61-14-266

OBUKA VODITELJA ENERGETSKIH POSTROJENJA PUTEM PROCESNIH TRENAŽERA I OSOBNIH RAČUNALA

Florijan R a j i ć, Zagreb

UDK 620.9:373.21
PREGLEDNI ČLANAK

Opisuje se suvremeni oblici obuke voditelja procesa na procesnim trenažerima i njihovoj ulozi u podizanju ukupne kulture vođenja automatiziranih postrojenja i procesa. Građa suvremenih procesnih trenažera zasniva se na kopijama stvarnih postrojenja i njihovih realnih procesnih značajki. Stoga se prakticira maksimalna i svakovrsna primjena računala, mikroprocesorskih, procesnih i instrumentacijskih sustava i elemenata. U tom smislu postoje raznolike i mnogobrojne mogućnosti svrsishodne primjene i osobnih računala, te se predlaže više načina primjene ovih, vrlo korisnih edukativnih i informativnih pomagala, kako u obuci na trenažerima, tako i u neposrednom vođenju procesa.

Ključne riječi: procesi trenažer-simulator, kultura vođenja procesa, programi osposobljavanja.

1. UVOD

Suvremeni sustavi vođenja procesa su najčešće sastavljeni od dva osnovna dijela: procesno-instrumentacijskog (P&I), i kontrolno-informacijskog (I&C ili SCADA).

Procesno instrumentacijski dio opreme predstavlja primarni dio mjerne, signalizacijsko-zaštitne, upravljačke i regulacijske opreme u standardiziranim i suvremenim izvedbama. Ova oprema je također najčešće kompaktna, elektronizirana, inteligentna i optimalno distribuirana. Kontrolno-informacijski dio opreme, češće nazivan SCADA (Supervisory Control And Data Akquisition) je elektronički i u suvremenim izvedbama inteligentan, siguran, pouzdan i raspoloživ mikroprocesorski sustav. Cjelokupni sustavi vođenja su hijerarhijski, pogonski i funkcijski optimalno distribuirani. Uz to su ovi sustavi maksimalno otvoreni prema nadređenim sustavima vođenja i nadzora.

Sve nabrojane karakteristike ovih sustava obično se reproduciraju i na suvremenim uređajima za učenje vođenja, kako najjednostavnijih tako i najsloženijih procesa i procesnih postrojenja. Takvi uređaji se danas najčešće nazivaju PROCESNI TRENAŽERI, i u najširoj su primjeni pri obuci voditelja složenih procesa i procesnih postrojenja, na primjer složenih kemijsko-tehnoloških, elektroenergetskih, a naročito nuklearnih procesa i postrojenja.

2. OSNOVNE VRSTE PROCESNIH TRENAŽERA

Najstarije vrste procesnih trenažera razvijene su prvenstveno za potrebe obuke voditelja energetskih, a posebno energetskih nuklearnih postrojenja i procesa. Prve vrste takvih trenažera građene su kao "kopije" (modeli, simulatori) upravljačkih dijelova sustava vođenja, s maksimalnom mogućom imitacijom oblika i funkcija stvarnih postrojenja. Pri imitiranju funkcija vođenja i tokova procesa trenažerima su ugrađivane i realne statičke i dinamičke značajke, odnosno realni postupci vođenja i tokovi tehnoloških operacija i procesa. Prve takve trenažere proi-

zvele su američke firme WESTINGHOUSE i GENERAL ELECTRIC, a od europskih njemačka firma SIEMENS, te francuska firma THOMSON-C.S.F. Kasnije su ih slijedile i mnoge istočnoeuropske, a naročito ruske firme. Gotovo sve prve posade nuklearnih elektrana učile su i uvježbavale vođenje na ovakvim trenažerima.

Kasnije razvijane, suvremenije vrste trenažera, koje se i danas ponegdje susreću u uporabi, a njih se često naziva "tradicionalnima", opremane su s računalskim elementima i sustavima. Takvi trenažeri su zapravo neka vrsta hibridnih uređaja i sustava s dijelovima tradicionalnih i novih "intelektualnih" cjelina.

Suvremeni mikroprocesorski i računalski sustavi trenažera su maksimalno inteligentni. Za razliku od tradicionalnih trenažera, intelektualni su osposobljeni za ekspertne i dijaloške funkcije u metodama učenja i uvježbavanja vođenja procesa i procesnih postrojenja. U tom smislu su razvijene metode teorijske i praktične obuke s maksimalnim intelektualnim angažmanom voditelja procesa.

Danas se procesni trenažeri dijele na četiri osnovne vrste. To su:

- Potpuni (punomjerni ili optimalni) trenažeri, građeni kao potpune kopije ili modeli procesa i procesnih postrojenja. Upravljački dio sustava ovakvih trenažera obično je potpuna kopija upravljačkog dijela sustava vođenja kopiranog postrojenja. Namjena im je potpuna, intelektualna i fizička, obuka i uvježbavanje voditelja procesa. Takva obuka može se smatrati obukom "uživo" u najvećoj mogućoj mjeri.
- Nepotpuno optimalni trenažeri, građeni kao potpune kopije ili modeli važnih dijelova procesa ili procesnih postrojenja. I kod njih su upravljački dijelovi sustava vođenja potpune kopije kopiranih postrojenja. Namjena im je također potpuna, intelektualna i fizička, obuka i uvježbavanje voditelja procesa na odabranom dijelu postrojenja, na primjer na postrojenju nuklearnog reaktora.
- Mali trenažeri, građeni kao elektronički, mikroproce-

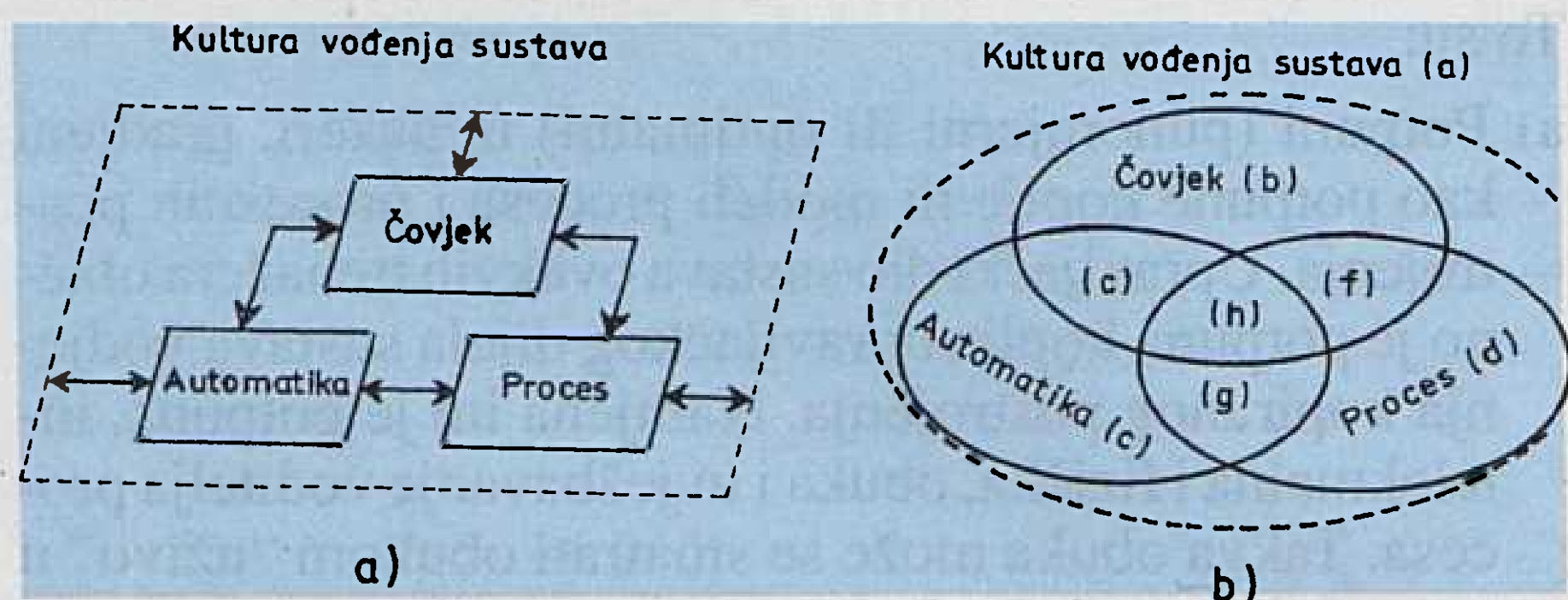
sorski i mikroračunalski modeli i kopije cjelokupnih postrojenja ili njihovih najvažnijih dijelova, koje obično pokriva jedno radno mjesto voditelja. Namjena ovih trenažera je prvenstveno intelektualna i kvalitativna obuka voditelja. Suvremene izvedbe takvih trenažera imaju ugrađene dijaloške i ekspertne funkcije, te tako omogućavaju obrazovanje voditelja s najvišim stupnjevima stručnosti.

- d) Parcijalni ili djelomični trenažeri, gradjeni su kao nepotpune kopije dijelova postrojenja ili radnih mjesta. Gradnja i namjena im je slična malim trenažerima, pa i oni služe intelektualnoj i kvalitetnoj obuci voditelja na određenom, važnom, dijelu postrojenja ili dijelu radnog mjesta. Oni također imaju ugrađene mogućnosti dijaloške i ekspertne obuke voditelja.

Sve vrste trenažera moraju imati optimalnu didaktičnost. To se osigurava optimalnim reproduciranjem stvarnih tokova, i statičkih i dinamičkih karakteristika stvarnih procesa, te potpunim kopiranjem nadzornih i manipulativnih elemenata i dijelova njihovih sustava vođenja.

3. ZADAĆA TRENAŽERA U OBUCI VODITELJA PROCESA

Pojam vođenja procesa je vrlo širok i opsežan. On obuhvaća sredstva i načine vođenja svih vrsta radnih postupaka, proizvodnih operacija i procesa kao tehničkih ili netehničkih cjelina povezanih svrshodnim djelovanjem. Takve tehničke cjeline, koje kao glavni dijelovi tvore čovjek, automatika i proces, tradicionalno se prikazuju kao tehnološke, a rjeđe kao logične cjeline (Sl 1.). Ovdje je proizvodni sustav logična cjelina s djelomičnim preklapanjem svojstava i funkcija pojedinih glavnih dijelova i njihovog preklapanja s ukupnom, a posebno kulturnom okolinom. Svi dijelovi proizvodnog sustava i sustav kao cjelina moraju se skladno, kulturno, uklapati u okolinu, njene prijeko potrebne uvjete i zahtjeve. Jedan od temeljnih zahtjeva okoline na proizvodne sustave i njihove voditelje je primjerena kultura vođenja sustava. Smjerovi utjecaja kulture vođenja na dijelove sustava su mnogobrojni. Jedan važan dio njih pokazan je na slici 1, i u tablicama 1 i 2, na kojima se razabiru i glavne zadaće primjene procesnih trenažera. Iz slike 1, na temelju višestrukih međusobnih pre-



Slika 1. Logički prikaz proizvodnih sustava

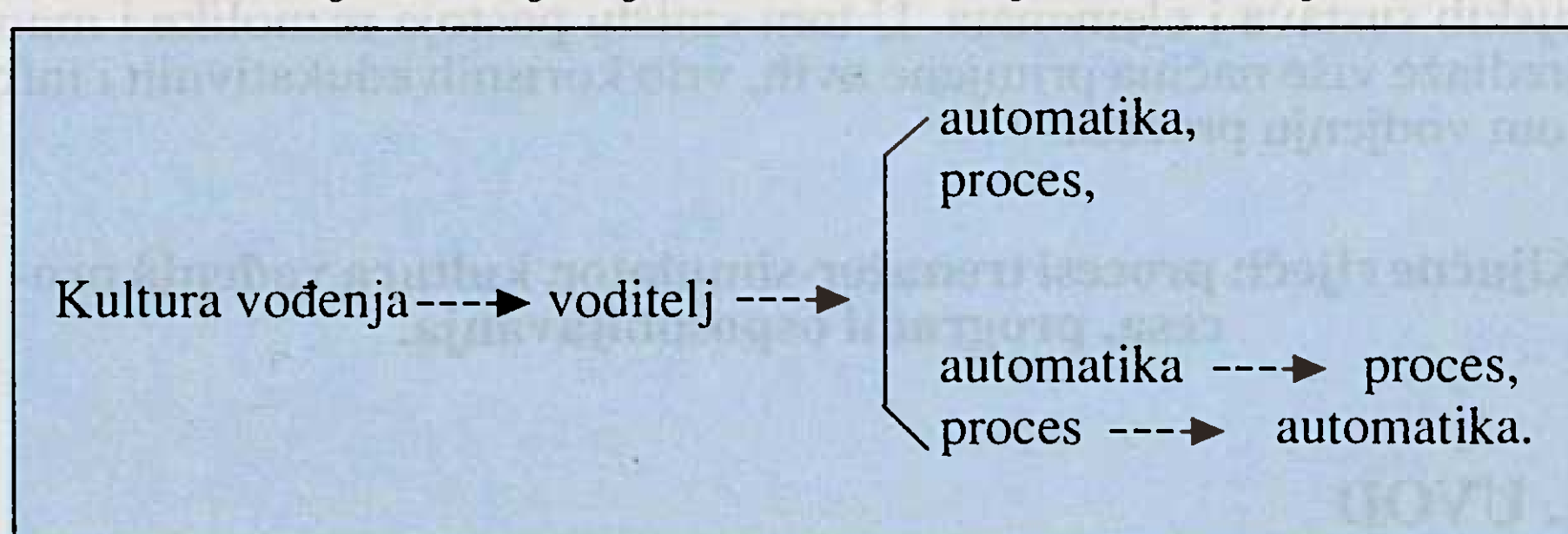
sjeke dijelova sustava (e,f,g,h), i iz tablice 2 (a1, e, f) vide se i sadržaji zadaća trenažera, koje se mogu programski sažeto opisati:

a1) *Voditelj (čovjek) je kulturn!* Učenjem i vježbanjem na trenažeru voditelju se mora podići ukupna kultura vođenja na potrebnu razinu. Među najvažnije dijelove kulture svakako pripada, kao najvažniji, tehnička kultura, ko-

ja sadrži sva stručna znanja voditelja. Ta su znanja teoretska i praktična: iz poznavanja procesa, procesne tehnike, tehnologije procesa, tehnike vođenja procesa i dr.

e) *Voditelj je "automat"!* Ova činjenica je na prvi pogled neobična i upitna. Medjutim, svaka pažljivija analiza poslova, a naročito analiza radnih zahvata pokazuje mnoštvo automatiziranih radnji i pokreta kod svakog voditelja. To se naročito odnosi na "automatiziranje" mnogih, prijeko potrebnih VJEŠTINA I NAVIKA voditelja. Množina automatiziranih radnji ovisi o psihofizičkim sposobnostima i vremenu uvježbavanja voditelja. Tu se ne radi samo o automatiziranju fizičkih radnji i pokreta, nego i širokog područja misaonih radnji u prepoznavanju i utvrđivanju stvarnog stanja procesa, utvrđivanju uzroka promjena, donošenju odluka o aktivnostima i načinima promjena neželjenih ili opasnih stanja i trendova procesnih veličina, te zaštiti ljudi, postrojenja i dr.

Tablica 1. Smjerovi utjecaja kulture vođenja na voditelja i sustav



f) *Voditelj je "proces"!* I ova je činjenica na prvi pogled neobična i upitna. Ali, i ovdje pažljivija analiza djelovanja voditelja pokazuje da on, kao dio procesa aktivno sudjeluje i u njegovim energetskim i materijalnim radnjama i dijelovima informacijskih tokova. Ta su djelovanja u suvremenim proizvodnim sustavima manje materijalno-energetska i pretežito informacijska, pa, na primjer, voditelji najčešće nadgledaju, prenose i po potrebi korigiraju vrijednosti procesnih veličina. Ili oni, kod manje automatiziranih postrojenja i procesa, i sami izvode neke od energetskih procesnih operacija, na primjer operacije prijenosa materijala, poluproizvoda i dr.

Tablica 2. Osobnosti voditelja procesa i postrojenja

Kultura vođenja	čovjek	automat(ika)	stroj(proces)
(a)	(b)	(c)	(d)
čovjek	čovjek je kulturn	čovjek je "automat(ika)"	čovjek je "stroj(proces)"
(a)	(a1)	(e)	(f)
automat(ika)	automat(ika) je "čovjek"	automat(ika) je "kulturn(na)"	automat(ika) je stroj (proces)
(c)	(e)	(a2)	(g)
stroj(proces)	stroj(proces) je "čovjek"	stroj je automat(ika)	stroj(proces) je "kulturn"
(d)	(h)	(i)	(a3)

Radi što djelotvornije obuke voditelja procesa i procesnih postrojenja, te upoznavanja svojstava proizvodnih sustava i postrojenja, sve navedene nepobitne činjenice o potrebnim znanjima voditelja svakako moraju znati ne samo graditelji postrojenja, nego i graditelji suvremenih procesnih trenažera. Tako se svaka zamisao i gradnja suvremenih postrojenja i procesa mora temeljiti i na optimiranju

ukupne kulture njihovog vođenja i voditelja. Tome moraju biti podređeni svi programi obuke, sredstva i pomagala u procesu obrazovanja voditelja. S druge strane, voditelji procesa, procesnih postrojenja, pa i drugih proizvodnih i neproizvodnih sustava moraju biti potpuno svjesni svojih višestrukih uloga, znanja, vještina i važnosti, ali i odgovornosti. Odgovornost je i ovdje višestruka, jer suvremeni voditelj ne odgovara samo za količinu i kvalitetu proizvoda, nego i za cjelokupni utjecaj vođenog postrojenja i procesa na društvenu, prirodnu i materijalnu okolinu.

4. PROGRAMI OBUKE VODITELJA NA TRENAŽERIMA

Voditelji suvremenih proizvodnih, a i drugih automatiziranih sustava, podvrgnuti su svestranim i sveobuhvatnim programima obrazovanja, stručnog usavršavanja i periodičnog obnavljanja i provjeravanja potrebnih znanja. Mnogo je oblika, programa i planova po kojima se izvodi obrazovanje voditelja. Vrhunska i finalna obrazovanja voditelja najsloženijih proizvodnih procesa izvode se najčešće po specijalnim programima i u trenažnim centrima proizvodjača opreme i postrojenja. Trajanje obuke ovisi o vrsti procesnih postrojenja i predznanju budućih voditelja, koji se pripremaju i odabiru prethodnom obukom i strogom selekcijom.

Obuka voditelja i njihova ukupna znanja ovise o vrstama procesnih postrojenja i razinama stručnosti, odgovarajućem stupnju kvalifikacija voditelja, odnosno njihovim radnim mjestima. Obuka se s obzirom na zahtjeve radnih mjesta dijeli na više oblika. Osnovna podjela razlikuje obuku kao temeljnu i kontinuiranu.

Temeljna obuka je ona koja je potrebna za početak rada na mjestu pripravnika, pomoćnika voditelja, voditelja dijela postrojenja, voditelja kompletnog postrojenja, voditelja pogona, smjene i dr. Ova obuka daje temeljnu zahtjevanu stručnu kvalifikaciju voditelja.

Kontinuirana obuka se provodi kroz periodične i pravodobne dopunske programe novim znanjima, periodičnim obnavljanjima i provjerama prijeko potrebnih osnovnih znanja voditelja. Svaka vrsta obuke mora rezultirati u zahtjevanim ZNANJIMA, VJEŠTINAMA I NAVIKAMA voditelja. Posebno su važne obuke i provjere znanja voditelja prije njihovog samostalnog preuzimanja vođenja većih i važnih dijelova postrojenja. U tom pogledu postoje velike i sličnosti, ali i različitosti u obukama voditelja složenih procesnih postrojenja, na primjer postrojenja nuklearnih elektrana ili voditelja zrakoplova. Glavne različitosti potječu uglavnom zbog različitih stupnjeva dinamičnosti spomenutih procesa i njima uvjetovanih sposobnosti voditelja. Što su postrojenja i procesi složeniji sve više su važne psihološke sposobnosti voditelja, kojima se danas pridaje sve veća pažnja i uloga u obrazovanju.

Vrste obuke mogu se odrediti i prema načinima njihove realizacije. Na taj se način obuka dijeli na dvije osnovne vrste: "tradicionalnu", koja se izvodi teorijskim dijelom u učionicama, a praktičnim dijelom direktno na postrojenju, i suvremenu, koja se izvodi na specijaliziranim učilima i procesnim trenažerima. Pokazalo se da se na trenažerima može usvojiti i uvježbati više od 80% ukupnih potrebnih znanja voditelja.

Jedan oblik programa obuke na trenažerima ima, na primjer slijedeće, obrazovne sadržaje:

- 1). Upoznavanje osnovnih tehnoloških dijelova procesa i postrojenja, tehničkih i tehnoloških značajki i njihovih karakterističnih vrijednosti, te osnovnih tokova vođenog procesa.
- 2). Pasivno učenje vođenja procesa pomoću tehnoloških shema, P&I shema i shema lokalnog vođenja procesa i postrojenja.
- 3). Pasivno učenje vođenja procesa pomoću kompleksnih shema daljinskog vođenja i detaljnih tehnoloških shema.

Tablica 3. Primjena različitih vrsta trenažera

Nastavni sadržaji	Vrsta trenažera			
	potpuni	nepotpuni	mali	djelomični
Teoretske osnove vođenja procesnih postrojenja	-	-	-	1
Konstrukcija i oprema dijela procesnog postrojenja	2	3	4	5
Režimi rada postrojenja	6	7	8	9
Vodjenje postrojenja u normalnim režimima i havarijskim stanjima	10	----- 14		
Sigurno vođenje cjelokupnog postrojenja	15	----- 10		

- 4). Učenje cjelokupnog postrojenja, s učenjem automatskog vođenja pojedinih dijelova.
- 5). Izrada osnovnih tehnoloških shema s unošenjem tehničko-tehnoloških podataka.
- 6). Učenje pojedinačnih etapa puštanja u pogon, pogona s promjenama tereta i zaustavljanja pojedinih dijelova postrojenja.
- 7). Vođenje pojedinih dijelova postrojenja u svim normalnim režimima.
- 8). Vođenje većih operacija i procesa pojedinih dijelova postrojenja.
- 9). Vođenje dijela postrojenja po zadanim operacijama i režimima.
- 10-15.). Kompletno vođenje pojedinih glavnih dijelova postrojenja (na primjer, parogeneratora, turboagregata i dr.), po redoslijedu ovisnom o složenosti, važnosti, opasnosti od havarije i dr.
- 15-20.). Uvježbavanje vođenja u različitim havarijskim situacijama, bez kvarova i sa kvarovima i havarijama na opremi.

Pri realizaciji ovih sadržaja obuke voditelja, na trenažerima različitih ranije nabrojanih vrsta, može poslužiti i pregled pokazan u tablici 3.

Tablicom su pokazane optimalne varijante korištenja različitih vrsta trenažera u obuci voditelja. To je, međutim, moguće realizirati samo u velikim trenažerskim centrima i za specijalne vrste postrojenja i procesa, za koje se isplati graditi i posebne trenažere. Budući da je gradnja takvih trenažera vrlo skupa (cijena jednog trenažera za veće i kompleksnije postrojenje iznosi 20 do 25 mil DM), u praksi se pribjegava različitim jeftinijim rješenjima.

Takva rješenja svakako moraju zadovoljavati osnovne uvjete efikasne i svrsishodne obuke i sve sigurnosne aspekte rada, odnosno znanja i vještina voditelja. Za tu svrhu ipak postoje mnoge nove mogućnosti, među kojima su i mnoge u primjeni suvremenih osobnih računala.

5. PRIMJENA OSOBNIH RAČUNALA U OBUCI VODITELJA PROCESA

Nova snažna pomagala u podizanju kulture vođenja proizvodnih procesa i postrojenja predstavljaju svakako i suvremena osobna računala. Ona se mogu upotrijebiti za mnoge nastavne i obrazovne svrhe, kako u temeljnoj stručnoj, tako i u specijalističkoj izobrazbi svih stručnih kadrova pa i voditelja procesa i procesnih postrojenja. Osobna računala se mogu jednako efikasno primijeniti kako za osnovnu tako i za kontinuiranu izobrazbu voditelja.

U osnovnoj izobrazbi voditelja ova se računala koriste za različite svrhe, u terijskoj nastavi za učenje gotovo svih stručnih predmeta i uvježbavanje svih teorijskih i mnogih praktičnih znanja.

U kontinuiranoj izobrazbi i praktičnoj potpori održavanja znanja i pristupačnih podataka o procesima i postrojenjima, mogućnosti korištenja osobnih računala su, može se reći, neiscrpne i mnogobrojne. Osim toga osobna su računala velika, i vrlo praktična i neobično sigurna, rezerva ili "redundancija" glavnih procesnih računala. Ovdje se može nabrojiti samo dio voditelju procesa raspoloživih osobina spomenutih računala.

Osobna računala o kojima će ovdje biti riječi moraju biti stacionirana u komandnim prostorima ili u njihovoj neposrednoj blizini i lako dostupna voditeljima postrojenja.

Kao prvo može se spomenuti njihove velike mogućnosti rasterećivanja glavnih procesnih računala od neoperativnih tehničkih i tehnoloških podataka, koji se često neoprezno i nepotrebno unose među glavne operativne podatke. Isto je tako i sa pretrpavanjem glavnih računala različitim oblicima, pa i kronološkim izdanjima bespotrebne tehnike i tehnološke dokumentacije i podataka. Suvremeni sustavi vođenja i njihova glavna računala su u tom pogledu racionalniji, ali i njih se može znatno rasteretiti, onim podacima koji se, bez opasnosti za kvalitetu vođenja, mogu premjestiti u osobna računala.

Nadalje, osobno računalo instalirano u blizini voditelja procesa predstavlja pravu malu obrazovnu jedinicu, na kojoj će voditelji prema potrebi obnavljati stara ili usvajati nova znanja. Ovisno o instaliranim programima i njihovim sadržajima voditelji će tražiti i pronalaziti rješenja nastalih pogonskih problema ili će jednostavno na računalu potražiti savjet za snalaženje u nekoj novonastaloj pogonskoj situaciji. Tako će osobna računala poslužiti kao vrlo pogodni trenažeri na kojima će voditelji obavljati slijedeće vrlo korisne aktivnosti:

- Kontinuiranu obuku u vođenju procesa i procesnih postrojenja.
- Pripreme za periodične ispite i provjere znanja.
- Pripreme za predvidiva radna mjesta, i rad na drugim postrojenjima.
- Pomoć suradnicima i mladim kadrovima u njihovom stručnom obrazovanju.
- Pripreme za više stupnjeve kvalifikacija i radnih mjesta.

Sve nabrojene i ostale moguće primjene osobnih računala u obrazovanju, i samoobrazovanju voditelja, doprinijet će i podizanju kvalitete proizvodnih procesa, te sigurnosti, pouzdanosti i raspoloživosti procesnih postrojenja.

6. ZAKLJUČAK

Mogućnosti i potrebe primjene procesnih trenažera kod nas su mnogobrojne. Ove će potrebe u neposrednoj budućnosti biti velike, jer se sprema, ili je u tijeku gradnja i puštanje u pogon važnih energetskih postrojenja, naprimjer postrojenja suvremenih kombiniranih elektrana.

Obuka voditelja na procesnim trenažerima je jednostavna, sigurna i vrlo efikasna. Cijene trenažera jesu relativno velike, ali su ulaganja u njih i višestruko isplativa i ekonomična. Primjena osobnih računala kao osnovnih trenažera u školama, centrima za obuku i na fakultetima, i kao trenažera i pomagala u komandnim prostorima, otvara nove i široke mogućnosti usavršavanja znanja i podizanja ukupne kulture i kvalitete vođenja procesa i procesnih postrojenja.

LITERATURA

- "Energie Spektrum": Nur fliegen ist schöner", Vol. Febr. 1993.
- "Power Journal": From electromechanical controller to the digital process control system", Vol. 1-4/1993.
- W. ALERTE i dr.: Leittechnik in kraftwerk", Vol. Febr. 1993.
- MAŠIN V.A: Atomnie električeskie stancii, NO3, Moskva, 1994.
- Trenažerji dlja elektrostancii, Simpozij Nokia Electronics, Helsinki 1995.
- F. RAJIĆ: Kultura vođenja energetskih postrojenja i procesa, Časopis EEG, Zagreb 1996/97.

EDUCATION OF ENERGY PLANT HEAD USING PROCESS TRAINERS AND PERSONAL COMPUTERS

Current methods of process head education on process trainers and their role in increasing the whole culture of automatic plant and process management are described. The construction of current process trainers is based on copies of real plants and their real process characteristics. Therefore, maximum application of all kinds of computers, micro-process, process and instrument systems and elements takes place. In that sense there are different and numerous applications of personal computers, and some instances of application of these very useful educational and informative tools in education on trainers as well as in direct process management are proposed.

DIE BETRIEBSFÜHREREAUSBILDUNG FÜR STROMERZEUGUNGSANLAGEN MIT VERFAHRENSTECHNISCHEN ÜBUNGSEINRICHTUNGEN UND PERSONALRECHNERN

Beschrieben werden zeitgemäße Ausbildungsarten verfahrenstechnischer Betriebsführer an verfahrenstechnischen Übungseinrichtungen und deren Rolle bei der allgemeinen Hebung der Führungskultur automatisierter Betriebe und Verfahren. Die Zusammenstellung zeitgemäßer Übungseinrichtungen beruht auf Nachahmungen wirklicher Anlagen und deren reeler verfahrenstechnischer Merkmale. Deshalb wird größte und allseitige Anwendung von Rechnern für microprocessor-, process- und instrumentierungs-technische Systeme und deren Teile geübt. Dementsprechend bestehen verschiedene zahlreiche Möglichkeiten einer zweckmässigen Anwendung von Personalrechnern und es werden mehrere Arten der Anwendung dieser sehr ausbildungs- und erfahrungswerten Hilfsmittel, sowie bei der Ausbildung an Übungseinrichtungen als auch unmittelbar in der Prozessführung vorgeschlagen.

Naslov pisca:

mr. sc. Florijan Rajić, dipl. ing.
Omiška 18, 10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-01-23

MODERNIZACIJA ROTORA 210 MW TURBOGENERATORA

Dr. sc. Vladimir Kuterovac — Željko Horvatić, Zagreb

UDK 621.313.322.81
STRUČNI ČLANAK

Detaljno se opisuju planirani tehnički ciljevi, provedeni zahvati i rezultati tvorničkih ispitivanja na jednom primjeru (TE Sisak, Hrvatska), modernizacije rotora samo vodikom hlađenog turbogeneratora 210 MW ukrajinske proizvodnje. Ovim se nadopunjuje već opisane primjere, doista potpune (stator, rotor i pomoćni sustavi), modernizacije vodom i vodikom hlađenih turbogeneratora 200 MW ruske proizvodnje u Poljskoj [2] i [3]. Modernizacija rotora je uspješno realizirana kod proizvođača generatora u Hrvatskoj u suradnji s ukrajinskom remontnom organizacijom, čime je stvorena solidna osnova i otvorene mogućnosti kako za konkurentno nuđenje modernizacije takvih rotora korisnicima u susjednim zemljama, tako i za nastavak modernizacije statora i pomoćnih sustava ovog tipa turbogeneratora.

Ključne riječi: turbogenerator, rotor, modernizacija.

1. UVOD

Sadašnje tržišno usmjerenje i okruženje u cijelom hrvatskom gospodarstvu, a pogotovo predstojeće organiziranje sektora elektroenergetike, bitno obilježeno razbijanjem monopola i uvođenjem konkurencije u proizvodnji (i distribuciji) električne energije privatizacijom postojećih elektrana i uvođenjem novih, nezavisnih proizvođača, nužno zahtijevaju podizanje ekonomičnosti i konkurentnosti postojećih, osobito starih elektrana. Normalno održavanje i popravljavanje njihove opreme, u pravilu, nisu dovoljni da osiguraju stalnu i visoku raspoloživost i niske pogonske troškove tijekom produženog radnog vijeka. Zato, kao i drugdje u svijetu, hrvatski planeri razvoja i konkretni proizvođači električne energije nalaze puno valjanih razloga za investiranje u obnavljanje i modernizaciju postojećih elektrana i njihove opreme.

Radi se o svjetskom trendu i uistinu krupnim poslovima. Prema ABB, u 2000. godini 30% električne energije u svijetu bit će generirano u elektranama starijim od 30 godina. ABB procjenjuje da "investiranje koje je potrebno da podigne stare elektrane u Aziji, Latinskoj Americi i istočnoj Europi na razinu međunarodnih standarda za zaštitu okoliša iznosi negdje između 15 i 20 milijardi dolara" [1]. U nekoliko proteklih godina i najveći svjetski proizvođači turbogeneratora razradili su kompleksne programe modernizacije svojedobno u velikom broju proizvedenih turbogeneratora reda snage 200 MW "ne svoje koncepcije i proizvodnje". Poslovni aranžmani za nuđenje i realizaciju su različiti: ABB to čini u Poljskoj preko svoje tvrtke ABB Dolmel [2]; Westinghouse u savezu s poljskom tvrtkom za remonte Energoserwis [3].

2. PRISTUP MODERNIZACIJI ROTORA

U TE Sisak, Hrvatska, nalaze se u pogonu od 1970. g. jedan i od 1976. g. još jedan, turbogeneratori 247 MVA (210 MW), 15,75 kV, hlađeni direktno vodikom tlaka 0,4 MPa, s izolacijom namota klase B, tip TGV-200E ukrajinskog proizvođača iz Harkova ("Elektrotjažmaš").

U drugim državama nastalim raspadom bivše Jugoslavije instalirano je još 7 turbogeneratora ovog tipa (Srbija: TE Obrenovac 2 kom. od 1970. i TE Kosovo 3 kom. (1970-71-75.g.); Bosna i Hercegovina: TE Tuzla 1 kom. od 1971.g.; Makedonija: TE Negotin 1 kom. od 1978.g.).

Tip stroja TGV 200 izvorno je koncipiran za 235 MVA (200 MW) i tlak vodika 0,3 MPa i izveden s konstantom iskorištenja $C=8,7$ MVA/m³, koja je ispod one kod vodom i vodikom hlađenog tipa TBB 200-2 (11,15 MVA/m³). Ipak, i uz veće dimenzije bilo je potrebno podići radni tlak vodika prvenstveno zbog neoptimalne ventilacije: granično visokog i neravnomjernog zagrijavanja statorskog namota i paketa i velikog koeficijenta neravnomjernosti zagrijavanja rotorskog namota (odnosa maksimalne i mjerene srednje temperature) [4].

Standardni i provjereni na velikom broju primjeraka ovi strojevi u TE SISAK ostvarili su tijekom 27 god. u bloku 1 oko 140.000, odnosno tijekom 21 god. u bloku 2 oko 100.000 pogonskih sati, s prosječno desetak zaleta godišnje i proizveli zajedno 30106 GWh električne energije. Približno toliko električne energije potrošeno je u cijeloj Hrvatskoj tijekom tri ratne godine (1992.-1994.). S drugog stajališta, toliku energiju proizveo bi samo blok 1 rađeci 27 godina s prosječno 7000 h/god. i s oko 80 % opterećenja (168 MW).

Osnovni uzrok relativno niskog pogonskog iskorištenja i rada, u pravilu, sa snagom dosta ispod nazivne (prosječno oko 125 MW) nije bila tehnička neraspoloživost (elektrane, pogotovo turbogeneratora), nego potrebe i prioriteti u bivšem elektroenergetskom sustavu (prvo "domaće gorivo"- HE i TE na domaći ugljen, a zatim "uvozno"-mazut). Uspješnom održavanju turbogeneratora doprinijela je, pored blizine i veze s domaćim proizvođačem, višegodišnja suradnja sa specijaliziranom, posebno s takvim strojevima vrlo iskusnom, remontnom organizacijom Harkovenergorezmont (HER).

Općeniti ciljevi svake cjelovite modernizacije turbogeneratora jesu produženje radnog vijeka, povišenje pouzdanosti i poboljšanje karakteristika i to najčešće još uz povećanje nazivne snage.

Kod primjene suvremene tehnologije što uključuje izolacije klase F, druge materijale visoke klase i unaprijeđena konceptijska poboljšanja, npr. ciljevi programa opisanog u (2) (su bili:

- Produžiti radni vijek za idućih 20 - 30 godina
- Omogućiti stroju, koncipiranom za bazni režim, rad i u vršnom režimu
- Povećati pouzdanost i raspoloživost generatora i njegovih pomoćnih sustava
- Smanjiti troškove održavanja i popravaka
- Povećati izlaznu snagu do 230 MW (tj. podići osnovnu karakteristiku za dodatnih 15%).

Iz ovih ciljeva kao naznaka stanja tehnike s jedne strane i osobina - konceptijskih rješenja, materijala i uočenih potreba za usavršavanjem - konkretnih turbogeneratora u TE Sisak s druge strane, nastajao je program modernizacije rotora 210 MW turbogeneratora tipa TGV-200E.

Naglašavamo, u našem slučaju nije riječ o cjelovitoj modernizaciji turbogeneratora, kakve su one opisane u (2) i (3), nego samo jednog njegovog značajnog "paketa". Šteta je što nisu nađena dodatna financijska sredstva za investiranje u tehničku dokumentaciju cjelovite modernizacije, makar njenu realizaciju i provodili etapno, po pojedinim "paketima".

Prvi razgovori o revitalizaciji rotora, vođeni još sredinom 1991.g., imali su intenciju da se tijekom remonta kod domaćeg proizvođača obavi samo preizoliranje postojećeg uzbudnog namota i zamijene rotorske kape i utorski klinovi. Artiljerijski napadi agresorske jugoslavenske vojske na grad Sisak u ratu za samostalnu Hrvatsku bili su uzrok višegodišnjem zastoju u pripremama. Početkom 1995.g. obnovljene su i intenzivirane pripreme uz uključivanje i ukrajinske remontne organizacije HER te njihovog prijedloga za širu modernizaciju rotora.

Poslovna, nimalo jednostavna konstrukcija ugovaranja nastojala je za korisnika optimalno obuhvatiti tehničku dokumentaciju HER-a za modernizaciju, te njihovo i vlastito dugogodišnje iskustvo, kao i mogućnost korištenja iskustva izvornog ukrajinskog proizvođača, ali i iskoristiti stručno i proizvodno kompetentnog i bliskog domaćeg proizvođača. Primjeri opisani u [2] i [3] samo potvrđuju prisutnost i opravdanost takve prakse i u Poljskoj i realistički pristup svjetskih proizvođača turbogeneratora tržištu srednje i istočne Europe.

Nakon trilateralnih razgovora krajem 1995.g. potpisani su ugovori jednom investitora s HER-om o tehničkoj dokumentaciji za modernizaciju rotora, isporuci nekih komponenta i udjelu stručnjaka HER-a kod tehnološkog prilagođavanja proizvodnim osobitostima domaćeg proizvođača i nadzora same realizacije, te drugi put investitora s domaćim proizvođačem. Kontrolu provedbe specifično razrađenog i usuglašenog plana osiguranja kvalitete, po modelu ISO 9002 s elementima ISO 9001, investitor je povjerio Zavodu za elektrostrojstvo Fakulteta elektrotehnike i računarstva iz Zagreba.

3. PLANIRANI TEHNIČKI CILJEVI, ZAHVATI I REZULTATI MODERNIZACIJE

Ciljeve, planirane zahvate za njihovo postizanje i očekivane rezultate modernizacije rotora 210 MW za TE Sisak,

sadržane u tehničkoj dokumentaciji HER-a te dodatno usuglašene na poticaj domaćeg proizvođača izložiti ćemo i obrazložiti pojedinačno. Međutim, treba stalno imati u vidu da su oni međusobno često zavisni i nužno koordinirani unutar cjeline rotora, kad već nisu, što bi bilo optimalno, unutar cjelovite konstrukcije turbogeneratora.

3.1. Poboljšanje hlađenja rotorskog namota

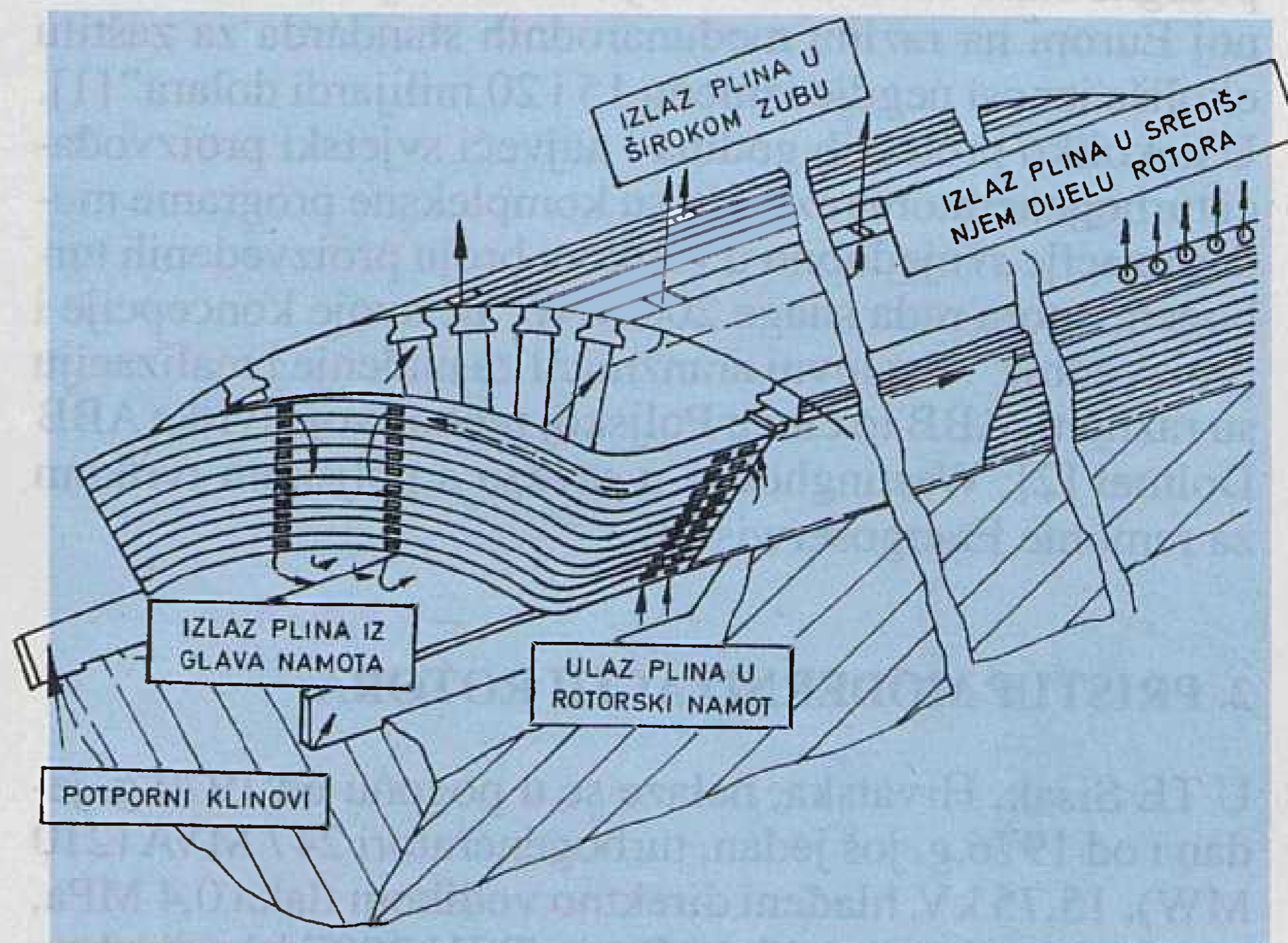
Velika prednost aksijalnog hlađenja rotorskog namota je da nema temperaturne razlike između vodiča u utoru, što eliminira relativne pomake između vodiča [5].

Premda srednja temperatura rotorskog namota turbogeneratora TGV 200 kod nazivnog opterećenja i tlaka plina 0,4 MPa obično ne prelazi 70-75 °C, što je za 25-30 °C ispod dozvoljenih normom GOST, koeficijent neravnomjernosti zagrijavanja namota kod primijenjene aksijalne dvosstrane ventilacijske sheme, sa samo dvije izlazne zone toplote plina u sredini rotora, je vrlo velik, oko 2-2,65. Zato se gornji zavoji dugih svitaka na mjestima izlaza plina kod nekih rotora zagrijavaju od 140-150 °C, što ima za posljedicu ubrzano starenje okolnih područja mikanitne izolacije, od koje su izrađene utorske obloge rotora u početnom periodu proizvodnje.

Osim toga, velike centrifugalne sile, koje nastaju utorskom izolacijom kod radne brzine vrtnje na postojećem promjeru rotora, uzrok su migracije mikanita u utoru i smanjenja debljine utorske obloge na dnu utora što snižuje pouzdanost pogona ovih rotora [4].

Kod većine starih rotora samo je izmijenjen materijal utorske izolacije (preizoliran postojeći rotorski namot) što je i u slučaju rotora za TE Sisak bila početna intencija. Time ne bi bilo uklonjeno visoko zagrijavanje; tek bio bi ugrađen suvremeni materijal (npr. Nomex) koji takve temperature i mehanička opterećenja bolje trajno podnosi.

S ciljem poboljšanja hlađenja rotorskog namota modernizacijom je predviđena izmjena ventilacijske sheme drugačijim spajanjem-u smislu strujanja vodika-na svakoj strani rotora dijela namota u glavama i dijela namota u utorima. Umjesto serijskog spoja kanala u vodičima tih dijelova namota rekonstrukcijom mjesta dovoda hladnog plina i pregrada u glavama namota prelazi se na paralelni spoj i dobiva na svakoj strani rotora još po jedna izlazna zona plina (sl. 1). Šuplji bakreni vodiči aktivnog dijela i glava



Slika 1. Nova shema ventilacije rotorskog namota

namota imaju posebnu dobavu svježeg (hladnog) plina. Zagrijani plin iz aktivnog dijela napušta rotorski namot u sredini stroja, kao i prije, i struji kroz radijalne kanale statorskog paketa na svom putu do hladnjaka. Zagrijani plin iz glava namota struji unutar rotorskih kapa i kroz posebne otvore u širokom zubu (polu) izlazi u zračni raspor, od kuda struji kroz krajnje dijelove paketa prema hladnjacima. Ovakvim prespajanjem skraćuje se negdje od petine do četvrtine prijašnja duljina aksijalnih kanala, smanjuje zagrijavanje plina i aktivnog dijela namota, a snizuje se i koeficijent neravnornosti.

Uočimo da novu fizikalnu realnost uvažava i norma tako da je, prema IEC 34-1; 1994., Tablica 3, točka 3a, sada kod 4 izlazne zone plina dozvoljena srednja temperatura rotorskog (uzbudnog) namota, mjerena metodom otpora, 105 °C za toplinsku klasu B (120 °C za F), prema analognoj vrijednosti kod samo 2 izlazne zone od 100 °C za korištene izolacije klase B.

Nosilac rješenja modernizacije HER garantira "da takva izmjena ventilacije daje mogućnost sniženja radne temperature rotora i osiguranja prirasta prividne snage turbogeneratorsa za 10 % (oko 20 MVA) u nazivnim režimima pogona; u režimu proizvodnje jalove snage također se dodaje 10 % (oko 12,5 MVar)".

O velikoj sigurnosti takvih rezultata govori i podatak da je ovakvom shemom ventilacije riješen turbogenerator snage 300 MW istog proizvođača (tip TGV 300), gdje je ostvarena gustoća uzbudne struje od 9,5 A/mm², 1,287 puta više nego kod promatranog TGV 200.

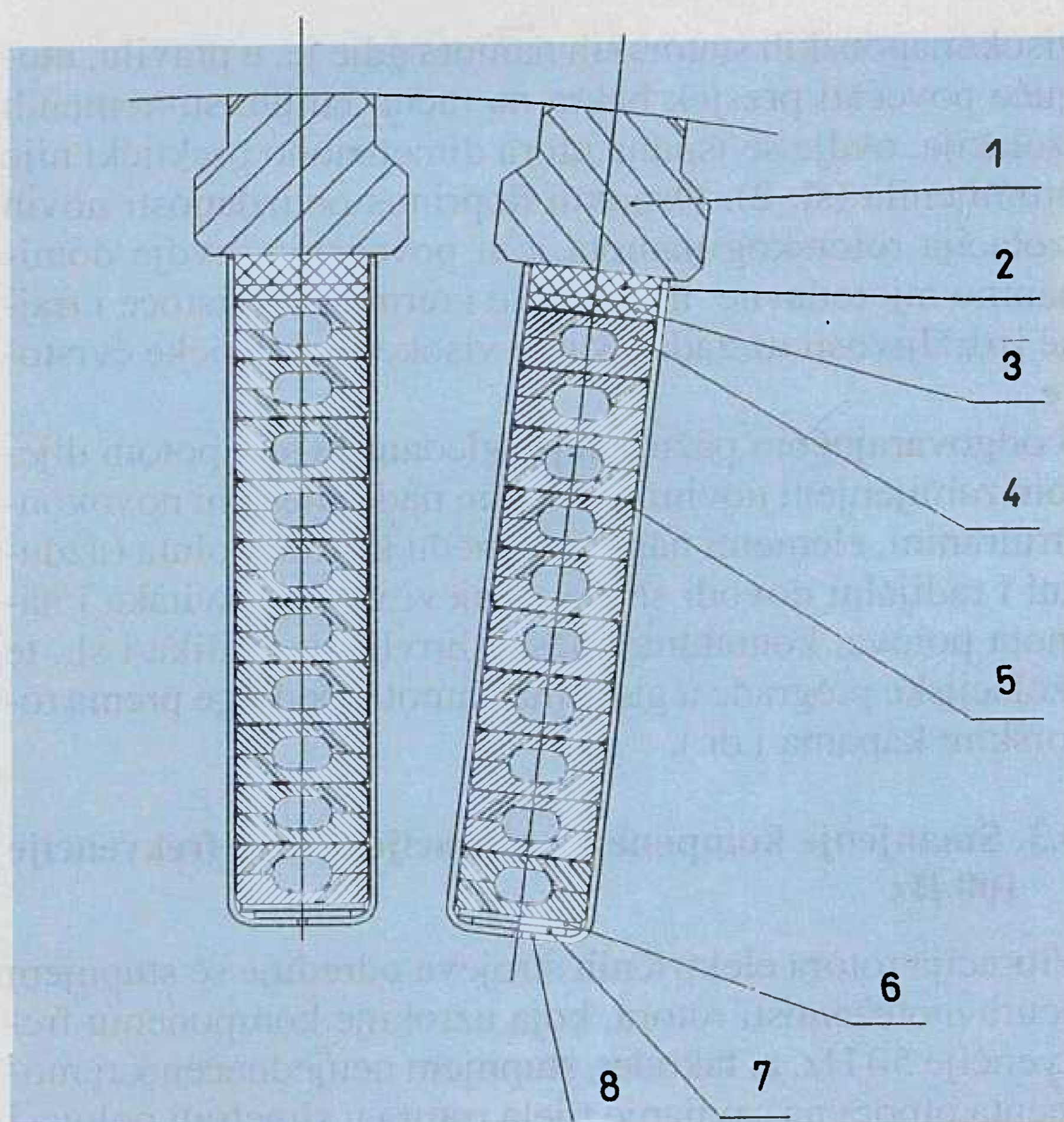
Napominjemo da se ovdje imaju u vidu zagrijavnja i temperature do granice materijala klase B, premda je modernizacijom predviđena ugradnja novih izolacijskih materijala klase F. To dalje doprinosi rastu pouzdanosti i produženju radnog vijeka izolacije moderniziranog rotora.

3.2. Povećanje pouzdanosti elemenata rotorskog namota

Odluka o promjeni sheme ventilacije radi poboljšanja hlađenja pomogla je riješiti dvojbu da li koristiti postojeći bakar namota ili ugraditi novi. Ugrađen je novi. Zamjena svih izolacija klase B novim, suvremenim izolacijama toplinske klase F ionako nije bila upitna.

Kad radi s promjenjivim opterećenjem, a posebno tijekom vršnog rada u kome je turboagregat ili isključen ili pod vrlo malim opterećenjem između perioda vršnog rada, rotorski namot turbogeneratorsa je podvrgnut velikim promjenama toplinskih i mehaničkih napreznja. Ona ovise ne samo o temperaturi namota, nego također u velikoj mjeri, o tome kako često nastupa zalijetanje i zaustavljanje i o frekvenciji manjih i većih promjena opterećenja.

Na istezanje rotorskog namota također utječu centrifugalne sile. Kako su sile istezanja općenito manje od otpora trenja kod nazivne brzine vrtnje namot je visoko mehanički napregnut. Hoće li se namot trajno deformirati pod djelovanjem sila istezanja ovisi uglavnom o fizikalnim svojstvima bakra za namot. Mnogi proizvođači već duže vrijeme koriste srebrom do 0,1 % legirani bakar koji ima višu granicu popuštanja nego normalni nelegirani bakar i pokazuje bolju termičku izdržljivost [4], [5]. Premda je i postojeći bakar bio ove klase, što zbog njegove starosti i mogućih mikrooštećenja, a prije svega zbog pregradnje radi boljeg hlađenja i povećane pouzdanosti u svim budućim režimima, ugrađen je novi profilni bakar CuAg0,1P



- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. utorski klin, | 5. međuzavojna izolacija, |
| 2. podloga na vrhu utora, | 6. podloga na dnu utora, |
| 3. podloga na vrhu utora, | 7. podloga na dnu utora, |
| 4. vodič rotorskog namota, | 8. utorska obloga (L-profil) |

Slika 2. Ispuna utora

F25 prema specifikaciji DIN 17666 (mjerene vučne čvrstoće $R_m = 298 \text{ N/mm}^2$, istezanja $A_5 = 16 \%$ i vodljivosti 56,5 m/(mm²). Većoj pouzdanosti doprinosi i način spajanja bakra poluzavoja (sl. 7).

Iz najnovije ankete o međunarodnim iskustvima s integritetom rotorskog namota [6] slijedi, da je i trajanje rada na znatno sniženoj brzini vrtnje tzv. prekreta turbine (barring speed; turning gear operating) djelujući čimbenik starenja izolacijskih materijala u utoru i glavama namota. Posljedice i vrlo malih pokreta (deformacija) namota, tijekom ove vrtnje kad namot nije radijalno blokiran centrifugalnim silama, nose određeni rizik od trošenja (habanja) izolacije, abrazije bakra, odvajanje bakrenih čestica i pokrivanja izolacije.

Njemačke preporuke, prema primjeru navedenom u [7], koriste pojam ekvivalentnih sati rada u čijem određivanju, osim odgovarajuće vrednovanih redovnih sati rada i broja zaleta, sudjeluju i sati rada u režimu prekreta i vrednuje ih se posebnim faktorom. On je uzet, npr. 0,1 za 200 MVA i 0,5 za 800 MVA, uz primjere trajanja takvih režima od 300 i 2000 sati/godinu, kod iznosa redovnih sati za obje jedinice od 5000 sati/godinu.

Prema [6] u cjelini postoji suglasnost u činjenici da rizik trošenja postoji, ali nije moguće dati jasnu preporuku o odnosu rizika i tehnologije rotora. Kod izbora brzine vrtnje prekreta treba imati u vidu i koncepciju turbine.

Za glavnu izolaciju prema tijelu rotora, tzv. utorske obloge, korišteni su parovi kontinuiranih L profila načinjenih od Nomex izolacije (oznake VETRONIT NOMEX 69030 - Isola), koja je poznata po visokoj mehaničkoj i dielektričkoj čvrstoći. Međuzavojna izolacija je također iz ove skupine materijala (oznake Verdur B 122/F - Krempel). Spomenimo da, za razliku od prilika kod modernizacije

visokonaponskih statorskih namota gdje je, u pravilu, moguće povećati presjek bakra na račun tanjih, suvremenih izolacija, ovdje se ispuna utora dimenziono praktički nije promijenila (sl. 2). Osnovni doprinos pouzdanosti novih izolacija rotorskog namota je u povećanju, ovdje dominantno mjerodavne, mehaničke i termičke čvrstoće i trajne izdržljivosti uz zadržavanje visoke dielektričke čvrstoće.

S odgovarajućom pažnjom pregledani su svi, potom dijelom zamijenjeni novim, a dijelom nadomješteni novokonstruiranim, elementi namota između kliznih koluta (uzdužni i radijalni dovodi struje, spojevi između svitaka i namota polova, kontaktna mjesta, brtvljenje vodika i sl., te izolacijske pregrade u glavama namota, podloge prema rotorskim kapama i dr.).

3.3. Smanjenje komponente vibracije rotora frekvencije 100 Hz

Vibracija rotora električnih strojeva određuje se stupnjem neuravnoteženosti rotora, koja uzrokuje komponentu frekvencije 50 Hz, a, također, stupnjem neujednačenosti momenta otpora na savijanje tijela rotora u simetrali polova i na nju okomitoj (neutralnoj) osi, koja uzrokuje komponentu frekvencije 100 Hz.

Neujednačenost momenta otpora karakterizira se koeficijentom anizotropije

$$\nu = \frac{J_1 - J_2}{J_1 + J_2}$$

gdje su J_1 i J_2 glavni momenti inercije u simetrali polova i neutralnoj osi.

S ciljem sniženja koeficijenta anizotropije velikih turbogenerators kod izvedbe ukrajinskog proizvođača glodaju se na širokom zubu (polu) uzdužni utori, slični onima s namotom. Na stroju tip TGV 300 npr. to snižava koeficijent anizotropije s 0,119 na 0,061 (4). Kod toga na temelju vibracijskih mjerenja strojeva u pogonu, ustanovljeno je značajno sniženje (više od dva puta) vibracije dvostruke okretne frekvencije na ležajima i kliznim prstenima.

Modernizacijom rotora turbogenerators 210 MW predviđeno je produbljivanje postojećih po 4 utora po polu za dodatnih 70 mm, na dubinu utora s namotom (sl. 3), duž cijele duljine tijela rotora. Koeficijent anizotropije snižen je time s 0,115 na 0,08. Prema kontrolnom mehaničkom proračunu povećanje dubine utora u širokom zubu praktički ne mijenja maksimalna naprezanja u rotoru; rezerve

čvrstoće u korijenu zuba i na površini dna utora bitno su iznad minimalno dozvoljenih.

Od ovog zahvata očekuje se smanjenje amplitude komponente vibracije rotora dvostruke okretne frekvencije za 1,5 puta, odnosno na 2/3 dosadašnje vrijednosti.

3.4. Poboljšanje magnetske vodljivosti širokog zuba

Uzdužni utori na širokom zubu, uvedeni već u izvornoj konstrukciji radi sniženja koeficijenta anizotropije tijela rotora, bili su do sada prazni, zaklinjeni magnetski vodljivim (čeličnim) klinovima i zatvoreni s obje čeonice strane radi uklanjanja štetnih ventilacijskih i zvučnih efekata. Tako izvedeni oni su djelovali na smanjenje magnetske vodljivosti polova kao elemenata u glavnom magnetskom krugu stroja, izraženo preko prividnog povećanja zračnog raspora (Carterov faktor) i povećanja potrebne uzbudne struje, na način sličan djelovanju nazubljenosti statora.

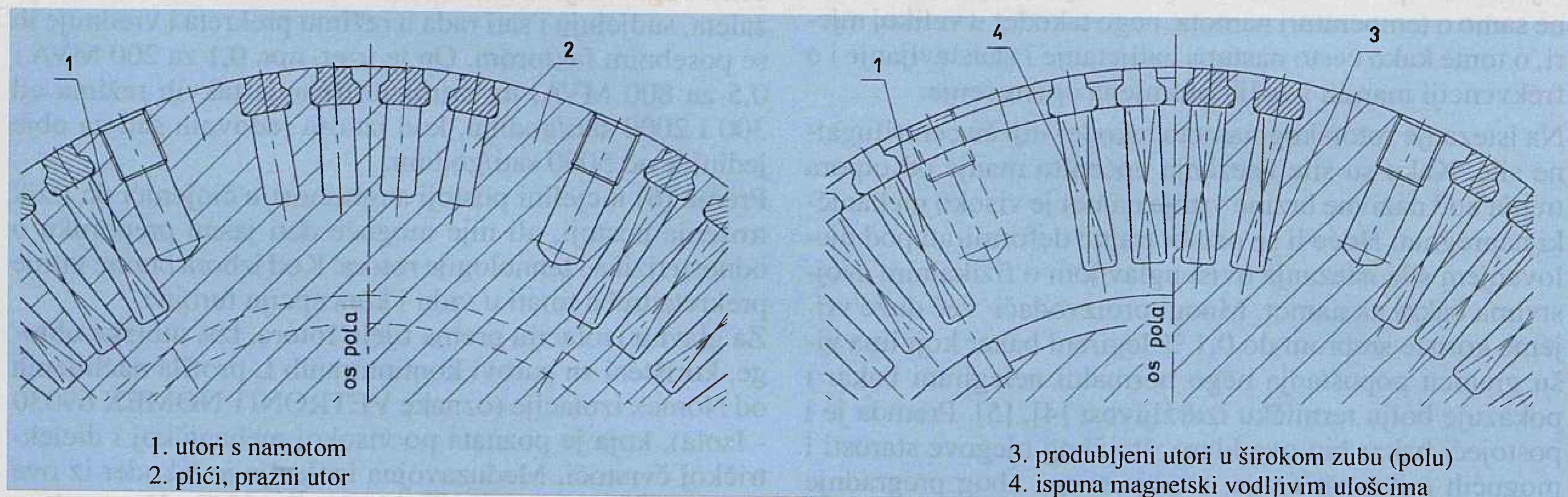
Prije opisano dodatno produbljivanje ovih utora radi smanjenja vibracija, kad bi utori ostali prazni, u krajnjoj liniji bi rezultiralo dodatnim povećanjem uzbudne struje. Time bi, sa stajališta gubitaka u rotorskom namotu kod radne temperature, bili unekoliko sniženi učinci poboljšane ventilacije.

S ciljem ne samo sprječavanja novog porasta veličine uzbudne struje, nego čak njenog snižavanja ispod sadašnje vrijednosti modernizacijom je predviđeno popunjavanje produbljenih utora ulošcima od magnetski vodljivog materijala (sl. 3). Ispuna svih 8 utora, u načelu, je duž cijelog tijela rotora s izuzetkom prostora određene dužine kod dva krajnja utora po polu i na svakoj čeonici strani, iskorištenog za odvod plina novo uspostavljenih, paralelnih, ventilacijskih grana za hlađenje glava namota.

Od opisanog zahvata očekuje se sniženje gubitaka u rotoru za 50 kW.

3.5. Smanjenje opasnosti od pojave prstenastih pukotina u tijelu rotora

Slučajevi ispada iz pogona rotora turbogenerators tip TGV snaga 200 - 300 MW zbog pojave prstenastih pukotina u centralnom (po dužini) dijelu rotora dogodili su se u Rusiji i to 1990.g. na Jermakovskoj i 1992. - 1993.g. na Stavropoljskoj elektrani. Pukotine su prolazile kroz zube rotora na mjestima dodira utorskih klinova, koji su se nalazili u istoj ravnini po obodu tijela rotora, i u pojedinim slučajevima dopirale su do centralnog (uzdužnog) otvora. Na površini zuba u zonama oko dodira utorskih klinova zapa-



Slika 3. Utora u širokom zubu: gore-prije i dolje-poslije modernizacije

ženo je povećanje tvrdoće metala, izazvano zakaljivanjem kao posljedicom djelovanja inverznih struja kod nesimetričnih režima rada generatora.

Prema [4] pod određenim uvjetima u zubima se pojavljuju i sniženje plastičnih svojstava i ostatna vlačna naprezanja, čije zajedničko djelovanje s radnim naprezanjima može dovesti do pukotina u zubima. Tako, ako se normalna tvrdoća zuba nalazi u području HB = 180 do 250, to se nakon navedenog termičkog djelovanja povećava do HB = 450 do 500. Osim toga, pogoršavaju se magnetska svojstva dijelova zubi koji su podvrgnuti djelovanju temperature iznad 600 °C.

Spomenimo da su u ovim događanjima ugroženi i utorski klinovi koji su izvedeni iz aluminijske legure, čija se mehanička svojstva (čvrstoća) naglo pogoršavaju kod povišenja temperature. Tako se granica tečenja, kod 20 °C jednaka 390 MPa, kod 300 °C snižava do 150 MPa. Naprezanja u klinovima kod radne brzine vrtnje dostižu 100 MPa. Treba također uzimati u obzir da povrijeđivanja klinova započinju kod temperature 300-350°C, jer temperatura rekristalizacije aluminijske legure leži u području 200-250 °C. Čak relativno ne visoke temperature u čeonim zonama dovode do povrede krajnjih klinova - puzanja klina iz utora.

Modernizacijom nije mijenjana postojeća koncepcija prigušnog sustava rotora, mjerodavnog kod djelovanja inverznih polja. On se ovdje zasniva na vrtložnim strujama u masivnom tijelu rotora i drugim njegovim elementima (klinovi, rotorske kape) te njihovim vodljivim kontaktima stvorenim krugovima, dakle, bez posebnog, bakrenim elementima formiranog prigušnog kaveza u utorima i pod rotorskim kapama. Zato ostaju na snazi sva izvorna, proizvođačeva ograničenja na dozvoljena trajna ($i_2 = \text{const}$) ili kratkotrajna ($i_2^2 t = \text{const}$) inverzna opterećenja.

Tijekom modernizacije izmijenjen je međusobni položaj utorskih klinova, kako onih nad namotom tako i onih u širokom zubu, na taj način da su dodiri klinova (isključujući krajnjih - prema rotorskim kapama) u susjednim utorima pomaknuti jedni prema drugima (sl. 4). Pregledani su, selektirani i u velikoj većini korišteni postojeći klinovi. Nužno je bilo dodati samo manju količinu novih, što na mjestima početaka pomaka, s čeonih strana, što u sredini rotora, gdje je bilo nužno uskladiti otvore u klinovima za radijalni izlaz vodika.



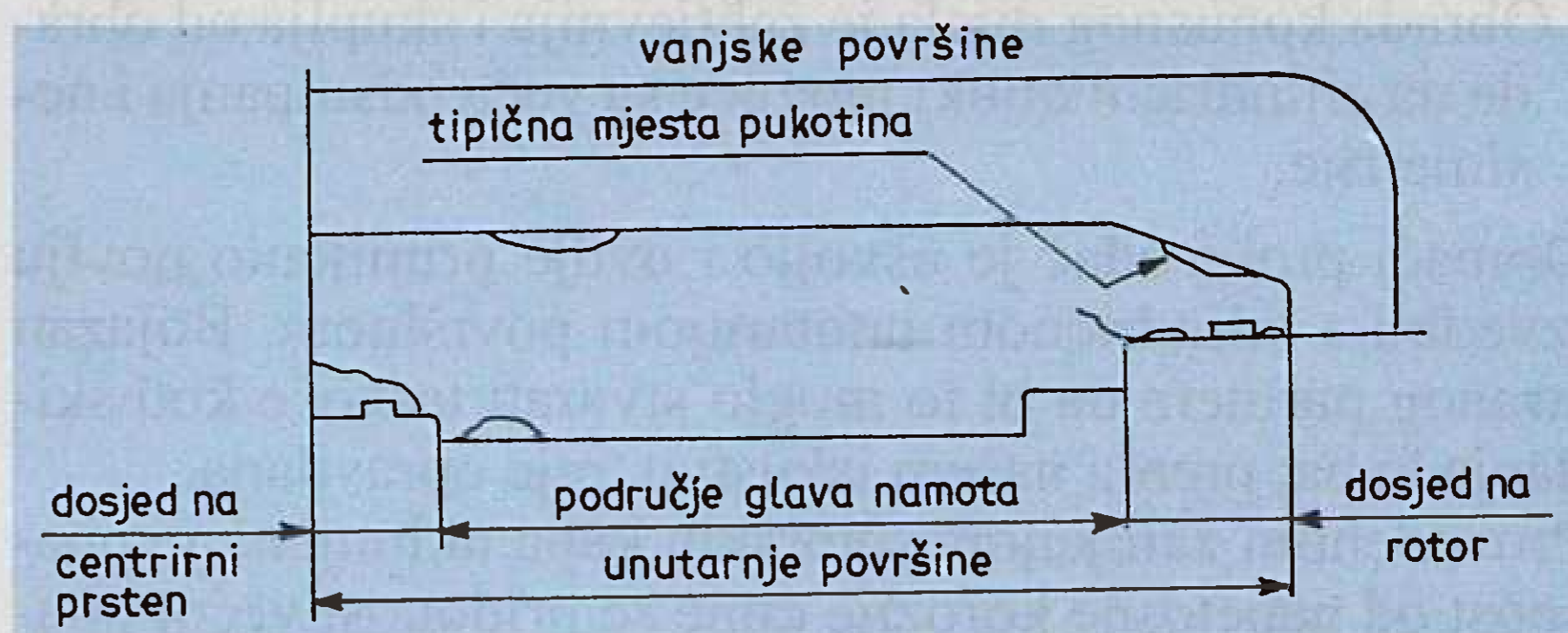
Slika 4. Zaklinjavanje utorskog dijela rotorskog namota s pomaknutim mjestima dodira klinova u susjednim utorima

Tijelo rotora je poslije potpunog rastava bilo vizualno i nedestruktivnim metodama detaljno pregledano i ispitano, a nađeno stanje je zadovoljavajuće. Provedenim promjenama rasporeda klinova bitno je smanjena mogućnost pojave prstenastih pukotina i uništenja tijela rotora.

3.6. Uklanjanje opasnosti od napetosne korozije rotorskih kapa

Rotorske kape su lebdeće izvedbe, izvorno s blago konusnom (1:100) unutarnjom površinom, iskovane od nemagnetskog čelika visokih mehaničkih svojstava, čiji se kemijski sastav primjeren vremenu proizvodnje obično karakterizira sadržajem i oznakom 18Mn5Cr. Stezni dosjedi s jedne strane na tijelo rotora, a s druge na centrirajući prsten, čiji je zadatak da ne dopusti ovalnu deformaciju uslijed nejednolike raspodijeljenih sila glava namota, tako su odabrani da zadovolje zahtjeve svih režima rada. Stezni dosjedi osiguravaju da prigodom pobjega agregata ne dođe do razdvajanja rotorske kape od tijela rotora, prigodom nazivnog rada, preuzimajući odgovarajuće centrifugalne sile glava namota i sile od toplinskog istezanja cijelog rotorskog namota, bude održan mehanički integritet namota i rotora, a u uvjetima mirovanja da naprezanja u steznim dosjedima sklopa ne prelaze dopuštene veličine. Rotorske kape su, dakle, poslije montaže visoko mehanički napregnuti sklopovi i u mirovanju i u svim režimima rada.

Početak osamdesetih godina sustavno su istražena opažanja i iskustva iz eksploatacije o pojavi napetosne korozije i oštećenjima i kvarovima na rotorskim kapama iz takvih čelika [8]. Zaključeno je da su ovi materijali osjetljivi na napetosnu koroziju, te da početak i odvijanje ove složene pojave jako ovisi o relativnoj vlažnosti okoline. Kad je riječ o stanju naprezanja kakvo je u rotorskim kapama to znači ne samo o relativnoj vlažnosti rashladnog sredstva u pogonu, nego i o stanju okoline tijekom skladištenja, transporta (nekad prekomorskog!), zastoja u pogonu ili remontnih radova. Odgovorni proizvođači naknadno su izdali preporuke za stalni nadzor okoline i praćenje kod pregleda onih mjesta koja su najizloženija ovoj pojavi (sl. 5).

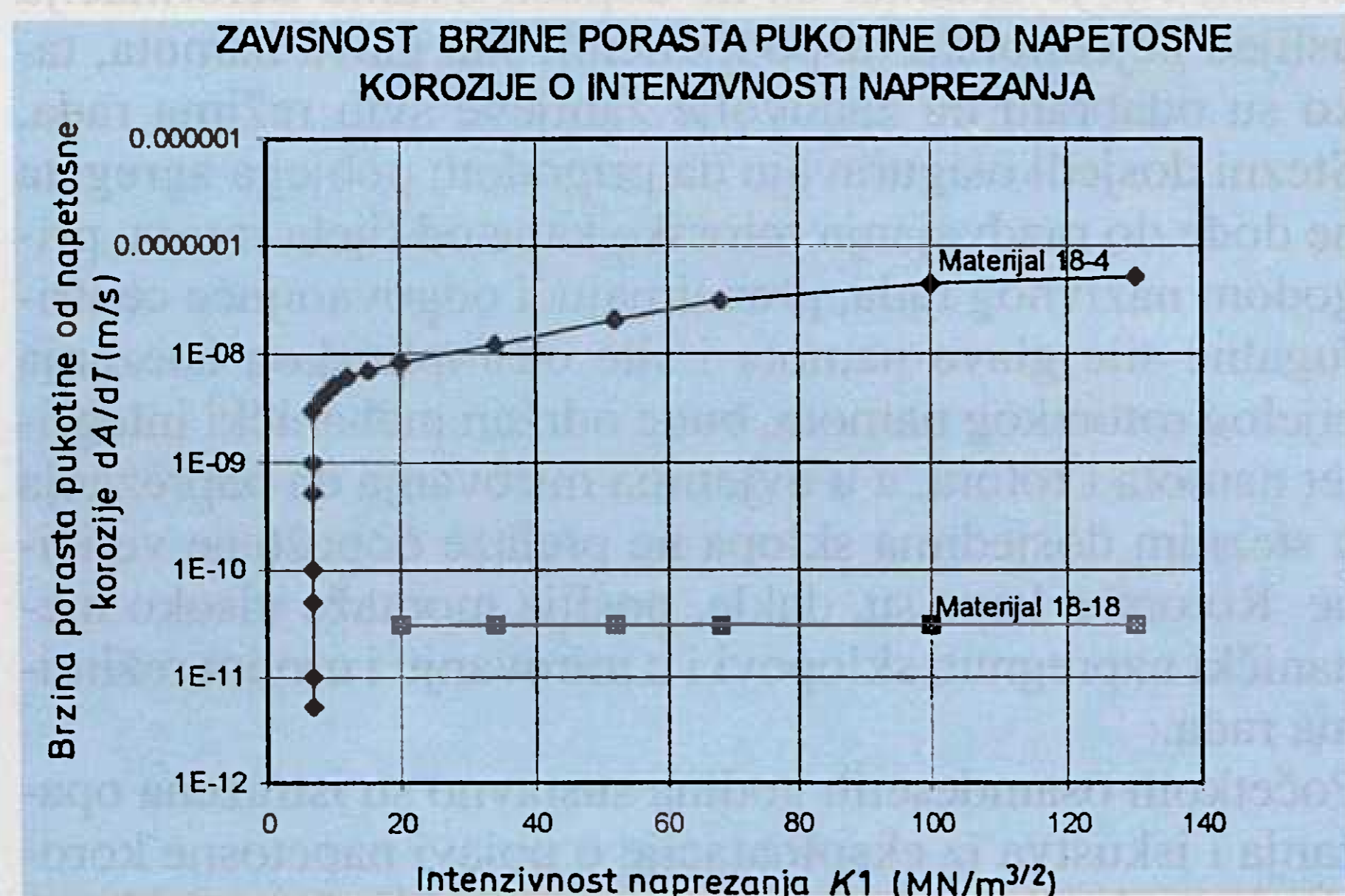


Slika 5. Mjesta nalaza pukotina kod pregleda klasičnih rotorskih kapa

Razvijena je nova legura čelika karakterizirana sadržajem i oznakom 18Mn18Cr, slična ASTM A289, class C, koja je otporna na napetosnu koroziju (sl. 6) i ne zahtijeva spomenute preporučene mjere inspekcije. Zamjena postojećih nemagnetskih kapa s novima iz ovog suvremenog materijala preporuča se pod jednim od ili svim navedenim uvjetima:

- Kad kape inače moraju biti zamijenjene zbog oštećenja, uključivo zahvaćenosti korozijom.
- Kad se ne može održavati zadovoljavajuća okolina (bez dodira vode i ispod 80 % relativne vlažnosti cijelo vrijeme).
- Kad često skidanje kapa radi nadzora nije ekonomski prihvatljivo.

Dokumentacijom za modernizaciju nosilac (HER) nije obuhvatio zamjenu rotorskih kapa nego se je investitor, imajući u vidu dva zadnja gore navedena uvjeta odlučio za zamjenu materijala rotorskih kapa. Upotrijebljen je materijal X10 CrMn1818, visokolegirani čelik prema specifikaciji Krupp P900, s kojim domaći proizvođač ima više-struke, uspješne referencije.



Slika 6. Usporedba novih (18-18) i starih (18-4) rotorskih kapa

U pogledu oblika postojeća, starija, konusna izvedba unutarnje površine rotorskih kapa u zadnje se vrijeme u svijetu i kod nas zamjenjuje cilindričnom izvedbom. Tome su dva razloga:

- U vrtnji i kod zagrijavanja, zbog većeg istezanja rotorskog namota od istezanja rotora i rotorskih kapa, sile trenja između namota i kapa i uzdužni tlak namota na kosinu daju veću aksijalnu silu na kape, koja se prenosi na aksijalne dosjede kape na rotor. To povećava naprežanja u dosjednom čvoru.
- Obrada konusnog dijela je zahtjevnija i skuplja od obrade na cilindrični oblik; moguća su veća odstupanja i nesimetrije.

Domaći proizvođač je usvojio i ovdje primijenio noviju izvedbu s cilindričnom unutarnjom površinom. Božan stranog partnera da bi to moglo stvarati teškoće kod skidanja kapa, prema našem iskustvu, nije opravdana.

Provedenom zamjenom rotorskih kapa uklonjena je opasnost od napetostne korozije čime se pridonosi većoj pouzdanosti tih visoko opterećenih dijelova rotora kod rada s realnim vlažnostima rashladnog vodika ili općenito okruženja tijekom stajanja iz bilo kojeg razloga. Stvoreni su uvjeti za sniženje troškova održavanja produženjem međuremontnog perioda s vađenjem rotora zbog detaljnog pregleda stanja rotorskih kapa na duže od uobičajenih najviše 5 godina.

4. OBAVLJENI RADOVI NA MODERNIZACIJI ROTORA

Uz prikaze pojedinih ciljeva modernizacije naznačeni su i

više ili manje opisani i osnovni zahvati za ostvarenje tih ciljeva. Osim toga, radi produženja radnog vijeka i na razini postojećih funkcija, bilo je potrebno obaviti i obavljene su, nakon potpunog rastavljanja, čišćenja i utvrđivanja stanja, još neki radovi kako na doradi ili zamjeni postojećih dijelova tako i na ugradnji novih dijelova. Zbirni pregled obavljenih radova prikazan po osnovnim sklopovima daje se u tablici 1.

Tablica 1. Zbirni pregled doradenih i novih dijelova rotora

Postojeći i doradeni dijelovi	
<i>Tijelo rotora</i>	detaljno pregledano i ispitano (NDT); produbljeni utori u širokom zubu; glodani kanali u čeonim dijelovima za novi sustav ventilacije; bušene nove navojne rupe za balansne utege
<i>Klinovi</i>	čelični klinovi u širokom zubu dio aluminijskih klinova za zaklinjavanje namota - nakon uklanjanja oštećenja od vađenja
<i>Dovod struje rotorskom namotu</i>	svi elementi skinuti, očišćeni i pregledani; kontaktne površine posrebrene ili pokositrene; stavljena nova izolacija centralnog svornika i ugrađene nove brtve; izrađene nove izolirane šine; svi izolacijski distancioni komadi pregledani, a oštećeni zamijenjeni
<i>Kompresor</i>	pregledan vizualno i penetrantima
<i>Glavina ventilatora</i>	skidana, pregledana i ponovo ugrađena
<i>Ventilator kliznih koluta</i>	očišćen, pregledan, dobalansiran i zaštićen od korozije (lakiran)
<i>Poluspojka</i>	skinuta, dodani otvori za balansne utege, doradena i ponovo postavljena s novim klinovima
Novi ugrađeni dijelovi	
<i>Rotorski namot</i>	novi bakar legiran srebrom; novi, tehnološki pouzdaniji, način spajanja poluzavoja
<i>Izolacija namota</i>	utorska i međuzavojna, klase F (Nomex); glava namota, pod rotorskim kapama i novi drugačiji distancioni ulošci, prema zahtjevima novog sustava ventilacije
<i>Klinovi</i>	dio aluminijskih klinova za zaklinjenje namota
<i>Rotorske kape s centrirnim prstenima</i>	novе iz materijala tipa 18Mn18Cr, sa znatno većom otpornošću prema napetostnoj koroziji i višom pukotinskom žilavošću (nižom brzinom propagiranja pukotina)
<i>Lopatice ventilatora</i>	ugrađene nove, isporučene od izvornog proizvođača
<i>Klizni koluti</i>	novi (rezervni) koluti; posrebrene kontaktne površine razvodnih poluprstena; brušenje površine tijekom obrade rotora s uloženim namotom

5. PREGLEDI, KONTROLE I ISPITIVANJA U TVORNICI

Dokumenti o pregledima, kontrolama i ispitivanjima u tvornici čine sadržaj posebne kontrolne knjige od 143 stranice. Iskazano brojem dokumentata oko 20% odnosi se na preuzimanje novih materijala i ugradnih dijelova, oko 60% bilo na postojeće i doradivane bilo nove dijelove, tijekom

njihove dorade odnosno izrade, a ostalih oko 20 % dokumentira rezultate mjerenja i ispitivanja na kompletiranom rotoru u tvornici.

U pogledu novih materijala i ugradnih dijelova dokumentirani su: za otkove - protokoli o ispitivanju kod preuzimanja (Inspection Certificate 3.1.B acc. to EN 10204) s kemijskim sastavom i mehaničkim svojstvima u odnosu na zahtjeve specifikacija i rezultatima ultrazvučnih ispitivanja; za gotove elemente (npr. lopatice ventilatora i aluminijske klinove) - atesti dobavljača (izvornog proizvođača rotora); za bakar i utorske izolacije - atesti, sa sastavom, mehaničkim i električkim svojstvima (kod sobne temperature - prije i nakon starenja 30 dana na 180 °C i u toplom stanju 1 h/150 °C).

Općenito, materijali su najmanje jednaki kao kod novog rotora (bakar, klinovi, ventilatorske lopatice, klizni koluti); kod vrlo važnih materijala (izolacije, rotorske kape) korišteni suvremeni materijali su bolji nego što su bili kod novog rotora.

Slijede komentari i ilustracije opsega i rezultata samo nekih karakterističnih kontrolno-ispitnih zahvata, vezanih uz iste one postojeće ili nove dijelove, koji su bili nosioci prikaza i obavljenih radova u tablici 1.

Vizualnom kontrolom tijela rotora uočena su mehanička oštećenja na zubima od osiguranja klinova rotorskog namota i oštećenja od osiguranja balansnih utega provedena zatočkavanjem. Ispitivanjem površinske homogenosti nisu registrirana mjesta s pukotinama ni propagiranje deformiranih mjesta zatočkavanja.

Dosjedne površine na tijelu rotora za rotorske kape su bile uredne i bez nagorina i mehaničkih oštećenja. Na prijelaznim zaobljenjima i rukavcima nisu utvrđena mjesta s izduženim nepravilnostima i pukotinama. Na konusnom slobodnom rukavcu utvrđene su zone površinske korozije i manja mehanička oštećenja.

Na ulaznim zakrivljenjima u korijenu zubi nisu registrirane nepravilnosti. Ispitivanjem površinske tvrdoće na zubima, u zoni dodira klinova za zaklinjenje rotorskog namota, nisu nađena otvrdnuta mjesta. Tvrdoća je bila jednolika i iznosila 250 ± 7 HB.

Ispitivanjem volumetrijske homogenosti ultrazvukom svih rukavaca, zubi i polova nisu utvrđene nepravilnosti ekvivalentnog promjera većeg od 2 mm.

Rezultati prvog endoskopskog pregleda središnjeg provrta rotora (130 mm pokazali su da je površina provrta cijelom svojom dužinom zadovoljavajućeg izgleda, osim nekoliko blagih oštećenja koja, vjerojatno, nisu posljedica isključivo eksploatacije. Površina provrta je očišćena i ispitana penetrantima. Rezultati tog ispitivanja i ponovni endoskopski pregled pokazali su da nema oštećenja i pukotina na unutarnjoj površini provrta, te je tijelo rotora podobno za daljnju primjenu.

Ispitivanjem penetrantima površinske homogenosti i ultrazvukom volumetrijske homogenosti poluspojke generatora, glavine ventilatora i glavine kliznih koluta nisu nađene nepravilnosti. Potvrdne rezultate dalo je i ispitivanje penetrantima površinske homogenosti kola kompresora.

Vizualnim pregledom i ispitivanjem penetrantima postojećih aluminijskih i čeličnih klinova utvrđena su značajna oštećenja, naročito na bokovima, nastala kod vađenja klinova. Indikacije pukotina nisu uočene. Uz mehaničku doradu oštećenja dio klinova se je mogao ponovo ugraditi. Rotorske kape su, osim nužnih dimenzionih kontrola tije-

kom faza obrade, prije navlačenja ispitane penetrantima i nisu nađene ni pukotine ni izduženi zarezi. Nakon navlačenja ispitani su ultrazvukom dosjedni spojevi rotorskih kapa i tijela rotora; nisu uočene indikacije pojave pukotina.

Dovodi struje rotoru su ispitani električki (otpor izolacije prije i nakon te sam pokus visokim naponom 6300 V, 50 Hz, 60 s), toplinski (3000 A istosmjerno, 10 min, $(T < 5 \infty (C)$) i na nepropusnost (5 bara, 16 sati). Električki analogno ispitani su klizni koluti.

Osobita pozornost poklonjena je kontrolama spojnih mjesta vodiča rotorskog namota izvedenih spojem "kružni izdanak - kružni utor" (sl. 7) i tvrdim lemljenjem. Mjerenja pada napona između više točaka na raznim karakterističnim mjestima oko spojeva vodiča uspoređivana su međusobno i s odgovarajućim veličinama dobivenim na pažljivo izrađenim uzorcima, na kojima je mjereno i porast temperature. Na taj način objektivno je utvrđivana ujednačenost i kvaliteta spojnih mjesta.

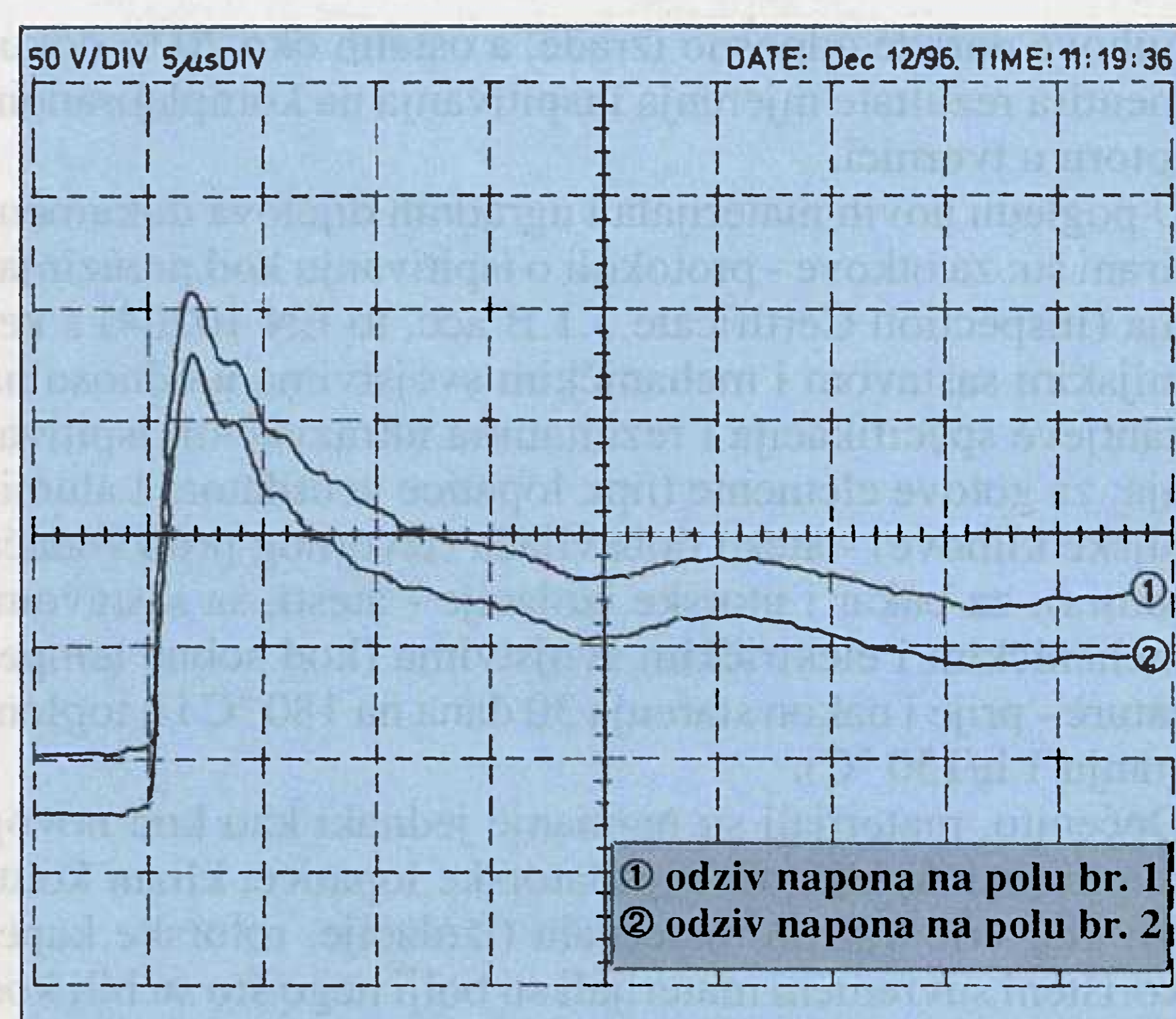
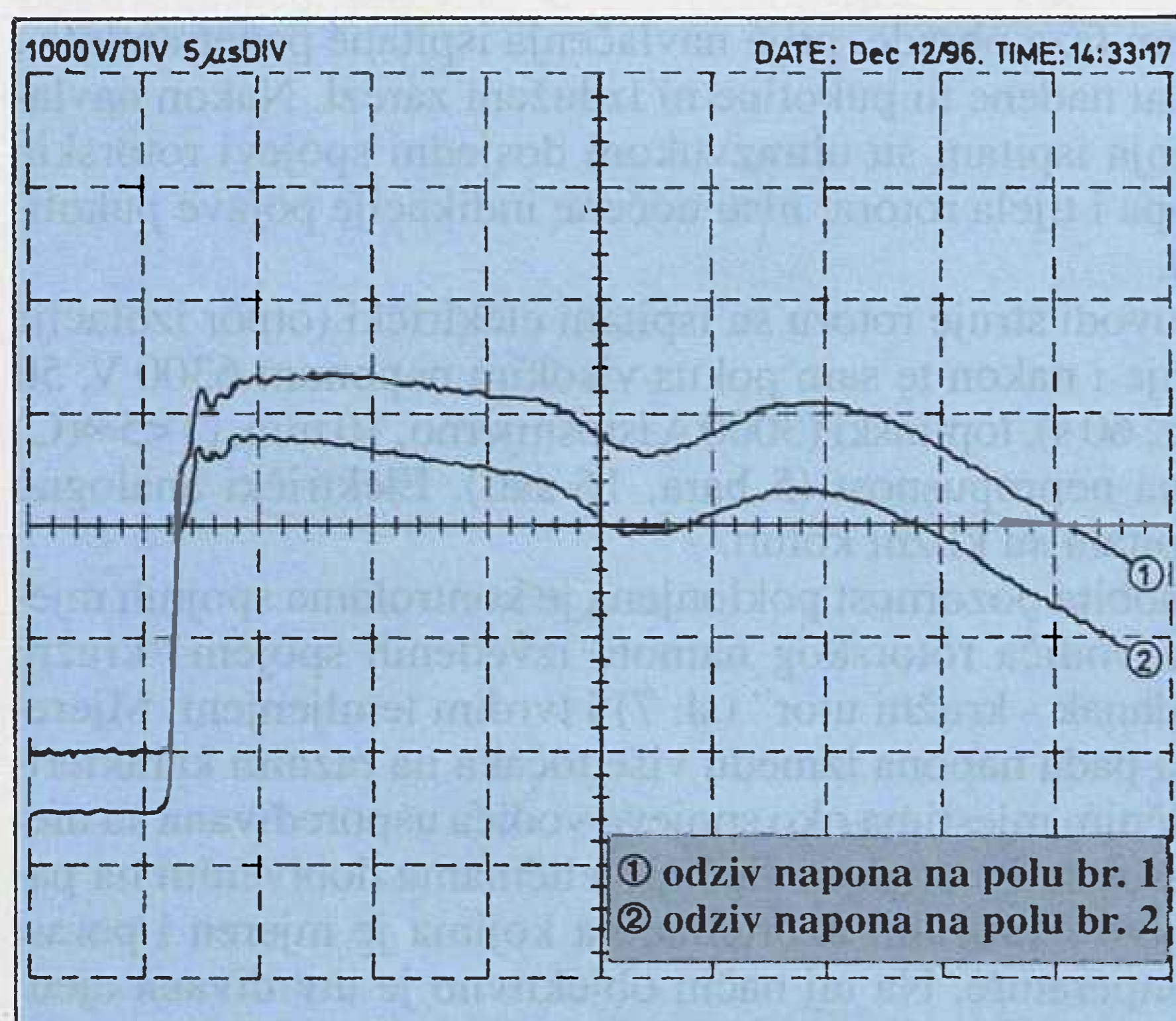


Slika 7. Spojevi polusvitaka u glavi namota

Tijekom procesa ulaganja i faza konačnog formiranja namota (zaklinjavanje, stezanje glava namota, navlačenje rotorskih kapa) obavljene su višekratno razne električke kontrole kao potvrda kvalitete obavljenih radova. Mjeren je otpor izolacije, padovi napona po svicima i polovima (kod 50 Hz i udarnim naponom - impuls 2,4/300(s), impedancija, kapacitet namota. Međuzavojna izolacija namota je kontrolirana i niskim impulsnim naponom (reda 500V, trajanje 2,4/300(s, 50 impulsa/s) i visokim (reda 3500 V, trajanje 1,2/50≠(s, 3 impulsa/min). Jedan par dijagrama odziva takvih napona, koji pokazuje da je namot bez međuzavojnih kratkih spojeva, dan je na slici 8.

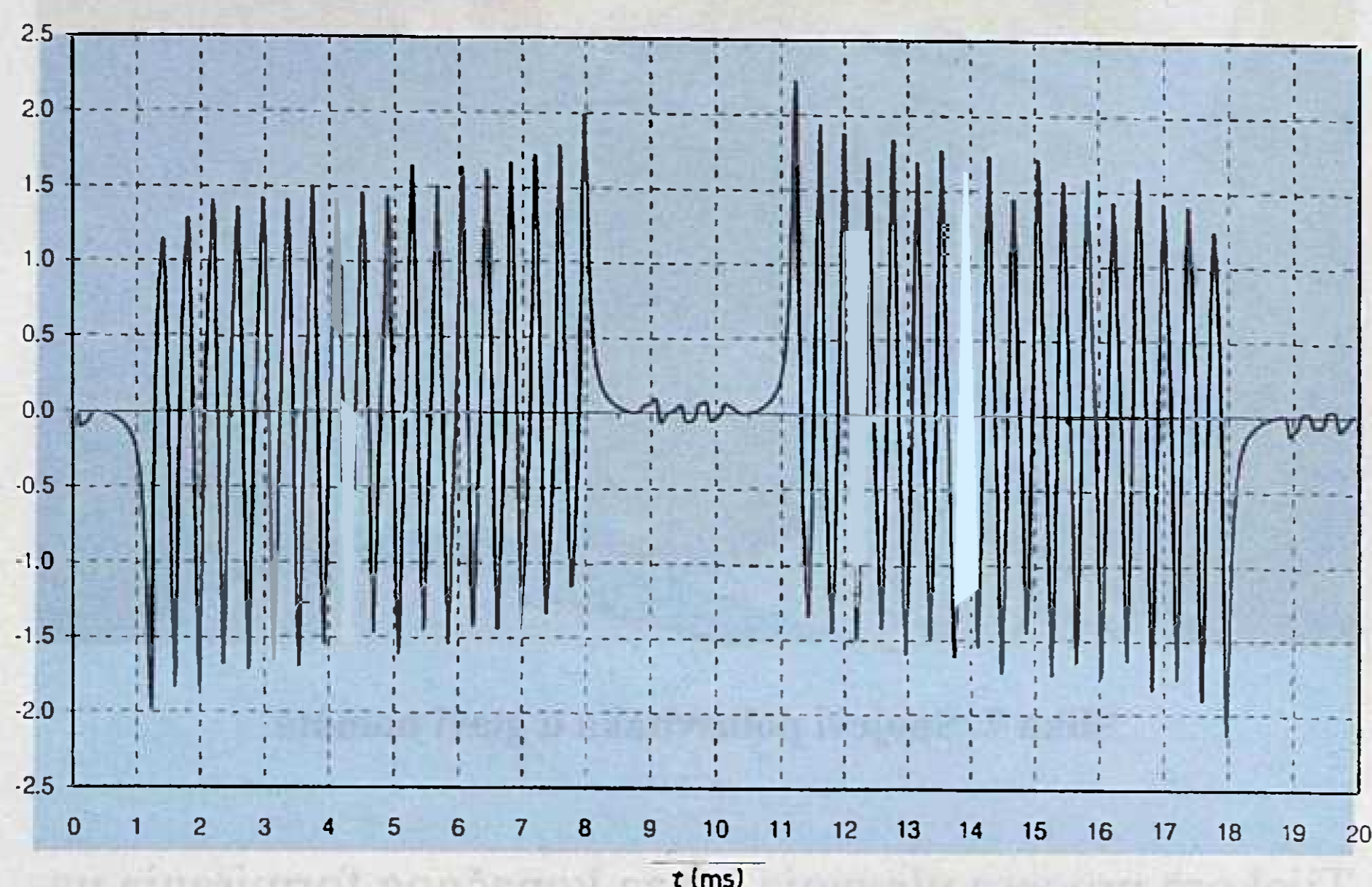
Ispitivanje kompletnog rotorskog namota visokim izmjeničnim naponom (50Hz, 60s) prema masi uspješno je provedeno:

- na provizorno zaklinjenom i termički stabiliziranom namotu s $U_{isp} = 5460V$
- nakon strojne obrade i prije navlačenja kapa s $U_{isp} = 4800V$
- s navučanim kapama, prije balansiranja i vitlanja s $U_{isp} = 4620V$
- nakon vitlanja, završno (10Un) s $U_{isp} = 4200V$



Slika 8. Dijagrami odziva napona kod kontrole međuzavojne izolacije: niskim impulsnim naponom - lijevo i visokim impulsnim naponom - desno

Stanje međuzavojne izolacije, u vrtnji i nakon vitlanja, vidi se na slici 9.



Slika 9. Kontrola međuzavojne izolacije u vrtnji i nakon vitlanja

Provjeravano je ručno te zabilježeno početno stanje zaklinjenosti utorskih klinova moderniziranog rotora. Oko 10% broja klinova i to međusobno razasutih nalazi se u prvoj kategoriji nesavršenosti (tj. "odzvanjaju šuplje" na 1/3 svoje duljine).

Od ventilacijskih kontrola provedena je na dokumentacijom predviđeni način, zrakom i ulaznim tlakom 1500 Pa provjera prohodnosti svih rashladnih kanala. Nisu poznata od prije niti bila na samom početku planirana i provedena odgovarajuća mjerenja (isto zrakom) na rotoru s izvornim sustavom ventilacije, koja bi mogla biti baza za usporedbu s analognim mjerenjima na moderniziranom rotoru. To znači da će se konačni rezultati modernizacije sustava ventilacije moći kvantificirati posredno, preko temperatura, i to tek u pogonu.

Završna mehanička ispitivanja rotora (balansiranje i vitlanje) obavljena su u tvornici domaćeg proizvođača s korištenjem ležajeva uređaja za balansiranje.

Rotor je izbalansiran u klasi Q1 prema VDI 2060.

Vitlanje rotora je provedeno do 3400 min⁻¹, 2 min, uspješno.

Vibracije na kućištima ležajeva mjerene su u visini osi osovine u horizontalnom smjeru uređajem za mjerenje i analizu vibracija SCHENCK VIBROPORT 30 i pripadajućim davačima VS 080. Veličine vibracija kod nazivne brzine vrtnje, prije i poslije vitlanja dane su u tablici 2.

Tablica 2. Veličine vibracija prije i poslije vitlanja

Smjer	Ležaj PS				Ležaj SS			
	A_{Σ} (μm_{pk})	v (mm/s)	A_0 (μm_{pk})	α ($^{\circ}$)	A_{Σ} (μm_{pk})	v (mm/s)	A_0 (μm_{pk})	α ($^{\circ}$)
$n = 3000 \text{ min}^{-1}$ prije vitlanja								
H	12.6	4.6	1.6	350	5.1	1.7	0.8	193
$n = 3000 \text{ min}^{-1}$ poslije vitlanja								
H	9.3	3.7	0.9	294	4.3	1.4	1.2	159

Iz izmjerenih veličina je vidljiva povišena razina vibracijskih brzina v iako je razina osnovnog harmonika A_0 vrlo niska. Frekventnom analizom rezultirajućeg oblika vibracije, čija je amplituda $A(\cdot)$, ustanovljeno je da u frekventnom spektru dominira drugi harmonik, koji je izraženiji na pogonskoj strani.

Ni ovdje nisu poznate od ranije ili namjenski izmjerene na ovom rotoru, u istim uvjetima, prije modernizacije odgovarajuće veličine drugog harmonika vibracija, koje bi poslužile za kvantificiranje doprinosa smanjenog koeficijenta anizotropije moderniziranog rotora smanjenju tog harmonika vibracija.

Jedno od sustavnih, premda trivijalnih, saznanja iz područja općeg pristupa modernizacije samo nekih sklopova generatora jest da se mora već u fazi priprema i planiranja ispitivanja moderniziranog sklopa utvrditi parametre za kvantificiranje ciljeva modernizacije i ustanoviti njihove ("početne") iznose prije modernizacije. Kad takvi početni iznosi nisu poznati, što je na razini sklopa čest slučaj, a želi se kvantificiranje, nema druge - koliko god to izgledalo suvišnim troškom - nego planirati i obaviti određeni broj analognih ispitivanja na sklopu prije pristupanja samim zahvatima modernizacije.

Ciljevi i efekti modernizacije sklopa ne moraju se iskazivati neposredno, na razini karakterističnih parametara sklo-

pa, nego posredno, na razini doprinosa moderniziranog sklopa nekim pogonskim parametrima cijelog generatora. Početne (pogonske) vrijednosti tada su obično poznate, ali se tada efekti modernizacije ne mogu kvantificirati ispitivanjem kod proizvođača, nego tek u radu generatora s moderniziranim sklopom u centrali.

6. ZAKLJUČAK

Domaći proizvođač generatora, premda opremljen samo s djelomično moderniziranom opremom, sa smanjenim brojem tehničkog kadra i proizvodnih radnika u odnosu na potvrđeni proizvodni kapacitet, još je u mogućnosti da samostalno, kad se radi o obnavljanju ili modernizaciji opreme vlastite konstrukcije, odnosno u suradnji sa stranim partnerom kad se obnavlja ili modernizira strana oprema, realizira složene tehničke i tehnološke zahvate modernizacije ne samo hidrogenatora nego i turbogeneratora. Ti zahvati, praćeni specifično utvrđenim programima osiguranja kvalitete (QA), kvalitetom radova i konkurentnošću cijene mogu zadovoljiti suvremene potrebe obnavljanja i modernizacije dotrajalih generatora u hrvatskoj elektroprivredi i elektroprivredama susjednih zemalja, posebno korisnicima turbogeneratora baš ovog tipa.

Nedovoljni ukupni opseg poslovanja i s tim u svezi teškoće u dinamici financiranja narušavaju optimalni ritam proizvodnje i mogu, kako je bilo u danas prevladanoj situaciji "ratnog" angažiranja banaka u ovom slučaju, produžiti trajanje radova.

LITERATURA

- [1] C. SADLER: "Profits rise but power falters (ABB's group results for 1996.)"; Electricity International; April 1997.
- [2] B. GELLERT, W. SUCHECKI, T. GOJOWY: "Retrofit packages for 200-MW turbogenerators", ABB Review 1/1997.

Autori žele zahvaliti kolegama Miroslavu Pavičiću iz TE Sisak te Viktoru Šalimovu i Vladimiru Rakogonu iz Harkovelektroremonta na podacima iz povijesti pogona ovog i drugih takvih rotora, podacima o izvornoj konstrukciji i materijalima moderniziranog rotora i korisnim diskusijama.

- [3] H. van RAVENSWAAY, T. L. SCHUCHART, L. W. MONTGOMERY, L. S. NILLSON, B. MARKEWKA, J. OSADNIK, A. KULIK, E. KUBOS: "200 mw generator modernization program in poland", Colloquium on Maintenance and Refurbishment of utility Turbogenerators, Hydrogenerators and Large Motors; CIGRE-EPRI, Florence, Italy; April 14-16.1997.
- [4] J. I. AZBUKIN, V. J. AVRUH: "Modernizacija turbogeneratora", Moskva, "Energija" 1980.
- [5] K. WEIGELT: "Design features of large turbogenerators", ABB Review 1/89.
- [6] J. M. GUILLARD, WORKING GROUP 11.01: "Study of rotor winding integrity", electra No 169, December 1996.
- [7] D. ÜBERHORST, H. bWEILAND, G. WÖHRLE: "Life-Management experiences with generators in German utilities", CIGRE-sesion 1996., Paper 11-205
- [8] N. L. KILPATRIC: "Exprience with in-service examination of nonmagnetic ring on generator rotors", EPRI Fossil Plant Inspections Workshop San Antonio, TX, September 1986.

ROTOR MODERNISATION OF 210 MW TURBOGENERATOR

Planned technical scopes, realised works and facility test results of a real example are given in detail (TTP Sisak, Croatia), of rotor modernisation of 210 MW Ukrainian production turbogenerator cooled by oxygen. These complete already described examples of total modernisation (stator, rotor and auxiliary systems) of the 200 MW Russian production turbogenerator cooled by water and oxygen in Polad [2] and [3]. Rotor modernisation has been successfully realised by the generator producer in Croatia in co-operation with a Ukrainian maintenance organisation, whereby solid base and open possibilities for competitive modernisation bidding of such rotor users in the neighbouring countries are created as well as for the modernisation of stator and auxiliary systems of this turbogenerator type.

DIE ZEITGEMÄSSE UMRÜSTUNG DES LÄUFERS EINES 210 MW TURBOSTROMERZEGERES

Im Sinne einer zeitgemäßen Umrüstung werden vorausgeplante technische Ziele, durchgeführte Eingriffe und Ergebnisse von Werksprüfungen am Beispiel des Läufers eines ausschliesslich wasserstoffgekühlten Turbostromerzeugers ukrainischer Herstellung von 210 MW (Dampfkraftwerk "Sisak", Kroatien) beschrieben. Hiemit werden schon früher beschriebene Beispiele tatsächlich vollständiger (Ständer, Läufer und begleitende Anlagen) zeitgemäßen Umrüstung der russischen mit Wasser und Wasserstoff gekühlten 200 MW Turbostromerzeuger ergänzt. (Läufer und begleitende Anlagen sind in Polen hergestellt worden). Die anfangs erwähnte Umrüstung wurde in Zusammenarbeit mit einer ukrainischen überholungsgesellschaft beim kroatischen Hersteller der Turbostromerzeuger zustandegebracht. Dadurch ist sowohl den wettbewerbsfähigen Angeboten zeitgemäßer Umrüstung solcher Läufer an die Benutzer in den Nachbarländern, als auch der Fortsetzung derartiger Unterfangen an Ständern und begleitenden Anlagen, feste Grundlage geschaffen und Möglichkeiten dazu geöffnet.

Naslov pisaca:

dr. sc. Vladimir Kuterovac, dipl. ing. Željko Horvatić, dipl. ing. Koņčar-Generatori d.o.o. Fallerovo šetalište 22 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-02-24



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA

KVALITETA NAPONA I KOMUNIKACIJSKA VRIJEDNOST DISTRIBUCIJSKE ELEKTROENERGETSKE MREŽE U ZGRADAMA

Mr. sc. Dubravko Sabolić - doc. dr. sc. Dina Šimunić, Zagreb

UDK 621.316.172:696.6
STRUČNI ČLANAK

Prikazuje se sadašnje stanje iskorištenosti električnih instalacija razvedenih po građevinama za komunikacijske svrhe, te razmatraju potrebe i načini istraživanja koje bi trebalo provesti da bi se objektivno ocijenila uporabivost ovih široko rasprostranjenih mreža u smislu prijenosa informacija. Daju se osnovni teorijski koncepti i mjerne metode kojima se može izvršiti evaluacija električne instalacije zgrade kao komunikacijskog medija, radi procjene njegove ekonomske isplativosti i informacijske propusnosti.

Ključne riječi: kvaliteta napona, niskonaponske električne instalacije, komunikacijski medij, smetnje, impedancija, gušenje, raspršeni spektar.

1. UVOD

Elektroenergetska mreža razvedena je danas, u imalo razvijenim zemljama, gotovo do svakog kutka u kojemu žive ljudi. Također, ona dopire do praktički svih mjesta unutar jedne zgrade. Energetski vodovi, inače namijenjeni prijenosu električne energije, mogu poslužiti za prijenos drugih električnih signala, pa i komunikacijskih. Tehnički gledano, međutim, problem prijenosa informacija nije jednostavan, posebice kada je riječ o digitalnom prijenosu većim brzinama signaliziranja. Kada bi se našla tehnička rješenja komuniciranja energetsom mrežom, otpala bi potreba za instalacijskim radovima u zgradama. Osnovno je pitanje pritom, što se više isplati - položiti prave telekomunikacijske vodove i koristiti standardna komercijalna sučelja za pristup na takav prijenosni medij, izgraditi radijski komunikacijski sustav, ili pak razviti sučelja za pristup razgranatoj mreži energetskih vodova preko običnih zidnih utičnica. Odgovor nije jednoznačan. Isplativost ovisi i o svrsi sustava komuniciranja. Vjerojatno je da bi npr. za prijenos digitalnih televizijskih signala, koje karakterizira velika širina pojasa, bilo najbolje povući optičke prijenosne vodove, koji bi zajedno s potrebnim građevinsko-instalaterskim radovima koštali manje nego li razvoj sofisticiranih sučelja koja bi mogla parirati vrlo teškim uvjetima prijenosa po električnoj instalaciji, ako je to uopće moguće. S druge strane, prijenos pokretnih ili kvazipokretnih slika nekim sustavom s komprimiranjem TV signala, kao što je npr. MPEG, mogao bi biti isplativo riješen pomoću električne instalacije. Primjena takvoga sustava bila bi primjerice u daljinskom nadzoru čuvanih objekata. Nadalje, interfonska mreža, posebice u vrlo velikim zgradama, u pravilu je loše riješena, premda je riječ o sustavu krajnje niskih zahtjeva. Digitalni interfonski sustav mogao bi elegantno nadomjestiti nedostatke na tržištu prisutnih proizvoda, jer bi se mogao dovesti u funkciju praktički bez ikakvih instalacijskih radova. U svijetu se, istina tek ponegdje, ovakvi sustavi već koriste. Nadalje, zasad najvažnije područje primjene PLC sustava (Power Line Carri-

er, medij elektroenergetskih vodova) je ostvarivanje distribuiranih sustava automatike u zgradama, u kojima funkcioniра npr. klimatizacijska oprema, regulacija umjetne rasvjete, itd. Ideja je u tome da se pomoću PLC medija formira lokalna mreža LAN (Local Area Network), koja omogućuje rasterećenje centralnog procesnog računala od poslova grube obrade i kondicioniranja signala. U klasičnim rješenjima automatike zgrada, naprotiv, svi uređaji poput termostata, ventilatora, rasvjetnih uređaja, itd. vezani su direktno za centralno računalo, preko bakrenih parica, koaksijalnih vodiča, ili čak radijskim vezama. Distribuirani sustavi upravljanja bivaju mnogo efikasnijima radi rasterećenja centralnog procesora. Energetska razvodna mreža čini se, barem na prvi pogled, povoljnom postojećom infrastrukturuom za njihovo ostvarivanje. Unatoč potrebi skupoga razvoja, u prvom redu sučelja za fizikalni medij, izgleda da postoji ekonomsko opravdanje ulaska u takav posao. Prema nekim procjenama, 2000. godine će tržište za uređaje automatike zgrada biti veliko preko 13 milijardi USD. Općim porastom standarda stanovništva i poslovanja, potreba za uvijek novim i novim stvarima koje pružaju dodatni komfor sve je veća.

Prema tome, u prvome redu valja se zapitati, kakva svojstva ima električna razvodna mreža kao prijenosni medij za visokofrekventne signale. S obzirom da ona na višim frekvencijama predstavlja vrlo kompleksnu strukturu, odgovor se mora potražiti kombiniranim teorijskim i mjeriteljskim istraživanjima, kako bi se mogle definirati njezine relevantne osobine. Osnovna teza ovoga članka je da sa stanovišta terminalnih uređaja postoji određena sličnost u širenju radijskog signala kroz električnu instalacijsku mrežu s propagacijom u tzv. mobilnom okruženju, pa bi opis PLC medija mogao ići u tom smjeru. Naime, električnu mrežu karakteriziraju stohastičke promjene impedancije i gušenja u vremenu, periodičke promjene parametara uslijed djelovanja nelinearnih trošila priključenih na mrežu, veliki broj i razgranatost puteva signala, na kojima on propagira i reflektira se, mjestimično znatno specifično gušenje pojedinih dionica, nejednolikost valnih pa-

rametara vodiča, ponekad loša i neprofesionalna izvedba spojeva u mreži, visoka razina i širok spektar smetnji, itd. Sve ovo upućuje na mogućnost primjene istih ili sličnih koncepata u teorijskom opisu propagacijskih svojstava mreže. Digitalno modulirani signali susretat će se na svojem putu kroz nju s problemima tipično prisutnim u mobilnim mrežama: pored utjecaja šuma, tu su još i zamiranjene signala (fading), uzrokovano stohastičkim promjenama mrežnih svojstava uslijed slučajno distribuiranih uključanja/isključanja različitih energetskih trošila, te vremensko raspršenje (delay spread) uslijed mnogostrukog širenja i refleksije na brojnim granama mreže. Ovisno o vrsti primijenjenog sustava, mogu se javiti i ostale poteškoće, poput smetnji istokanalnog ili susjednokanalnog odašiljača, te smetnje od produkata intermodulacije na nelinearnim elementima. Sve nabrojano upućuje na potrebu utvrđivanja jasnog teorijskog koncepta, koji bi mogao iznjedruti konkretne preporuke o načinima borbe protiv smetnji u PLC sustavima. Ovaj članak dat će temeljne smjernice za provođenje takvih istraživanja.

Na kraju nastaje pitanje evaluacije prijenosne moći PLC medija, i uopće uspostavljanja objektivnog kriterija za njenu ocjenu. Primjerice, kod ocjene kapaciteta linijskih transmisijskih sustava važno je koliko kanala na koju udaljenost i po kojoj specifičnoj cijeni možemo uputiti od točke do točke. Naprotiv, kod mobilnih sustava važno je koliko možemo ostvariti Erlanga prometa po četvornom kilometru pokrivenog teritorija, i uz koju specifičnu cijenu i utrošak spektra. Vidimo da kriterij ocjene vrijednosti resursa bitno ovisi o njegovoj vrsti i namjeni. Radi toga, tek svestrano istražen PLC medij može biti ispravno evaluiran. Svejedno, u procesu istraživanja vrlo je korisno odrediti temeljne parametre, poput npr. maksimalne postizive digitalne brzine na vezi od točke do točke. Oni će sudjelovati u formiranju konačne slike.

Ne manje važno je i pitanje standardizacije PLC sustava. Danas postoji samo jedan živi standard razvijen za potrebe automacijskih mreža, tzv. CEBus (Consumer Electronics Bus), koji će ovdje biti ukratko opisan.

2. PREGLED DANAŠNJE PRIMJENE PLC SUSTAVA

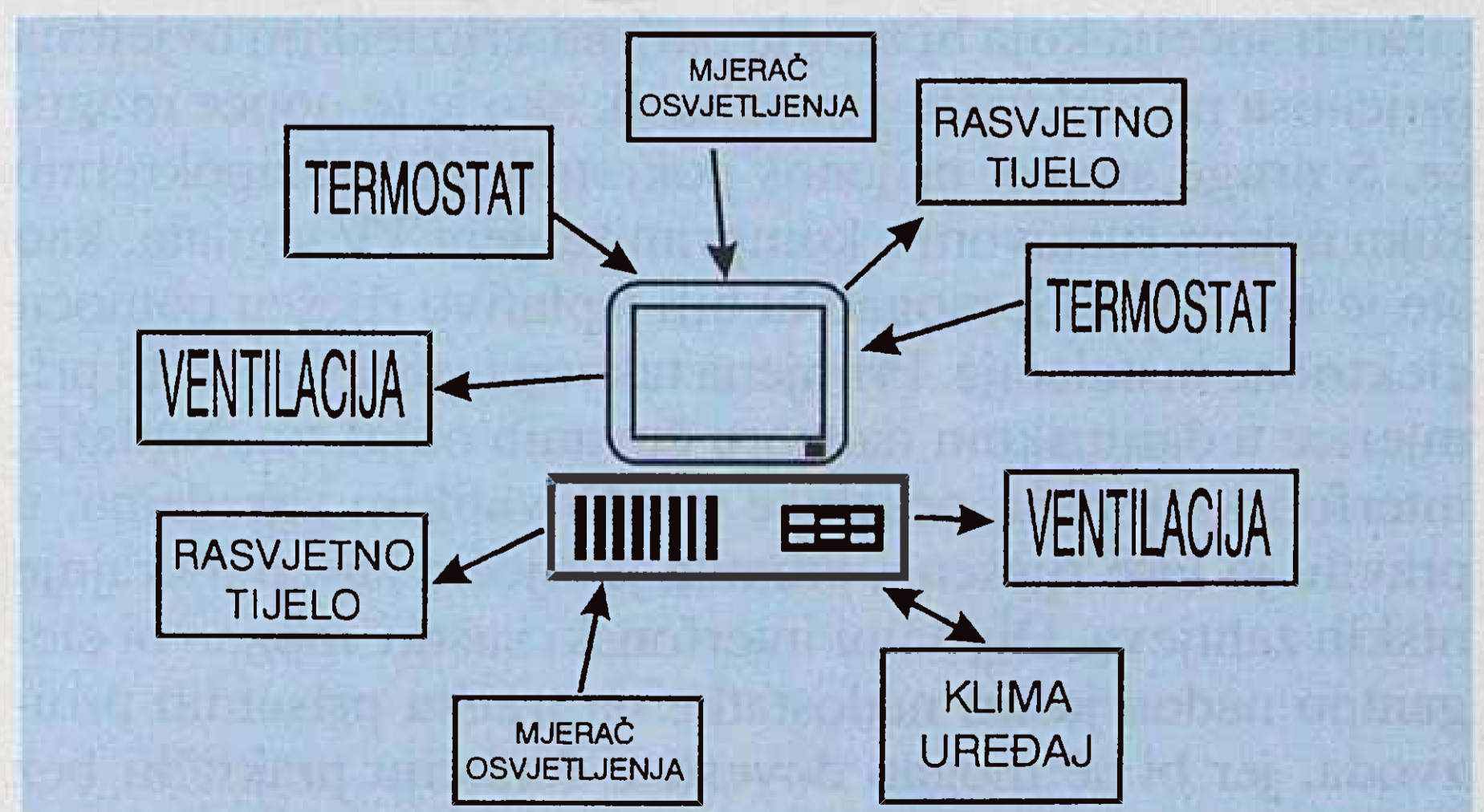
Već smo rekli da danas glavna primjena PLC prijenosnog medija leži u realizaciji decentraliziranih automatskih sustava u velikim građevinama. Također, istim načinom ostvaruju se sustavi upravljanja distribucijskom energetskom mrežom. Kod nas postoji primitivan oblik korištenja električnih vodova za signalizacijske svrhe. Elektrodistribucijska poduzeća odašilju signale upravljanja višetarifnim brojilima. Budući da je za preklapanje dvotarifnog brojila načelno dovoljno upotrijebiti jedan jedini bit, ukupna brzina signaliziranja po jednom pretplatniku vrlo je mala. Naime, tijekom cijeloga dana potrebno je izvršiti samo dvije akcije. Prema tome, informacijska brzina dostatna za ovu operaciju je 2 b/dan. Kako se svim korisnicima dvotarifnih brojila odašilje u istom trenutku potpuno jednaka informacija, agregatna brzina signaliziranja s centralnog mjesta upravljanja također je 2 b/dan. Uvedu li se dodatni sigurnosni sadržaji, koji osiguravaju pouzdan prijenos ove informacije, može se računati sa nekih 5 b/dan. Kapacitet elektrodistribucijske mreže, koliko god bio možda mali, ipak je vjerojatno mnogo veći od toga, i on se može pa-

metnije iskoristiti. Jedan prijedlog, koji u svijetu već doživljava svoju primjenu, je očitavanje stanja brojila električne energije iz jednog ili više centara, što bi olakšalo tarifiranje potrošnje. Taj postupak razumije skaniranje stanja svih digitalnih brojila u kućanstvima jednom mjesečno. S obzirom da se ovdje ne radi o distribuiranju iste informacije svim korisnicima, već svaki pretplatnik daje sustavu podatak o svojoj potrošnji, ukupna potrebna brzina signaliziranja znatno je veća. Ako je razliku stanja brojila na današnji dan i prije mjesec dana moguće kodirati sa 16 b, što omogućuje registraciju najviše 8553.6 kWh s rezolucijom od 0.1 kWh, tražena minimalna teorijska brzina po domaćinstvu je 32 b/mjesec za dvotarifna brojila. Ukupno tražena brzina po brojilu u domaćinstvu može biti daleko procijenjena na 187 b/mjesec, od čega je međutim 155 b/mjesec jednako za sve korisnike, a 32 b/mjesec predstavlja jednosmjerni informacijski sadržaj različit kod svih korisnika. Uzmimo da za druge potrebe valja rezervirati možda još možda 20 b/mjesec, što daje 52 b/mjesec kapaciteta varijabilnog sadržaja. Na 250000 domaćinstava, koliko ih može biti u milijunskom gradu, to daje 13 Mb/mjesec, ili prosječno manje od 5.4 b/s. Dopuslimo li skoro dvostruku zalihu, imamo oko 10 b/s. S obzirom da se očitavanje ne mora vršiti istodobno, a niti iz jednog centra, ova procjena vjerojatno je prevelika. Zapravo, kapacitet za potrebe tarifiranja je gotovo zanemariv, što znači da je potencijalni informacijski kapacitet distribucijske mreže i uz ovakav način uporabe skoro potpuno neiskorišten. Osnovna vrijednost mreže u komunikacijskom pogledu ipak se nalazi unutar građevina, na razini najnižeg mrežnog napona.

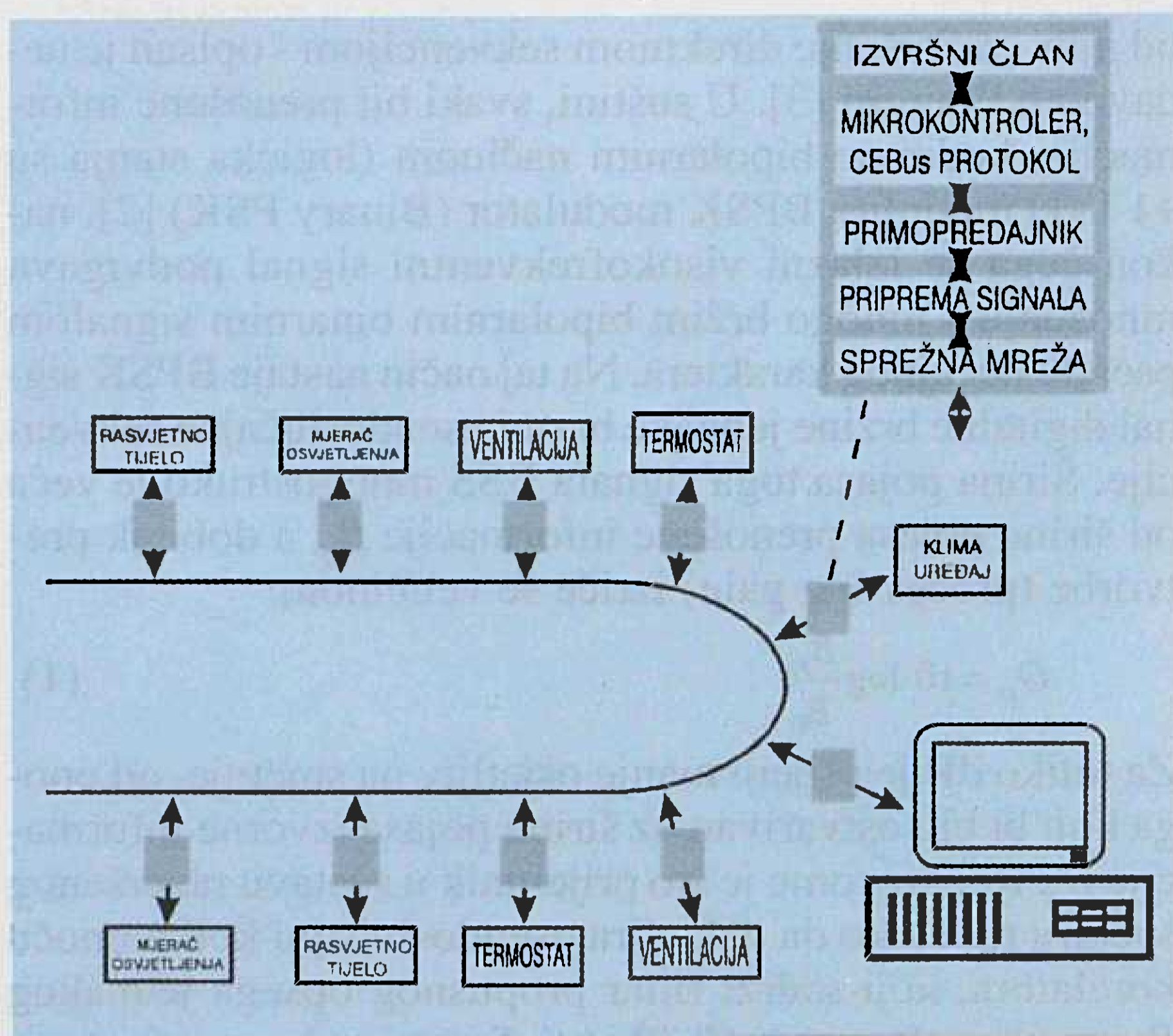
2.1. Distribuirana automatika u zgradama

Usporedimo temeljne ideje centralizirane i decentralizirane automatske mreže u zgradama [1]. Slika 1 prikazuje klasičan centralizirani sustav. Svaki periferni terminal, bio to termometar, klima uređaj ili što drugo, direktno je telekomunikacijskom vezom (najčešće bakrenom paricom) spojen na sučelje centralnog i jedinog procesnog računala. Ono mora imati riješen prihvatanje, odašiljanje i kondicioniranje signala, kao i slijednu obradu podataka i donošenje odluka o akcijama izvršnih elemenata. Takav sustav sam po sebi nije loš, ali radi relativno visoke cijene instaliranja nije prošao na širokom tržištu, već se zadržao u posebnim aplikacijama.

Slika 2 prikazuje pak ideju decentraliziranoga vođenja procesa, koje ne zahtijeva vezanje svih elemenata s central-



Sl. 1. Centralizirani sustav upravljanja automatikom zgrade s klasičnim telekomunikacijskim spojem vodovima



Slika 2. Decentralizirani sustav upravljanja automatikom zgrade s korištenjem PLC medija

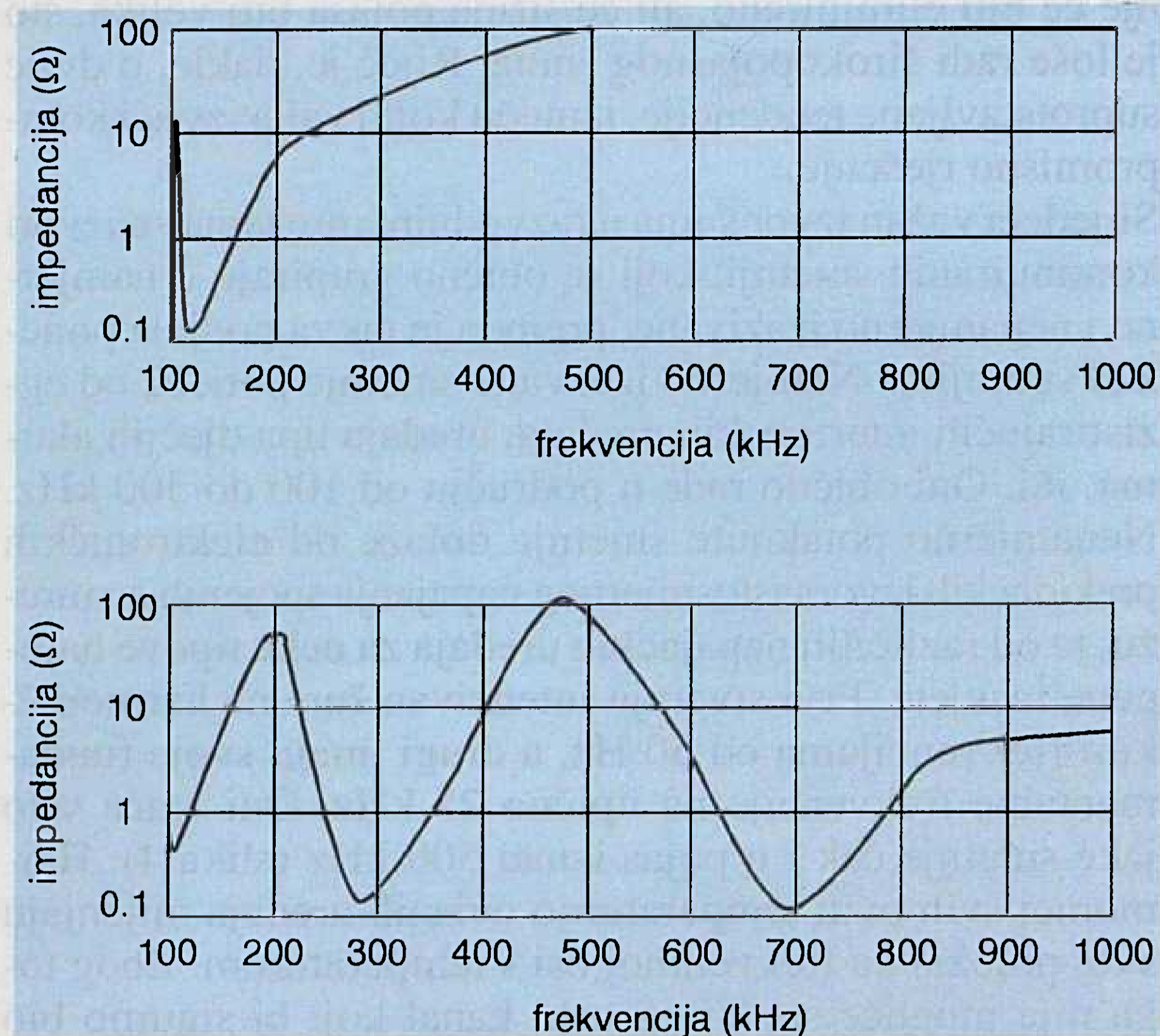
nom jedinicom. Dio "inteligentnih" operacija ostavljen je za obavljanje terminalnoj opremi, koja može komunicirati s centralnim računalom preko zajedničkog prijenosnog medija, tj. preko električne instalacije zgrada. Operacije na terminalnoj opremi obavljaju danas jeftini mikrokontroleri, koji rasterećuju centralno računalo jednostavnih, ali zamornih poslova, smanjujući tako i komunikacijske zahtjeve na sustav veza, uz jednaku učinkovitost automatskog sustava.

2.2. Osnovna svojstva električne mreže kao prijenosnog medija

Električna distributivna mreža, dakle PLC medij, nije jednostavna prijenosna okolina, kakvom može na prvi pogled izgledati. U ovome odjeljku dat ćemo osnovni pregled karakteristika mreže, a to su: impedancija, gušenje i šum. Potanka razrada uzroka radi kojih se ova mreža može smatrati teškom propagacijskom sredinom, dat će se u poglavlju 2.

Impedancija mreže, mjerena kao odnos napona i struje na nekoj od utičnica u zgradi, pokazuje složene osobine. U prvom redu, ona je frekventno zavisna, napose u visokofrekventnom opsegu. To ne treba čuditi. Razvodna mreža sastoji se od grana određenih duljina koje se pružaju prema trošilima, čiji kompleksni karakter (parazitni induktiviteti i kapaciteti) dolazi to više do izražaja, što je frekvencija viša. Vodiči kao prijenosne linije, čija duljina često nije potpuno zanemariva prema valnim duljinama upotrijebljenih visokofrekventnih signala, transformiraju impedancije tereta. Sa različitih mjesta u zgradi, tj. s različitih utičnica, impedancija koja se vidi, naravno, ima različit frekventni tok. Primjer realističnog toka frekventne ovisnosti impedancije videne s dvije različite utičnice u zgradi dan je na slici 3. Uočimo potpunu različitost ovih karakteristika, kao i veliki raspon vrijednosti mogućih ulaznih otpora, koji se različitim frekvencijama mogu kretati od ispod 0.1Ω do preko 100Ω . Štoviše, kompleksna trošila širom mreže uključuju se i isključuju stohastički (kada to neki korisnik poželi), pa slika impedancije na jednom mjestu varira od vremena do vremena, tako da se na jednoj frekvenciji i jednoj lokaciji mogu očekivati vrlo ve-

like varijacije impedancije. Što je mreža kompleksnija, i ukupne prilike su složenije. Rezonantne i antirezonantne frekvencije, vidljive po vrhovima i dolinama na slici 3, postoje radi toga što mreža suštinski predstavlja jedan veliki rezonantni krug, složen od mnogih dijelova. Komplikirane mreže karakterizira veći broj rezonantnih frekvencija, s teško predvidivim rasporedom. Jednostavnije mreže ponašaju se u tom pogledu pravilnije.



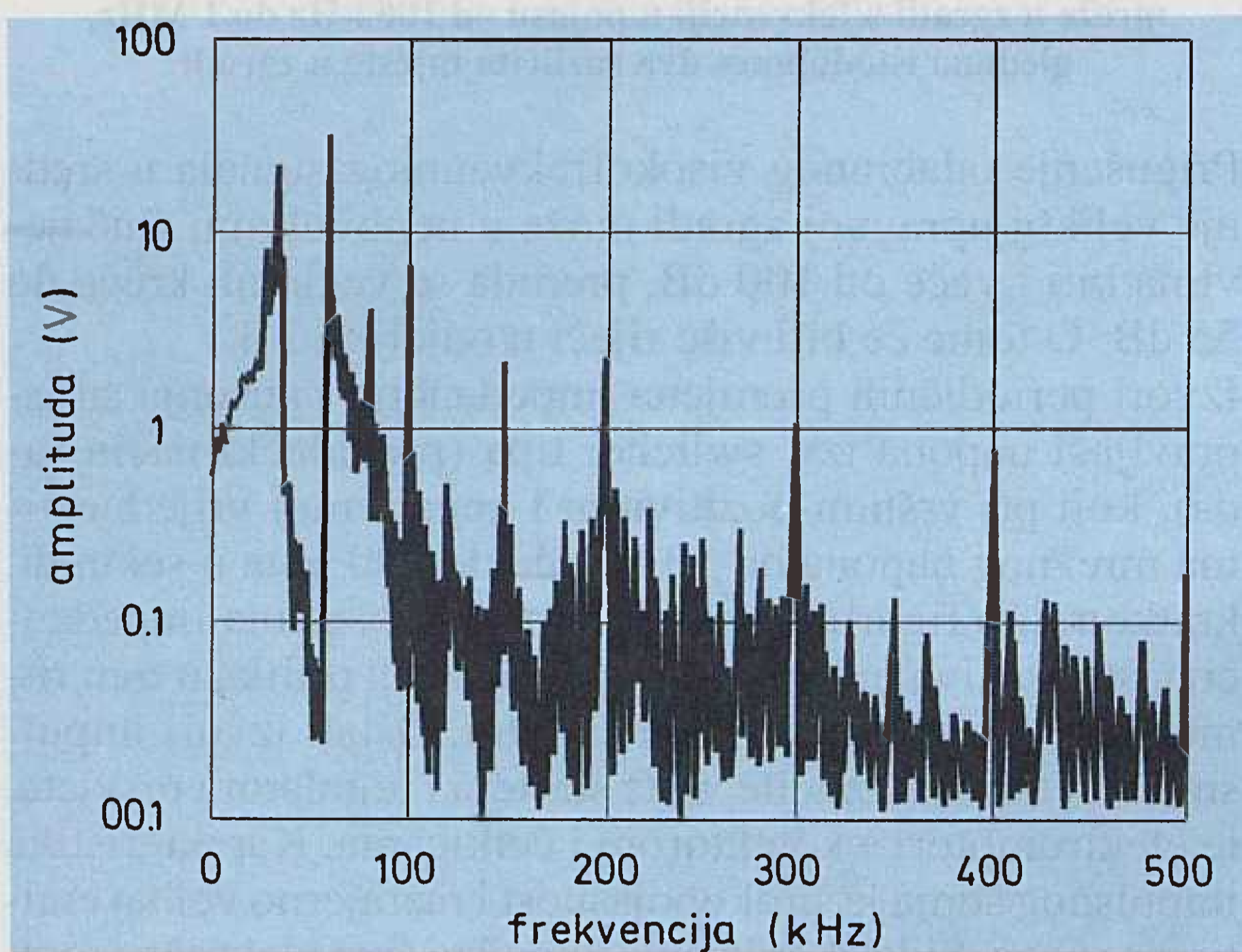
Slika 3. Realistična ovisnost impedancije razvodne električne mreže u zgradi o frekvenciji u pojasu od 100 kHz do 1 MHz, gledana istodobno s dva različita mjesta u zgradi

Prigušenje odabranog visokofrekventnog signala u srednje velikoj upravnoj zgradi može u nepovoljnim slučajevima biti i veće od 100 dB, premda se većinom kreće do 55 dB. O tome će biti više riječi u odjeljku 2.3.

Izvori periodičnih promjena impedancije i gušenja su ispravljači napona tzv. switcher tipa (prekidački način rada), koji pri vršnim pozitivnim i negativnim vrijednostima mrežnog napona od 50 Hz, dakle 100 puta u sekundi, kratkotrajno figuriraju kao vrlo niska opteretna impedancija, što izaziva promjene propagacijskih prilika u tom ritmu, kao i pojavu impulsnih smetnji. Ostali izvori impulsnih smetnji su različite vrste startera i regulatora rasvjete, te elektromotori s kolektorom i četkicama. Karakteristika impulsnog šuma je širokopojasnost i razmjerno velika emitirana snaga. Slika 4 prikazuje impulсни šum električne mreže u frekvencijskoj domeni. Vidimo vrlo velike iznose amplitude šuma (reda 0.1 V) čak i na frekvencijama od 0.5 i više MHz. Svejedno, karakteristika šuma nije jednolika, već selektivna. Ideja bi mogla biti da se selekcionira vrlo uski dio spektra (filtrima visokog iznosa faktora dobrote Q) u kojemu su komponente šuma slabe, i da se vrši uskopojasna transmisija nekom od metoda digitalne modulacije [2], poput frekventnog kodiranja FSK (Frequency Shift Keying), faznog kodiranja PSK (Phase Shift Keying) odnosno kvadrature PSK postupka QPSK (Quadrature PSK). Također dolazi u obzir i analogna frekventna modulacija FM (Frequency Modulation). Međutim, uskopojasno komuniciranje nije pogodno zbog tri razloga. Kao prvo, ne može se ići s velikim brzinama prijenosa. Propusnost sustava s određenom vrstom modulacije, izražena u b/s, razmjerna je raspoloživoj širini pojasa. Nadalje, šum-

ne karakteristike mreže mijenjaju se, kao i sve ostalo u njoj, s vremenom, tako da bi se mogli dogoditi periodi u kojima bi prijenos bio intenzivno ometan. Konačno, uskopojasna transmisija zahtijeva uporabu filtera visokih Q faktora. Vrlo selektivni filteri imaju spor vremenski odziv, pa njihova pobuda impulsnim šumom dovodi do fenomena "zvonjenja" - prijelazne pojave njihanja tranzijentne energije u reaktancijama filtra. Smanji li se Q faktor, zvonjenje će biti eliminirano, ali će širina pojasa biti velika, što je loše radi širokopojasnog šuma. Riječ je, dakle, o dvije suprotstavljene tendencije, između kojih valja izvući kompromisno rješenje.

Slijedeći važan izvor šuma u razvodnim mrežama su izvori kontinuiranih smetnji, koji se obično grupiraju u namjerno i nenamjerno izazivane, premda je takva podjela ponekad sumnjiva. Namjerno izazvane smetnje potječu od egzistirajućih interfonjskih uređaja, uređaja tipa dječjih alarma, itd. Oni obično rade u području od 100 do 300 kHz. Nenamjerno potaknute smetnje dolaze od elektroničkih prekidačkih izvora istosmjernog napajanja spojenih na mrežu, te od različitih napajajućih uređaja za neke tipove halogene rasvjete. Prvi stvaraju intenzivan šum na harmoničkim frekvencijama od 50 Hz, a drugi imaju svoje fundamentalne frekvencije na tipično 25 kHz. Oni zrače vrlo jake smetnje čak i u pojas iznad 500 kHz (slika 4). Harmonici svih ovih temperaturno ovisnih uređaja mijenjaju svoj položaj na frekventnoj osi s temperaturom. Zbog toga nije moguće separirati uski kanal koji bi sigurno bio pošteđen harmoničkih smetnji električne mreže.



Slika 4. Primjer mogućeg spektralnog sadržaja šuma električne instalacije u zgradi

Sumirajući ovo uvodno razmatranje glavnih prijenosnih svojstava distribucijske mreže, možemo zaključiti da je najbolji način komuniciranja preko ovako kompliciranog medija tehnika raspršenja spektra. Osnovno o njoj može se naći u [3,4]. Suštinski, korisna informacija raspršuje se na mnogostruko širi spektar od originalnog. Dobitak je u tome što će selektivni šum i fading oštetiti samo neke dijelove tog spektra, dok će drugi ostati pošteđeni, omogućavajući tako detekciju informacije na prijemnoj strani.

2.3. Primjena sustava raspršenog spektra i CEBus

Postoji više načina raspršenja spektra informacije. Jedan

od njih - raspršenje direktnom sekvencijom - opisan je nedavno u Energiji [3]. U suštini, svaki bit prenošene informacije, kodirane bipolarnim načinom (logička stanja su +1 i -1) modulira BPSK modulator (Binary PSK) [2], nakon čega se izlazni visokofrekventni signal podvrgava množenju s mnogo bržim bipolarnim binarnim signalom pseudoslučajnog karaktera. Na taj način nastaje BPSK signal digitalne brzine jednake brzini pseudoslučajne sekvencije. Širina pojasa toga signala BSS mnogostruko je veća od širine pojasa prenošene informacije B_0 , a dobitak pretvorbe (processing gain) izriče se veličinom:

$$G_p = 10 \log \frac{B_{ss}}{B_0} \quad (1)$$

Za toliko dB je prijem manje osjetljiv na smetnje, od onoga koji bi bio ostvarivan uz širinu pojasa izvorne informacije B_0 . Razlog tome je što prijemnik u sustavu raspršenog spektra radi tako da dekodira pseudoslučajni kod pomoću korelatora, koji sadrži filter propusnog opsega jednakog B_0 , pa propušta samo (B_0/B_{ss}) -ti dio snage šuma prisutnog i jednoliko distribuiranog u kanalu širine B_{ss} . Za sve vrste sustava raspršenog spektra vrijedi konstatacija o njihovoj povećanoj imunosti na smetnje. Kod uskopojasnih smetnji, koje zahvaćaju samo dio pojasa B_{ss} , preostali dijelovi spektra informacije bivaju neoštećenima, pa je detekcija pomoću korelatora opet moguća. U prijenosnom mediju s vremenski varijabilnim šumnim i propagacijskim karakteristikama, kakav je PLC medij, čini se da se jedino tehnikama raspršenja spektra može ostvariti prijenos ozbiljne količine informacija u jedinici vremena.

Premda je metoda direktne sekvencije najbolje shvaćen i proučen način raspršenja spektra, što se duguje vrlo uhdanoj primjeni u vojnim komunikacijama, ona nije primijenjena u CEBus standardu za kućne električne razvodne mreže, već je rabljena jedna varijanta sustava sa skakanjem frekvencije (frequency hopping). Frekvencija predajnika sa svojim bočnim pojasi ostaje istom tijekom nekoliko bitova, jednog bita, ili djelića bita, po čemu razlučujemo spore i brze sheme skakanja frekvencije. Ako je prijemu poznat algoritam skakanja, on može demodulirati osnovni pojas i dati traženu informaciju. Brze sheme skakanja najotpornije su na smetnje od uređaja poput switcher-ispravljača, dječjih alarma, napajajućih halogene rasvjete, itd. Prednost frekventnog skakanja pred modulacijom direktnom sekvencijom je jednolika razdioba snage signala na raspršeni pojas frekvencija BSS. Spektar pseudoslučajne sekvencije, naprotiv, nije jednolik, već slijedi oblik $\sin x/x$, pri čemu glavna latica te funkcije zahvaća točno raspršeni spektar, a vanjske doprinose istjecanju energije signala izvan korisnog pojasa. Radi njihove eliminacije potrebno je dodatno filtriranje radijskog signala. Nedostatak frekventno skakajućih sustava je u problemu fazne nekoherencije. Nagle promjene faze prilikom prekapćanje frekvencije uzrokuju pojavu visokih frekvencija (frekvencija je vremenska derivacija faze), koje izlaze izvan prenošenog pojasa, i odnose sa sobom dio ukupne korisne energije.

CEBus primjenjuje metodu kontinuiranog mijenjanja frekvencije rada (frequency sweeping), koja u suštini može biti shvaćena kao niz uzastopnih promjena frekvencije u vrlo malim koracima. U tom smislu radi se o derivatu metode frekvencijskog skakanja. Ovaj je postupak potpuno lišen problema fazne koherencije, jer se frekvencija mo-

dulira kontinuirano. Pritom je održana dobra otpornost frekventno skakajućih sustava na smetnje potekle od ranije spomenutih električnih trošila. Filtri potrebni za CEBus-ov raspršeni sustav su vrlo jednostavni i jeftini. S obzirom da je širina pojasa visokofrekventnog linearno skenirajućeg signala znatno veća od širine pojasa informacije, njegova brzina promjene frekvencije, tj. kutna akceleracija, je mnogo veća nego kod ometajućih uređaja, kojima se frekvencija ne mijenja ili se vrlo sporo mijenja. Korištenjem prekorelacijskih filtara moguće je separirati signale s velikom kutnom akceleracijom od onih s malom. Time otpornost na šumove mrežnih trošila postaje još veća.

CEBus je standard usklađen s referentnim modelom OSI (Open System Interconnection) [5]. On zaposijeda slojeve prezentacije, sesije i transporta, ne opisujući pritom konkretne realizacije, primjene, konstrukcije ili tehnologije, već samo funkcionalnosti entiteta. On je u suštini lokalna mreža LAN za potrebe kućne automatike. CEBus ima dvije vrste kanala: *kontrolni kanal* za kontrolno orijentirane funkcije u kratkim paketima i realnom vremenu, te *podatkovni kanal* za intenzivnu razmjenu podataka. CEBus uključuje funkcije detekcije pogrešaka u prijenosu, automatske retransmisije, potvrde ispravnog prijema, odbijanja dva puta pristiglog paketa, autorizacijske procedure za sprečavanje neovlaštenog korištenja, te kriptiranja za zaštitu tajnosti. Standard je donijela američka udruga elektroindustrije EIA (Electrical Industry Association) pod nazivom IS-60.

3. TEORIJSKI KONCEPTI I MJERNE METODE U OCJENI PARAMETARA MREŽE I KVALITETE NAPONA

3.1. Objašnjenje svojstava ulaznih impedancija mreže na višim frekvencijama

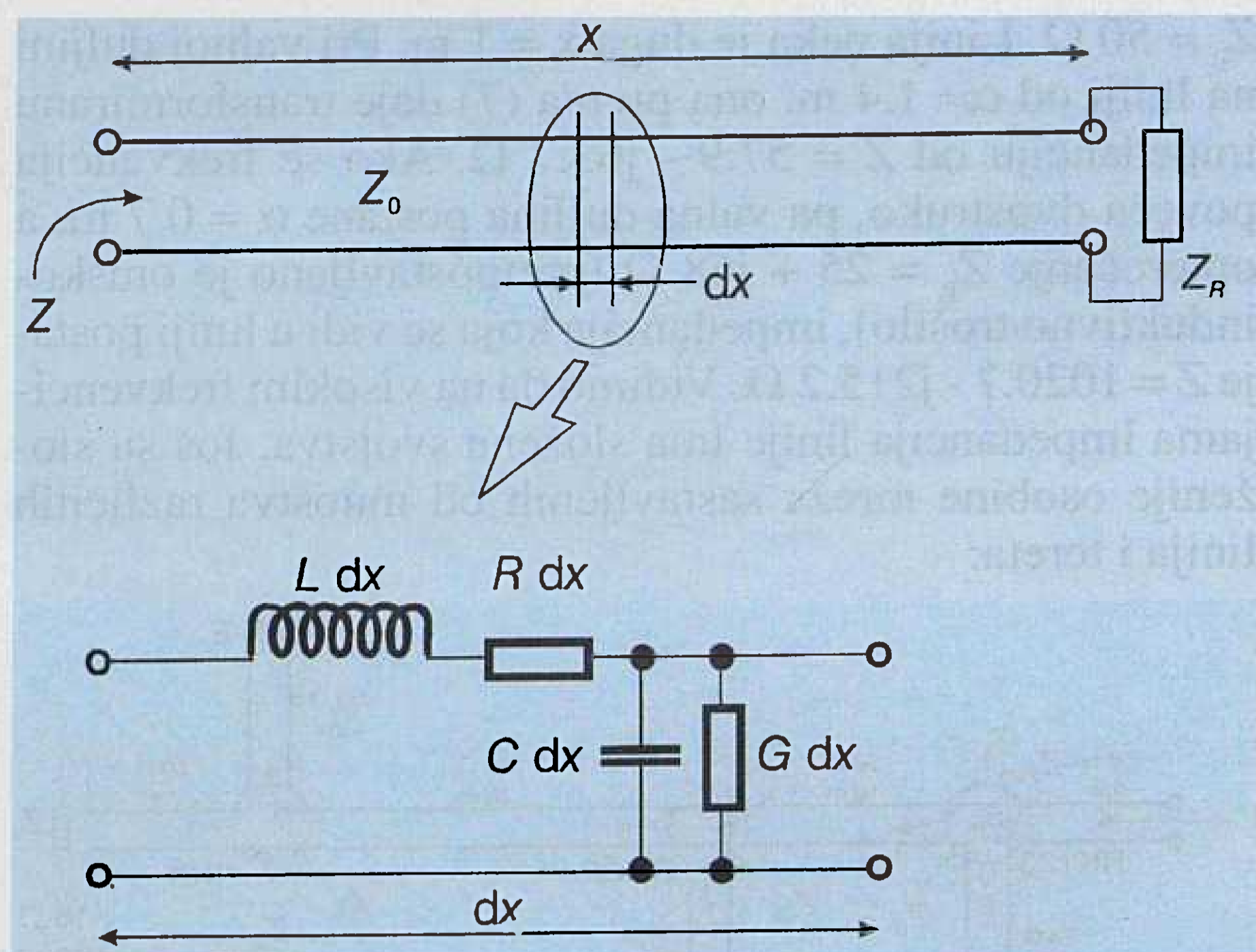
Na visokim frekvencijama vodiči električne mreže imaju izražena svojstva prijenosnih linija. Pod visokim frekvencijama razumiju se one na kojima je valna duljina bliska fizičkim dimenzijama vodiča ili veća od njih. Valna duljina signala frekvencije f je:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

λ_0 je valna duljina pri istoj frekvenciji u vakuumu, ϵ_r je efektivna relativna dielektrična konstanta, koja potječe od izolatora vodiča i okolnog prostora, a c je brzina svjetlosti u vakuumu (299792458 m/s). Žična prijenosna linija modelira se kao kaskada četveropola koji predstavljaju diferencijalno kratke odsječke vodiča (slika 5). Parametri L , R , G i C karakteristični su za svaku pojedinu liniju, a znače redom:

- L je specifični serijski induktivitet [H/m], induktivitet linije po jedinici duljine
- R je specifični otpor [Ω /m], otpor vodiča linije po jedinici duljine
- G je specifična vodljivost [S/m], vodljivost izolacije vodiča po jedinici duljine
- C je specifični kapacitet [F/m], kapacitet između vodiča linije po jedinici duljine.

Valna impedancija linije na frekvenciji f iznosi:



Slika 5. Model uniformne prijenosne linije

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j \cdot 2\pi f L}{G + j \cdot 2\pi f C}} \quad (3)$$

Ako su specifični omski otpor bakrenih vodiča R i parazitna vodljivost izolatora G zanemarivo mali prema specifičnom induktivnom otporu $2\pi f L$, odnosno specifičnoj kapacitivnoj vodljivosti $2\pi f C$, što je na visokim frekvencijama redovito dosta dobro zadovoljeno, izraz za valnu impedanciju skraćuje se u oblik:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4)$$

Ako je linija duljine x i valnog otpora Z_0 zaključena impedancijom tereta Z_R , na ulaznim stezaljkama prema slici 5 vidi se impedancija:

$$Z = Z_0 \frac{Z_R + Z_0 \tanh(\gamma x)}{Z_0 + Z_R \tanh(\gamma x)} \quad (5)$$

Broj γ je kompleksna konstanta širenja:

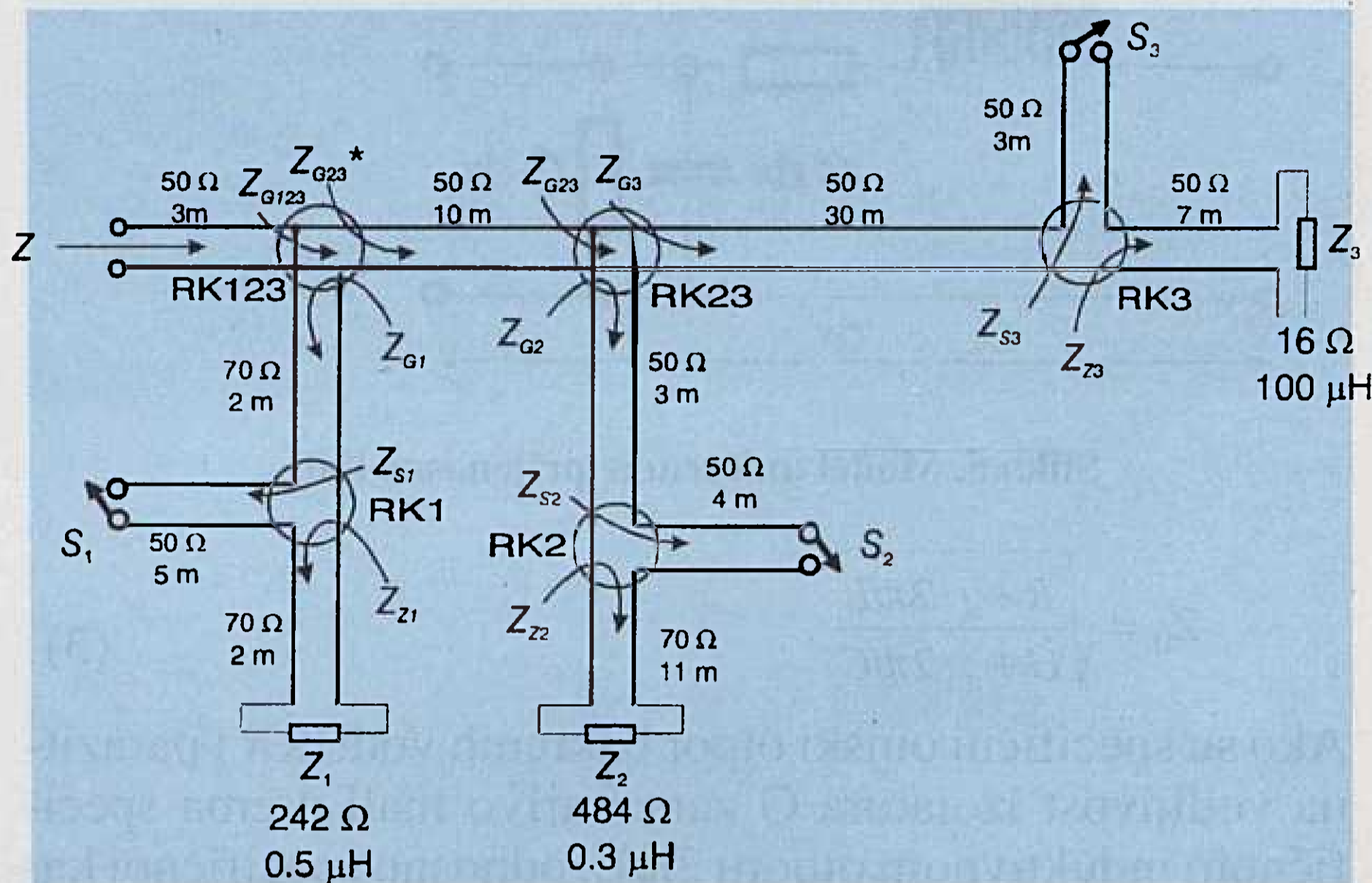
$$\gamma = \alpha + j\beta = \left(\frac{R}{2Z_0} + \frac{GZ_0}{2} \right) + j \frac{2\pi}{\lambda} \left[\frac{1}{m} \right] \quad (6)$$

Realni dio α iskazuje gubitke po jedinici duljine voda kojime val prolazi. Imaginarni dio β je fazna konstanta širenja, i prikazuje zaokret faze vala po jedinici duljine puta po liniji. Ako u (4) pretpostavimo da su gubici vodiča i izolacija (R i G) zanemarivi, konstanta γ je očito također zanemariva, pa u argumentima hiperbolnih trigonometrijskih funkcija iz (6) ostaje samo imaginarni broj $j\beta$. Zato se one pojednostavnjuju na oblik s običnim trigonometrijskim funkcijama:

$$Z = Z_0 \frac{Z_R + jZ_0 \tan(2\pi \frac{x}{\lambda})}{Z_0 + jZ_R \tan(2\pi \frac{x}{\lambda})} \quad (7)$$

Iz toga vidimo nekoliko stvari. Kao prvo, Z se općenito razlikuje od Z_R . Npr. ako je otpor tereta $Z_R = 0$, a duljina linije $x = \alpha/4$, lako se vidi da je $Z = \infty$. Naprotiv, ako je pod istim okolnostima $Z_R = \infty$, tada je $Z = 0$. Linija transformira impedanciju, a ta je transformacija periodična s omjerom x/α , pošto je tangens periodična funkcija. Valna duljina ovisi o frekvenciji, pa je i impedancija prijenosne linije ovisna o njoj. Uzmimo za primjer da je impedancija tereta jednaka $Z_R = 25 + j34 \Omega$, a valna impedancija

$Z_0 = 50 \Omega$. Linija neka je duga $x = 1$ m. Pri valnoj duljini na liniji od $\alpha = 1.4$ m, ona prema (7) daje transformiranu impedanciju od $Z = 57.9 - j63.7 \Omega$. Ako se frekvencija poveća dvostruko, pa valna duljina postane $\alpha = 0.7$ m, a opterećenje $Z_R = 25 + j68 \Omega$ (pretpostavljeno je omsko-induktivno trošilo), impedancija koja se vidi u liniji postaje $Z = 1020.7 - j215.2 \Omega$. Vidimo da na visokim frekvencijama impedancija linije ima složena svojstva. Još su složenije osobine mreža sastavljenih od mnoštva različitih linija i tereta.



Slika 6. Električna shema jednostavne energetske mreže za ilustrativni proračun visokofrekvencijskih impedantnih svojstava

Da bismo ilustrirali problematiku ponašanja električne razvodne mreže u širem opsegu frekvencija, izradit ćemo jedan konkretan numerički primjer. Na slici 6 nalazi se shema jednostavne električne instalacije sa samo tri trošila i tri sklopke. Na shemi su naznačene valne impedancije pojedinih odsječaka kabela, kao i njihove duljine. Sve su vrijednosti odabrane tako da primjer bude realističan. Trošila uključena u mrežu su redom:

- Z_1 : žarulja snage 200 W pri naponu od 220 V modelirana je otporom od 242 (Ω) i induktivitetom od 0.5 (H, koji predstavlja samoindukciju njezine žarne niti).
- Z_2 : žarulja snage 100 W pri naponu od 220 V modelirana je otporom od 484 (Ω) i induktivitetom od 0.3 (H).
- Z_3 : spiralni grijač snage 3 kW pri naponu od 220 V modeliran je otporom od 16 (Ω) i nešto većim induktivitetom od 100 (H).
- Sklopke S_1 , S_2 i S_3 modelirane su tako da kada su zatvorene pružaju otpor od 0, a kada su otvorene, pružaju vrlo veliki otpor od 100 M Ω .

Ono što nije realistično u ovome proračunu je slijedeće: zanemarena je nelinearnost svijetlećih i grijaćih elemenata, koja može imati stanovitih efekata u promjenama njihove impedancije u ritmu mrežne frekvencije, odnosno u ritmu promjena stvarnog efektivnog napona mreže. Isto tako, s obzirom da su zanemareni gubici u mreži, rabi se (7) umjesto (5). Nadalje, sama mreža je prejednostavna. Tako je moralo biti radi jednostavnosti proračuna. Stvarne instalacije su čak i u najmanjim kućanstvima najčešće znatno kompliciranije. Svejedno, i ovako simplificiran primjer otkrit će mnoge zanimljive fizikalne pojave. Složenije mreže odlikuju se još većim bogatstvom pojava. Konačno, u primjeru nije uzet u obzir utjecaj energetskog distribucijskog transformatora, a koji je posebno kod nižih frekvencija znatan. Na visokim frekvencijama njegovo djelovanje može se jednostavnim tehničkim zahvatima potpuno

eliminirati. Ovaj računski zadatak namijenjen je stoga uvidu u fizikalne mehanizme i svojstva same mreže vodova i trošila.

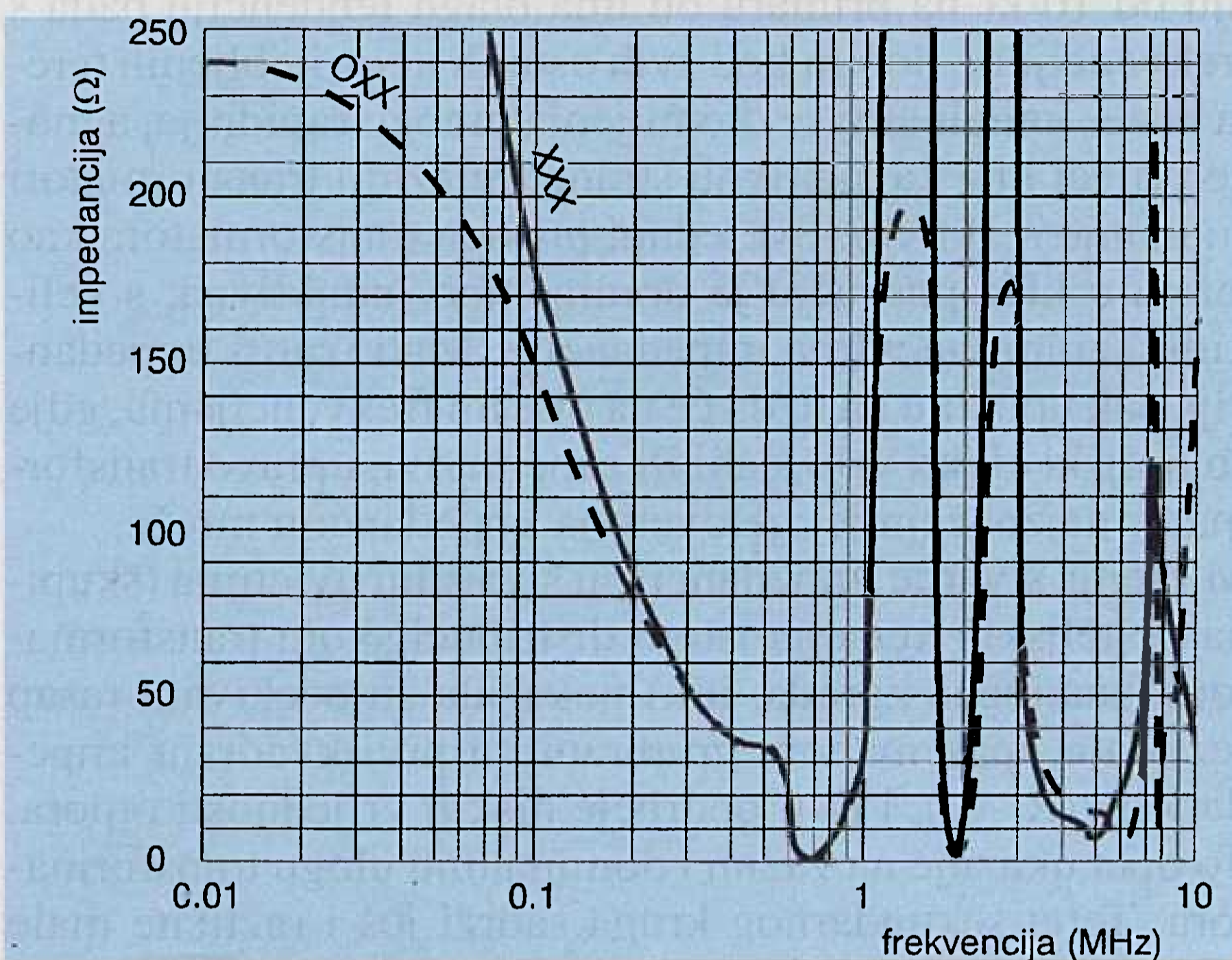
Iz prakse znamo da su sklopke uređaja često smještene podalje od njih samih. Primjerice, prekidač rasvjete u sobi redovito je barem 4 ili više metara, ovisno o veličini prostorije, udaljen od rasvjetnog tijela. Zato na visokim frekvencijama valja sklopke i dovode do njih tretirati kao posebne elemente i grane mreže, što je na slici 6 dosljedno provedeno. Stanja, bilo visoke, bilo niske impedancije, koja sklopka u svome radu zauzima, transformiraju se njenim dovodnim vodom u nešto općenito sasvim drugo, tako da se u razvodnoj kutiji više ne vidi kratki spoj ili prekid, već neka impedancija dominantno reaktivnog karaktera. Ako je sklopka otvorena (isključena), radi se o kapacitivnom karakteru, a ako je uključena, riječ je o induktivnom karakteru, naravno, ukoliko je dovod kraći od $(\lambda/4)$. Nakon te duljine, karakteri impedancija postaju obratni. Nakon svakih daljnjih $(\lambda/4)$ događa se takva promjena. Izračunavajući impedancije u mreži prema (7) za prienosne linije, automatski uzimamo u obzir "parazitne" kapacitete i induktivitete vodiča, čiji je odnos sadržan u podatku o valnoj impedanciji. S obzirom da mreža na slici 6 sadrži 6 tereta (3 trošila i 3 sklopke), od čega su sklopke promjenjive impedancije, ona na svakoj promatranoj frekvenciji može zauzeti 8 različitih stanja impedancije, ovisno o kombinaciji stanja uključenosti i isključenosti sklopki. Izračunate su frekvencijske karakteristike u opsegu od 10 kHz do 10 MHz za svih 8 mogućih struktura, od čega će ovdje biti ilustrirane 4. S obzirom na vrlo veliku potrebitu količinu računanja, pri čemu je na svakoj frekvenciji nužno desetak puta uporabiti izraz (7) s različitim ulaznim parametrima, bio je sastavljen računalni program koji je to obavio. Da bi se snimila karakteristika za sva moguća stanja sklopki, potrebno je ukupno oko 7000 manipulacija formule (7), i još više ostalih operacija. Evo pregleda korištene metode računanja ulazne impedancije mreže na nekoj zadanoj frekvenciji, prema oznakama na slici 6:

Najprije se izračunavaju frekventno zavisne impedancije tereta Z_1 , Z_2 i Z_3 :

$$Z_i = R_i + j \cdot 2\pi f L_i ; \quad i = 1, 2, 3. \quad (8)$$

Impedancija svake pojedine sklopke računa se kao 0 (kada je ona zatvorena, odnosno kao 100 M Ω kada je otvorena. Odsječci linija koji vode do razvodnih kutija transformiraju sve te impedancije prema izrazu (7). Tako se npr. iz razvodne kutije RK1 vide Z_{Z1} (impedancija Z_1 transformirana linijom duljine 2 m i valnog otpora 70 Ω), i Z_{S1} (impedancija sklopke S_1 transformirana linijom duljine 5 m i valnog otpora 50 Ω). Odsječak duljine 2 m i valnog otpora 70 Ω , koji ide od kutije RK1 ka RK123 opterećen je na svome kraju (u kutiji RK1) serijskom kombinacijom $Z_{Z1} + Z_{S1}$. On tu sumarnu vrijednost transformira prema (7) u impedanciju grane Z_{G1} , koja se dakle vidi iz kutije RK123 prema kutiji RK1. Na isti se način dolazi do vrijednosti Z_{G2} i Z_{G3} . Linija koja spaja razvodne kutije RK123 i RK23 opterećena je u kutiji RK23 paralelnim spojem Z_{G2} i Z_{G3} , čija impedancija je $Z_{G23} = Z_{G2} Z_{G3} / (Z_{G2} + Z_{G3})$. Transformacija prema (7) na tom odsječku uzrokuje pak da se kutija RK23 iz RK123 vidi kao impedancija Z_{G23}^* . Ta vrijednost u paraleli sa Z_{G1} daje $Z_{G123} = Z_{G1} Z_{G23}^* / (Z_{G1} + Z_{G23}^*)$.

Konačno, ulazna impedancija cijele mreže dobiva se transformacijom ZG123 na liniji duljine 3 m i valnog otpora 50Ω . Identičan račun ponavlja se za svaku frekvenciju od interesa, s tim da se pri traženju točnih ekstrema rezultirajuće funkcije mora koristiti iterativna metoda, pri kojoj je za svaku točku minimuma ili maksimuma potrebno odrediti prosječno desetak izračuna na frekvencijama u bliskoj okolini ekstrema, što u suštini dovodi do toga da se za računanje ekstremnih vrijednosti troši čak i više računalnog vremena nego li za računanje svih ostalih, koje se mogu odrediti u relativno grubom rasteru (po 10 ne-ekstremnih vrijednosti u svakoj dekadi). Rezultati ovoga proračuna prezentirani su na slikama 7 i 8. Krivulje se odnose na modul impedancije. Fazni kut kao ovoga trena manje zanimljiv podatak nije prikazan.

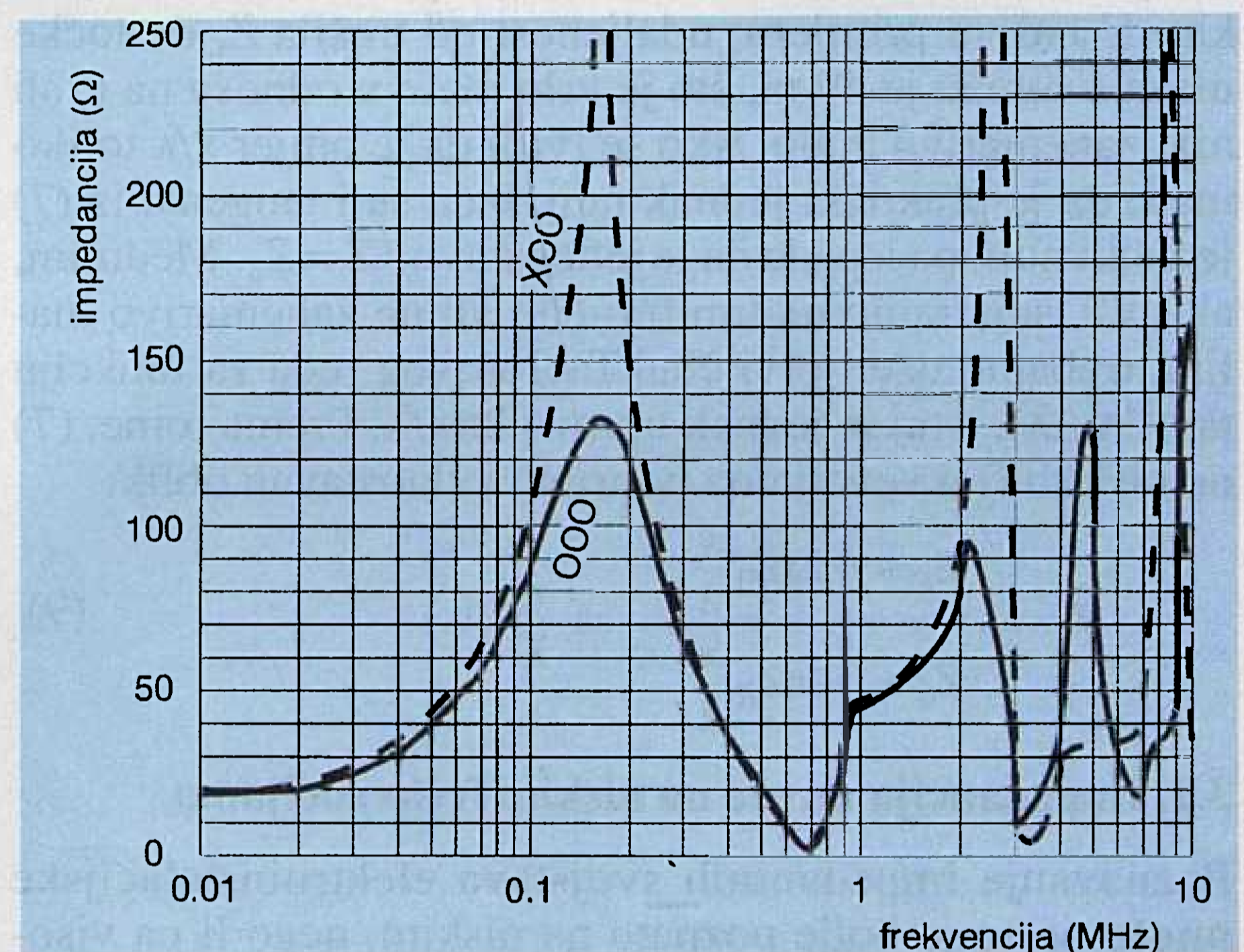


Slika 7. Frekvencijske karakteristike impedancije mreže prema slici 6, uz isključene sve sklopke (XXX), odnosno uključenu sklopku S_1 (OXX)

Slika 7 daje frekventnu karakteristiku iznosa impedancije mreže sa slike 6 u situaciji kada su isključene sve sklopke (označeno sa XXX), odnosno kada je uključena samo sklopka 1. grane S_1 (OXX). Na najnižim frekvencijama impedancija mora biti vrlo slična paralelnom spoju svih uključenih trošila. Kada su sve sklopke prekinute, to iznosi nekih $33 \text{ M}\Omega$. Zaista, na slici vidimo da je na frekvencijama ispod 70 kHz impedancija veća od 250Ω . Korišteni program, uz unešenu frekvenciju od 0 Hz, doista daje otpor od $33 \text{ M}\Omega$. Prvi minimum impedancije je na 72.9 kHz, kada ona iznosi samo 0.18Ω . Na 1.349 MHz postoji oštar maksimum od 433.9Ω , skoro potpuno radnog karaktera (fazni kut oko 0.07 rad). Ubrzo nakon toga postoji duboki minimum. Na 1.935 MHz otpor iznosi 1.59Ω uz fazni kut od samo 0.07 rad. Već na 2.720 MHz postoji maksimum od 313Ω i 0.1 rad. Na 4.90 MHz postoji relativno blagi minimum od 7.39Ω slabo induktivne naravi (0.3 rad). Na 7.44 MHz postoji maksimum od 115.1Ω i 0.91 rad induktivno. Karakteristika u promatranom frekventnom opsegu ima ukupno 6 ekstremnih i 4 infleksijske vrijednosti, što znači da bi se mogla moći nadomjestiti polinomom najmanje 10. reda. Aktiviranjem sklopke S_1 impedancija kruga na najnižim frekvencijama iznosi, dakako, 242Ω , a porastom frekvencije pada, i od nekih 200 kHz do praktički 3 MHz gotovo u stopu slijedi tijekom karakteristike mreže sa svim isključenim sklopkama. Izuzetke čine točke mak-

simunma, koje su znatno prigušene. Između 3 i 6.5 MHz tijekom je samo donekle sličan. U području između 7 i 8 MHz sa uključenom prvom sklopkom doživljava rapidne promjene impedancije. Nakon vrlo oštrog maksimuma na 7.462 MHz (218.8Ω), već na 7.889 MHz postoji minimum od samo 23.73Ω . Nakon 8 MHz ova krivulja se praktički izjednačuje s krivuljom za mrežu sa svim uključenim sklopkama (slika 8). To nam govori da sklopka S_1 , tj. grana 1, koja je najbliža ulazu u mrežu, ima dominantnu ulogu na najnižim frekvencijama, te na frekvencijama između 8 i 10 MHz. Nasuprot tome, oblik karakteristika sa slike 7, između 200 kHz i 8 MHz, duguje se isključenim sklopkama S_2 i S_3 , s izuzetkom točaka maksimuma, koje pod utjecajem uključivanja sklopke S_1 bivaju znatno umanjene ordinatnih vrijednosti, ali poradi stanja S_2 i S_3 ostaju gotovo na istim mjestima.

Slika 8 daje prikaz prilika kada su sve sklopke uključene (OOO), odnosno kada se prva isključi (XOO). U prvom slučaju oblik karakteristike je opet složen i multirezonantan, ali nadvišenja nisu tako izražena kao u prethodno analiziranim slučajevima. Isključenjem S_1 , tijekom karakteristike ostaje načelno isti od 10 kHz do 3 MHz, s tim da se rezonantni vrhovi jako ističu i pomiču na nešto više frekvencije. Oni su redom: 282.38Ω na 160 kHz; 264.2Ω na 2.514 MHz, te 307.3Ω na 8.54 MHz. Najniži spust, na 1.31Ω , događa se pri 690 kHz. Od 3 do 10 MHz slika postaju vrlo različita, ugrubo više nalik na karakteristiku uz sve isključene sklopke (slika 7). To opet upućuje na to da na najvišim promatranim frekvencijama dominantnu ulogu ima S_1 .



Slika 8. Frekvencijska karakteristika impedancije mreže sa slike 6, uz uključene sve sklopke (OOO), odnosno uz isključenu sklopku S_1 (XOO)

U svim je slučajevima primjetno da isključenje sklopki, pa time i omskih tereta iz mreže, doprinosi jakom povećanju rezonantnih vrhova, što je posljedica općeg podizanja faktora dobrote. Najvažnije je ipak uočiti multimodalnost svih karakteristika, a posebice njihovu vrlo rapidnu frekventnu ovisnost u nekim opsezima. Kada impedancija poprime ekstremno male ili ekstremno velike vrijednosti, teško je napraviti kvalitetno širokopojasno prilagođenje po snazi. To je pogotovu teško ako impedancija u pojasu od interesa rapidno varira s frekvencijom, te ako se njena ka-

rakteristika mijenja u vremenu, što se događa slučajno, ovisno o tome kada tko u zgradi uključi ili isključi koji uređaj. U našem primjeru vidimo da se isključenjem samo jednog od tri trošila prilike u mreži stubokom mijenjaju praktički u cijelom području frekvencija, a posebno u višem. Stoga se propagacijske prilike u elektroinstalacijskim mrežama mogu smatrati krajnje nepovoljnima. Tu, naravno, nismo uzeli u obzir gušenje vodova, koje još značajno pogoršava sliku stvarnoga stanja. Slabljenje u principu raste s frekvencijom, premda - treba primijetiti - atenuacija ovakvih mreža iznad 200 kHz gotovo da i nije istraživana. Gušenje signala u odnosu na raspoloživu snagu izvora ne ovisi samo o gubicima u mreži, već vrlo jako i o neprilagođenju, što se iz razumljivih razloga (vremenska nestabilnost svojstava mreže) često gubi iz vida. Sudeći prema slikama 7 i 8, naša ogledna mreža mogla bi se iskoristiti u pojasu do nekih 500 kHz, nakon čega bismo se suočili s velikim tehničkim poteškoćama.

Usporedimo sada naše slike 7 i 8 sa slikom 3, koja daje prikaz impedancije jedne stvarne mreže u opsegu do 1 MHz. Vidjet ćemo suštinske sličnosti u ponašanju i redovima veličina. Naravno da je svaka mreža drukčija i da ima svoje osobitosti. No, uvijek stoji konstatacija o PLC mediju kao teškoj propagacijskoj sredini.

Frekventna ovisnost impedancije mreže, koja se počinje znatno uočavati već iznad 50-ak kHz, govori protiv uvriježenog mišljenja, da je na kratkim vodičima dopušteno potpuno zanemariti linijske efekte. Ovdje je bjelodani dokaz da tome nije tako. Imamo li npr. vodiče izolirane materijalom dielektrične konstante $\epsilon_r=5$, valna duljina na njima pri 10 kHz iznosi 13.407 km, a pri 100 kHz 1.3407 km. U našem primjeru, udaljenost od trošila Z_3 do točke ulaza u mrežu je 49 m, što je vrlo malo u odnosu na λ , ali nije zanemarivo malo. Ako se tvrdi da je omjer x/λ toliko mali, da je praktički jednak nuli, tada su i tangensi iz (7) jednaki nuli, pa ispada da je jednostavno $Z = Z_R$. Međutim, ako x/λ smatramo malim brojem, ali ne zanemarivo malim, trebamo uzeti prvi član Taylorovog reda za funkciju $\tan(2\pi x/\lambda)$, a taj je jednak upravo $2\pi x/\lambda$. Prema tome, (7) na niskim frekvencijama poprima jednostavan oblik:

$$Z \approx Z_0 \frac{Z_R + j \cdot 2\pi Z_0 \frac{x}{\lambda}}{Z_0 + j \cdot 2\pi Z_R \frac{x}{\lambda}} \quad \text{za } \frac{x}{\lambda} < 0.1. \quad (9)$$

3.2. Impedancija mreže na niskim frekvencijama

Poznavanje impedantnih svojstava elektroinstalacijske mreže nešto je bolje poznato na niskim, nego li na visokim frekvencijama. Tako je u (6) opisano detaljno istraživanje impedancije razvodne električne mreže u pojasu frekvencija od 5 do 20 kHz, u kojemu su promatrani utjecaji distribucijskog transformatora, dovodnog voda do zgrade, ožičenja zgrade i priključenih trošila.

Mjerenja na transformatoru autori su radi sigurnosti provodili u beznaponskom stanju, tako što su primarnu stranu monofaznog distribucijskog transformatora opteretili sa 0 (kratki spoj), 1.2 k Ω , 3 k Ω i 10 k Ω . Mjerali su impedancije na sekundarnoj strani nazivne razine napona 240 V. (Naime, u USA se električna energija kućanstvima razvodi trožično. Neutralni vod priključen je na središnji izvod sekundara transformatora s dvostrukim sekundarnim namotom. Živi vodovi spajaju se na krajnje izvode sekundara, koji su u protufazi. Napon živoga vodiča pre-

ma neutralnom je zato 120 V, a napon između dvaju živih vodiča je 240 V. Frekvencija je 60 Hz. Jača trošila priključuju se na 240 V, a slabija na 120 V). Autori [6] su pretpostavili da stavljanje transformatora pod opterećenje neće bitno utjecati na njegova svojstva u promatranom frekvencijskom opsegu. Primar i sekundar bili su cijelo vrijeme odvojeni od mreže.

U tablici 1 nalazi se sumarij ovih istraživanja, provedenih na različitim transformatorima snaga 10, 15, 25, 37.5, odnosno 50 kVA. Navedene su vrijednosti samo na krajnjim mjernim frekvencijama (5 kHz i 20 kHz). Promjene impedancija su dovoljno linearne, da se vrijednosti na svim ostalim frekvencijama između tih mogu dobiti linearnom interpolacijom. Vidimo da je realni dio impedancije u principu dosta konstantan preko cijelog opsega. Pri opterećenju od 10 k(na primaru on ima blagu tendenciju pada s frekvencijom, dočim kod svih ostalih upotrijebljenih tereta raste. Imaginarni se dio mijenja mnogo rapidnije, a može prijeći i na kapacitivnu stranu. Snažniji transformatori su manje reaktivni. Svejedno, priroda transformatora kao tereta u kHz-području je dominantno induktivna, s velikim faznim kutevima impedancije. Mali iznosi impedancija pak upućuju na to da će na niskim frekvencijama, gdje su linijski efekti vrlo slabi ili zanemarivi, upravo transformator najznačajnije djelovati na impedanciju mreže.

Mjerenja stvarne impedancije u stvarnim uvjetima (skupina obiteljskih kuća na istom distribucijskom transformatoru, stambena zgrada, itd.) pokazala su očekivani rasap rezultata, ipak mahom grupiranih u prvi kvadrant impedancije (R - L), i to u područje niskih vrijednosti otpora. To opet ukazuje na važnu i dominantnu ulogu transformatora. Teret sekundarnog kruga sadrži još i različite male kućanske aparate, grijače, motore, rasvjetu, klima uređaje, itd. Zanimljivo je da se kao značajan činitelj impedancije distribucijske mreže može pojaviti i kondenzatorski kompenzator faktora snage, koji je veliki čisto kapacitivni

Tablica 1. Primjer stvarnih mjernih impedancija sekundarnih strana distribucijskih transformatora različitih snaga, pri različitim opterećenjima primara. Vrijednosti otpora na frekvencijama između navedenih pronalaze se linearnom interpolacijom [6]

Snaga transformatora [kVA]	Teret na primaru [k Ω]	Radni dio impedancije [Ω]		Imaginarni dio impedancije [Ω]	
		kod 5 kHz	kod 20 kHz	kod 5 kHz	kod 20 kHz
10	0	0.35	1.65	5.5	22
	1.2	1	1.9	5.5	22
	3	1.5	2.1	5.4	21.9
	10	3.6	2.9	4.7	21
15	0	1.6	2.6	4.2	17.2
	1.2	2.1	3	4.2	17.2
	3	2.6	3.5	4.1	17.1
	10	4.7	4.3	3.8	16
25	0	0.4	1.1	-3.2	9.8
	1.2	0.55	1.25	-3.2	9.8
	3	0.95	1.55	-3.2	9.8
	10	1.8	1.8	-3.7	9.5
37.5	0	0.2	1	2.2	7.8
	1.2	0.6	1.5	2.2	7.7
	10	3.2	2.2	1.25	6.5
	0	0.1	1.2	2	6.6
50	1.2	0.6	1.7	2.1	6.5
	3	1.1	2.1	2	6.4
	10	3	2.5	0.6	5

teret. On može dovesti do teško predvidivih rezonancija. Izvor kapacitivnog opterećenja na mreži također je i televizor, koji u pravilu ima paralelno vodiču napajanja fiksno priključen kondenzator velikog kapaciteta (tipično 100 nF), namijenjen potiskivanju šuma od impulsnog napajanja, koji je danas sastavni dio svakog televizora, te horizontalnog stupnja, koji radi na frekvenciji malo iznad 16 kHz.

Opaženo je također da dugački energetske vodovi između obiteljskih zgrada i kuća, odnosno transformatorskih stanica i objekata, na frekvencijama iznad 20 kHz praktički razdvajaju te objekte ili njihove skupine na taj način, da promjene impedancije (uključenje/isključenje trošila) slabo ili nikako ne djeluju na impedancije mreža udaljenih objekata.

3.3. Slabljenje na niskim frekvencijama

U [7] su dani rezultati mjerenja gušenja električnih instalacija zgrada na frekvencijama od 20 do 240 kHz, te je opisana vjerodostojna mjerna metoda, koja se može uporabiti i u budućim istraživanjima na višim frekvencijama. Ona je ilustrirana na slici 9. Signal generatora najprije se pojača u audio pojačalu snage s integriranim sklopom TDA



Slika 9. Metoda mjerenja slabljenja signala u električnim instalacijama zgrada

2002, izlaznog otpora oko 5Ω . Preko razdvojnog sklopa (transformator i dva kondenzatora, koji izoliraju mjerni uređaj od napona električne mreže) pojačani se signal ubacuje u instalaciju. Na nekom drugom mjestu u zgradi on se prima i mjeri. U pokusima je prijemna točka bila uvijek na istom mjestu, a odašiljački uređaj mijenjao je svoju lokaciju. U američkoj mreži moguća su tri relativna položaja odašiljača i prijemnika s obzirom na instalaciju: položaji na istom faznomvodu trofaznog sustava, položaji na različitim faznim vodovima, te položaji na protufaznim vodovima maločas objašnjene razvodne mreže 120/240 V. Općenito je opaženo da je u slučaju prijema na istoj fazi i relativne blizine prijemne i odašiljačke točke (npr. u istoj prostoriji, manje od 10 m) gušenje malo (većinom ispod 5 dB) i frekventno gotovo neovisno u promatranom opsegu. Kada je riječ o smještaju na istoj ili različitim fazama, ali na velikoj udaljenosti, koja se teško može specificirati, ali tipično iznosi od preko 20-ak do čak 300 m, gušenja su veća, te mogu prijeći čak i 50 dB. U pravilu ona rastu s frekvencijom, premda ne monotono. Najčešće je gušenje kod prijema na istoj fazi manje ili znatno manje nego na jednoj od preostale dvije, ali to nije opće pravilo. Ponekad se može dogoditi da je prijem na nekoj drugoj fazi bolji. To ovisi o trenutno u mrežu uključenim trofaznim trošilima. Frekventna ovisnost gušenja kod prijema na različitim fazama je složenijeg, često multirezonantnog oblika, dočim je kod prijenosa signala istom fazom u pravilu jednostavnija. Autori [7] temeljem izmjerenih podataka nisu mogli uspostaviti suvisli teoretski model ovisnosti gušenja instalacije o frekvenciji. Kratak presjek kroz mjerne rezultate dan je u tablici 2. Ona daje dobar uvid u gušenja koja možemo očekivati u različitim specifičnim sredina-

Tablica 2. Mjerena gušenja instalacija u različitim zgradama [7]

Vrsta zgrade i način ostvarivanja veze	Gušenje [dB]		
	kod 50 kHz	kod 120 kHz	kod 250 kHz
<i>Industrijski pogon, po danu</i>			
istofazno, blisko	2.5	3.8	7.1
istofazno, udaljeno	20.8	25.7	48.9
druga faza, udaljeno	27.0	26.3	47.3
treća faza, udaljeno	24.8	42.2	51.1
<i>Industrijski pogon, po noći</i>			
istofazno, udaljeno	18.7	25.6	39.6
druga faza, udaljeno	27.6	28.7	43.2
treća faza, udaljeno	25.4	37.8	39.8
<i>Bolnica</i>			
istofazno, udaljeno	5.6	6.2	23.9
druga faza, udaljeno	31.6	28.4	46.7
treća faza, udaljeno	18.1	17.1	26.6
<i>Stambene zgrade</i>			
faza, visoka zgrada*, blisko	8.4	15.8	20.6
faza, niska zgrada**, udaljeno	23.2	26.4	31.3
faza, visoka zgrada*, udaljeno	34.2	48.0	56.2
Napomene:			
* 12 katova, 100 stanova			
** 6 katova, 60 stanova			
<i>Obiteljska kuća</i>			
faza, bez specifičnog tereta	2.3	3.9	4.2
faza, s TV prijemnikom	3.1	2.5	14.5

ma. Podaci o gušenju na protufazi, koji su važni za američki razvodni sustav i druge njemu slične, za nas nisu bitni, pa ovdje nisu niti prikazani.

3.3.1. Periodični fading

U ovome članku već su spomenuti tereti na mreži koji sadrže izvore istosmjernog napajanja bazirane na principu pulsno-širinske modulacije, bez uporabe klasičnog željeznog energetskog transformatora. Također, u tu grupu trošila mogu se ubrojiti i neke druge vrste elektroničkih AC/DC konvertera, kvarcne svjetiljke, itd. Njihova karakteristika je da u vremenu oko vršnih vrijednosti napona mreže od 50 Hz, dakle 100 puta u sekundi, povlače iz mreže za svoj rad potrebnu energiju, pojavljujući se u tim intervalima kao niskoimpedantni teret. Tijekom preostalog dijela periode napona, oni su visokoimpedantnog karaktera. Kakvog to utjecaja može imati na impedanciju mreže, više-manje je jasno. Slike 7 i 8 mogu ilustrirati što se događa s impedantnom karakteristikom kod drastičnih promjena vrijednosti jedne od impedancija u mreži. Vidimo da se impedancija može na mnogim frekvencijama isto tako drastično mijenjati. Kada se to događa periodički, 100 puta u sekundi, jasno je da će i karakteristike gušenja i neprilagođenja varirati u istom ritmu. U [7] je istražena pojava periodičkog fadinga (zamiranja) signala. (Fading je pojam iz radijske prijenosne i difuzijske tehnike, a opisuje povremeno propadanje razine signala u odnosu na prosječnu). Istražen je fading nosioca kod 40, 60 i 80 kHz. Kod udaljene istofazne transmisije na 60 kHz, opažen je fading od 2 dB tijekom 20% periode mrežnog napona u okolini njegovih vršnih vrijednosti. Međutim, aktiviranje osobnog računala uključenog u utičnicu najbližu mjernoj točki uzrokovalo je u istim tim trenucima vremena čak dobitak razine od par dB, dakle svojevrzni "negativni" fading. Autori ne daju objašnjenje ove pojave. Istini za volju, oni u svojemu istraživanju nisu obratili pozornost prilagođenju

izvora mjernog signala na mrežu, već su pretpostavili da je izlazni otpor pojačala TDA 2002 od oko 5Ω dovoljno nizak za dobro naponsko prilagođenje. Kako je mreža na niskim frekvencijama niskoomska [6], a na visokima joj impedancija jako varira s frekvencijom i vremenom između reda 0.1Ω i par stotina Ω , to svakako nije najsretnija aproksimacija. Ova na prvi pogled neobična pojava ima svoje moguće logično objašnjenje. U trenucima aktiviranja napajackog sklopa računala, koji također pripada grupi elektroničkih beztransformatorskih AC/DC konvertera, impedancija koja se pojavljuje učini ukupnu impedanciju mreže takvom, da se inače loše prilagođenje poboljša, pa poraste razina izmjerenog prijemnog signala. Općenito je uočeno da veličina periodičnog fadanga, koji se ponavlja repetitivno od 100 Hz, ovisi o frekvenciji nosioca i lokacijama prijemnika i predajnika. Propadi signala mogu biti i vrlo duboki (preko 20 dB).

Pojava fadanga u praksi znači značajno pogoršanje odnosa signal/šum tijekom trajanja propada signala. Tada se javljaju nizovi pogrešno detektiranih bitova prenošenog digitalnog signala. Utjecaj periodičnog fadanga na ukupni BER (Bit Error Rate, udio pogrešnih bitova) također je razmatran u [7]. Istraživanja utjecaja periodične promjene impedancije mreže i gušenja sugeriraju da je PLC komunikacijama potrebno pristupiti na tri moguća načina: raspršenjem spektra izvorne informacije, korištenjem visokih digitalnih brzina u kratkim impulsima odašiljanim u periodima bez fadanga, ili korištenjem nižih brzina signaliziranja u dugotrajnim blokovima, s dovoljnom emitiranom snagom, koja će moći nadomjestiti periodička pogoršanja odnosa signala i šuma.

3.4. Šum na niskim frekvencijama

Šum na frekvencijama od 5 kHz do 100 kHz mjereno je u [8]. Autori su promatrali pojedine uređaje kao izvore šuma, isto kao i sadržaj spektra šuma u rečenom frekvencijskom opsegu. Općenito je primijećeno da su glavni izvori šuma u stambenim i sličnim zgradama univerzalni kolektorski elektromotori (npr. u fenovima, mikserima i usisivačima prašine), tiristorski regulatori osvjetljenja, te televizori. Asinkroni motori, uključujući i one snage preko 1 kW, proizvode zanemariv, često nemjerljiv šum, pa predstavljaju jedno od najčišćih trošila električne energije u pogledu elektromagnetske kompatibilnosti. Fluorescentne svjetiljke također ne doprinose bitno ukupnom šumu instalacije.

Šum elektroenergetske mreže stambenih objekata može se klasificirati u četiri glavne kategorije:

I. *Šum koji se proizvodi sinkrono s naponom mreže* potječe od tiristorskih ispravljača i prigušivača rasvjete, te od elektroničkih AC/DC konvertera bez energetske transformatora. Ovi potonji osim harmoničkih komponenti višekratnika frekvencije od 50 Hz imaju u svome spektru komponente korelirane i s prekidačkom frekvencijom na kojoj rade, a koja ovisi o opterećenju ispravljača i impedanciji mreže, tako da je njihov spektar onečišćeniji. Tiristorski ispravljači i prigušivači (regulatori) rasvjete crpe energiju iz mreže nakon dostizanja graničnog napona svaki puta u toku pozitivne ili negativne poluperiode mrežnoga napona. Ta nagla promjena opterećenja generira oštar naponski i strujni impuls (titraj) u trenutku aktiviranja. S obzi-

rom da se on ponavlja u ritmu dvostruko bržem od 50 Hz, njegova temeljna harmonička komponenta je 100 Hz, a poradi njegove kratkotrajnosti i oštine prisutne su još i mnoge više harmoničke komponente, tj. cjelobrojni višekratnici od 100 Hz. Postoje i uređaji koji rade samo jednom u periodu mrežnog napona. Oni generiraju harmonike od 50 Hz. Primjerice, smetnja od tiristorskog prigušivača rasvjete pada na razinu ispod -40 dBV (tj. ispod 10 mV) tek nakon otprilike 210. harmonika od 50 Hz, odnosno 105. harmonika od 100 Hz. Ne treba ni reći da je smetnja napona 10 mV emitirana u područje iznad 10 kHz još uvijek vrlo velika za prijamne uređaje.

II. *Šum kontinuiranog spektra* potječe od tereta priključenih na mrežu koji ne rade sinkrono s mrežnom frekvencijom. Najčešće je riječ o univerzalnim motorima s četkicama, kojima brzina vrtnje ne ovisi o frekvenciji mreže, već o naponu i mehaničkom opterećenju na osovini. Napon šuma takvoga stroja ovisi i o impedanciji mreže iz koje se on napaja na taj način da raste s njime. U PLC komunikacijama koje se danas koriste, takva vrsta šuma može se modelirati kao bijeli šum, s obzirom na uzak frekvencijski pojas koji se obično koristi. Strujni spektar šuma univerzalnog motora ima svoju vršnu vrijednost oko čak -35 do -40 dBA pri frekvencijama od 5 do 8 kHz. Amplitude viših komponenti zatim padaju, da bi iznad nekih 40 kHz bile niže od -80 dBA, tj. 100 (A). Naponski spektar šuma univerzalnog motora u malim ručnim bušilicama je skoro konstantan od 20 do 100 kHz, i zadržava se orijentacijski na razini od visokih -40 dBV. Između 5 i 20 kHz javljaju se vrhovi od -25 dBV. Veliki univerzalni motori produciraju veće smetnje, čak bi se reklo vrlo velike. Primjerice, vrh spektralne razdiobe motora usisivača prašine smješten je negdje između 7 i 10 kHz, a razina mu je čak -10 dBV (otprilike 0.3 V)! Mikseri emitiraju šum koji na frekvencijama manjim od 10 kHz može poprimiti razinu od -30 dBV.

III. *Šum slučajnih impulsa* nastaje kao posljedica pojedinačnih događaja, poput udara groma u mrežu (impuls može doći i iz neočekivano velikih udaljenosti), odnosno aktiviranja i deaktiviranja raznih sklopki, releja, pregaranja žarulja, električnog pražnjenja i sl. Uklapanje i isklapanje kondenzatora za korekciju faktora snage također generira tu vrstu smetnji.

IV. *Nesinkroni periodički šum* ima izražene dominantne spektralne komponente, ali one ne potječu od frekvencije mrežnog napona ili njenoga harmonika, i ne ponašaju se sinkrono njenim promjenama. U tu grupu mogu se ubrojiti AC/DC konverteri (koji inače spadaju i u grupu I), zatim svi uređaji koji imaju kao sastavni dio takvu vrstu napajanja, te konačno televizori. Televizori generiraju vrlo visoku razinu smetnji na frekvenciji horizontalnih linija (16625 Hz) i njenim harmonicima. U okolini svih tih harmoničkih frekvencija javljaju se također snažne komponente na razmacima od svakih 50 Hz. Taj razmak potječe od vertikalne frekvencije slike, a ne od mrežnog napona, i razlikuje se od mrežne frekvencije. Crno-bijeli i kromatski televizori šume podjednako intenzivno. Naponske smetnje u vrhovima spektra mogu imati razinu i do -20 dBV, unatoč kondenzatoru reda 100 nF ugrađenom paralelno mrežnom dovodu svakog televizora.

Pozadinski šum, koji dolazi iz drugih dijelova distribucijske mreže preko distribucijskih transformatora i vodiča,

te iz ostalih neobjašnjivih izvora, bilo galvanskim putem ili elektromagnetskom spregom, zadržava se većinom ispod -60 dBV, osim na ponekim rijetkim frekvencijama, gdje dostiže -40 dBV. U ruralnim sredinama taj šum može biti manji za još 10-ak dBV. Kao zaključak možemo konstatirati da je električna instalacijska mreža sredina s vrlo intenzivnim izvorima smetnji, koja se nimalo prijateljski ne odnosi prema komunikacijskim uređajima.

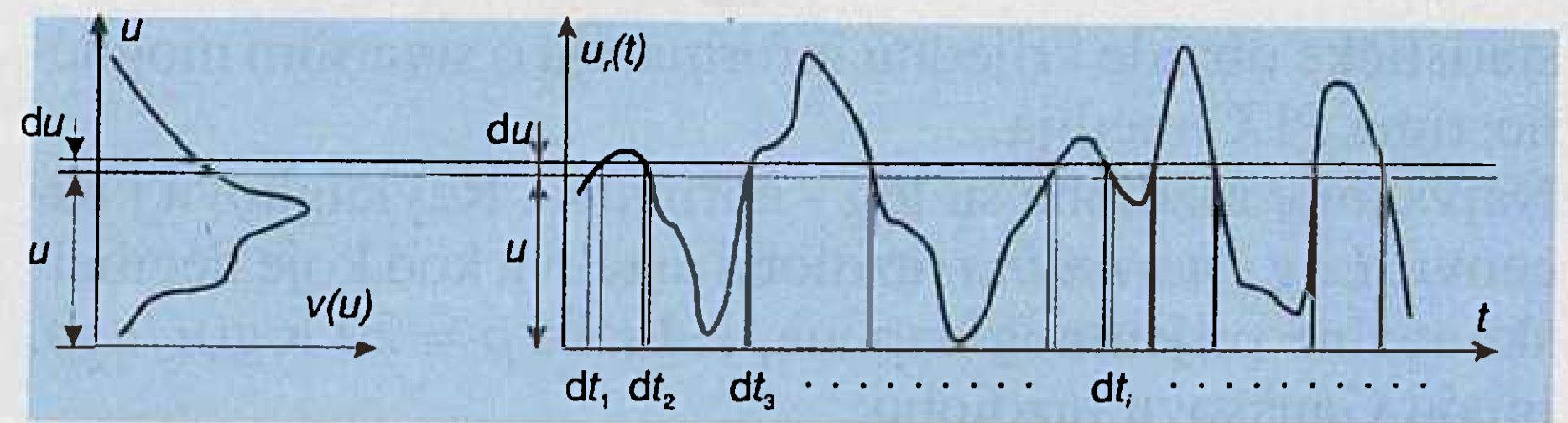
3.5. Svojstva na frekvencijama iznad 200 kHz

Na ovim frekvencijama istraživanja praktički nisu provedena, ili su rijetka, a njihovi rezultati teško dostupni. Prodor u više frekventno područje bio bi važan radi osvajanja šireg spektra za komuniciranje. Do danas izgleda da nije prejeđena granica od nekih 20 kb/s u vezi točka - točka, što je dosta skromno. Temeljna pitanja, kako to vidi autor ovog teksta, jesu: je li moguće u prvoj fazi ostvariti prijenos brzinom od 64 kb/s, je li moguće ostvariti višestruki pristup i time koncipirati neku vrstu digitalne hijerarhije ili difuznog sustava nalik na radijalne radijske sustave, te je li moguće mrežom prenositi pokretne slike u realnom vremenu, koristeći postupak s rigoroznom kompresijom signala, poput MPEG-a. Da bi se na to odgovorilo, potrebno je provesti istraživanja PLC medija na frekvencijama iznad 200 kHz, te modova odvajanja lokalne mreže, npr. instalacija jedne zgrade, od ostalih dijelova distributivne elektroenergetske mreže. Na visokim frekvencijama ovo potonje ne bi trebalo predstavljati nikakav problem, jer je moguće korištenjem reaktivnih kratkospojnika (kondenzatora) bilo gdje proizvesti totalnu refleksiju na liniji i tako uspostaviti čvrstu granicu. (Podsjetimo se da kod viših frekvencija kratki spoj na jednom mjestu voda ne znači i kratki spoj na nekom drugom mjestu na njemu).

Premda je istina da u do sada istraženom području frekvencija gušenje raste s frekvencijom, činjenica je da se to ne događa monotonim tijekom. Isto tako, s frekvencijom rapidno pada i razina generiranog šuma, u čemu se možda može nazrijeti potencijal za proširenje frekventnog područja rada. Ovog trenutka teško je tvrditi bilo što. Potrebno je provesti istraživanja impedancije, šuma i gušenja.

Impedancija mreže na visokim frekvencijama, kako smo vidjeli, varira s frekvencijom i vremenom. U malim izoliranim sustavima (npr. kuća ili zgrada visokofrekventno izolirana od ostalog svijeta) mogu se uz dobru organizaciju provesti deterministička istraživanja uz mnoge moguće kombinacije uključenosti trošila. No, u malo većim mrežama to je nemoguće. Isto se odnosi i na šum i gušenje. Jedna od raspoloživih metoda je formiranje statističkog modela. Uz generator signala određene snage i frekvencije, prilagođen na ulaznu impedanciju (ako je to ikako moguće osigurati), može se kroz duže vrijeme, npr. tjedan ili mjesec dana, pratiti razina prijemnog signala na nekom mjestu, koji će zacijelo varirati u vremenu. Time je moguće definirati funkciju $u_r(t)$ prijemnog napona na mjestu "r", koja će sigurno biti vrlo nepravilnog stohastičkog oblika. Međutim, za nju će se moći izračunati neki statistički parametri. Definirat ćemo ih pomoću slike 10. Detaljna teorijska razrada nalazi se u [9].

Vremenski tijek $u_r(t)$ na slici 10 dobiven je dugoročnim snimanjem. Pri vrijednosti napona $u_r(t)=u$ načinimo neki



Slika 10. Uz definiciju statističkih parametara prijemnog signala

mali pomak du . Vjerojatnost da se $u_r(t)$ nađe između u i $u+du$ jednaka je očito:

$$P(u \leq u_r \leq u + du) = \frac{1}{T} \sum_i dt_i = v(u)du. \quad (10)$$

T je ukupno trajanje snimanja. Time smo definirali funkciju gustoće razdiobe vjerojatnosti $v(u)$. Distribucija, odnosno vjerojatnost da je prijemni napon $u_r(t)$ manji od neke vrijednosti u je:

$$\Phi(u) = P(u_r \leq u) = \int_0^u v(u)du. \quad (11)$$

Vjerojatnost prekoračenja vrijednosti u je pak:

$$\Psi(u) = 1 - \Phi(u) = P(u_r > u) = \int_u^\infty v(u)du. \quad (12)$$

Srednja vrijednost definirana pomoću gustoće razdiobe, te pomoću poznatog vremenskog tijeka, je:

$$\bar{u}_r = \int_0^\infty u \cdot v(u) \cdot du = \int_0^T u_r(t) \cdot dt. \quad (13)$$

Srednja vrijednost kvadrata amplitude signala je:

$$u_r^2 = \int_0^\infty u^2 v(u) \cdot du = \frac{1}{T} \int_0^T u_r^2(t) \cdot dt, \quad (14)$$

iz čega se lako dobije prosječna efektivna vrijednost kao $\sqrt{u_r^2}$. Rasipanje ili kvadrat standardne devijacije je:

$$\sigma^2 = u_r^2 - (\bar{u}_r)^2, \quad (15)$$

dočim je medijan, tj. vrijednost u_{MED} za koju su vjerojatnosti prekoračenja i podbačaja jednake 0.5, definiran sa:

$$\int_0^{u_{MED}} v(u) \cdot du = \int_{u_{MED}}^\infty v(u) \cdot du. \quad (16)$$

Srednje i medijalne vrijednosti najvažniji su statistički parametri signala. Među signalima raspodjele istog tipa rasipanje biva mjerom fadanga u tom smislu da signali većeg rasipanja imaju izraženiji fading. Vremenska učestalost fadanga i njegova dubina karakteristični su za svaki pojedini tip razdiobe. Osim vremena t , kao nezavisna varijabla o kojoj ovisi vrijednost signala javlja se još i lokacija unutar zgrade, slično kao što je lokacija unutar zone pokrivanja varijabla kod mobilnih sustava. Statističkom obradom mjernih rezultata može se utvrditi da li razdioba signala u PLC mediju odgovara nekoj od poznatih (npr. Gaussovoj, Rayleighovoj ili Riceovoj). Ako odgovara, prijenosna svojstva takvoga medija mogu se naći u mnogobrojnoj literaturi, npr. [4]. Ako ne odgovara, onda se temeljem pronađene gustoće razdiobe $v(u)$ može teorijskim ili računalnim simulacijama odrediti propusnost mreže karakterizirane takvim propagacijskim uvjetima. Tada se može ocijeniti i uporabljivost različitih modulacijskih postupaka (FSK, ASK, PSK, QPSK, QAM, MSK, PSK CDMA...) (2). Prema tome, niz mjerenja prijenosnog signala kroz dugo vrijeme i na mnogim mjestima u tipičnim vrstama građevina te na različitim frekvencijama, pružio bi nakon

statističke obrade vrijednu informaciju o stvarnim mogućnostima PLC medija.

Najvažnije razdiobe su log - normalna, Rayleighova i Riceova. Log - normalna razdioba je takva kod koje decibel-ske razine prijemnog napona, jednake $p = 20 \log(u_r/u_{ref})$, imaju Gaussovu razdiobu:

$$v(p) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(p-\bar{p})^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (17)$$

Takve propagacijske sredine karakterizira prisustvo jednog jakog vremenski dosta stalnog signala i mnoštva slabijih, od koje kuda reflektiranih, koji dolaze sa slučajnom fazom. Fading u takvim sustavima nije dubok, a u vremenu je relativno spor, tj. intervali boljeg i lošijeg prijama su dugotrajni.

Rayleighovu razdiobu pokazuju signali koji nastaju sumiranjem mnoštva podjednako jakih signala slučajne amplitude i faze. Nju karakterizira vrlo duboki fading kraćeg trajanja. Rayleighova razdioba prepoznaje se po gustoći oblika:

$$v(u) = \frac{u}{\sigma^2} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{u}{\sigma}\right)^2\right]. \quad (18)$$

Riceova razdioba kombinacija je log - normalne i Rayleighove. Ona postoji u propagacijskim sredinama gdje signal nastaje sumiranjem jedne jake komponente s log - normalnom razdiobom i mnoštva podjednake komponente koje se ponašaju prema Rayleighovoj razdiobi. Gustoća kombinirane razdiobe je:

$$v(u) = \frac{u}{\sigma^2} \cdot I_0\left(\frac{u \cdot u_G}{\sigma^2}\right) \cdot \exp\left[-\frac{u^2 + u_G^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (19)$$

Ovdje je I_0 Besselova funkcija nultog reda, a u_G je srednja vrijednost komponente s Gaussovom razdiobom.

4. ZAKLJUČAK

Elektroenergetska distribucijska mreža ima određeni komunikacijski potencijal, koji nije iskorišten. Danas se ona upotrebljava kao medij za prijenos jednostavnih analognih ili digitalnih informacija uskoga pojasa, napose u području automatike zgrada. U relativno dobro istraženom frekvencijskom opsegu do 200 kHz, PLC medij nudi vrlo teške uvjete transmisije radi varijabilne impedancije, znatnog gušenja i prilično velike razine šuma. U višem području frekvencija potrebno je poduzeti istraživanje sa svrhom točnog utvrđivanja komunikacijske vrijednosti mreže. Bilo da će se primjena zadržati u niskofrekventnom području, ili će se moći preseliti i u MHz - područje, sasvim je izvjesno da će opcija izbora biti komuniciranje sustavima raspršenog spektra, koji jedini mogu odoljeti lošim utjecajima vremenski varijabilne impedancije multirezonantnog frekvencijskog tijeka, te impulsnih i drugih šumova.

LITERATURA

- [1] D. RADFORD: "Spread Spectrum Data Leap Through AC Power Wiring", IEEE Spectrum, Nov. 1996, pp. 48 - 53.

- [2] B. MODLIĆ, I. MODLIĆ: "Modulacije i modulatori", Školska knjiga, Zagreb 1995.
- [3] D. SABOLIĆ: "Razvoj treće generacije sustava mobilnih komunikacija bazirane na tehnici raspršenog spektra", Energija 4/1997, Zagreb 1997.
- [4] S. HAYKIN: "Communication Systems", 3rd. ed, John Wiley & Sons, New York 1994.
- [5] R. L. FREEMAN: "Reference Manual for Telecommunications Engineering", 2nd. ed, John Wiley & Sons, New York 1994.
- [6] R. M. VINES et al: "Impedance of Residential Power-Distribution Circuit", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 27, No. 1, Feb. 1985.
- [7] M. H. L. CHAN, R. W. DONALDSON: "Attenuation of Communication Signals on Residential and Commercial Intrabuilding Power-Distribution Circuits", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 28, No. 4, Nov. 1986.
- [8] R. M. VINES et al: "Noise on Residential Power Distribution Circuits", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 26, No. 4, Nov. 1984.
- [9] E. ZENTNER: "Radiokomunikacije", Školska knjiga, Zagreb 1989.

VOLTAGE QUALITY AND COMMUNICATIONAL VALUE OF ELECTRIC ENERGY DISTRIBUTION NETWORK IN BUILDINGS

Current situation of electrical installation usage in buildings for communicational purposes is described, and the needs and modes of research that should be done in order to evaluate the possibility of application of these wide spread networks such as information transmission are analysed. Basic theoretical concepts and measuring methods, that could give the evaluation of electrical installation in building as a communicational medium in order to evaluate its economic value and informative permeability are given.

DIE QUALITÄT DER SPANNUNG UND DER FERNMELDETECHNISCHE WERT VON STROMVERTEILUNGSNETZEN IN DEN GEBÄUDEN

Es wird der heutige Zustand der Nutzung elektrischer Gebäudeinstallationen für fernmeldetechnische Zwecke dargestellt, sowie die Notwendigkeit und die Methoden der durchzuführenden Untersuchungen, wegen der sachlichen Nutzbarkeitsabschätzung dieser weitverbreiteten Netze zum Zweck der Informationsübertragung, erörtert. Gegeben werden durchführungsgerechte theoretische Grundsätze und Meßmethoden betreffend die Wertschätzung der elektrischer Gebäudeinstallationen als Mittel für Informationsübertragung, um abzuschätzen ob sie sich wirtschaftlich lohnen und für Informationsübertragung gut durchlässig sind.

Naslov pisaca:

mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grad Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

doc. dr. sc. Dina Šimunić, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i
računarstva u Zagrebu
Zavod za radiokomunikacije i
visokofrekvencijsku elektroniku
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1997-12-04

OPTIMALNO KORIŠTENJE I UPRAVLJANJE VODAMA U HI-DROENERGETSKOM SUSTAVU ZAGORSKE MREŽNICE I DOBRE

Nedjeljko Š i m u n d i ć, Zagreb

UDK 621.311.21
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Simuliranjem korištenja retencija Drežničko, te Crnačko i Stajničko polje, uz drugačiji način upravljanja vodama u sustavu, utvrđeni su energetske učinci na postojećoj HE Gojak i planiranoj HE Lešće, te ukazano na energetske-gospodarsku uspješnost i komparativne prednosti realizacije ovoga projekta.

Ključne riječi: izgradnja hidroenergetskih objekata, retencija, upravljanje vodama, Zagorska Mrežnica, HE Gojak, HE Lešće.

1. UVOD

Privođenjem korištenju voda Zagorske Mrežnice i Ogulinske Dobre na HE Gojak ostvaren je značajan višenamjenski projekt. Uz proizvodnju električne energije, praktički je riješen problem nekadašnjih poplava grada Ogulina, a ujedno su, zbog privođenja dijela voda Zagorske Mrežnice hidroelektrani Gojak, povećani protoci Donje (Gojačke) Dobre.

Rijeka Dobra svoje korito formirala je u karbonatnim naslagama koje pripadaju geološkom razdoblju donje krede. I korito Mrežnice formiraju karbonatne naslage koje u stratigrafskom smislu pripadaju donjoj kredi, ali ima i gornjokarbonskih naslaga. Očito je da su korita ovih rijeka vodopropusna što potvrđuje i činjenica da su obje rijeke ponornice. Nekadašnji vodni režim ovih rijeka bitno je izmijenjen nakon izgradnje HE Gojak. Koritom Dobre, nizvodno od brane Bukovnik, te Mrežnice, nizvodno od brane Sabljaci, otječu samo preljevi koje nije moguće iskoristiti na HE Gojak. Problem nekadašnjih poplava u Ogulinu, uzrokovan izlivanjem Dobre iz predponorske zone Đulina ponora, praktično je riješen uvođenjem značajnoga dijela dotoka Dobre u dovodni tunel HE Gojak, odnosno njenim prvenstvenim iskorištenjem na hidroelektrani. To poglavito dolazi do izražaja za vrijeme vrlo velikih dotoka Dobre, pri čemu se djelotvorno smanjuju preljevi na brani Bukovnik, a time i rizik od poplava u Ogulinu. Tako je kod velikih dotoka Dobre, tijekom jednog dana, moguće smanjiti prelijevanje u preponorsku zonu Đulina ponora, za više od 4.0 hm³. Poplave ograničenog i užeg prostora uz Đulin ponor ni danas nisu potpuno isključene. Tome je razlog nedovoljna propusnost ponora, koja je ovisna o razini u predponorskoj zoni. U razdoblju od početka punjenja do konačnog ispunjenja preponorske zone, maksimalna propusnost ponora procjenjuje se na 70.0 m³/s. (Izveštaj o određivanju kapaciteta Đulina ponora i preponorskog retencionog prostora, pri pojavi prelijevnih voda na brani Bukovnik u svibnju 1987. godine, Institut za elektroprivredu, Zagreb).

Tok Donje Dobre formira se od voda Ogulinske Dobre, te od dijela voda Zagorske Mrežnice, nakon njihovog iskorištenja u hidroelektrani Gojak. Nizvodno od HE Gojak, Donjoj Dobri se pridružuju vode desnog pritoka Bistrac i lijevog povremenog vodotoka Risnjak. Vode Gornje Dobre koje poniru u Đulinom ponoru najvećim dijelom pojavljuju se na izvoru Donje (Gojačke) Dobre, a ustanovljena je izravna veza ogulinskih ponora s izvorima Bistrac i Kromari u dolini Donje Dobre. Prema tome, pouzdana je tvrdnja da su vode Gornje Dobre raspoložive na planiranoj HE Lešće.

Vode Zagorske Mrežnice koje se prelijevaju na brani Sabljaci, otječu izrazito vodopropusnim koritom s brojnim ponorima i ponorskim zonama, kako u koritu tako i u prostornim depresijama. U ovim ponorima gubi se dio voda koje podzemno otječu prema izvorima u dolini Donje Dobre, zatim na izvore Tounjčice, Kukače i Primišljanske Mrežnice. Glavnina velikih voda dotječe do krajnjih ponora, na kraju korita Zagorske Mrežnice, u području istočno od Oštarija i pojavljuju se također na prije spomenutim izvorima. Preljevne vode ove ponornice primarno gravitiraju slivu Primišljanske Mrežnice, što znači da pretežno nisu raspoložive na planiranoj HE Lešće. Dakle, na HE Lešće, od voda Zagorske Mrežnice raspoložive su one koje se iskorištavaju na HE Gojak i manji dio prelijevnih voda koje, nakon poniranja, gravitiraju izvorima u dolini Donje Dobre, na dionici korištenja HE Lešće. Dio prelijevnih voda Zagorske Mrežnice koji je raspoloživ na HE Lešće nije kvantificiran, te je za točnije određivanje dijelova korita iz kojega vode odlaze u sliv Dobre, potrebno obaviti trasiranje podzemne vode i provesti odgovarajuća hidrološka mjerenja.

Male akumulativne sposobnosti jezera Bukovnik, na Dobri i Sabljaci, na Zagorskoj Mrežnici, razlog su značajnih prelijevnih gubitaka u slivu. Prema hidrološkim podacima i učinjenim bilancama voda u slivu HE Gojak, u razdoblju od 1963.-1994. godine, od ukupnog prosječnog dotoka Dobre i Mrežnice koji iznosi 32.10 m³/s, na hidroelektrani je iskoristivo 22.60 m³/s ili 70.40 %. Preostali raspoloživi dotok od 9.50 m³/s čine preljevi koji iznose 7.97 m³/s i



Slika 1. Situacija objekata u hidroenergetskom sustavu zagorske Mrežnice i Dobre

gubici procjeđivanja koji iznose $1.53 \text{ m}^3/\text{s}$. Pretežni dio otpada na gubitke procjeđivanja iz Bukovnika (oko $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$). Sve to ukazuje na činjenicu da se u sustavu HE Gojak prosječno godišnje izgubi više od 80 GWh električne energije, od čega je preljevnim gubicima ekvivalentna prosječna godišnja energija od 67.50 GWh.

U preljevnim gubicima dominantni su preljevi Zagorske Mrežnice. Naime, od ukupnoga dotoka Zagorske Mrežnice koji iznosi $22.10 \text{ m}^3/\text{s}$, na HE Gojak je iskoristivo $14.40 \text{ m}^3/\text{s}$ ili 65.16 %. Od neiskorištenog dotoka preljevi iznose 7.17 , a procjedni gubici svega $0.53 \text{ m}^3/\text{s}$. To ukazuje na činjenicu da je procjeđivanje iz Sabljaka, za razliku od

Bukovnika, značajno manje i u prihvatljivim je granicama.

Prema tome, uz prevelike procjedne gubitke Dobre, ključni problem predstavlja bolje privođenje korištenju Zagorske Mrežnice. U tom smislu, već duže vrijeme, u Hrvatskoj elektroprivredi prisutna je ideja o načinu potpunijeg iskorištenja voda Zagorske Mrežnice. To je moguće postići na dva načina:

- izgradnjom retencija na gornjim horizontima sliva Zagorske Mrežnice, čime se ostvaruju energetske doprinose na postojećoj HE Gojak i na planiranoj HE Lešće, i
- forsiranim korištenjem Zagorske Mrežnice, čime se ostvaruje povećanje raspoloživoga i iskoristivoga protoka, odnosno proizvodnje energije na planiranoj HE Lešće, uz manje gubitke proizvodnje na postojećoj HE Gojak, što je posljedica povećanja hidrauličkih gubitaka na dijelu dovodnoga tunela HE Gojak, između akumulacija Sabljaci i Bukovnik.

Dakle, izgradnja retencija je svrhovita zbog energetskih doprinosa na obje hidroelektrane, za razliku od forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice koje ima smisla samo u slučaju izgradnje HE Lešće.

2. MOGUĆNOSTI OPTIMALNOG KORIŠTENJA I UPRAVLJANJA VODAMA

2.1. Mogućnosti izgradnje retencija u slivu Zagorske Mrežnice

Dosadašnja istraživanja potpunijeg iskorištenja voda Zagorske Mrežnice ukazuju na mogućnosti izgradnje retencija na području Drežničkoga, Crnačkoga i Stajničkoga polja. Korištenje Drežničkoga polja je dosad razmatrano u okviru "Idejnoga rješenja" i "Predhodne studije utjecaja na okoliš retencije Drežničko polje", Elektroprojekt - Zagreb, 1989. i 1997. godine. Bilo je i više pokušaja oko utvrđivanja mogućeg energetskog doprinosa retencije, koji nisu dali zadovoljavajuće rezultate. Osnovni problem kod proračuna energetskog doprinosa bilo je nepoznavanje dotoka i bilance voda podsliva Drežničkoga polja. Podjednak problem je bio i kod utvrđivanja energetskog doprinosa retencija u Crnačkom i Stajničkom polju.

Tablica 1. Osnovni podaci o retencijama

Retencije	Površina sliva (km ²)	Srednji protok (m ³ /s)	Volumen (hm ³)	Razina (m.n.m.)
Drežničko polje	12,55	7,99	58,00	459,50
Crnačko polje			25,63	459,50
i	10,45	3,34		
Stajničko polje			6,43	489,50

Preduvjeti za pouzdaniji proračun energetskog doprinosa planirane retencije Drežničko polje, kao i retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, ostvareni su nakon izrade studije "Hidrološke analize, verifikacija matematičkog modela otjecanja na slivu Zagorske Mrežnice, te novelacija podloga za potrebe Predhodne studije utjecaja na okolinu retencije Drežničko polje", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. - Zagreb, 1996. godine. U ovoj studiji su, između ostalog, primjenom konceptualnog hidrološkog matematičkog modela SSARR (The Streamflow Synthesis and Re-

servoir Regulation Model), u razdoblju od 1989. - 1994., određeni dnevni doprinosi dotocima u akumulaciju Sabljaci s četiri podsliva Zagorske Mrežnice, od kojih su dva karakteristična zato jer upravo na njima, u prirodnim uvjetima, funkcioniraju navedene retencije čije vode gravitiraju akumulaciji Sabljaci. Ove su retencije visinski smještene u najnižim dijelovima ovih dvaju podslivova, u području Drežničkoga, odnosno Crnačkoga polja kojemu gravitira i nešto viši horizont Stajničkoga polja (tabl. 1). Kako se i u prirodnim uvjetima vode ovih podslivova zadržavaju u retencijama, one dakle imaju pozitivan učinak na proizvodnju HE Gojak. Prigušenjem otjecanja iz retencija, za vrijeme preljeva na brani Sabljaci, odnosno dodatnim akumuliranjem do maksimalno dopuštenih razina, a potom forsiranim pražnjenjem u razdobljima kada su iskoristivi protoci HE Gojak manji od instaliranoga protoka, moguće je ostvariti dodatno povećanje iskoristivih protoka, odnosno energetski doprinos na postojećoj HE Gojak. Kako su iskoristivi protoci HE Gojak raspoloživi na planiranoj HE Lešće, energetske učinci retencija u slivu Zagorske Mrežnice ujedno se odnose i na HE Lešće. Učinci retencija određeni su simuliranjem rada retencija u sustavu.

2.2. Forsirano korištenje Zagorske Mrežnice

Za vrijeme preljeva Zagorske Mrežnice na brani Sabljaci, dakle, u konstantnom režimu proizvodnje HE Gojak, prvenstveno se koriste raspoloživi dotoci Dobre, što je djelotvorno radi smanjenja rizika od poplava. S druge strane, zbog većega udjela protoka Dobre u iskoristivom protoku HE Gojak, postižu se nešto veći padovi, odnosno veća snaga elektrane. Povećanje iskoristivih protoka Zagorske Mrežnice, odnosno njeno forsirano korištenje, za vrijeme preljeva na brani Sabljaci, moguće je ostvariti na račun smanjenja udjela Dobre u iskoristivim protocima HE Gojak, uz povećanje preljeva Dobre na brani Bukovnik. Dakle, potpunim ili djelomičnim prigušenjem ulaza u tunel tablastim zatvaračem na ulaznoj građevini Bukovnika, moguće je forsirano koristiti raspoloživi dotok Zagorske Mrežnice iz akumulacije Sabljaci, i tako dio preljevnih voda Zagorske Mrežnice usmjeriti na HE Gojak i ujedno povećati raspoložive i iskoristive protoke na planiranoj HE Lešće. Povećanjem udjela Mrežnice u radnom protoku HE Gojak smanjuje se neto pad elektrane, zbog povećanja hidrauličkih gubitaka na dijelu tunela između ulaznog uređaja na brani Sabljaci i račve gdje se priključuje tunel od brane Bukovnik. Prema mjerenjima provedenim u srpnju 1985. godine, ovi gubici, ovisni o protoku tunelom iz jezera Sabljaci, iznose:

$$\Delta h = 0.0018919 * Q_{rs}^2 \text{ (m) ;}$$

gdje je

$$Q_{rs} - \text{radni protoka HE Gojak iz jezera Sabljaci.}$$

Ilustracije radi, uz potpuni udio Zagorske Mrežnice u radnom protoku HE Gojak (50 m³/s), hidraulički gubici u dovodnom tunelu, na dijelu između brana Sabljaci i Bukovnik, iznose 4,73 m.

U slučaju koincidencije velikih voda Dobre i Mrežnice i forsiranog korištenja raspoloživog dotoka Mrežnice, te uz nekontrolirano upuštanje preljeva Dobre iz Bukovnika u Đulin ponor, moglo bi doći do poplava u području Ogulina, kakve su bile nekada. HE Gojak bi izgubila značajnu

funkciju zaštite od poplava, što ne odražava interese Hrvatske elektroprivrede, a najmanje grada Ogulina. Zato su, u okviru proučavanja mogućnosti forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, uvedena ograničenja vodeći računa o svrhovitosti, te o dopuštenim ili graničnim veličinama povećanja preljeva na brani Bukovnik, odnosno povećanja iskoristivih protoka Zagorske Mrežnice. O tome će još biti riječi u prikazu simulacijskog modela forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice.

3. SIMULACIJSKI MODELI ZA PRORAČUN ENERGETSKIH UČINAKA

3.1. Simuliranje rada retencija u sustavu

Simulacijski model za proračun energetskog doprinosa retencija u Drežničkom, Crnačkom i Stajničkom polju, praktički se svodi na proračun povećanja, dnevnih iskoristivih protoka HE Gojak te raspoloživih i iskoristivih dnevnih protoka planirane HE Lešće, u razdoblju od 1989-1994 godine, uvođenjem retencija u sustav. Ovo razdoblje odabrano je zato jer se u tom razdoblju, između ostalog, raspoložuje i s podacima o razinama, odnosno stanjima volumena retencija u prirodnim uvjetima, što je nužno za potpuno poznavanje dnevne bilance voda ovih podslivova. Radi utvrđivanja pojedinačnih učinaka retencija u sustavu, računato je s prvenstvenim uvođenjem u sustav retencije Drežničko polje, a potom retencija u Crnačkom i Stajničkom polju. Moguć je i obrnuti slijed uvođenja retencija u sustav, što nema utjecaja na ukupne učinke retencija u sustavu. Utjecaj slijeda uvođenja retencija u sustav na pojedinačne učinke treba još istražiti.

Sagledavanjem i raščlambom bitnih prirodnih i gospodarskih karakteristika prostora na području planirane retencije Drežničko polje, posebna se pozornost ogleda kroz potrebu za zaštitom i očuvanjem vrijednih šumskih sastojina gospodarskih jedinica "Čungar" i Crni vrh". Za procjenu utjecaja i izbor prihvatljivih mjera zaštite i očuvanja ovih prirodnih i gospodarskih vrijednosti, zadano je više različitih varijanti s razdobljima nedopuštenog, odnosno dopuštenog korištenja retencije. Izuzevši varijantu A0, u kojoj praktično nema retencije Drežničko polje u sustavu, u svim je varijantama maksimalna dopuštena razina u retenciji ograničena kotom normalnog uspora, 459.50 m.n.m. Petnaest dana prije početka razdoblja s nedopuštenim akumuliranjem, maksimalne dopuštene razine se linearno smanjuju dok se ne izjednače s prirodnim, a to se najdalje mora dogoditi do početka zadanog razdoblja nedopuštenog akumuliranja. Nakon isteka razdoblja s nedopuštenim akumuliranjem podizanje razina do maksimalno dopuštenih nije posebno uvjetovano.

Tablica 2. Razdoblja nedopuštenog korištenja retencija, odnosno prirodnih razina u retencijama

Varijante	Drežničko ničko polje	Varijante	Crnačko i Stajničko polje
A0.	01. siječanja - 31. prosinca	B0	01. siječanja - 31. prosinca
A1.	01. travnja - 01. studenog	B1	Nije uvjetovano
A2.	01. travnja - 15. listopada	B2	Nije uvjetovano
A3.	01. travnja - 01. listopada	B3	Nije uvjetovano
A4.	15. travnja - 15. listopada	B4	Nije uvjetovano
A5.	Nije uvjetovano	B5	Nije uvjetovano

U slučaju retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, koje pripadaju jedinstvenom podslivu Zagorske Mrežnice, razdoblja nedopuštenog akumuliranja nisu uvjetovana, izuzevši varijantu B0, u kojoj se ne računa s retencijama u sustavu. U varijantama s neuvjetovanim razdobljima nedopuštenog korištenja, maksimalne dopuštene razine iznose 459.50 m.n.m., za retenciju u Crnačkom, odnosno 489.50 m.n.m. za retenciju u Stajničkom polju.

Ulazni podaci za proračun učinaka retencije Drežničko polje, u razdoblju simulacije od 1989.- 1994., uključuju slijedeće dnevne veličine:

- dotoke iz Drežničkog polja ili doprinos Drežničkog polja dotocima u akumulaciju Sabljaci
- razine i stanja volumena retencije Drežničko polje
- iskoristive protoke Zagorske Mrežnice
- iskoristive protoke HE Gojak
- preljeve Zagorske Mrežnice na brani Sabljaci
- maksimalne dopuštene razine u retenciji i
- protoke Dobre na vodomjernoj postaji "Dani", mjerodavnoj za pregradno mjesto buduće HE Lešće.

Porast iskoristivih protoka Zagorske Mrežnice, odnosno HE Gojak, ostvaruje se forsiranim pražnjenjem predhodno akumuliranog volumena retencije, u razdobljima kada nema preljeva na brani Sabljaci i kada je dnevni radni protok HE Gojak manji od instaliranog. Dakle, vrijede uvjeti:

$$Q_{ps} = 0 ;$$

$$Q_{iG} - Q_{rG} > 0 ;$$

gdje je

Q_{ps} - dnevni preljev na brani Sabljaci (m^3/s),

Q_{iG} - instalirani protok HE Gojak ($Q_{iG} = 50.0 m^3/s$),

Q_{rG} - dnevni radni protok HE Gojak (m^3/s).

Akumulativne sposobnosti retencije ovisne su o razlici dnevnih maksimalno dopuštenih i prirodnih razina, odnosno stanja volumena, pri čemu su karakteristična dva slučaja:

$$H_{dop} - H_{pr} > 0 ; \rightarrow \text{akumuliranje je dopušteno,}$$

$$H_{dop} - H_{pr} = 0 ; \rightarrow \text{akumuliranje nije dopušteno,}$$

gdje je

H_{dop} - maksimalno dopuštena dnevna razina u retenciji (m.n.m.),

H_{pr} - prirodna dnevna razina u retenciji (m.n.m.).

Prema tome, iz predhodnog proizlazi da zadane maksimalno dopuštene razine određuju razdoblja dopuštenog akumuliranja. Naime, u razdobljima nedopuštenog akumuliranja, maksimalno dopuštene i prirodne razine su jednake. Što se tiče mogućnosti i svrhovitosti akumuliranja, odnosno zadržavanja voda u retenciji, u razdobljima dopuštenog akumuliranja, dva su karakteristična slučaja:

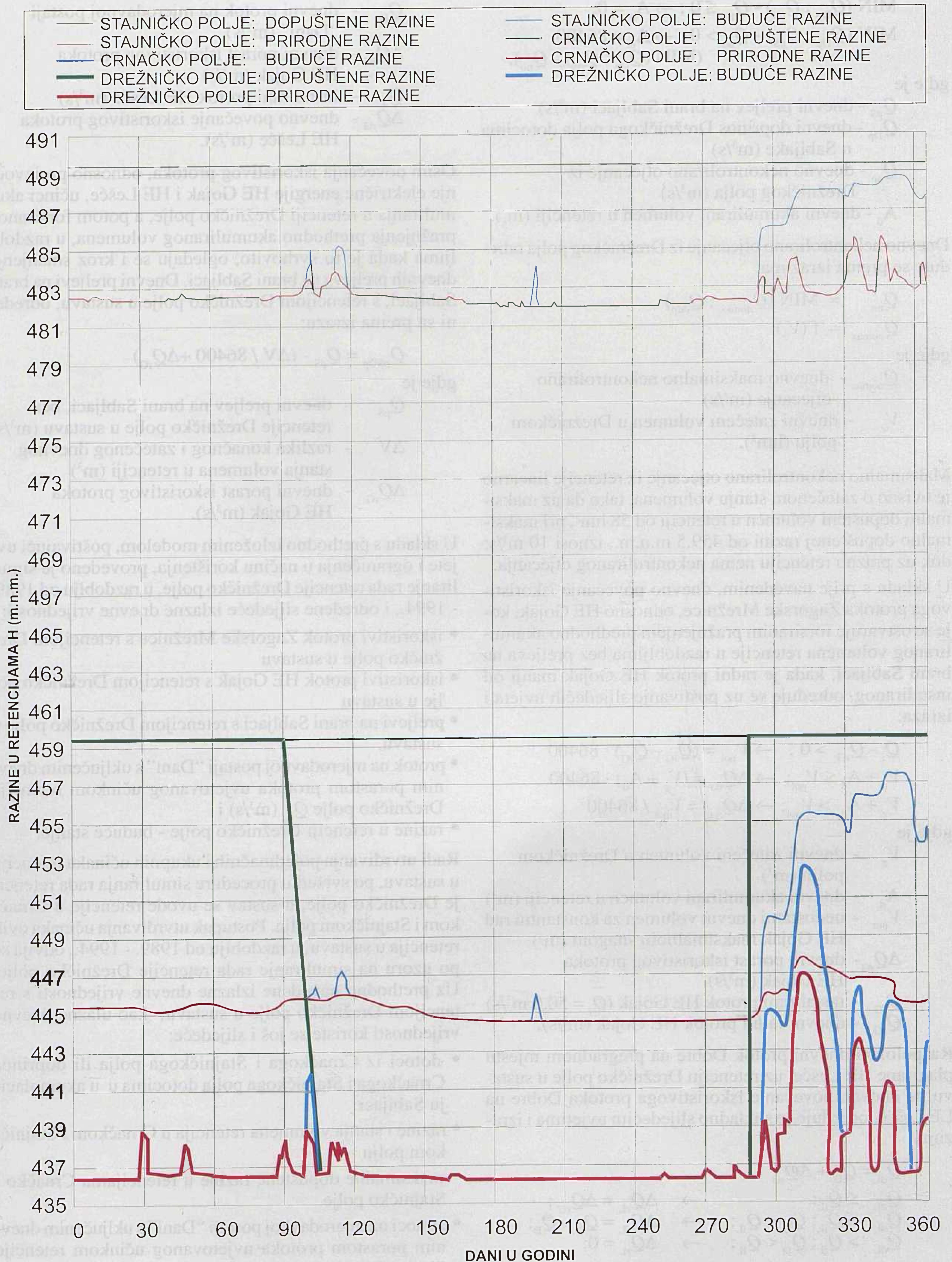
$$Q_{ps} = 0 ; \rightarrow \text{akumuliranje je moguće, ali nije svrhovito}$$

$$Q_{ps} > 0 ; \rightarrow \text{akumuliranje je moguće i svrhovito}$$

gdje je

Q_{ps} - dnevni preljev na brani Sabljaci (m^3/s).

Uz moguće i svrhovito akumuliranje, dnevni akumulirani volumen određuje se prema slijedećim uvjetima:



Slika 2. Prirodne, dopuštene i buduće (simulirane) razine u retencijama 1990. godine

$$\begin{aligned} \text{MIN}(Q_{Dp}; Q_{pS}) - Q_{no} &\leq 0; \rightarrow A_d = 0, \\ \text{MIN}(Q_{Dp}; Q_{pS}) - Q_{no} &> 0; \rightarrow A_d = 86400 \\ &(\text{MIN}(Q_{Dp}; Q_{pS}) - Q_{no}), \end{aligned}$$

gdje je

- Q_{pS} - dnevni preljev na brani Sabljaci (m^3/s)
 Q_{Dp} - dnevni doprinos Drežničkoga polja dotocima u Sabljake (m^3/s)
 Q_{no} - dnevno nekontrolirano otjecanje iz Drežničkog polja (m^3/s)
 A_d - dnevni akumulirani volumen u retenciji (m^3).

Dnevno nekontrolirano otjecanje iz Drežničkog polja određuje se prema izrazima:

$$\begin{aligned} Q_{no} &= \text{MIN}(Q_{nomax}; Q_{ddp}) \\ Q_{nomax} &= f(V_z) \end{aligned}$$

gdje je

- Q_{nomax} - dnevno maksimalno nekontrolirano otjecanje (m^3/s)
 V_z - dnevni zatečeni volumen u Drežničkom polju (hm^3).

Maksimalno nekontrolirano otjecanje iz retencije linearno je ovisno o zatečenom stanju volumena, tako da uz maksimalni dopušteni volumen u retenciji od $58 hm^3$, pri maksimalno dopuštenoj razini od 459.5 m.n.m., iznosi $10 m^3/s$; dok uz praznu retenciju nema nekontroliranog otjecanja.

U skladu s prije navedenim, dnevno povećanje iskoristivoga protoka Zagorske Mrežnice, odnosno HE Gojak, koje se ostvaruje forsiranim pražnjenjem predhodno akumuliranog volumena retencije u razdobljima bez preljeva na brani Sabljaci, kada je radni protok HE Gojak manji od instaliranog, određuje se uz poštivanje slijedećih uvjeta i izraza:

$$\begin{aligned} Q_i - Q_{rG} > 0; &\rightarrow V_{pot} = (Q_{iG} - Q_{rG}) \cdot 86400 \\ V_z + A_d \leq V_{pot}; &\rightarrow \Delta Q_{rG} = (V_z + A_d) \cdot 86400 \\ V_z + A_d > V_{pot}; &\rightarrow \Delta Q_{rG} = V_{pot} / 86400 \end{aligned}$$

gdje je

- V_z - dnevni zatečeni volumen u Drežničkom polju (m^3)
 A_d - dnevni akumulirani volumen u retenciji (m^3)
 V_{pot} - nedostatni dnevni volumen za konstantni rad HE Gojak maksimalnom snagom (m^3)
 ΔQ_{rG} - dnevni porast iskoristivog protoka HE Gojak (m^3/s)
 Q_{iG} - instalirani protok HE Gojak ($Q_i = 50.0 m^3/s$)
 Q_{rG} - dnevni radni protok HE Gojak (m^3/s).

Raspoloživi dnevni protok Dobre na pregradnom mjestu planirane HE Lešće, uz retenciju Drežničko polje u sustavu, te dnevno povećanje iskoristivoga protoka Dobre na LE Lešće, određuje se sukladno slijedećim uvjetima i izrazima:

$$\begin{aligned} Q_{dL} &= Q_D + \Delta Q_{rG} \\ Q_{dL} &\leq Q_{iL}; &\rightarrow \Delta Q_{rL} &= \Delta Q_{rG}; \\ Q_{dL} &> Q_{iL}; Q_D < Q_{iL}; &\rightarrow \Delta Q_{rL} &= Q_{iL} - Q_D; \\ Q_{dL} &> Q_{iL}; Q_D < Q_{iL}; &\rightarrow \Delta Q_{rL} &= 0; \end{aligned}$$

gdje je

- Q_{dL} - dnevni raspoloživi protok na pregradnom mjestu HE Lešće, s retencijom Drežničko polje u sustavu (m^3/s)

- Q_D - dnevni protok na mjerodavnoj postaji "Dani" (m^3/s)
 ΔQ_{rG} - dnevni porast iskoristivog protoka HE Gojak (m^3/s)
 Q_{iL} - instalirani protok HE Lešće (m^3/s)
 ΔQ_{rG} - dnevno povećanje iskoristivog protoka HE Lešće (m^3/s).

Osim povećanja iskoristivog protoka, odnosno proizvodnje električne energije HE Gojak i HE Lešće, učinci akumuliranja u retenciji Drežničko polje, a potom forsiranog pražnjenja prethodno akumuliranog volumena, u razdobljima kada je to svrhovito, ogledaju se i kroz smanjenje dnevnih preljeva na brani Sabljaci. Dnevni preljevi na brani Sabljaci, s retencijom Drežničko polje u sustavu, određeni su prema izrazu:

$$Q_{pSDp} = Q_{pS} - (\Delta V / 86400 + \Delta Q_{rG})$$

gdje je

- Q_{pS} - dnevni preljev na brani Sabljaci, bez retencije Drežničko polje u sustavu (m^3/s)
 ΔV - razlika konačnog i zatečenog dnevnog stanja volumena u retenciji (m^3)
 ΔQ_{rG} - dnevni porast iskoristivog protoka HE Gojak (m^3/s).

U skladu s prethodno izloženim modelom, poštivajući uvjete i ograničenja u načinu korištenja, provedeno je simuliranje rada retencije Drežničko polje, u razdoblju od 1989. - 1994., i određene slijedeće izlazne dnevne vrijednosti:

- iskoristivi protok Zagorske Mrežnice s retencijom Drežničko polje u sustavu
- iskoristivi protok HE Gojak s retencijom Drežničko polje u sustavu
- preljevi na brani Sabljaci s retencijom Drežničko polje u sustavu,
- protok na mjerodavnoj postaji "Dani" s uključenim dnevnim porastom protoka uvjetovanog učinkom retencije Drežničko polje Q_{rL} (m^3/s) i
- razine u retenciji Drežničko polje - buduće stanje.

Radi utvrđivanja pojedinačnih i ukupnih učinaka retencija u sustavu, po svršetku procedure simuliranja rada retencije Drežničko polje, u sustav se uvode retencije u Crnačkom i Stajničkom polju. Postupak utvrđivanja učinaka ovih retencija u sustavu, u razdoblju od 1989. - 1994., odvija se po uzoru na simuliranje rada retencije Drežničko polje. Uz prethodno navedene izlazne dnevne vrijednosti s retencijom Drežničko polje u sustavu, kao ulazne dnevne vrijednosti koriste se još i slijedeće:

- dotoci iz Crnačkoga i Stajničkoga polja ili doprinos Crnačkoga i Stajničkoga polja dotocima u akumulaciju Sabljaci
- razine i stanja volumena retencija u Crnačkom i Stajničkom polju
- maksimalne dopuštene razine u retencijama Crnačko i Stajničko polje
- protoci na mjerodavnoj postaji "Dani" s uključenim dnevnim porastom protoka uvjetovanog učinkom retencije Drežničko polje, Q_{dL} (m^3/s).

Maksimalno nekontrolirano otjecanje iz obiju retencija, kao i u slučaju retencije Drežničko polje, linearno je ovisno o zatečenom stanju volumena. Uz maksimalni dopušteni

ukupni volumen u retencijama, koji pri maksimalnim razinama iznosi 32.06 hm³, maksimalno nekontrolirano otjecanje iz obiju retencija iznosi 5 m³/s; dok uz prazne retencije nema nekontroliranog otjecanja.

Učinci ovih retencija u sustavu, uz prethodno uvedenu retenciju Drežničko polje u sustav, očituju se iz izlaznih rezultata simulacije, u razdoblju od 1989.-1994., koji uključuju:

- dnevni porast iskoristivog protoka Zagorske Mrežnice, odnosno HE Gojak, uvođenjem u sustav retencija u Crnačkom i Stajničkom polju
- dnevne iskoristive protoke Zagorske Mrežnice i HE Gojak sa svim retencijama u sustavu
- dnevne preljeve na brani Sabljci, sa svim retencija u sustavu
- dnevne razine u retencijama Crnačko i Stajničko polje - buduće stanje
- protok na mjerodavnoj postaji "Dani" s uključenim dnevnim porastom protoka uvjetovanog učinkom svih retencija u sustavu i
- dnevno povećanje iskoristivog protoka HE Lešće.

Postave li se za razdoblje od 1989.-1994. godine, u međusobni odnos vrijednosti srednjih godišnjih dotoka Zagorske Mrežnice i povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće utvrđena simulacijom, uz prvenstveno uvedenu retenciju Drežničko polje u sustav i uz bezuvjetna razdoblja korištenja retencije tijekom godine, uz koeficijent korelacije koji iznosi 0.856, vrijedi slijedeći izraz:

$$\Delta Q_{rG(L)} = 0,1829 \cdot Q_{ZM} - 2,0809 ;$$

gdje je

$\Delta Q_{rG(L)}$ - prosječno godišnje povećanje iskoristivog protoka HE Gojak, odnosno HE Lešće, s prvenstveno uvedenom retencijom Drežničko polje u sustav, (m³/s)

Q_{ZM} - prosječni godišnji dotok Zagorske Mrežnice, (m³/s).

Prema prethodnom izrazu, za poznate vrijednosti srednjih godišnjih dotoka Zagorske Mrežnice u razdoblju od 1963.-1994. godine dobiju se odgovarajuće prosječne godišnje vrijednosti povećanja iskoristivog protoka, odnosno prosječno višegodišnje povećanje iskoristivoga protoka HE Gojak i HE Lešće u navedenom razdoblju. Ovo povećanje iskoristivoga protoka u razdoblju od 1963.-1994. godine, veće je od istoga u razdoblju od 1989.-1994. godine za 32,62 %. Uvećaju li se prosječna povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće određena simulacijom u razdoblju od 1989.-1994. godine, za isti postotak i u varijantama s ograničenim korištenjem retencije Drežničko polje, dobiju se odgovarajuća prosječna povećanja iskoristivih protoka u dužem hidrološkom razdoblju od 1963.-1994. godine.

U slučaju prvenstvenog uvođenja u sustav retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, za međusobni odnos vrijednosti srednjih godišnjih dotoka Zagorske Mrežnice i simuliranih povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće u razdoblju od 1989.-1994. godine, uz bezuvjetna razdoblja korištenja ovih retencija, uz koeficijent korelacije koji iznosi 0.714, vrijedi slijedeći izraz:

$$\Delta Q_{rG(L)} = 0,2167 \cdot Q_{ZM} - 2,9881 ;$$

gdje je

$\Delta Q_{rG(L)}$ - prosječno godišnje povećanje iskoristivog protoka HE Gojak, odnosno HE Lešće, s prvenstveno uvedenim retencijama Crnačko i Stajničko polje u sustav, (m³/s)

Q_{ZM} - prosječni godišnji dotok Zagorske Mrežnice, (m³/s).

Odrede li se vrijednosti prosječnih godišnjih povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće prema prethodnom izrazu, za poznate srednje godišnje dotoke Zagorske Mrežnice u dužem hidrološkom razdoblju od 1963.-1994. godine, prosječno povećanje iskoristivog protoka, u odnosu na razdoblje od 1989.-1994. godine, iznosi 45.67 %. Uvećanjem za ovaj postotak simuliranih vrijednosti prosječnih povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće, u razdoblju od 1989.-1994. godine, u varijantama s uvedenim retencijama Crnačko i Stajničko polje nakon uvedene u sustav retencije u Drežničkom polju, dobiju se prosječna povećanja iskoristivih protoka, kao posljedica uvođenja u sustav retencija Crnačko i Stajničko polje, u dužem hidrološkom razdoblju od 1963.-1994. godine. Tako su za razdoblje simulacije 1989.-1994., i za duže hidrološko razdoblje od 1963.-1994. godine, utvrđeni pojedinačni efekti uvođenja retencija u sustav, koji se ogledaju kroz prosječna povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće, pri čemu je u svim promatranim varijantama računato s prvenstvenim uvođenjem u sustav retencije Drežničko polje.

Pojedinačni i ukupni energetske doprinosi retencija u sustavu, u razdoblju od 1989.-1994., odnosno od 1963.-1994. godine, uz poznate prosječne godišnje proizvodnje električne energije, iskoristive protoke i povećanja iskoristivih protoka HE Gojak, odnosno HE Lešće, iznose:

$$\Delta W_{G(L)} = W_{ukG(L)} \cdot \Delta Q_{rG(L)} / Q_{rG(L)}$$

gdje je

$\Delta W_{G(L)}$ - prosječni godišnji energetske doprinos na HE Gojak odnosno na HE Lešće, s retencijama u sustavu (GWh)

$W_{ukG(L)}$ - prosječna godišnja proizvodnja električne energije HE Gojak, odnosno HE Lešće, bez retencija u sustavu (GWh)

$\Delta Q_{rG(L)}$ - porast prosječno iskoristivog protoka HE Gojak, odnosno HE Lešće, s retencijama u sustavu (m³/s) i

$Q_{rG(L)}$ - prosječni iskoristivi protok HE Gojak, odnosno HE Lešće, bez retencija u sustavu (m³/s).

3.2. Simuliranje forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice

Simuliranje forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice praktično se svodi na proračun povećanja iskoristivih protoka Zagorske Mrežnice na HE Gojak, odnosno na HE Lešće, na račun smanjenja iskoristivih protoka Dobre, odnosno preljeva na brani Sabljaci; u odnosu na sadašnji način rukovanja kojim se preferira korištenje raspoloživoga protoka Dobre. Prema tome, i u jednom i drugom slučaju, zbirne vrijednosti prosječnih dnevnih iskoristivih protoka Mrežnice i Dobre na HE Gojak su jednake, kao i zbirne vrijednosti preljeva na branama Sabljaci i Bukovnik. Kako su, u oba slučaja, ukupni dotoci Dobre raspoloživi na

HE Lešće, zapravo, forsiranim korištenjem Zagorske Mrežnice dio preljevni voda na brani Sabljaci usmjeruje se na HE Gojak, pri čemu se ujedno povećavaju raspoloživi dotoci na HE Lešće.

Simuliranje forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, sa svim retencijama u sustavu odnosi se na razdoblje od 1989.-1994. godine, dok se simuliranje forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice bez retencija u sustavu odnosi na razdoblje od 1963.-1994. godine, što uključuje i prethodno navedeno razdoblje. Zato se ulazne dnevne vrijednosti razlikuju po varijantama, odnosno razdobljima nedopuštenog korištenja retencija, što praktično znači da se simuliranje provodi uz uključene sve retencije u sustav ili bez njih. Ove ulazne dnevne vrijednosti čine:

- preljevi Zagorske Mrežnice na brani Sabljaci
- preljevi Gornje Dobre na brani Bukovnik
- iskoristiv protoci Zagorske Mrežnice na HE Gojak
- iskoristiv protoci Gornje Dobre na HE Gojak, i
- protoci Donje Dobre na mjerodavnoj vodomjernoj postaji Dani.

Povećanje iskoristivih protoka HE Lešće, zbog forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, jednako je minimalnoj vrijednosti mogućeg, svrhovitog i dopuštenog povećanja iskoristivih protoka Zagorske Mrežnice na HE Gojak, za vrijeme preljeva na brani Sabljaci i u slučaju kada su dnevne vrijednosti protoka Donje Dobre na vodomjernoj postaji Dani manje od instaliranog protoka HE Lešće (120 m³/s) i kada je ujedno preljev Gornje Dobre na brani Bukovnik manji od granične veličine propusnosti Đulina ponora koja se procjenjuje na 70 m³/s.

Moguće povećanje iskoristivog protoka HE Lešće ovisno je o veličini preljeva na brani Sabljaci i iskoristivog protoka Dobre na HE Gojak uz sadašnji način korištenja dotoka, odnosno jednako je njihovoj minimalnoj vrijednosti, kako slijedi iz izraza:

$$Q_{ps} > 0; \rightarrow \Delta Q_{mL} = \text{MIN}(Q_{ps}; Q_{rD});$$

$$Q_{ps} = 0; \rightarrow \Delta Q_{mL} = 0;$$

gdje je

ΔQ_{mL} - moguće dnevno povećanje iskoristivoga protoka HE Lešće (m³/s)

Q_{ps} - dnevni preljev na brani Sabljaci, sa ili bez retencija u sustavu (m³/s)

Q_{rD} - dnevni iskoristivi protok Dobre na HE Gojak, uz sadašnji način korištenja dotoka (m³/s).

Svrhovito je povećanje iskoristivoga protoka Zagorske Mrežnice, odnosno HE Lešće, samo u slučaju kada je dnevni protok na mjerodavnoj vodomjernoj postaji Dani manji od instaliranog protoka HE Lešće:

$$Q_{iL} - Q_{Di} > 0; \rightarrow \Delta Q_{sL} = Q_{iL} - Q_{Di};$$

$$Q_{iL} - Q_{Di} \leq 0; \rightarrow \Delta Q_{sL} = 0;$$

gdje je

Q_{iL} - instalirani protok HE Lešće (120 m³/s)

Q_{Di} - dnevni protok na vodomjernoj postaji "Dani", sa ili bez retencija u sustavu (m³/s), (m³/s)

ΔQ_{sL} - svrhovito dnevno povećanje iskoristivoga protoka HE Lešće (m³/s).

Dopušteno je povećanje iskoristivoga protoka Zagorske Mrežnice, odnosno HE Lešće, samo u slučaju kada je razlika između granične propusnosti Đulina ponora (70.0 m³/s) i preljeva Dobre na brani Bukovnik, uz sadašnji način korištenja dotoka, veća od nule:

$$Q_{gDp} - Q_{pB} > 0; \rightarrow \Delta Q_{gL} = Q_{gDp} - Q_{pB};$$

$$Q_{gDp} - Q_{pB} \leq 0; \rightarrow \Delta Q_{gL} = 0;$$

gdje je

Q_{gDp} - granična propusnost Đulina ponora (m³/s)

Q_{pB} - dnevni preljev na brani Bukovnik (m³/s)

ΔQ_{gL} - dopušteno dnevno povećanje iskoristivoga protoka HE Lešće (m³/s).

Prema tome, uz ispunjene uvjete o mogućem, svrhovitom i dopuštenom povećanju iskoristivog protoka HE Lešće, veličina dnevnog povećanja određuje se kako slijedi:

$$(Q_{ps}; Q_{iL} - Q_{Di}; Q_{gDp} - Q_{pB}) > 0; \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta Q_{rL} = \text{MIN}(\Delta Q_{mL}; \Delta Q_{sL}; \Delta Q_{gL})$$

Ukoliko nije ispunjen bilo koji od navedenih uvjeta nema ni dnevnoga povećanja iskoristivog protoka na HE Lešće, što znači da forsirano korištenje Zagorske Mrežnice nije moguće, nije svrhovito ili nije dopušteno, već se raspoloživi dotoci koriste tako da se prvenstveno koristi Dobra iz akumulacije Bukovnik.

Prema tome, forsiranim korištenjem Zagorske Mrežnice, odnosno privođenjem dijela preljevni voda Zagorske Mrežnice korištenju na HE Gojak i HE Lešće, na račun povećanja preljeva Dobre na brani Bukovnik, ili bolje rečeno, pretvorbom dijela iskoristivih protoka Dobre u preljeve, ostvaruju se energetske učinci na HE Gojak i HE Lešće. Ovi učinci rezultiraju smanjenju proizvodnje električne energije HE Gojak i povećanju proizvodnje HE Lešće. Za slučajeve kada su predhodno navedeni uvjeti ispunjeni, prosječni dnevni gubitak energije HE Gojak, određen je prema izrazima:

$$\Delta W_G = (Q_{rM} + \Delta Q_{rM}) \cdot 8.5 \cdot 24 \cdot \Delta h \quad (\text{kWh/dan});$$

$$\Delta h = ((Q_{rM} + \Delta Q_{rM})^2 - Q_{rM}^2) \cdot \alpha \quad (\text{m});$$

gdje je

Q_{rM} - srednji dnevni iskoristivi protok Zagorske Mrežnice na HE Gojak, uz sadašnji način korištenja dotoka, bez retencija u sustavu (m³/s)

ΔQ_{rM} - srednji dnevni porast iskoristivog protoka Zagorske Mrežnice, uz forsirano korištenje, bez retencija u sustavu (m³/s)

Δh - srednji dnevni porast hidrauličkih gubitaka na dovodnom tunelu između brana Sabljaci i Bukovnik i

α - koeficijent hidrauličkih gubitaka za dovodni tunel između brana Sabljaci i Bukovnik ($\alpha=0.0018919$).

Prosječni dnevni energetske doprinos na HE Lešće, određen je prema izrazima:

$$\Delta W_L = \frac{\Delta V_L \cdot H_n \cdot \eta_a}{367} \quad (\text{kWh/dan});$$

$$\Delta V_L = 86400 \cdot \Delta Q_{rM} \quad (\text{m}^3);$$

$$H_n = (H_{GV} - H_{DV}) - \alpha \cdot (Q_{iL}/2)^2 \quad (\text{m});$$

$$\eta_a = f(Q_{iL}/2; H_n)$$

gdje je

ΔV_L - srednji dnevni porast iskoristivoga volumena HE Lešće, uz forsirano korištenje Z. Mrežnice (m^3/s)

ΔQ_{rM} - srednji dnevni porast iskoristivog protoka HE Lešće, uz forsirano korištenje Zagorske Mrežnice (m^3/s)

H_n - neto pad uz vršni rad HE Lešće (m)

H_{GV} - kota gornje vode uz dnevno izravnjanje protoka (m.n.m.),

H_{DV} - kota donje vode uz instalirani protoka HE Lešće odnosno uz vršni rad (m.n.m.)

α - koeficijent hidrauličkih gubitaka ($\alpha=0.00020333$),

Q_{iL} - instalirani protok HE Lešće ($Q_{iL}=120 m^3/s$) i

η_a - stupanj korisnog učinka agregata.

U skladu s predhodnim uzrazima, određeni su prosječni godišnji gubici energije na HE Gojak, te prosječni energetski doprinosi na HE Lešće, u razdoblju od 1963.-1994. godine, što uključuje i razdoblje od 1989.-1994. godine. Uz to određena su prosječna povećanja iskoristivih protoka HE Lešće. Energetski učinci forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, bez retencija u sustavu, u razdoblju 1963.-1994. godine, veći su za 24,67% na HE Gojak, odnosno za 20,27% na HE Lešće, u odnosu na iste u razdoblju 1989.-1994. godine; dok je povećanje iskoristivoga protoka na HE Lešće veće za 20,13%.

Uvođenjem svih retencija u sustav, bilo je moguće, iz prije navedenih razloga, uz povećanja iskoristivoga protoka

HE Lešće, odrediti ove energetske efekte samo u razdoblju 1989.-1994. godine. Njihovim uvećanjem za navedene, odgovarajuće postotke u slučaju HE Gojak, odnosno HE Lešće, određeno je prosječno povećanje iskoristivoga protoka HE Lešće i energetski efekti na obje hidroelektrane, kao posljedica forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, u razdoblju od 1963.-1994. godine, s retencijama u sustavu.

3.3. Energetski učinci

Energetski učinci retencija i forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice u sustavu HE Gojak i HE Lešće, pregledno su prikazani u tablici 3. U razdoblju 1963.-1994. godine, prosječno povećanje iskoristivoga protoka HE Gojak i HE Lešće, ostvareno prvenstvenim uvođenjem u sustav retencije Drežničko polje, ovisi o varijantnim ograničenjima korištenja retencije tijekom godine, a kreće se između 0.89 i 2.05 m^3/s . Prosječni ukupni godišnji energetski doprinos ove retencije, na HE Gojak i HE Lešće, u istom razdoblju iznosi između 10.06 i 13.28 GWh, za varijante s ograničenim korištenjem (varijante A1-A4), dok za varijantu s dopuštenim korištenjem retencije tijekom čitave godine iznosi 23.19 GWh (varijanta A5). Simuliranim uvođenjem u sustav retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, kojemu prethodno uvođenje u sustav retencije Drežničko polje, učinci ovih retencija, u smislu povećanja prosječnih iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće, također su ovisni o ograničenjima u korištenju retencije Drežničko polje, tako da je prosječno godišnje povećanje iskoristivoga protoka, u

Tablica 3. Pojedinačni ukupni rezultati simulacije rada retencija i forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, uz prvenstveno uvođenje u sustav retencije Drežničko polje

Efekti retencija forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice	Varijante i razdoblja nedopuštenog korištenja retencija u sustavu		Povećanje iskoristivoga protoka u razdoblju 1989-1994. godine		Povećanje iskoristivoga protoka u razdoblju 1963-1994. godine		Prosječni godišnji energetski doprinosi u razdoblju 1989-1994. godine			Prosječni godišnji energetski doprinosi u razdoblju 1963-1994. godine		
			HE Gojak	HE Lešće	HE Gojak	HE Lešće	HE Gojak	HE Lešće	Ukupno	HE Gojak	HE Lešće	Ukupno
	Varijanta	Razdoblje	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	GWh/god	GWh/god	GWh/god	GWh/god	GWh/god	GWh/god
Efekti uvođenja u sustav Drežničkog polja	A 0	01. 01. - 31. 12.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	A 1	01. 04. - 01. 11.	0,669	0,669	0,887	0,887	5,667	1,921	7,588	7,521	2,538	10,059
	A 2	01. 04. - 15. 10.	0,863	0,863	1,145	1,145	7,315	2,480	9,794	9,708	3,276	12,984
	A 3	01. 04. - 01. 10.	0,868	0,868	1,152	1,152	7,357	2,494	9,851	9,765	3,295	13,060
	A 4	15. 04. - 15. 10.	0,883	0,883	1,171	1,171	7,479	2,535	10,014	9,926	3,350	13,276
	A 5	Nije uvjetovano	1,542	1,542	2,045	2,045	13,066	4,429	17,495	17,341	5,852	23,194
Efekti uvođenja u sustav crnačkoga i stajničkoga polja	B 0	01. 01. - 31. 12.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	B 1	Nije uvjetovano	1,183	1,183	1,724	1,724	10,024	3,398	13,422	14,613	4,932	19,544
	B 2	Nije uvjetovano	1,128	1,128	1,643	1,643	9,555	3,239	12,794	13,929	4,701	18,630
	B 3	Nije uvjetovano	1,125	1,125	1,639	1,639	9,531	3,231	12,762	13,895	4,689	18,584
	B 4	Nije uvjetovano	1,119	1,119	1,630	1,630	9,479	3,213	12,693	13,819	4,664	18,483
	B 5	Nije uvjetovano	1,051	1,051	1,531	1,531	8,902	3,018	11,919	12,977	4,380	17,357
Sumarni efekti uvođenja u sustav drežničkoga, crnačkoga i stajničkoga polja	AB 0	A 0 + B 0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	AB 1	A 1 + B 1	1,852	1,852	2,611	2,611	15,691	5,319	21,010	22,134	7,470	29,604
	AB 2	A 2 + B 2	1,991	1,991	2,788	2,788	16,869	5,718	22,588	23,637	7,977	31,614
	AB 3	A 3 + B 3	1,994	1,994	2,791	2,791	16,889	5,725	22,614	23,660	7,985	31,644
	AB 4	A 4 + B 4	2,002	2,002	2,801	2,801	16,958	5,749	22,707	23,745	8,014	31,759
	AB 5	A 5 + B 5	2,593	2,593	3,576	3,576	21,968	7,447	29,414	30,318	10,232	40,550
Separatni efekti forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice s S retencijama u sustavu	C 0	A 0 + B 0	0,000	2,391	0,000	2,873	-1,046	6,844	5,799	-1,304	8,232	6,928
	C 1	A 1 + B 1	0,000	1,952	0,000	2,345	-0,796	5,587	4,792	-0,992	6,720	5,728
	C 2	A 2 + B 2	0,000	1,854	0,000	2,227	-0,750	5,306	4,556	-0,935	6,381	5,446
	C 3	A 3 + B 3	0,000	1,851	0,000	2,224	-0,749	5,299	4,550	-0,934	6,373	5,439
	C 4	A 4 + B 4	0,000	1,828	0,000	2,196	-0,742	5,232	4,490	-0,925	6,292	5,368
	C 5	A 5 + B 5	0,000	1,607	0,000	1,931	-0,633	4,601	3,967	-0,789	5,533	4,744
Ukupni efekti u sustavu s retencijama i uz forsirano korištenje Zagorske Mrežnice	ABC 0	A 0 + B 0	0,000	2,391	0,000	2,873	-1,046	6,844	5,799	-1,304	8,232	6,928
	ABC 1	A 1 + B 1	1,852	3,804	2,611	4,955	14,895	10,906	25,801	21,142	14,190	35,332
	ABC 2	A 2 + B 2	1,991	3,845	2,788	5,015	16,120	11,024	27,144	22,702	14,358	37,061
	ABC 3	A 3 + B 3	1,994	3,845	2,791	5,015	16,140	11,024	27,164	22,726	14,358	37,084
	ABC 4	A 4 + B 4	2,002	3,830	2,801	4,997	16,217	10,981	27,197	22,821	14,306	37,127
	ABC 5	A 5 + B 5	2,593	4,200	3,576	5,507	21,334	12,047	33,382	29,529	15,765	45,294

razdoblju 1963.-1994. godine, najveće u varijanti B1 (1,724 m³/s) kojoj prethodi uključenje u sustav Drežničkoga polja prema varijanti A1, s najdužim razdobljem nedopuštenog korištenja ove retencije. Najmanji učinak retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, u smislu prosječnog godišnjeg povećanje iskoristivog protoka je u varijanti B5 (1.531 m³/s), kojoj prethodi uključenje u sustav Drežničkoga polja prema varijanti A5, s neograničenim razdobljem korištenja ove retencije. Ukupni energetske doprinosi uvođenja u sustav retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, na HE Gojak i HE Lešće, nakon uvođenja u sustav retencije Drežničko polje, u razdoblju od 1963.-1994. godine, iznose između 19.54 (varijanta B1) i 17.36 GWh (varijanta B5). Ukupni učinci svih retencija u sustavu, što se tiče prosječnog povećanja iskoristivih protoka HE Gojak i HE Lešće, u razdoblju 1963.-1994. godine, iznose između 2.61, za varijantu AB1 i 3.58 m³/s, za varijantu AB5. Prosječni godišnji energetske doprinosi kreću se u granicama od 29.60 do 31.76 GWh, za varijante AB1-AB4 u kojima se retencija Drežničko polje koristi ograničeno, dok se za varijantu AB5, s neograničenim korištenjem svih retencija u sustavu tijekom godine, postiže najveći energetske doprinos od 40.55 GWh.

Separatni učinci forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, najveći su u varijanti C0, koja ne uključuje retencije u sustavu. U tom slučaju, prosječno povećanje iskoristivoga protoka HE Lešće, u razdoblju od 1963.-1994. godine, iznosi 2.39 m³/s, a prosječni godišnji energetske doprinos u sustavu HE Gojak i HE Lešće iznosi 6.93 GWh. Uvođenjem retencija u sustav, prosječna godišnja povećanja iskoristivih protoka HE Lešće, ovisna o varijantama ograničenja u korištenju retencije Drežničko polje, iznose između 1.95, za varijantu C1 i 1.61 m³/s, za varijantu C5, dok se prosječni godišnji energetske doprinosi u sustavu kreću u granicama između 5.73 i 4.74 GWh.

Optimalnim korištenjem i upravljanjem vodama u sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre, u razdoblju od 1963.-1994. godine, odnosno uvođenjem u sustav svih retencija uz forsirano korištenje Zagorske Mrežnice, moguće je postići značajno smanjenje preljeva u sustavu, te ostvariti prosječni godišnji energetske doprinos koji, ovisno o ograničenjima u korištenju retencije Drežničko polje, iznosi između 35.33 i 45.29 GWh. Što se tiče ograničenja u korištenju retencija tijekom godine, pretpostavka je da ona neće biti uvjetovana u slučaju retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, dok se u slučaju retencije Drežničko polje, u skladu s rezultatima javnog uvida u Konačnu studiju utjecaja retencije na okoliš, očekuje uvjetovano nedopušteno korištenje ove retencije u razdoblju od 15. travnja do 15. listopada. Dakle, riječ je o varijanti A4, odnosno o varijanti ABC4, gledajući sumarne učinke svih retencija uz forsirano korištenje Zagorske Mrežnice. To znači da je realno, u razdoblju od 1963.-1994. godine, računati s prosječnim godišnjim energetske doprinosom optimalnog korištenja i upravljanja vodama u sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre, u iznosu od 37.13 GWh.

4. ENERGETSKO-GOSPODARSKA USPJEŠNOST I KOMPARATIVNE PREDNOSTI PLANIRANIH POTHVATA

Uz utvrđene ili procijenjene troškove izgradnje i prosječni godišnji energetske doprinos od 37.13 GWh, te uz pret-

postavljene uvjete financiranja, učinjena je preliminarna energetske-gospodarska analiza planiranih pothvata u slivu Zagorske Mrežnice i Dobre. Kao mjera uspješnosti usvojene su proizvodne cijene električne energije za razdoblje od 25, odnosno 50 godina, računajući od puštanja objekata u pogon.

Troškovi izgradnje:

• Retencija Drežničko polje	6,424.200 USD
• Retencije u Crnačkom i Stajničkom polju	9,240.000 USD
• Objekti i oprema za uspostavu informacijskog sustava za upravljanje vodama u slivu Zagorske Mrežnice i Dobre	1,700.000 USD
Ukupno:	17,364.200 USD

Troškovi izgradnje utvrđeni su procjenom, izuzevši retenciju Drežničko polje za koju su utemeljeni na izrađenom idejnom rješenju. U strukturi ukupnih troškova graditeljski radovi čine 70 %, hidromehanička oprema 6 %, elektrostrojarska i druga oprema 10 %, te ostali troškovi 14 %. Uvjeti financiranja:

- Izgradnja se financira iz kredita s rokom otplate od 15 godina i uz kamatnu stopu od 7, odnosno od 9 %.
- Zamjena elektrostrojarske i hidromehaničke opreme financira se iz amortizacije, nakon 25, odnosno 35 godina od puštanja objekata u pogon.
- Otplate glavnice financira se kroz razdoblje otplate kredita iz amortizacije, pri čemu se, u slučaju nedostatnog iznosa amortizacije izdvaja povećani iznos na koji se plaća porez u iznosu od 25 %.

Materijalni troškovi, amortizacija, nematerijalni troškovi, broj i plaće zaposlenih i ostali rashodi financiranja proračunati su sukladno elektroprivrednoj praksi i zakonskim propisima.

Uz poznata ulaganja kao i druge ulazne veličine, za projekte hidroelektrana koji se u Hrvatskoj elektroprivredi smatraju uspješnijim, učinjeni su preliminarni proračuni rashoda i proizvodnih cijena električne energije, tako da je u smislu načina proračuna i uvjeta financiranja usvojen jedinstven pristup, kao i u slučaju planiranih pothvata u sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre (tabl. 4.). Rezultati ukazuju da je izgradnja retencija u Drežničkom, Crnačkom i Stajničkom polju, uz forsirano korištenje Zagorske Mrežnice, svrhovita te da se prema bonitetu može svrstati uz planirani projekt retencije Čaprazlije, u sustavu HE Orlovac. To upućuje na zaključak da je energetske najisplativije privođenje korištenju voda već izgrađenim hidroelektranama. Svi ostali hidroenergetske projekti, naročito neki kojima se u pripremi neopravdano daje poseban prioritet, znatno su lošijeg boniteta, o čemu bi ubuduće trebalo povesti više računa, kada je u pitanju izbor prioriteta razvoja i pripreme projekata. Energetske-gospodarske uspješnost planiranih projekata retencija u slivu Zagorske Mrežnice uz njeno forsirano korištenja na HE Gojak, značajno je ovisna o realizaciji projekta HE Lešće. To se ogleda kroz energetske doprinos na HE Lešće koji, u slučaju varijante ABC4, iznosi 13.38 GWh/god., ili 36 % ukupnog energetske doprinos, od čega retencije doprinose 8.01, a forsirano korištenje Zagorske Mrežnice 5.37 GWh/god. Zato bi bilo racionalno do svršetka izgradnje HE Lešće ubrzati

Tablica 4. Energetsko-gospodarski pokazatelji planiranih projekata

Objekt	Investicije		Kamatna Stopa (%)	Prosječna Godišnja proizvodnja (GWh)	Proizvodne cijene energije			
	Ukupni Iznos (USD)	Energetski dio (USD)			Nominalne		Diskontirane	
					1-25 godine (cts/kWh)	1-50 godine (cts/kWh)	1-25 godine (cts/kWh)	1-50 godine (cts/kWh)
Retencija čaprazlije	39,200.000	39,200.000	7,00 9,00	81,12	5,29 5,70	3,80 4,01	6,12 6,86	5,52 6,38
HE Novo Virje	493,500.000	419,475.000	7,00 9,00	641,00	6,60	4,85	7,74	7,01
HE Ombla	100,000.000	100,000.000	7,00 9,00	156,30	6,66 7,21	4,97 5,24	7,76 8,74	7,06 8,17
HE Podsused	167,600.000	144,136.000	7,00 9,00	215,20	6,96 7,54	5,20 5,49	8,12 9,15	7,39 8,55
HE Miljacka	112,670.000	112,670.000	7,00 9,00	164,20	7,14 7,73	5,40 5,70	8,32 9,37	7,61 8,78
HE Drenje	147,080.000	129,430.000	7,00 9,00	185,20	7,27 7,87	5,42 5,72	8,48 9,55	7,72 8,93
HE Lešće	76,479.000	76,479.000	7,00 9,00	94,00	8,39 9,08	6,11 6,46	9,78 11,02	8,84 10,26
Ak. i HE Kosinj	250,000.000	250,000.000	7,00 9,00	264,50	9,30 10,11	6,59 6,99	10,95 12,40	9,84 11,51
HE Krčić Donji	32,380.000	32,380.000	7,00 9,00	33,00	10,62 11,46	8,16 8,58	12,30 13,80	11,28 12,96
Objekti za optimalno korištenje i upravljanje vodama Zagorske Mrežnice i dobre	17,364.200	17,364.200	7,00 9,00	37,13*	5,34 5,74	4,02 4,22	6,16 6,88	5,62 6,44

* Energetski doprinos retencija uz forsirano korištenja Zagorske Mrežnice i uz ograničeno korištenje retencije Drežničko polje, s razdobljem nedopuštenog korištenja od 15. travnja do 15. listopada

pripremu izgradnje te realizirati planirane projekte retencija.

moćne ako bi se odmah pristupilo s pripremom izgradnje ovih retencija.

5. ZAKLJUČAK

Izgradnjom retencija u slivu Zagorske Mrežnice, uz njeno forsirano korištenje na HE Gojak, moguće je ostvariti optimalno korištenje i upravljanje vodama u hidroenergetskom sustavu Zagorske Mrežnice i Dobre, te umanjiti prosječne godišnje preljeve Zagorske Mrežnice za 4.98 m³/s, a prosječne godišnje preljeve u sustavu za 2.80 m³/s, pri čemu razlika navedenih vrijednosti predstavlja povećanje preljeva Dobre na brani Bukovnik. To bi rezultiralo ostvarenju ukupnog prosječnog godišnjeg energetskog doprinosa, u razdoblju od 1963.-1994. godine, na postojećaj HE Gojak i planiranoj HE Lešće, u iznosu od 37.13 GWh. Energetsko-gospodarske karakteristike ovoga projekta pokazuju visok stupanj uspješnosti, te bi mu u odnosu na druge planirane projekte, u smislu pripreme i realizacije, trebalo posvetiti veću pozornost i dati odgovarajući prioritet.

Kako ukupni energetski doprinos u sustavu značajno ovisi o izgradnji HE Lešće, bilo bi racionalno ovaj projekt realizirati paralelno s izgradnjom HE Lešće. S obzirom na donošenje odluke za izgradnju HE Lešće, koja se očekuje uskoro i planirani rok izgradnje od 3.5 godine, to bi bilo

LITERATURA

- [1] PREDIĆ i suradnici: "Izveštaj o kompleksnom ispitivanju HE Gojak", Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Zavod za hidrauliku, Beograd, 1986.
- [2] A. RUSSO, N. ŠIMUNDIĆ: "Izveštaj o određivanju kapaciteta Đulina ponora i pretponorskog retencionog prostora, pri pojavi preljevnih voda na brani Bukovnik u svibnju 1987. godine", Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1987.
- [3] D. ŽDERIĆ: "Retencija Drežničko polje - Idejno rješenje", Elektroprojekt, Zagreb, 1989.
- [4] K. PLANTIĆ: "Hidrološke analize, verifikacija matematičkog modela otjecanja na slivu Zagorske Mrežnice, te novelacija podloga za potrebe Prethodne studije utjecaja na okolinu retencije Drežničko polje", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. - Zagreb, 1996.
- [5] M. PETRIČEC, N. ŠIMUNDIĆ, K. PLANTIĆ: "Proračun mogućeg povećanja dotoka na pregradnom mjestu HE Lešće", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. - Zagreb, 1996.
- [6] V. SEČEN: "Retencija Drežničko polje - Prethodna studija utjecaja na okoliš", Elektroprojekt d.d., Zagreb, 1997.
- [7] M. PETRIČEC, N. ŠIMUNDIĆ: "Proračun energetskog doprinosa retencije Drežničko polje u slivu HE Gojak", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. - Zagreb, 1997.

- [8] K. PLANTIĆ: "Hidrološko bilanciranje HE Gojak i utvrđivanje nizova dnevnih protoka", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. - Zagreb, 1997.
- [9] N. ŠIMUNDIĆ: "Energetski efekti retencija u Crnačkom i Stajničkom polju, uz prvenstveno uvođenje u sustav retencije Drežničko polje", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1997.
- [10] V. SEČEN: "Retencija Drežničko polje - Konačna studija utjecaja na okoliš", Elektroprojekt d.d., Zagreb, 1998.
- [11] K. PLANTIĆ: "Procjena energetskog doprinosa na HE Gojak uslijed brtvljenja ponora u Drežničkom polju", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. - Zagreb, 1998.
- [12] N. ŠIMUNDIĆ: "Energetski efekti na HE Lešće i HE Gojak uslijed forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, s retencijama u sustavu", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1998.

OPTIMAL USAGE AND MANAGEMENT OF ZAGORSKA MREŽNICA AND DOBRA HYDROENERGY SYSTEM

Simulating the usage of the Drežničko, Crnačko and Stajničko field retention with a different manner of water system management, energy effects on the existing HPP Gojak and planned HPP Lešće are determined and energy and economy successfulness as well as comparable advantages of this project realisation are pointed out.

VERWALTUNG UND OPTIMALE NUTZUNG DER GEWÄSSER IM HYDROENERGETISCHEN SYSTEM DER FLÜSSE "ZAGORSKA DOBRA" UND "MREŽNICA"

Durch Nachahmung der Nutzung von Aufhaltebecken in Karstfeldern "Drežničko", "Crnačko" und "Stajničko" sind, bei geänderter Verwaltung von Gewässern im System, energetische Effekte im bestehenden Wasserkraftwerk "Gojak" und im künftigen "Lešće" festgestellt worden. Man hat auf energetisch-wirtschaftliche Gedeihung und Vergleichsvorzüge der Verwirklichung dieses Vorhabens aufgewiesen.

Naslov pisca:

Nedjeljko Šimundić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Sektor za razvoj
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-03-20

možda ako bi se ostvarila mogućnost uvođenja ovih retencija

LITERATURA

- [1] PREDIĆ, M. "Izjava o kompleksnom razvoju HE Gojak, Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 1996.
- [2] A. LEŠĆO, N. ŠIMUNDIĆ: "Izjava o kompleksnom razvoju HE Gojak, Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 1997.
- [3] V. SEČEN: "Retencija Drežničko polje - Izborno rješenje", Elektroprojekt d.d., Zagreb, 1998.
- [4] K. PLANTIĆ: "Hidrološko bilanciranje HE Gojak i utvrđivanje nizova dnevnih protoka", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 1997.
- [5] M. PETRIČIĆ, N. ŠIMUNDIĆ, K. PLANTIĆ: "Procjena doprinosa HE Gojak uslijed brtvljenja ponora u Drežničkom polju", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 1998.
- [6] V. SEČEN: "Retencija Drežničko polje - Izborno rješenje", Elektroprojekt d.d., Zagreb, 1997.
- [7] M. PETRIČIĆ, N. ŠIMUNDIĆ: "Procjena doprinosa HE Gojak uslijed forsiranog korištenja Zagorske Mrežnice, s retencijama u sustavu", Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb, 1998.

3. ZAKLJUČAK

Izgradnjom retencija u slivu Zagorske Mrežnice, uz uvođenje forsiranog korištenja na HE Gojak, moguće je ostvariti optimalno korištenje i upravljanje vodama u hidroenergetskom sustavu Zagorske Mrežnice i Dobra, te umanjiti prosječne godišnje gubitke Zagorske Mrežnice za 4,98 m³/s, u prosječnom godišnjem protoku u sustavu za 2,80 m³/s. Ovim načinom ostvarenih ušteda predstavlja povećanje protoka Dobra na brati Bolevnik. To bi rezultiralo ostvarenju ukupnog prosječnog godišnjeg energetskog doprinosa u razdoblju od 1993.-1994. godine, na postojajućem Gojak i planiranoj HE Lešće, u iznosu od 37,13 GWh. Energetsko-gospodarske karakteristike ovoga projekta pokazuju visok stupanj uspjeha, te bi mu u odnosu na druge planirane projekte, u smislu pripreme i realizacije, trebalo posvetiti veću pozornost i dati odgovarajući prioritet. Kako ukupni energetski doprinos u sustavu značajno ovisi o izgradnji HE Lešće, bilo bi racionalno ovaj projekt razmatrati paralelno s izgradnjom HE Lešće. S obzirom na donosnije odluke za izgradnju HE Lešće, koja se očekuje uskoro i planirani rok izgradnje od 3,5 godine, to bi bilo

ELEKTROPRIVREDA U BROJKAMA

Od početka 1997. godine statistička izvješća se prikupljaju za područje industrije i rudarstva (u koje je uključena i elektroprivreda) po Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD). Statističke jedinice za mjesečna izvješća jesu trgovačka društva razvrstana u područja C, D i E u Registru poslovnih subjekata. Pri određivanju statističkih jedinica poštivan je i teritorijalni princip na razini županija, tj. jedna statistička jedinica obuhvaća samo jednu županiju, pa je Hrvatska elektroprivreda dužna ispuniti toliko izvješća koliko ima županija, iako je jedan poslovni subjekt. Između statističkih podataka objavljenih u Mjesečnom statističkom izvješću 1/1998. Državnog zavoda za statistiku izabrani su najinteresantniji podaci za elektroprivrednu djelatnost, za razdoblje I-XII. 1997. Obuhvaćeni su:

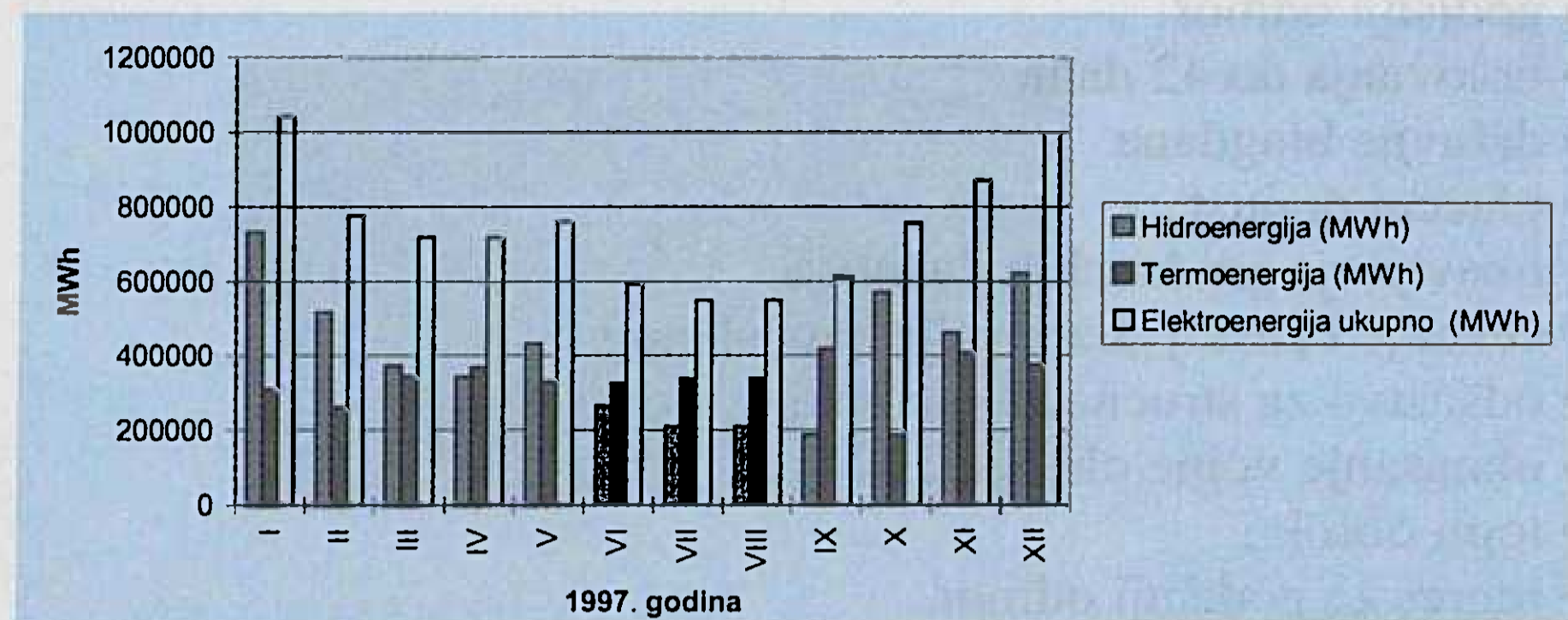
- indeksi fizičkog obujma proizvodnje
- podaci o proizvodnji električne energije
- podaci o broju zaposlenih u elektroprivrednoj djelatnosti
- podaci o bruto i neto plaći po zaposlenom te
- indeksi cijena.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje za industrijske grane djelatnosti izračunati su po Lasperyesovoj formuli. Za izračunavanje indeksa temelj su podaci o proizvodnji u naturalnom izrazu prema nomenklaturi industrijskih proizvoda i pondera za te proizvode koji predstavljaju dodanu vrijednost za jediničnu proizvodnju u kojoj se proizvod iskazuje u naturalnom izrazu. Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje za ukupno izračunati su na temelju indeksa odjeljaka i stopa kojom odjeljci sudjeluju u ukupnoj dodanoj vrijednosti u području industrije i rudarstva.

Znak "ø" ispred bročane vrijednosti označava godišnji prosjek. Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za elektroprivrednu djelatnost prikazani su u tablici 1.

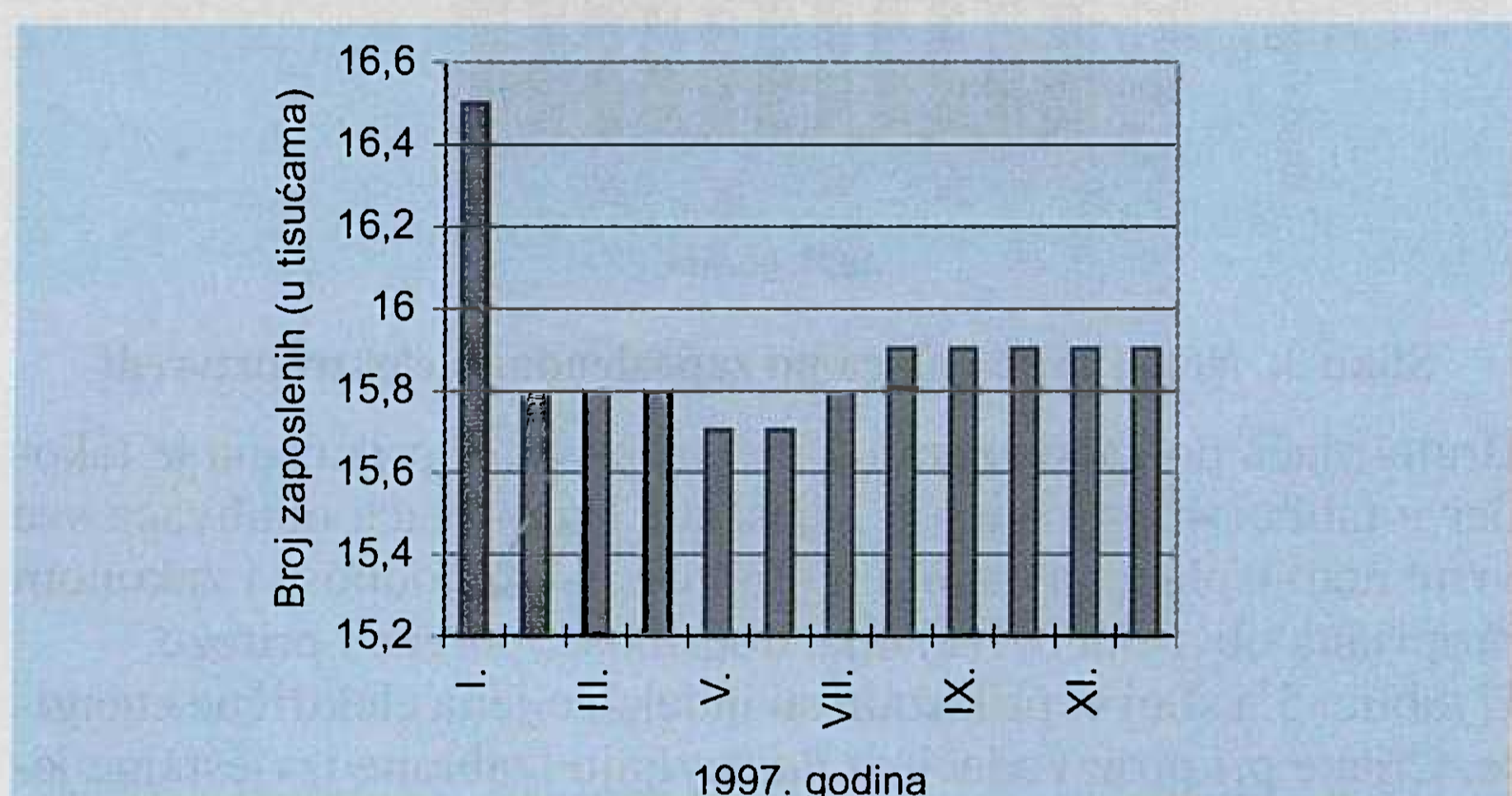
U tablici 2. i slici 1. prikazana je ukupna proizvodnja električne energije te količine električne energije proizvedene u hidroelektranama i termoelektranama.

Podaci o radnicima prema tablici 3. i slici 2. iskazani su kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvješćem sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Godišnji prosjek broja zaposle-



Slika 1. Proizvodnja električne energije u 1997. godini

nih izračunat je kao aritmetička sredina dvaju polugodišnjih stanja. Podaci o zaposlenima koji se odnose na mjesečno stanje rezultati su obrade podataka redovnog mjesečnog izvješća.



Slika 2. Broj zaposlenih u elektroprivredi

Podaci o prosječnim neto-plaćama po zaposlenom u elektroprivrednoj djelatnosti prikazani su u tablici 4. i na slici 3. U zaposle-

Tablica 4. Neto i bruto plaća po zaposlenom u elektroprivredi

	1997										
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
Bruto plaća	2697	2766	2757	2810	2826	2846	2829	2816	2830	2817	3079
Neto plaća	4136	4281	4220	4328	4346	4394	4366	4325	4366	4320	4581

Tablica 1. Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje po područjima i odjeljcima NKD-a, 1996=100

	1994/ ø 1993.	1995/ ø 1994.	I-XII.1996/ I-XII.1995.	I-XII1997/ I-XII.1996.	1996/ ø 1996.		1997/ ø 1996.					
					XI.	XII.	I.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
E Opskrba električnom energijom, plinom i vodom	92.4	104.9	125.4	124.2	110.7	120.2	140.8	106.3	113.1	129.7	141.4	145.4
40 Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom	92.4	104.9	125.4	130.3	110.7	120.2	159.0	103.7	110.2	132.0	155.7	160.4

Tablica 2. Proizvodnja električne energije

	1997.											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Hydroenergija (MWh)	730650	516192	373923	343692	431702	265140	209870	209870	188493	568853	460800	620568
Termoenergija (MWh)	311350	259977	344083	370543	329917	326712	338418	338418	417001	186356	407506	376748
Elektroenergija ukupno (MWh)	1042000	776169	718006	714423	759619	591852	548288	548288	605494	755209	868306	997316

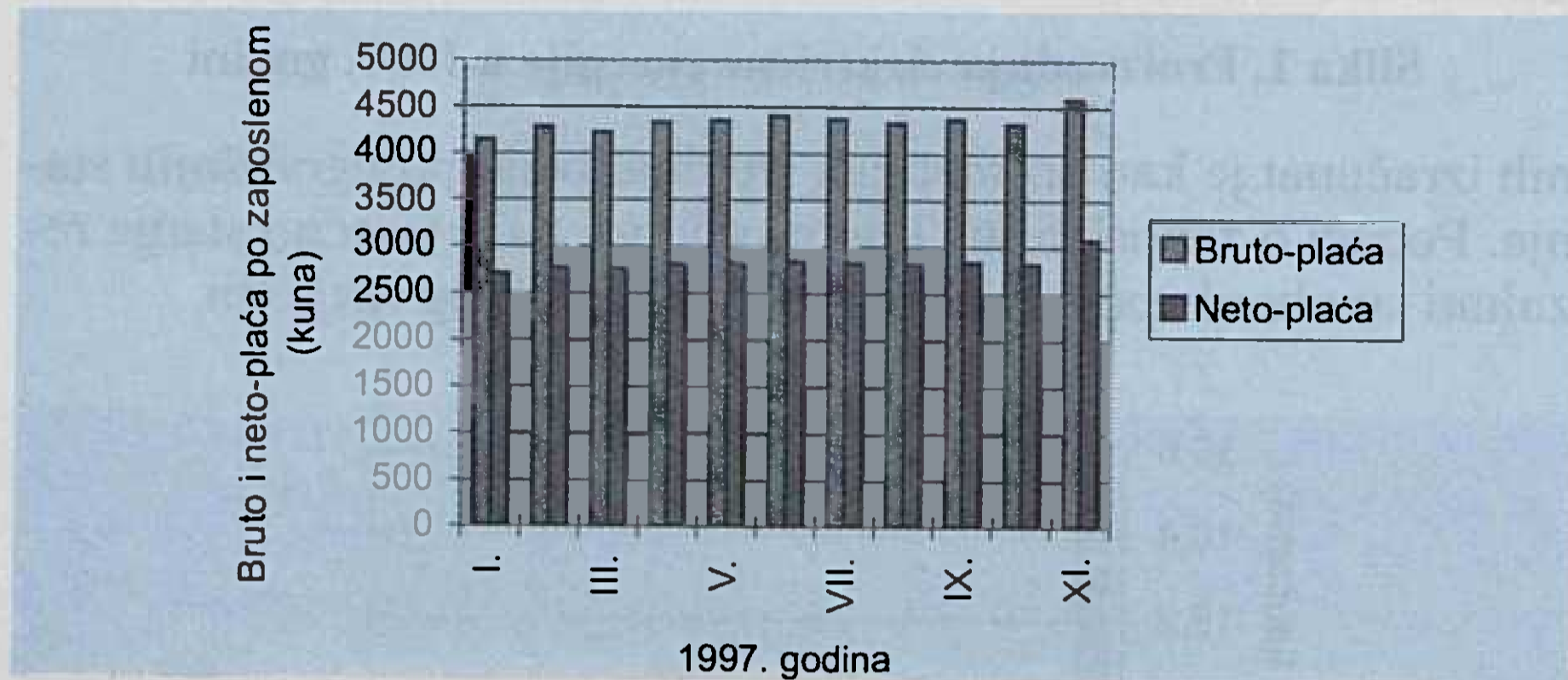
Tablica 3. Broj i struktura zaposlenih u elektroprivredi (u tisućama)

Prosjek		1996			1997											
1995	1996	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
16.1	15.7	15.8	15.8	15.8	16.5	15.8	15.8	15.8	15.8	15.7	15.7	15.8	15.9	15.9	15.9	15.9

ne se ubrajaju svi zaposleni, bez obzira na to jesu li svoj radni odnos zasnovali na određeno ili neodređeno vrijeme.

Mjesečna neto-plaća obuhvaća plaće zaposlenih za izvršene poslove na osnovi redovitog radnog odnosa i naknade za:

- godišnji odmor
- bolovanja do 42 dana
- državne blagdane
- plaćeni dopust
- obavljanje građanskih dužnosti
- čekanje i zastoje bez krivlje zaposlenog
- odsustvo za stručno obrazovanje
- obnašanje vojne obveze
- topli obrok i
- regres za godišnji odmor.



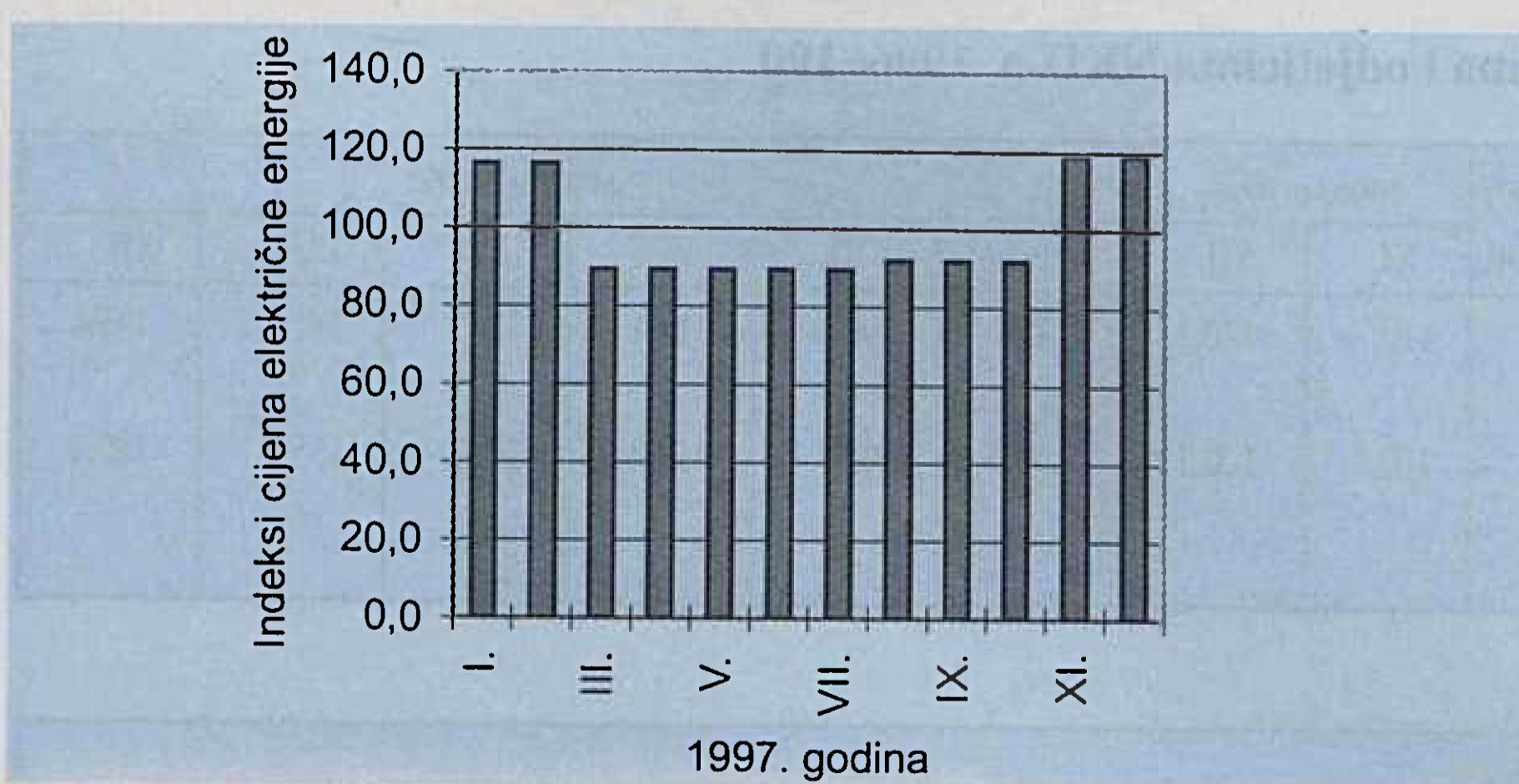
Slika 3. Neto i bruto-plaća po zaposlenom u elektroprivredi

Bruto-plaća po zaposlenom u elektroprivredi prikazana je također u tablici 4. i na slici 3. Mjesečna bruto-plaća obuhvaća sve vrste neto isplata na osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze.

U tablici 5. i slici 4. prikazani su indeksi cijena električne energije. Cijene pri proizvođačima dostavljaju izabrane izvještajne jedinice za najvažnije proizvode, tj. proizvode s najvećom prodajom na domaćem tržištu, čije cijene mogu reprezentirati opće kretanje cijena i po namjeni proizvoda. Opći indeks cijena i indeksi cijena po granama utvrđuju se ponderiranim postupkom, pri čemu se za ponderu uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu.

Tablica 5. Indeksi cijena električne energije u 1997. godini

1994	1995	1996			1997											
		X.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
104.4	99.2	89.4	116.5	116.5	116.5	116.5	89.3	89.3	89.3	89.3	89.3	92.0	92.0	92.0	119.0	119.0



Slika 4. Indeksi cijena električne energije

SEMINAR O ZAŠTITI U SLUČAJU NUKLEARNE NESREĆE

U razdoblju od 25. do 26. veljače održan je u Zagrebu informativni seminar o zaštiti u slučaju nuklearne nesreće. Organizatori su Ministarstvo gospodarstva - Odjel za nuklearnu sigurnost i Enconet International.

Iako Hrvatska nema nuklearnih elektrana nalazi se u okruženju gdje su izgrađena nuklearna postrojenja (najbliža NE Krško, NE Paks u Mađarskoj). Tu su i skladišta i odlagališta radioaktivnog materijala te razne instalacije u kojima ima također nuklearnog materijala (istraživački nuklearni centri). Naš teritorij se može naći pod utjecajem nuklearnih nesreća uzrokovanih prijevozom nuklearnog materijala preko Hrvatske, ali i onih koje su se dogodile na većim udaljenostima kao što je bio Černobilj. Tu su i radijacijske nesreće kao posljedica korištenja, prijevoza ili skladištenja radioaktivnih materijala. U svim tim slučajevima potrebno je poduzeti određene mjere zaštite teritorija, stanovništva i adekvatnih instalacija. Za to je potrebno imati odgovarajući plan i program aktivnosti koje treba hitno poduzeti. Osim toga potrebno je raspolagati i sa stručnim kadrovima koji će obavljati te aktivnosti.

Svrha ovog seminara bila je pružiti osnovne informacije širem auditoriju koji čine djelatnici institucija nadležnih za poduzimanje akcija u slučaju nesreće. Isto tako je ovaj seminar trebao inicirati novi i aktivni pristup problemu mogućih nuklearnih i radijacijskih nesreća u našoj zemlji.

Republika Hrvatska je potpisala nekoliko međunarodnih konvencija (Convention of Nuclear Safety, 1995., Konvencija o ranom izvješćivanju o nuklearnoj nesreći, 1986., Konvencija o pružanju pomoći u slučaju nuklearne nesreće ili radijacijske opasnosti, 1986., Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, 1996.) ili ugovora koji je obvezuju na pridržavanje međusobno dogovorenih postupaka u slučaju nesreća.

U okviru tehničke suradnje međunarodna agencija IAEA potpomaže i projekte u Hrvatskoj. Dosada je razvijen projekt Development of Infrastructure for Radiation Protection and Nuclear Safety in the Republic of Croatia. U razvoju je projekt Harmonization of Regional Nuclear Emergency Preparedness u kojem Hrvatska sudjeluje.

Za slučaj nesreće u NE Krško načinjen je plan i program osamdesetih godina neposredno prije puštanja u pogon. Do 1990. godine zajedno su Hrvatska i Slovenija uvježbavale ovaj program. Nakon toga Slovenija je nastavila razvijati i unaprjeđivati ovaj program s novim preporukama i međunarodnim zahtjevima.

Ministarstvo gospodarstva - Odjel za nuklearnu sigurnost iniciralo je dvogodišnji projekt u okviru kojeg će se izraditi plan i program postupaka u skladu sa relevantnim međunarodnim zahtjevima. Uz pripravnost za slučaj nuklearne nesreće u NE Krško plan i program će uzeti u obzir i mjere zaštite i za slučaj nesreće u NE Paks u Mađarskoj. U tu svrhu je i načinjena studija pod nazivom "Plan i program postupaka za slučaj nesreće u NE Krško i NE Paks".

Sudionici ovog informativnog seminara raspravljali su o svim relevantnim problemima iznesenim u referatima:

- Osnovni zahtjevi za izradu plana i programa (*Škanata D.*)
- Temelji nacionalnog programa (*Valčić I.*)
- Izvori ionizirajućeg zračenja (*Subašić D.*)
- Djelovanje zračenja na ljudski organizam (*Dodig D.*)
- Monitoring sustav (*Lulić S.*)
- Pokretna jedinica (*Franić Z.*)
- Meteorološki aspekti (*Vidić S. - Žibrat Z.*)
- Intervencijske razine i mjere zaštite (*Jurković I.A. - Šinka D.*)
- Procjenjivanje opasnosti (*Grgić D. - Bajš T. - Šinka D.*)
- Uloga civilne zaštite (*Toth I.*)

Sb

NOVA GRANSKA NORMA HEP - TEHNIČKI UVJETI ZA PRIKLJUČAK MALIH ELEKTRANA

Zbog poticanja potrošača na racionalnije korištenje i proizvodnju električne energije Hrvatska elektroprivreda je utvrdila poseban status malih elektrana u privatnom vlasništvu. Donesena je nova granska norma s primjenom od 28. siječnja ove godine. Objavljena je u Biltenu HEP-a broj 66 4. veljače ove godine pod imenom "Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede". Poseban status malih elektrana u privatnom vlasništvu koje će biti priključene na elektroenergetski sustav HEP-a sastoji se u:

- spremnosti HEP-a da otkupi svu proizvedenu električnu energiju
- mogućnosti da vlasnik male elektrane dio proizvedene električne energije koristi za svoje potrebe na lokaciji, a višak isporučuje HEP-u i
- zajamčenoj otkupnoj cijeni isporučene električne energije.

Tehničkim uvjetima je utvrđeno da u male elektrana spadaju:

- mali termoenergetski objekti u kojima se istodobno proizvodi električna energija i toplina
- male hidroelektrane.

Također se definiraju minimalni uvjeti za paralelni rad male elektrane s distribucijskom mrežom. Iste odredbe vrijede i za vjetroelektrane.

Izgradnja, vođenje pogona i održavanje male elektrane mora biti u skladu sa zakonima Republike Hrvatske, Hrvatskim normama, granskim normama HEP-a i odgovarajućim preporukama IEC i Europskim normama za područja koja nisu regulirana Hrvatskim normama. Za potrebe izrade projekta male elektrane izdaje se prethodna energetska suglasnost za čije dobivanje su potrebni slijedeći dokumenti:

- izvadak iz katastarskog plana
- idejno rješenje male elektrane
- planirano vrijeme završetka izgradnje i spremnost ulaska u pogon.

Vlasnik male elektrane obavezan je financirati:

- izgradnju vodova i uređaja do mjesta priključka
- potrebne rekonstrukcijske zahvate na mjestu priključka
- ostale zahvate u distribucijskoj mreži za siguran rad i isporuku električne energije proizvedene u maloj elektrani.

Obračunsko mjerno mjesto mora biti u skladu s:

- Općim uvjetima isporuke električne energije
- Tarifnim sustavom za prodaju električne energije
- Tehničkim uvjetima za obračunsko mjerno mjesto.

U dodatku Tehničkim uvjetima priložene su električne sheme i obrasci:

- zahtjev za prethodnu energetska suglasnost za male elektrane
- prethodna energetska suglasnost za priključak male elektrane
- zahtjev za energetska suglasnost za male elektrane i
- energetska suglasnost za priključak male elektrane.

Tu su i komentari tehničkih uvjeta u kojima se detaljnije obrazlažu kogeneracijska postrojenja, male hidroelektrane, izdavanje posebnih uvjeta i elektroenergetske suglasnosti, priključak i utjecaj male elektrane na distribucijsku mrežu, zaštita kod priključka, sustav obračunskog mjerenja i nadzor pogona male elektrane.

Sb

VISINA NAKNADE ZA HE SKLOPE I HE SENJ

U Narodnim novinama broj 24 od 23. veljače ove godine objavljena je nova Odluka o izmjeni Odluke o visini naknade za prostore koje koriste objekti za proizvodnju električne energije, a

odnosi se na objekte HE Sklope i HE Senj. Prema ovoj odluci visina naknade kod:

- HE Sklope se raspoređuje na općinu Perušić 20 % (ranije 40 %), a Grad Gospić 80 % (ranije 60 %)
- HE Senj dodaje se Grad Gospić s 24 %, a raspoređuje za općinu Perušić 29 % (ranije 38 %), općinu Otočac 29 % (ranije 40 %) i općinu Senj 18 % (ranije 22 %).

Time se mijenjaju ranije odluke objavljenije u Narodnim novinama broj 24/95, 28/95, 58/97 i 132/97 u dijelu "Popis elektrana, jedinični iznosi naknada, popis gradova i općina na čijim su područjima elektrane smještene".

Sb

POVUČENE NORME

Prema informacijama Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo objavljenim u Glasilu 9-10/1997. iz uporabe je povučen određeni broj hrvatskih normi (preuzete JUS norme) zbog donošenja nove hrvatske norme ili neprimjenljivosti postojeće norme. Kada je koje područje uređeno propisima i neki od propisa (pravilnik, naredba, naputak) upućuje na norme koje su povučene, one se primjenjuju silom tih propisa i bit će, do izmjene propisa ili izrade novih, na raspolaganju u Normateci DZNM. U nastavku je dan dio povučenih normi od interesa za elektroprivrednu djelatnost:

- HRN C.A7.010:1979** Uređaji za gamaradiografiju. Tehnički uvjeti za izradu i isporuku
- HRN C.A7.011:1990** Ispitivanje bez razaranja. Pokazatelji kakvoće radiografske slike. Načela i prepoznavanje
- HRN C.A7.017:1990** Ispitivanja bez razaranja. Iluminatori za industrijske radiograme. Tehnički uvjeti
- HRN C.A7.080:1990** Ispitivanje bez razaranja. Ispitivanje penetrantima. Opće odredbe
- HRN C.A7.081:1979** Ispitivanje bez razaranja. Ispitivanje penetrantima. Sredstva nadzora
- HRN C.A7.082:1979** Ispitivanje bez razaranja. Metoda za neizravno određivanje jačine zračenja crne svjetlosti
- HRN C.A7.091:1985** Ispitivanje bez razaranja. Metode ispitivanja površina pomoću metalografskih replika
- HRN C.A7.092:1985** Ispitivanje bez razaranja. Sredstva za vizualno ispitivanje. Izbor povećala s malim povećanjem
- HRN H.E8.026:1990** Površinski aktivne tvari. Određivanje pH-vrijednosti u vodenim otopinama. Potenciometrijska metoda
- HRN H.E8.038:1990** Anionske površinski aktivne tvari. Određivanje topljivosti u vodi
- HRN H.E8.044:1990** Površinski aktivne tvari. Određivanje sadržaja vode. Metoda Karl Fišer
- HRN H.E8.045:1990** Površinski aktivne tvari i sapuni. Određivanje sadržaja vode. Metoda azeotropne destilacije
- HRN H.E8.049:1991** Površinski aktivne tvari. Određivanje alkaliteta. Titrimetrijska metoda
- HRN H.E8.050:1991** Površinski aktivne tvari. Određivanje moći vlaženja. Umakanjem
- HRN H.E8.048:1991** Površinski aktivne tvari. Određivanje površinske napetosti na graničnoj površini
- HRN H.H2.800:1968** Sanitetski materijal. Kutija prve pomoći za motorna vozila
- HRN L.N4.208:1989** Mjerenje i upravljanje industrijskim procesima. Elektromagnetska komaptibilnost. Zahtjevi za elektrostatička pražnjenja i razine strogosti

- HRN L.N4.209:1990** Mjerenje i upravljanje industrijskim procesima. Elektromagnetska komaptibilnost. Uvjeti i metode generiranja ispitnog elektromagnetskog polja, mjerna oprema i postupci ispitivanja osjetljivosti i imunosti na polje smetnji
- HRN N.N0.900:1987** Radio-frekvencijske smetnje. Električni aparati, uređaji, postrojenja i druge naprave. Granične vrijednosti
- HRN N.N0.901:1991** Granične vrijednosti i metode mjerenja karakteristika elektromagnetskih smetnji od industrijskih, znanstvenih i medicinskih (ISM) uređaja u opsegu radio-frekvencija
- HRN N.N0.904:1987** Radio-frekvencijske smetnje. Mjerenje napona smetnji. Mjerna oprema i postupak mjerenja
- HRN N.N0.905:1987** Uputstvo za mjerenje polja radio-smetnji
- HRN N.N0.908:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Instrumenti, oprema i osnovne metode mjerenja radio-frekvencijskih smetnji u opsegu od 10 kHz do 1000 MHz
- HRN N.N0.910:1990** Radio-frekvencijske smetnje. Sadržaj obrasca zahtjeva za mjerenje radio-frekvencijskih smetnji (RFS) u ovlaštenoj organizaciji za obvezno atestiranje
- HRN N.N0.913:1983** Radio-frekvencijske smetnje. Vozila, plovila, alati i postrojenja na motorni pogon. Granične vrijednosti
- HRN N.N0.914:1983** Radio-frekvencijske smetnje. Vozila, plovila, alati i postrojenja na motorni pogon. Postupak mjerenja
- HRN N.N0.915:1983** Radio-frekvencijske smetnje. Vozila, plovila, alati i postrojenja na motorni pogon. Instrumenti i oprema za mjerenje polja
- HRN N.N0.916:1983** Radio-frekvencijske smetnje. Vozila, plovila, alati i postrojenja na motorni pogon. Mjere za smanjenje radio-smetnji
- HRN N.N0.920:1987** Radio-frekvencijske smetnje. Svjetiljke s fluorescentnim cijevima. Granične vrijednosti i mjerenja slabljenja
- HRN N.N0.929:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Oprema za informacijsku tehniku. Granične vrijednosti smetnji
- HRN N.N0.930:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Oprema za informacijsku tehniku. Postupak mjerenja smetnji
- HRN N.N0.931:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Termini i definicije
- HRN N.N0.932:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio smetnje od radio-difuznih prijamnika i dodatnih uređaja. Granične vrijednosti
- HRN N.N0.933:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio smetnje od radio-difuznih prijamnika i dodatnih uređaja. Metode mjerenja
- HRN N.N0.934:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Provjera usaglašenosti graničnih vrijednosti pri ispitivanjima u serijskoj proizvodnji
- HRN N.N0.942:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Imunost. Granične vrijednosti
- HRN N.N0.943:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Imunost. Metode mjerenja
- HRN N.N0.944:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Imunost. Metode mjerenja. Jedinice za spregu i niskopropusni filter
- HRN N.N0.945:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Imunost. Metode mjerenja. Izrada otvorenog trakastog voda
- HRN N.N0.946:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Imunost. Metode mjerenja. Baždarenje otvorenog trakastog voda
- HRN N.N0.947:1988** Radio-frekvencijske smetnje. Radio-difuzni prijamnici i dodatni uređaji. Imunost. Metode mjerenja. Karakteristike filtra i mreže za ponderaciju
- HRNN.S8.007:1981** Protueksplozijska zaštita. Područja opasnosti prostora ugroženih eksplozivnim smjesama plinova i para
- HRN N.S8.008:1982** Protueksplozijska zaštita. Razredba prostora ugroženih eksplozivnom prašinom
- HRN N.S8.011:1981** Protueksplozijska zaštita. Opći zahtjevi za konstrukciju protueksplozijski zaštićenih električnih uređaja namijenjenih za uporabu u prostorijama ugroženim od eksplozivne atmosfere
- HRN N.S8.020:1972** Mjerenje temperature. Paljenja plinova i para
- HRN N.S8.051:1981** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje izolacijskih gradiva
- HRN N.S8.051:1981** Protueksplozijska zaštita. Razredba izolacijskih gradiva
- HRN N.S8.090:1982** Protueksplozijska zaštita. Zahtjevi za električne instalacije i uređaje u prostorima ugroženim od eksplozivne atmosfere (osim rudnika)
- HRN N.S8.101:1990** Protueksplozijska zaštita. "Neprodorni oklop". Opći tehnički uvjeti
- HRN N.S8.121:1990** Protueksplozijska zaštita. "Neprodorni oklop". Ispitivanje
- HRN N.S8.123:1990** Protueksplozijska zaštita. "Neprodorni oklop". Ispitivanje kućišta s otvorima za zračenje
- HRN N.S8.201:1987** Protueksplozijska zaštita. Vrsta zaštite "povećana sigurnost". Opći tehnički uvjeti
- HRN N.S8.201:1987** Protueksplozijska zaštita. Telekomunikacijski uređaji i sastavni dijelovi za elektroniku i vrstu zaštite "povećana sigurnost"
- HRN N.S8.203:1990** Protueksplozijska zaštita. Akumulatori za vrstu zaštite "povećana sigurnost". Opći tehnički uvjeti
- HRN N.S8.221:1987** Protueksplozijska zaštita. Vrsta zaštite "povećana sigurnost". Ispitivanja
- HRN N.S8.223:1990** Protueksplozijska zaštita. Akumulatori za vrstu zaštite "povećana sigurnost". Ispitivanje
- HRN N.S8.241:1987** Protueksplozijska zaštita. Postupci za nadzor nad temperaturom motora s kaveznim rotorom
- HRN N.S8.242:1987** Protueksplozijska zaštita. Dopunsko ispitivanje motora s kaveznim rotorom
- HRN N.S8.244:1987** Protueksplozijska zaštita. Posebni uvjeti za motore u "povećanoj sigurnosti"
- HRN N.S8.301:1981** Protueksplozijska zaštita. Samosigurnost
- HRN N.S8.321:1981** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje samosigurnosti i pridruženih uređaja
- HRN N.S8.401:1981** Protueksplozijska zaštita. Punjenje čvrstim gradivima
- HRM N.S8.421:1981** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje električnih uređaja zaštićenih čvrstim gradivima

- HRN N.S8.501:1981** Protueksplozijska zaštita. Uranjanje u tekućinu
- HRN N.S8.521:1981** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje električnih uređaja koji su zaštićeni uranjanjem u tekućinu
- HRN N.S8.601:1990** Protueksplozijska zaštita. Nadtlak
- HRN N.S8.602:1991** Protueksplozijska zaštita. Nadtlak. Električni uređaji koji sadrže unutrašnji izvor zapaljivog plina ili pare
- HRN N.S8.610:1987** Protueksplozijska zaštita. Tehnički uvjeti za izradbu i ispitivanje prostorija i zgrada u zaštiti "nadtak"
- HRN N.S8.611:1991** Protueksplozijska zaštita. Prisilna ventilacijska zaštita analizatorskih kućica
- HRN N.S8.621:1990** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje električnih uređaja u zaštiti "nadtak"
- HRN N.S8.701:1981** Protueksplozijska zaštita. Punjenje pijeskom
- HRN N.S8.721:1981** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje električnih uređaja koji su zaštićeni punjenjem pijeskom
- HRN N.S8.741:1977** Protueksplozijska zaštita. Određivanje najmanje zaštitne visine
- HRN N.S8.742:1977** Protueksplozijska zaštita. Konstrukcija i uporaba kovinskog zaslona
- HRN N.S8.850:1982** Protueksplozijska zaštita. Električni uređaji u prostorima ugroženim zapaljivom prašinom. Opći tehnički uvjeti
- HRN N.S8.910:1971** Naglavne rudarske svjetiljke s nikalno-kadmijskim akumulatorom
- HRN N.S8.911:1982** Protueksplozijska zaštita. Ispitivanje strojeva za paljenje mina
- HRN N.S8.920:1982** Protueksplozijska zaštita. Ručni elektrostatički pištolji i pridruženi uređaji
- HRN N.S8.921:1991** Protueksplozijska zaštita. Instaliranje i uporaba ručnih elektrostatskih pištolja i pridruženih uređaja

Sb

PROGRAM STATISTIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA 1998. GODINU

Početak svake kalendarske godine, na temelju Ustava Republike Hrvatske i Zakona o državnoj statistici (Narodne novine broj 52/94) Zastupnički dom državnog sabora donosi Program statističkih istraživanja Republike Hrvatske. Isto je učinjeno i za 1998. godinu. Program statističkih istraživanja objavljen je u Narodnim novinama broj 16 od 10. veljače ove godine. Programom se utvrđuju pojedina statistička istraživanja prema nositeljima po-

Tablica 1. Izvod iz programa statističkih istraživanja za 1998. godinu

Naziv i oznaka istraživanja	Razdoblje ili kritični datum	Sadržaj istraživanja	Način objavljivanja prvih rezultata	Osnovni rezultati istraživanja i način obrade
Mjesečno izvješće industrije (IND-1)	Protekli mjesec	Proizvodnja, realizacija i zalihe proizvoda; utrošak sirovina, električne energije, goriva i toplinske energije; broj zaposlenika	Priopćenja Mjesečna izvješća Statistička izvješća Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje; indeks utroška sirovina, utroška električne energije, goriva i toplinske energije; broj zaposlenika
Godišnje izvješće industrije (IND-21)	Protekla godina	Proizvodnja ostvarena i moguća, zalihe, realizacija proizvoda; kvantitativno i vrijednosno, zaposlenici i sati rada, raspored zaposlenika prema smjenama, snaga pogonskih strojeva i motora; utrošak električne energije prema tehnološkoj namjeni; izvoz i uvoz	Statistička izvješća Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: apsolutni kvantitativni i vrijednosni pokazatelji, koeficijenti smjena, pogonski strojevi i motori, utrošak električne energije prema tehnološkoj namjeni dr.
Godišnja bilanca proizvodnje i potrošnje električne energije (ERG-2)	Protekla godina	Proizvodnja, vlastita potrošnja i isporuka poslovnim subjektima za prijenos i distribuciju električne energije, kapacitet, uvoz i izvoz, prodaja direktnim potrošačima i dr.	Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: podaci ovog istraživanja jedan su element energetske bilance Republike Hrvatske Razina obrade: ukupno RH, područja i potpodručja NKD-a
Godišnje izvješće o korištenju voda i zaštiti od zagađivanja u opskrbi električnom energijom (VOD-1)	Protekla godina	Opskrba vodom, korištenje vode, ispuštanje upotrijebljene (otpadne) vode, uređaji za korištenje i zaštitu voda od zagađivanja	Priopćenja Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: količina vode za opskrbu i korištenje u tehnološkom procesu, ispuštene vode i uređaji za korištenje i zaštitu voda od zagađivanja
Izvješće o opskrbi električnom energijom u 1997. godini (KOM-1)	Protekla godina	Razvodna mreža prema stanju krajem 1997. godine, isporučena električna energija: ukupno, potrošačima priključenim na visoki napon i potrošačima priključenim na niski napon	Priopćenja Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: razvodna mreža prema stanju krajem 1997. godine, isporučena električna energija potrošačima priključenim na visoki i niski napon, broj trafostanica i transformatora Razina obrade: gradska naselja s više od
Mjesečno izvješće o zaposlenima i plaći (RAD-1)	Protekli mjesec	Isplaćene neto i bruto-plaće prema vrstama isplate, broju zaposlenih na koje se odnose isplate; broj zaposlenih na kraju prethodnog izvještajnog mjeseca i dr.	Priopćenja Mjesečna izvješća Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: prosječne bruto i neto plaće za mjesec i razdoblja, nominalni i realni indeksi, broj zaposlenih i indeksi kretanja broja zaposlenih
Godišnje izvješće o zaposlenima i plaći (RAD-1G)	31. ožujka	Broj i struktura zaposlenih, zaposleni prema visini prosječne neto-plaće i prema stupnju stručne spreme	Priopćenja, Mjesečna izvješća Statistička izvješća Statistički ljetopis	Osnovni rezultati: broj zaposlenih ukupno i broj zaposlenih žena; struktura zaposlenih prema vrsti radnog odnosa, radnom vremenu, visini neto-plaće, starosti, spolu, stupnju stručnog obrazovanja, satima rada i neto-plaća prema stupnju stručne spreme

slova državne statistike. Pojedinim istraživanjima utvrđuje se njegov sadržaj, prostorni obuhvat, način obrade podataka te određuju izvještajne jedinice i njihove obveze s rokovima izvršenja. Organizacijske jedinice Hrvatske elektroprivrede u županijama predstavljaju izvještajne jedinice, koje su prema ovom programu dužne prikupljati i dostavljati izvješća Državnom zavodu za statistiku, odnosno njegovim organizacijskim jedinicama po županijama.

Oznaka, sadržaj istraživanja i rokovi dostave podataka za glavnu djelatnost tj. proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije prikazani su u tablici 1.

Za sporedne djelatnosti iz područja građevinarstva dostavljaju se također mjesečna (GRAD-21), tromjesečna (GRAD-33) i godišnja (GRAD-11) izvješća. Slično je i za ostale sporedne djelatnosti.

Sb

MODERNIZACIJA NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO

NE Krško je puštena u pogon 1981. godine. Vlasništvo je Hrvatske i Slovenije sa jednakim vlasničkim udjelom. Kao gorivo služi obogaćeni uran. Jezgru reaktora čini 121 gorivi element od kojih se svake godine mijenja jedna trećina. Istrošeno gorivo smješta se u bazen kod reaktora. Uz elektranu je izgrađeno skladište za odlaganje čvrstog radioaktivnog otpada.

Osnovni podaci elektrane:

■ Instalirana snaga bloka	664	MW
■ Parametri pare na izlazu iz generatora pare		
• tlak	6,08	Mpa
• temperatura	279,5	°C
■ Napojna voda		
• temperatura	221	°C
■ Reaktor		
• tip	PWR	
• toplinska snaga	1882	MW
■ Turbina		
• snaga	664	MW
• garantirani specifični potrošak	10,75	MJ/kWh
■ Generator		
• snaga	813	MVA
• faktor snage	0,85	cos(
■ Blok-transformator		
• snaga	2x400	MVA
• prijenosni omjer	21/400	kV

Nakon 17 godina rada NE Krško došlo je vrijeme njezine temeljite modernizacije. Najkritičnija oprema koju treba zamijeniti su generatori pare. Modernizacija će se realizirati kroz četiri projekta.

1. izrada novih generatora pare, testiranje i prijevoz do elektrane
2. provedba sigurnosnih analiza za dobivanje dozvole za puštanje u rad nakon zamjene generatora pare i povećanja instalirane snage
3. fizička zamjena generatora pare, modifikacija i prilagodba za povećanje instalirane snage te priprema prostora za odlaganje starih generatora pare
4. modernizacija simulatora (hardware, software).

Za prvi projekt je potpisan ugovor u prosincu 1996. godine s konzorcijem Siemens - Framatome. U izradi generatora pare sudjeluju: švedski Sandvik (cijevi), japanski Steel Work (oplata tlačne posude), talijanski Ansaldo (dorada oplata). Većina komponenti je gotova. Prema planu u listopadu 1999. godine komponente bi trebale biti u španjolskoj Ensi iz St. Andera gdje će se obaviti sastavljanje. Zamjena generatora pare će se obaviti 2000. godine za vrijeme ljetnog remonta.

Za preostala tri projekta nakon raspisanog međunarodnog natječaja i izabranih ponuđača potrebno je potpisati ugovore.

Investicijska vrijednost sva četiri projekta iznosi oko 17 milijardi tolara, dok su sveukupni troškovi procijenjeni na oko 19 milijardi tolara. Najskuplja je priprema i izrada te doprema generatora pare. Financijska sredstva osigurava elektrana. Najveći troškovi će biti u 2000. godini za vrijeme zamjene generatora pare.

U ovoj godini planira se, uz izradu generatora pare, priprema plana aktivnosti za zamjenu generatora pare te dokumentacije za privremene instalacije i zahvate na elektrani. Radit će se na izradi sigurnosnih analiza kao i na njihovoj verifikaciji kod nadležnih organa. Za simulator se planira izrada konfiguracije računarskog dijela zajedno s kontrolnom pločom. Obavit će se i verifikacija ulaznih podataka te priprema većine matematičkih modela za elektranu.

Modernizacijom NE Krško povećat će se instalirana snaga elektrane za 6,3 %, odnosno za 40 MW, skratiti vrijeme ljetnog remonta te povećati pouzdanost pogona elektrane. Time će se povećati količina proizvedene električne energije za milijun MWh na godinu.

Kako veći dio troškova elektrane čine stalni troškovi, modernizacija znači u budućnosti sniženje cijene proizvedenog kWh za oko 20 %. Uz takvu računnicu troškovi modernizacije će se isplatiti za manje od 7 godina.

Sb

IZMJENE I DOPUNE STATUTA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Izmjena i dopuna statuta Hrvatske elektroprivrede u člancima 25. do 31., objavljena u Biltenu HEP-a broj 65 od 26. siječnja ove godine, odnosi se na dopunu u smislu korekcije broja članova Uprave Društva. Naime, donedavno je bio samo generalni direktor, a sada Nadzorni odbor imenuje pet članova Uprave od kojih se jedan imenuje predsjednikom. Članovi Uprave vode poslove društva u slijedećim područjima:

- proizvodnja električne i toplinske energije
- prijenos električne energije
- distribucija električne energije
- ekonomsko-financijski poslovi.

Vođenje poslova Društva, rad pojedinih članova i njihova odgovornost utvrđeni su u Poslovniku o radu uprave kojeg donosi Nadzorni odbor. Uprava obavlja ove poslove:

- vodi poslove Društva
- utvrđuje i provodi poslovnu politiku, srednjoročne i dugoročne planove
- izvršava odluke pretpostavljenih tijela i izdaje uputstva za njihovu provedbu
- donosi opće akte i organizacijske propise
- zastupa i predstavlja Društvo, potpisuje ugovore
- imenuje i razrješava zaposlenike Društva s posebnim ovlastima i odgovornostima
- odlučuje o potrebi za radom novih zaposlenika i dr.

Društvo sklapa s predsjednikom i članovima Uprave pojedinačne ugovore o zaposlenju, kojima se određuju njihova prava i obveze na temelju zaposlenja kao što su plaća, sudjelovanje u dobiti, naknade i izdaci, plaćanje premije osiguranja i drugo.

Sb

PRAVILNIK O ZAŠTITI NA RADU

Novi Pravilnik o zaštiti na radu objavljen je u Biltenu HEP-a broj: 65/98 od 26. siječnja ove godine. Donošenjem ovog Pravilnika prestaje vrijediti Pravilnik o zaštiti na radu objavljen u Biltenu HEP-a broj: 4/91 i 11/92.

Pravilnikom se utvrđuju:

- temeljne odredbe zaštite na radu
- poslovi zaštite na radu
- poslovi zaštite na radu koji se obavljaju u pojedinim organizacijskim jedinicama
- organizacija provođenja zaštite na radu
- prava, obveze i odgovornosti zaposlenika
- postupak u slučaju ozljede na radu i
- nadzor.

Sastavni dio ovog Pravilnika čine i dokumenti koje donosi Predsjednik Uprave HEP-a te koji se donose na razini direkcija, podružja i pogona.

Na razini HEP-a donose se slijedeći dokumenti:

- pravila o osobnim zaštitnim sredstvima, norme, nabava, korištenje i održavanje
- programi osposobljavanja za rad na siguran način, sustav, plan i metode osposobljavanja
- pravila o nabavi, nadzoru, održavanju i ispitivanju sredstava rada i zaštitne opreme
- opća pravila o nadzoru pri izgradnji, rekonstrukciji ili remontu objekata i postrojenja
- pravila o ugovoru o radu s ovlaštenikom.

Na razini direkcija donose se:

- pravila i mjere sigurnosti pri radu na elektroenergetskim postrojenjima (temeljne direkcije)
- pravila o poslovima s posebnim uvjetima rada
- tablični pregled prava korištenja osobnih i kolektivnih zaštitnih sredstava.

Na razini područja i pogona donose se:

- planovi evakuacije, spašavanja i pružanja prve i medicinske pomoći
- upute za rad na siguran način.

U dijelu o organizaciji provođenja zaštite na radu utvrđena su tijela i službe HEP-a koje obavljaju zajedničke poslove zaštite na radu te tijela i službe koje obavljaju poslove zaštite na radu u temeljnim direkcijama. U Direkciji za pravne, kadrovske i opće poslove - Služba za opće poslove nalazi se Odjel zaštite u kojem je smješten Odjel za zaštitu na radu, zaštitu od požara i zaštitu okoliša.

Pravilnikom se propisuje obveza izrade i čuvanja slijedeće dokumentacije:

- projektna dokumentacija
- tehnička dokumentacija
- plan evakuacije i spašavanja
- elaborati o procjeni opasnosti
- analize, nalazi, zapisnici i obavijesti
- uvjerenja, svjedodžbe, stručna mišljenja te ostalo.

Pohrana i čuvanje navedene dokumentacije je u službama zaštite na radu u organizacijskim jedinicama, a dijelom u Središnjoj službi.

Sb

ZAKONSKA REGULATIVA IZ 1997. GODINE

Tijekom 1997. godine donešeno je niz zakona i odluka. Neki od njih odnose se samo na djelatnost elektroprivrede. U nastavku je dan pregled zakona interesantnih za stručno osoblje elektroprivrede:

- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o amortizaciji (NN 142/97., str. 4613)
- Zakon o arhivskom gradivu i arhivima (NN 105/97., str. 3409)
- Pravilnik o mjerilima vrednovanja časopisa i publikacija s međunarodno priznatom recenzijom, kao i s njima po vrsnoći izjednačenih časopisa i publikacija (NN 2/97., str. 869)
- Odluka o Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NN 3/97., str. 256)

- Metodološke osnove za Nacionalnu klasifikaciju djelatnosti - NKD (NN 2/97., str.704)
- Odluka o izmjeni Odluke o visini nadoknade za prostore koje koriste objekti za proizvodnju električne energije (NN 58/97., str. 1952)
- Odluka o izmjeni odluke o visini naknade za prostore koje koriste objekti za proizvodnju električne energije (NN 132/97., str. 4233)
- Izmjena općih uvjeta isporuke električne energije (NN 81/97., str. 2618)
- Pravilnik o izmjenama Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV (NN 24/97., str. 1241)
- Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 140/97., str. 4406)
- Uredba o osnivanju Hrvatskog zavoda za zaštitu od zračenja (NN 51/97., str.1830)
- Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za mjerila duljine opće namjene (NN 69/97., str.2311)
- Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za mjerila duljine za mjerenje razine tekućine, odnosno visine praznog prostora u spremnicima koji se upotrebljavaju za mjerenje obujma (NN 111/97., str. 3616)
- Odluka o prestanku važenja Odluke o visini i načinu plaćanja naknada za pokriće troškova tipskog ispitivanja mjerila, pregleda etalona, uzoraka referentnih tvari i mjerila (NN 38/97., str. 1489)
- Naredba o visini i načinu plaćanja naknada za pokriće troškova tipskog ispitivanja mjerila, umjeravanja etalona, ispitivanja uzoraka referencijskih materijala, ovjeravanja mjerila, provjere pakovina i ispitivanja osposobljenosti laboratorija (NN 43/97., str. 1632, NN 48/97., str. 1802)
- Uredba o postupku nabave roba i usluga i ustupanju radova (NN 33/97., str. 1399)
- Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva (NN 76/97., str. 2472)
- Pravilnik o izradbi, izdavanju i objavi hrvatskih normi (NN 74/97., 2452, NN 87/97., str. 3215)
- Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97., str. 4112)
- Metodologija za uvođenje i vođenje jedinstvene evidencije i jedinstvenog registra prostornih jedinica (NN 104/97., str. 3381)
- Odluka o objavljivanju preoblikovanih Međunarodnih računovodstvenih standarda broj: 1,4, 5, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 (NN 39/97., str. 1508)
- Odluka o objavljivanju Međunarodnog računovodstvenog standarda 33, Zarada po dionici (NN 105/97., str. 3418)
- Program statističkih istraživanja Republike Hrvatske za 1997. godinu (NN 28/97., str. 1281)
- Upute za provođenje dijela programa statističkih istraživanja RH koji se odnose na plaće i materijalna prava zaposlenika (NN 33/97., str. 1413)
- Pravilnik o dopunama Pravilnika o tehničkim normativima za ventilacijske i klimatizacijske sustave (NN 69/97., str. 2318)
- Odluka o minimalnim stopama i visinama slivne vodne naknade (NN 8/97., str. 260)
- Pravilnik o izradi procjene opasnosti (NN 48/97., str. 1774)
- Pravilnik o izmjenama Pravilnika o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara. (NN 32/97., str. 1385)
- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o obveznom potvrđivanju elemenata tipnih građevinskih konstrukcija na otpornost prema požaru te o uvjetima kojima moraju udovoljavati pravne osobe ovlaštene za potvrđivanje tih proizvoda (NN 47., str. 1756)
- Uredba o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša (NN 7., str. 250)
- Uredba o procjeni utjecaja na okoliš (NN 34/97., str. 1422)
- Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 140/97., str. 4406)

- Pravilnik o utvrđivanju znanstvenih područja (NN 135/97., str. 1348)
- Minimalni uvjeti za izbor u znanstvena zvanja (NN 38/97., str. 1504)
- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o utvrđivanju znanstvenih područja (NN 135/97., str. 4273)
- Pravilnik o mjerilima i uvjetima za sklapanje ugovora o radu sa znanstvenim novacima radi specijalističkog usavršavanja (NN 77/97., str. 2498, NN 79/97., str. 2511)
- Pravilnik o osnovama financiranja znanstvenoistraživačkih instituta (NN 38/97., str. 1495)
- Ispravak Uredbe o preporučenim i graničnim vrijednostima kakovće zraka (NN 2/97., str. 100)

Sb

MEĐUNARODNI NUKLEARNI INFORMACIJSKI SUSTAV - INIS

Međunarodni nuklearni informacijski sustav INIS je bibliografska baza podataka o nuklearnoj znanosti i tehnologiji u miroljubive svrhe. To je zbirka literature, tj. pisanih materijala koji se objavljuju u malom broju i nisu dostupni uobičajenim komercijalnim kanalima. INIS je osnovan 1970. godine kao dio Međunarodne agencije za atomsku energiju (International Atomic Agency) sa sjedištem u Beču. Namjena mu je da omogući razmjenu tehničkih i znanstvenih informacija o miroljubivom korištenju atomske energije. Danas INIS raspolaže sa preko 2 milijuna referenci iz nuklearne literature. Primjerci ove literature čuvaju se u INIS centru u Beču. Kopije su dostupne posredstvom INIS-a. Prikupljanje dokumentacije obavljaju zemlje članice INIS-a. Danas INIS ima 101 zemlju članicu i 17 međunarodnih organizacija. Članice INIS-a, a među njima i Republika Hrvatska, prikupljene opise sa svog područja putem svojih INIS nacionalnih centara, u elektronskom ili pisanom obliku, dostavljaju u INIS centar u Beču. Obrada informacija i proizvodnja izlaznih produkata je centralizirana u INIS sekciji IAEA. Ona je odgovorna za osiguranje da se informacije koje im dostave članice INIS-a i međunarodne organizacije s kojima INIS surađuje, pažljivo obrade te efikasno i na vrijeme uz prihvatljivu cijenu distribuiraju svim članicama INIS-a i drugim korisnicima.

Prikupljanje i obrada ulaznih podataka obavlja se standardiziranim programom FIBRE pod operacijskim sustavom DOS ili WIN-FIBRE pod operacijskim sustavom Windows.

INIS objavljuje i distribuira informacije na nekoliko načina:

- Internet: <http://www.iaea.or.at/programmes/inis/inis.htm>
- na CD-ROM-u
- on line
- u sastavu ENERGY baze podataka koju izdaje IEA i dr.

Kontakt s INIS-om, za našu zemlju, ostvaruje se preko ovlaštene osobe u Ministarstvu gospodarstva. Ta osoba je odgovorna za organizaciju prikupljanja informacija i njihov unos u INIS za područje naše zemlje, što se obavlja od 1996. godine.

INIS baza podataka se koristi u Energetskom institutu Hrvoje Požar. Ostalim korisnicima na raspolaganju je u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici. Isto tako je moguća posudba kompakt diskova od Ministarstva gospodarstva.

Sb

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Privredni vjesnik u suradnji s Hrvatskom gospodarskom komorom prati kretanje cijena osnovnih artikala i usluga, koje imaju obilježje socijalnog indikatora posebno važnog za skupinu stanovništva s nižim prihodima. U okviru te problematike iznosi i proračun cijene električne energije, koja nije povećana nakon uvođenja PDV-a. Kakva je situacija s cijenom električne energije

objašnjava slijedeći tekst koji se navodi kako je objavljen u Privrednom vjesniku od 16. veljače ove godine.

“Prvi osnovni zaključak, kada je riječ o cijeni električne energije za kućanstva glasi: u siječnju ona nije povećana. Drugim riječima, kWh na jednotarifnom brojilu i dalje je ostao jednak, a ostala je ista i naknada koja se obračunava za snagu. No cijena, kako ističu potrošači, za njih zapravo nije 40 lipa po kWh, jer iz obračuna im proizlazi da je viša. To je točno, jer u obračun se uračunava i snaga, pa ovisno o tome koliko struje netko troši u kućanstvu, varira i konačna cijena kWh. Odnosno, tko troši više, plaća zapravo skuplju struju, jer su nižom cijenom zaštićene kategorije manje potrošnje.

Da bude jasnije, evo kako izgleda računica za jednotarifno brojilo.

1)	
Za jedan kWh u kućanstvu	
cijena je	0,3700 kn
od toga se odbija 12 %	
popusta za kućanstva	- 0,0444 kn
	<u>= 0,3256 kn</u>
i dodaje 22 % PDV-a	+ 0,0716 kn
pa je konačna cijena za	
1 kWh	<u>= 0,3972 kn</u>

2) Drugi dio čini obračun snage i on ovisi o potrošnji.

A. Po nižoj se tarifi obračunava snaga do 3,2 kW (1,63 kn /kWh) što odgovara mjesečnoj potrošnji do 120 kWh. Za takvu se mjesečnu potrošnju obračunava:

3,2 kW x 1,63 kn	5,2200 kn
od toga se odbija 12 %	
popusta za kućanstva	- 0,6265 kn
	<u>= 4,5976 kn</u>
i dodaje 22 % PDV-a	+ 1,0106 kn
pa je konačna cijena za	
snagu	<u>= 5,6042 kn</u>

Drugim riječima, onaj tko potroši mjesečno 120 kWh mora platiti

- za utrošene kWh 120 x	
0,3972 =	47,66 kn
- za snagu	+ 5,60 kn
ukupno	<u>53,26 kn</u>

što znači da će ga 1 utrošeni kWh zapravo stajati 0,4438 kn

B. Ako međutim, troši više - a prema podacima dobivenim u Elektri Zagreb, lani je prosječna mjesečna potrošnja po kućanstvu u Zagrebu iznosila 255 kWh - računat će se, recimo, za takvu potrošnju ovako:

a) za utrošene kWh (s	
obračunatim popustom i	
PDV-om) 255 x 0,3972 = kn	101,286 kn

b) za snagu (ukupno 6,6	
kW):	
3,2 kW x 1,63 kn	5,216 kn
3,4 kW x 11,94 kn	+ 40,596 kn
	<u>= 45,812 kn</u>

od toga se odbija 12 %	
popusta za kućanstva	- 5,497 kn
	<u>= 40,315 kn</u>
i dodaje 22 % PDV-a	+ 8,869 kn
pa je konačna cijena za	
snagu	<u>= 49,184 kn</u>

Drugim riječima, takav	
potrošač plaća za	
potrošene kWh	101,29 kn
za snagu	+ 49,18 kn
ukupno	<u>150,47 kn</u>

što znači da potrošača svaki od utrošenih 255 kWh zapravo, u prosjeku, stoji 0,59 kn na jednotarifnom brojilu.

Konačne se cijene za kućanstva nisu mijenjale uvođenjem PDV-a; došlo je samo do promjena u obračunavanju (prije je bio manji popust i niži porez, a sada je popust povećan kako bi neutralizirao povećanje poreza).

Posljednje promjene u cijenama električne energije za kućanstva bile su 1. srpnja prošle godine, kada je zapravo struja poskupjela za sve one koji troše više od 120 kWh na mjesec, jer je granica za jeftiniju snagu spuštena sa 180 na 120 kWh mjesečno.

Sb

FOND ZA ZATVARANJE NUKLERNE ELEKTRANE KRŠKO

Prije nekoliko godina Skupština Slovenije donijela je zakon o Fondu za zatvaranje nuklearne elektrane Krško. Prema njemu bi NE Krško svaki mjesec uplaćivala u Fond 0,61 tolar za proizvedeni kWh električne energije. Prikupljeni novac bi bio namijenjen za skladištenje i trajno odlaganje srednje i nisko radioaktivnog otpada te istrošenog goriva. Do momenta razgradnje novac bi Fond ulagao u profitabilne poslove. Godine 1996. Vlada Slovenije prihvatila je program razgradnje nuklearne elektrane. Zbog neredovitog uplaćivanja, krajem 1997. godine NE Krško duguje Fondu 8,645 milijardi tolaru.

Kako je NE Krško vlasništvo Slovenije i Hrvatske rješavanje ovog pitanja nije jednostavno i traži dosta vremena. Ne samo pred poslovodstvom NE Krško, nego i pred državnim institucijama vrlo je složen zadatak.

U 1997. godini elektrana je proizvela na pragu 4 793 976 MWh električne energije, što je 7 % iznad plana. Poslije 1995. godine, kada je ostvarena proizvodnja od 4,56 milijardi kWh, to je najveća ostvarena proizvodnja. Postignuto je iskorištenje od 88,27 % te postignuta raspoloživost od 89,48 %. Ostvarena proizvodnja po kvartalima u 1997. godini prikazana je u slijedećoj tablici:

Kvartal	I.	II.	III.	IV.
Mjesečna	355848	448540	456360	453920
proizvodnja	423536	132128	451748	444096
MWh	468164	254072	441876	463688
MWh	1247548	834740	1349984	1361704

U prvom kvartalu 1997. godine dogodio se jedan ispad u trajanju od 163,4 sata. U drugom kvartalu se obavljao remont, a u preostala dva kvartala nije bio niti jedan ispad.

Prema Biltenu o radu NE Krško i njenom utjecaju na okoliš Ministarstva gospodarstva, radiološki utjecaj na okoliš u 1997. godini bio je zanemariv.

Sb

UREDBA O UVJETIMA ZA POSTUPANJE S OPASNIM OTPADOM

U svibnju 1995. godine donesen je Zakon o otpadu (Narodne novine broj 34 od 19. svibnja 1995. godine), kojim se određuju prava, obveze i odgovornosti pravnih i fizičkih osoba, jedinica lokalne samouprave i uprave u postupanju s otpadom. Odredbe ovog Zakona ne obuhvaćaju postupanje s radioaktivnim otpadom i s otpadnim tvarima koje se ispuštaju u površinske vode, kanalizacijsku mrežu i zrak, što je uređeno posebnim propisima. Prema članku 24 postupanje s opasnim otpadom propisuje Vlada. Temeljem toga Vlada je donijela Uredbu o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom, koja je objavljena u Narodnim novinama broj 32 od 10. ožujka ove godine.

Ovom uredbom reguliraju se uvjeti o tehničko-tehnološkoj opremljenosti prostora, opreme ili građevina za skladištenje, obrađiva-

nje ili odlaganje opasnog otpada i potrebna stručna sprema za obavljanje poslova postupanja s opasnim otpadom.

Na odlagalište opasnog otpada smije se odlagati samo opasni otpad koji ima sastav eluata, odnosno proizvoda laboratorijske simulacije procjeđivanja vode kroz opasni otpad određenog sastava prema slijedećoj tablici:

pH vrijednost	od 4 do 13
TOC (ukupni organski ugljik)	do 200 mg/l
Arsen	do 1,0 mg/l
Olovo	do 2,0 mg/l
Kadmij	do 0,5 mg/l
Krom	do 0,5 mg/l
Bakar	do 10,0 mg/l
Nikal	do 2,0 mg/l
Cink	do 0,1 mg/l
Živa	do 0,1 mg/l
Fenoli	do 10,0 mg/l
Amonij	do 1,0 mg/l
Fluoridi	do 50 mg/l
Cijanidi	do 1,0 mg/l
Nitriti	do 30 mg/l
AOX (adsorbirani organski halogenirani spojevi)	do 3,0 mg/l

Na odlagalište opasnog otpada ne smije se odlagati:

- opasni otpad u tekućem stanju
- opasni otpad u praškastom stanju
- opasni otpad koji je u uvjetima odlagališta eksplozivan, oksidirajući ili zapaljiv
- opasni otpad koji podliježe posebnim propisima
- plin pod tlakom.

Na odlagalištu opasnog otpada vodi se dnevnik koji sadrži podatke o grupi, količini, podrijetlu, datumu dostave i mjestu odlaganja opasnog otpada unutar odlagališta. U dnevnik se upisuju i meteorološki podaci i podaci o svim izvrednim događajima.

Državnoj upravi za zaštitu prirode i okoliša dostavljaju se dva puta godišnje podaci o svim ispitivanjima. Tijekom deset godina od dana zatvaranja odlagališta opasnog otpada mora se dva puta godišnje uzorkovati i određivati sastav i razina podzemnih voda, protok i sastav procijednih voda, te prema potrebi količina i sastav odlagališnih plinova. Osoba odgovorna za skladište opasnog otpada mora imati najmanje višu stručnu spremu kemijskog, kemijsko-tehnološkog, farmaceutskog ili zdravstvenog usmjerenja i 5 godina rada u struci.

Sb

POTPISANI UGOVORI O AUTORSKOM PRAVU I O IZVEDBI I FONOGRAMIMA SVJETSKE ORGANIZACIJE ZA INTELEKTUALNO VLASNIŠTVO

U prosincu 1997. godine, u Ženevi, u sjedištu Svjetske organizacije za intelektualno vlasništvo (WIPO) naša zemlja je potpisala Ugovor o autorskom pravu i Ugovor o izvedbama i fonogramima Svjetske organizacije za intelektualno vlasništvo. Da bi ugovori stupili na snagu, jer se predviđa njihovo stupanje na snagu nakon što 30 država deponira instrument o ratifikaciji ili pristupu kod glavnog direktora Svjetske organizacije za intelektualno vlasništvo (WIPO), i to samo za 30 navedenih država, a za sve druge države po isteku tri mjeseca od dana deponiranja svog instrumenta o ratifikaciji ili pristupu.

Svrha potpisivanja ovih ugovora je usuglašavanje nacionalnog zakonodavstva s multilateralim međunarodnim ugovorima, uvođenja novih međunarodnih pravila, osobito u svezi s utjecajem digitalne tehnologije na stvaranje i korištenje autorskog djela, te novih mogućnosti izvedaba i fonograma.

Sb

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

INSTITUT KOJI POMAŽE INŽENJERIMA DOKTORANDIMA

Da se pomogne i skрати vrijeme rada na doktorskoj dizertaciji diplomiranih inženjera Institut za znanstvene savjete (Institut für Wissenschaftsberatung) u Njemačkoj pomaže doktorandima optimiranje i planiranje promocije na njemačkim sveučilištima. Pomaže pri rutinskim radovima kao pri traženju i kopiranju literature, gramatičkim korekcijama i slično. Time se doktorandi mogu više usredotočiti na izradu same dizertacije. Prema procjeni instituta uz njihovu stručnu pomoć za uspješni završetak dizertacije treba oko dvije godine, a bez te pomoći to se vrijeme produkuje na 4 do 8 godina. Troškovi savjetovanja amortiziraju se vrlo brzo, jer su plaće inženjera s doktorskom titulom bitno veće od plaća inženjera bez doktorata. Prema podacima instituta razlike u plaćama u ovisnosti o godinama su slijedeće (u DM):

Godine	inženjeri doktori	inženjeri	razlika
28	91 000	71 000	20 000
33	102 000	82 000	20 000
38	126 000	104 000	22 000
43	134 000	112 000	24 000
48	162 000	130 000	32 000
53	180 000	141 000	39 000
53	188 000	146 000	43 000
63	192 000	149 000	43 000

Prema istim izvorima razlike tijekom cijelog radnog vijeka penju se do 1 000 000 DM.

ETZ, god. 118(1997), br. 17

Mrk

DINAMIKA KOMPENZACIJE JALOVE SNAGE

Na današnje su razdjelne mreže priključeni mnogi potrošači koji izazivaju znatne udarce jalove snage i nadvalove. Uobičajeni uređaji za kompenzaciju jalove snage mogu nastale flikere i rezonancije samo djelomično ublažiti. No, razvijeni suvremeni dinamički kompenzacijski uređaji s poluvodičkom sklopkom i regulatorom to mogu potpuno. Regulator u vremenu od jedne periode, tj. 20 ms ukopčava potrebnu snagu kondenzatora i time kompenzira i vrlo kratke udare jalove snage (koji nastaju, npr. pri direktnom priključku elektromotora). Regulator je opremljen mjernim sustavom koji u svakoj periodi mjeri sve parametre i izračunava $\cos(\phi)$ i stanje nadvala. Time štiti mrežu i kondenzatore od rezonancije.

Nešto veće investicije, prema konvencionalnom kompenzacijskom uređaju brzo se amortiziraju zbog dužeg vijeka trajanja, manjeg održavanja i manjih investicija u distribucijsku mrežu. Smetnje i štete od sklopnih prenapona mogu se uspješno izbjeći.

ETZ, god. 118(1997), br. 13-14

Mrk

OSOBNA RAČUNALA U SVIJETU

Razvoj i izgradnja telekomunikacijskih uređaja sve je veći. Samo u Njemačkoj u tom je području ostvaren 1996. godine promet od 80 milijardi DM. Osobito se širi upotreba osobnih računala. U tom su najnapredniji SAD, gdje na 100 stanovnika dolazi 48 računala. Europa u tome znatno zaostaje, što se vidi iz slijedećeg pregleda.

Na 100 stanovnika broj osobnih računala:

Grčka	4	Japan	20
Portugal	8	Njemačka	24
Španjolska	9	Engleska	25
Italija	9	Nizozemska	25
Irska	10	Švedska	26
Austrija	15	Danska	27
Belgija	16	Norveška	30
Francuska	18	Švicarska	33
Finska	18	SAD	48

ETZ, god. 118(1997), br. 23/24

Mrk

KROVNA SOLARNA ELEKTRANA U POGONU

Solarna elektrana izgrađena na krovovima novih paviljona min-henskog velesajma stavljena je u pogon u studenom 1997. godine (vidjeti: Energija, god. 46(1997), br. 3). Ovo je zajednički projekt tvrtke Siemens, gradskih poduzeća Münchena, bavarskog Ministarstva za istraživanje i elektroprivrednog poduzeća Bayernwerk, koje je samo dalo 50 % potrebnih investicija od 15 milijuna DM. To je najveći od ostvarenih projekata od planiranih 100 milijuna vrijednih uređaja pod nazivom "Energetska budućnost Bavarske". Uređaj ima nazivnu snagu od 1016 kW, a sastoji se od 7612 modula i 625 208 solarnih ćelija.

Ta se snaga ne može naravno usporediti sa snagom današnjih termo ili nuklearnih elektrana, ali je ipak doprinos smanjenju emisije ugljičnog dioksida. Zbog visoke cijene tako dobivene električne energije, sunčeva elektrana dolazi samo u obzir u rijetko naseljenim krajevima s obiljem sunca

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 26

Mrk

ZELENI DOPRINOS

U nastojanjima da se što više unaprijedi i iskoristi obnovljiva energija u mnogim je zemljama uvedeno dodatno financijsko opterećenje potrošača električne energije nazvano "Zeleni doprinos" (Green-Pricing, - GP). U Njemačkoj se on ubire kao dodatak na redovnu cijenu potrošene električne energije, na temelju dragovoljnosti, ali nije od potrošača prihvaćen u onom opsegu kako se predviđalo. Elektroprivreda, kao dobavljač električne energije, traži odluku potrošača (kućanstva) da li želi svojim financijskim doprinosom sudjelovati u gradnji nekonvencionalnih obnovljivih izvora, npr. neke vjetro ili solarne elektrane. Ona u pravilu organizira prikupljanje sredstava i sama sudjeluje u dijelu financiranja postrojenja. Ovako povećana cijena električne energije nazvana je "zelena tarifa", no to nije jedini način na koji se u svijetu ubire "zeleni doprinos". Doprinos može biti nezavisan od potroška električne energije, pa se uplaćuje po kućanstvu jednom godišnje. Osim ovakvog modela uplaćivanja doprinosa koristi se i tzv. fond-model gdje potrošač uplaćuje dragovoljno u fond, često namjenski kao dar ili prilog. Ponegdje se pak koristi dionički model. Za neko određeno postrojenje potrošači za uplaćene svote dobivaju dionice. Uplata je jednokratna na investicijskom principu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 26

Mrk

EdF U POLJSKOJ

Francusko elektroprivredno poduzeće EdF sklopilo je s poljskom državom ugovor o preuzimanju 55 % udjela u krakovskoj toplani, poduzeća Elektrocieplovna Krakov. Ova se francuska tvrtka javila u međunarodnom natječaju prve privatizacije poljske elektroprivrede i uloženi je investicijama nastavila svoju politiku razvoja u srednjoj Europi.

Na temelju spomenutog ugovora EdF će pomagati u razvojnim i investicijskim planovima krakovskog elektroprivrednog poduzeća u slijedećih 5 godina.

ETZ, god. 118(1997), br. 23/24

Mrk

TERMOELEKTRANA LOŽENA BIOMASOM

Njemačka je tvrtka Siemens uzela u okvir svoje djelatnosti gradnju termoelektrana sa specijalno građenim ložištima za izgaranje biomase.

Kao pilot postrojenje gradi, po principu ključ u ruke, termoelekttranu - toplanu u Bavarskoj (Schengau-Altenstadt). Električna snaga elektrane je 10 MW i to će biti najveće postrojenje takve vrste u Njemačkoj, a ući će u pogon 1999. godine. Financiranje gradnje pomaže savezna i pokrajinska vlada. Realizacija ovog postrojenja uklapa se u grupu projekata nazvanu "Sirovine koje rastu u Bavarskoj".

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 26

Mrk

ŠVICARSKA I SLOBODNO TRŽIŠTE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Švicarska je elektroprivreda spremna, u smislu smjernica EU, potpuno otvoriti slobodno tržište električnom energijom u vremenskom razdoblju od deset godina. U svezi s time glavno je pitanje prodor u vlasništvo električne prijenosne mreže i naknada za korištenje.

Novi model koji gradi švicarska elektroprivreda mora svakako sadržati slijedeće četiri točke:

1. Prolaz energije za ovlaštene korisnike
2. Naknada za korištenje električne mreže
3. Treba stvoriti neovisno švicarsko koordinacijsko tijelo od elektroprivrednih stručnjaka
4. Analogno EU u švicarskom modelu treba utvrditi tko je ovlašten korisnik i kad pojedini korisnici mogu koristiti električnu mrežu.

Otvaranje slobodnog tržišta mora biti postupno da odštetni troškovi ne budu suviše veliki.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 24

Mrk

REALNA CIJENA KORIŠTENJA OBNOVLJIVE ENERGIJE

Političari i udruge Zelenih očekuju promicanjem postrojenja za korištenje obnovljive energije ne samo zaštitu okoliša već i povećanje broja radnih mjesta. Takva su stajališta nerealna, jer uvođenjem novih tehnika i tehnologija broj radnih mjesta u energetici i nadalje će padati. Treba računati s time da će povećanjem upotrebe obnovljive energije cijena električne energije rasti, a povećani broj radnih mjesta u proizvodnji, npr. vjetroelektranama samo je kap u moru nezaposlenosti. Treba uzeti u obzir da je većina projekata u svezi s korištenjem obnovljive energije subvencionirana i da to nema negativne posljedice na gospodarstvo.

Obnovljiva energija predstavlja sve važniji element u energetici, ali je treba u interesu optimalnog odabira uspoređivati jednakim mjerilima kao i ostale energije, bez euforije i slatkorječivosti. U ovom je broju časopisa opisano stanje korištenja obnovljive energije (vodnih snaga, fotovoltaike, vjetra, biomase i otpada) za potrebe proizvodnje električne energije u Njemačkoj i u svijetu i svugdje isticana potreba realnog pristupa tom problemu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 24

Mrk

ISKORIŠTENJE ENERGIJE MORSKIH VALOVA*

Dok su sunčeve i vjetroelektrane svestrano razvijene i unapređivane, energija morskih valova, unatoč mnogim prijedlozima i patentima, nije mnogo korištena. Jedan takav pokušaj proveden je u Indiji. Uz potporu indijske vlade osnovana je znanstvena grupa sa zadatkom da izgradi prototip postrojenja u kojem bi se energija morskih valova pretvarala u električnu energiju. Kao prikladna odabrana je lokacija izgradnje takvog postrojenja u ribarskom mjestu Vizhinjan na zapadnoj obali Indije. Mjesto ima visoke i česte valove, ali nije izloženo ciklonima. Osnovna građevina postrojenja je veliki betonski keson, dimenzija 17 m x 15 m x 23 m, s otvorom na jednoj strani za ulaz morske vode. Poradi valova morska se voda u kesonu uzdiže i pada, frekvencijom od oko 0,1 Hz. gibanjem vode zrak se u kesonu komprimira i razrjeđuje pa kroz gornji otvor struji u dva smjera. U čeličnoj kupoli kesona smještena je turbina i generator koje pogoni spomenuta zračna struja. Korišten je poseban uređaj kojim turbina rotira uvijek u istom smjeru, bez obzira na strujanje zraka. Električni je generator asinkroni, snage 150 kW, s kondenzatorom od 30 kVAr. Nakon stavljanja u pogon rad postrojenja pomno je praćen čitavim nizom mjera. Na temelju toga došlo se do sljedećih zaključaka:

1. Vrlo su velike razlike između maksimalno dobivene (oko 200 kW) i srednje snage. Odnos je 10 do 40 puta.
2. U mirnom razdoblju između dvije grupe valova asinkroni stroj radi na mreži kao motor, time je umanjen faktor iskorištenja.
3. Kad valovi proizvode suvišak snage, mehanički su dijelovi postrojenja preopterećeni.
4. Iako uređaji nemaju nikakav direktni kontakt s morskom vodom, potrebno je ugraditi zaštitni uređaj za ulazak zraka u turbinu.
5. Za optimiranje snage nije dostatan po jedan uzbudni uređaj po kesonu.

Na temelju navedenih rezultata konstruiran je proizvodni uređaj na novoj koncepciji i stavljen u pogon. Praćenje rada obnovljenog postrojenja je u tijeku.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 24

Mrk

HIDROELEKTRANA S GENERATORIMA PROMJENLJIVOG BROJA OKRETAJA

Generatori u hidroelektranama, koje su priključene na mrežu, rade s konstantnim brojem okretaja. Ako se omogući da se broj okretaja mijenja i prilagodi prilikama, proizvedena se energija može godišnje povećati 10 % do 20 %. Ta je činjenica već davno poznata, no danas postoje tehničke mogućnosti za takav rad ugradnjom mjenjača frekvencije, korisnog djelovanja od 98 %. Takva se tehnologija već dulje koristi kod vjetroelektrana.

* O iskorištenju morskih valova vidjeti u časopisu *Energija*, god. 35(1990), br. 5. god. 40(1991), br. 5 i god. 41(1992), br. 2

Tvrtka HydroWat razvila je uređaj kojim se omogućuje pogon asinkronog generatora s promjenljivim brojem okretaja. Uređaj je prvenstveno primjenljiv u hidroelektranama, za sada za snage do 250 kW, kojim se po volji može optimirati pogon.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 4

Mrk

KONGRES O VELIKIM TERMOELEKTRANAMA

Kongres o velikim termoelektranama održan je u Drezdenu s 1800 sudionika, eksperata iz 23 zemlje, pod nazivom "Elektrane 1997. (Kraftwerke 1997)". Kao mjesto održavanja odabran je upravo Dresden koji osim svog prijenosnog značenja i arhitekture ima u svojoj okolini najmodernije na svijetu termoelektrane na smeđi ugljen, koje rade s najvišim stupnjem djelovanja i najboljim uređajima za zaštitu okoliša.

Kongres se bavio, uz tehnička pitanja izložena u 30 specijalističkih predavanja, pitanjima međunarodne suradnje i uloge termoelektrana u budućem nadmetanju u slobodnom tržištu električne energije.

Među ostalim je naglašeno da bez nuklearnih elektrana nije moguće postići postavljeni cilj za sniženje emisije CO₂. U mnogim će zemljama proizvođači električne energije biti primorani da preuzimaju struju i iz elektrana sa obnovljivim izvorima unatoč višim cijenama proizvodnje.

U svezi odabira energenata za termoelektarne treba voditi računa da nisu dovoljna kratkoročna promatranja kao jamstvo za sigurnu dobavu. Plinom ložene elektrane imaju danas troškovne prednosti, ali treba se sjetiti događaja iz 1973. i 1976. godine. Zbog toga treba koristiti različite energente, a proizvodnju električne energije temeljiti na ugljenu i nuklearnoj energiji.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 25

Mrk

ELEKTROPRIVREDNE PROMJENE U ISTOČNOM DIJELU NJEMAČKE

Padom berlinskog zida i ujedinjenjem oba dijela Njemačke i elektroprivredu je trebalo organizirati jedinstveno. Od bivših kombinata osnovano je godine 1990. elektroprivredno poduzeće Veag. Ono je tada imalo ukupno 15 500 MW instalirane snage, većinom u termoelektranama na smeđi ugljen. Procijenjeno je da je veliki dio tih elektrana neekonomičan i tehnički zastario pa ih treba postupno ugasiti. Do godine 1996. isključena je snaga od 5400 MW, a do godine 2000. trebalo bi još isključiti iz pogona daljnjih 3350 MW.

U nove termoelektrane, također na smeđi ugljen, ugrađuju se blokovi 500 MW i 800 MW. Izgaranje smeđeg ugljena vrši se na bazi nove tehnologije izgaranja u fluidnom sloju, što povećava učinkovitost i stvara manje štetnih plinova.

Bruto proizvodnja u bivšoj DDR u 1989. godini iznosila je 120 TWh, a 1996. tek 73,6 TWh ili oko 60 %. Prognozira se da će oko 2010. godine iznositi 95 TWh do 100 TWh.

Organiziranjem Veaga elektroprivreda je imala (1990.) 28 000 uposlenih, dok ih je sredinom 1997. bilo 8700. Zbog tehničkih inovacija i automatizacije očekuje se daljnje smanjenje osoblja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 25

Mrk

DULUX MINI, NOVI PROIZVOD

Ručna svjetiljka pod imenom Dulux Mini noviji je proizvod tvrtke Osram. Vrlo je lagana pa se može pričvrstiti na odjeću i time osloboditi ruke. Svjetiljka je plosnatog oblika, a svijetli kao žarulja od 15 W, a uz to i vrlo štedljiva. Sijalica troši 5 W i uz pripadnu elektroniku traje oko 8000 sati. Za pogon je potrebna

baterija 2 x 1,5 V. Svjetiljka je četvrtastog oblika, spretna i lagana da lako stane u džep.

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 25

Mrk

VRLO RAZLIČITI POTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE PO GLAVI STANOVNIKA I GODINI

Vrlo je velika razlika u godišnjoj potrošnji električne energije po glavi stanovnika u pojedinim zemljama svijeta. Dok je na vrhu Norveška s 26 205 kWh (1994.) na dnu je afrička država Čad s potrošnjom od samo 14 kWh po glavi stanovnika u godini. U usporedbi s industrijski razvijenim zemljama potrošci su mali u Kini i Indiji, što se vidi iz slijedećeg pregleda za 1994. godinu.

		kWh/st.god.
Norveška	26205	
SAD	12711	"
Japan	7726	"
Njemačka	6526	"
Kina	780	"
Indija	420	"
Čad	14	"
Svijet prosjek	2245	"

Elektrizitätswirtschaft, god. 96(1997), br. 25

Mrk

NAJVEĆI DIO ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ PROIZVODE ELEKTRANE NA UGLJEN I NUKLEARKE

Najveći dio proizvedene električne energije u Njemačkoj dolazi iz elektrana na ugljen i nuklearnih elektrana. Kolike su snage instalirane u pojedinim vrstama elektrana vidi se u slijedećem pregledu (1996. godina):

		MW
elektrane na kameni ugljen	26140	
elektrane na smeđi ugljen	18780	"
nuklearne elektrane	22760	"
elektrane ložene zemnim plinom	15230	"
elektrane ložene naftom	7570	"
hidroelektarne	8400	"
Ukupno:	98880	"

Dakle oko 68 % instalirane snage instalirano je u elektranama na ugljen i nuklearnim elektranama.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

U NJEMAČKOJ 4600 ELEKTROAUTOMOBILA

Sredinom 1997. godine u njemačkom cestovnom prometu bilo je ukupno 4600 elektroautomobila, a to je 0,01 % od ukupnog broja automobila (49 milijuna). U Njemačkoj bi moglo biti do 10 milijuna elektroauta, što bi povećalo potrošnju električne energije za 5 %, ali bi znatno snizilo emisiju štetnih plinova.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

ODSTUPANJE OD NUKLEARKI JE EKOLOŠKI NEDOSTATAK

Predstavnik Udruge njemačkih elektrana (VDEW) izjavio je na zasjedanju komunalnih političara da odustajanje od nuklearne energije nije dio ekološke modernizacije, već teško ekološko nazadovanje. Unatoč protivljenju "zelenih" treba naglasiti da nije moguće uštedjeti, a niti nadomjestiti nuklearnu energiju obnovljivom energijom. Pri tome kod gradnje novih elektrana ne treba gledati samo na investicije, već dalekosežno imajući u vidu si-

gurnost dobave i dolazeće natjecanje na slobodnom tržištu električne energije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

USPJEH NJEMAČKE ELEKTROPRIVREDE U PROČIŠĆAVANJU DIMNIH PLINOVA

Na smanjenju emisije štetnih plinova vrlo je mnogo urađeno u zapadnom dijelu Njemačke u razdoblju od 1983. do 1990. godine, a u istočnom od 1990. do 1996. Emisija SO₂, u zapadnom dijelu, smanjena je za oko 93 %, NO_x za 80 %, a prašina za 91 %. U tom dijelu zemlje nema više od početka devedesetih godina niti jedne elektroprivredne termoelektrane koja nema pročišćivače dimnih plinova na razini najmodernije tehnike. Udio emisije štetnih plinova iz elektroprivrednih elektrana u ukupnoj emisiji svijeta zagađivača također je osjetljivo pao. U zapadnom dijelu zemlje udio SO₂ iznosio je 1982. godine 55 %, a 1994. 13 %. Za NO_x taj je postotak bio 29 %, a pao je na 8 %, a prašina od 14 % na 2 %. U istočnom dijelu Njemačke proces ugradnje pročišćivača još nije završen, ali emisija štetnih plinova već je drastično smanjena. U tijeku 1996. godine u elektroprivrednim je termoelektranama utrošeno 2800 x 10⁶ GJ fosilnih goriva. Za godinu 2010. predviđa se proizvodnja od 522 TWh električne energije, od čega će 342 TWh biti proizvedeno iz fosilnih goriva. Na temelju tih pretpostavki ne može se očekivati da će se moći ostvariti planirano smanjenje štetne emisije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

SUSTAV ON-LINE ANALIZE TARNSFORMATORSKOG ULJA

Unutarnji električni kvarovi i anomalije u uljem izoliranim transformatorima razvijaju neke, za kvarove tipične plinove. Analizom tih plinova u ulju mogu se prema tome dijagnosticirati određeni kvarovi. Zato se, naročito kod velikih transformatora, od vremena do vremena obavljaju probne laboratorijske analize uzoraka ulja iz transformatora, da se spriječe kvarovi već u nastajanju. No, može se dogoditi da se kvar razbukta između dva ispitivanja. Da bi se poteškoće na vrijeme spriječile tvrtka Siemens razvila je potpuno automatizirani uređaj za plinsku analizu ulja. Uređaj se ugrađuje kao mimovod (bypass) na cjevovod za cirkulaciju ulja pri hlađenju. Ulje se automatski uvodi u posudu za otplinjavanje, a ekstrahirani plinovi uz pomoć plina argona, uvode se u plinski kromatograf, gdje se analiziraju. Ovakav ciklus traje oko jedan sat, a vremenski razmak analiza korisnik može po volji podešavati. Rezultati analize se kompjutorski obrađuju i pohranjuju, a mogu se i prenositi u neki kontrolni centar. Rezultati analiza, za svaki od analiziranih plinova, mogu se za određeno vremensko razdoblje dati i u obliku dijagrama. Današnja iskustva u radu prototipa uređaja vrlo su povoljna.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

SUSTAV VODNOG MONITORINGA ZA VISOKONAPONSKE PLASTIČNE KABELE

Kod visokaponskih kabela izoliranih plastičnim materijalom (umreženi polietilen) prodor vode, zbog mehaničkog oštećenja plašta, dovodi do smanjenja izolacijskih svojstava plastičnog materijala i eventualno do proboja. Potrebno je stoga što ranije otkriti kvar i poduzeti mjere sanacije. Da se može kontinuirano nadzirati stanje plašta kabela, otkriti i locirati mjesto kvara, razvijen je sustav vodnog monitoringa.

Glavni element koji nadzire nepropustivost kabelskog plašta je vodni senzor. On je ugrađen paralelno zakrilnim žicama. Prodorom vode senzor postane vodljiv što dovodi do reagiranja mjernog sustava. Mjerne vrijednosti ulaze u specijalni kompjutorski sustav koji podatke sređuje i u slučaju kvara daje alarm i točnu lokaciju mjesta kvara.

Prednosti navedenog kontrolnog sustava su slijedeće:

- male dodatne investicije
- minimalni troškovi nadzora
- visoka sigurnost upozorenja o nastanku kvara
- sigurna lokacija kvara
- ograničenje štete.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

NJEMAČKI IZDACI ZA RAZVOJ ISKORIŠTENJA OBNOVLJIVIH ENERGETSKIH IZVORA

U Njemačkoj je tijekom 1996. godine za unapređenje obnovljivih izvora (istraživanja, razvoj, demonstracijska postrojenja i marketing) izdano ukupno 1001 milijun DM (u 1995. godini 908 DM). Svoj su udio dali savezna vlada, pokrajine, elektroprivreda i novčani zavodi.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 1/2

Mrk

ELEKTRIČNI VODOVI I ZAŠTITA PTICA

Trogodišnja opažanja na električnoj mreži (11 000 km) njemačkog elektroprivrednog poduzeća RWE pokazala su da nije bilo toliko štete među pticama koliko su znanstvenici predviđali. No, u interesu što veće zaštite ptica RWE će u pojedinim područjima provesti u tijeku slijedećih 5 godina dodatne mjere zaštite. Ovaj je projekt razrađen uz pomoć ekoloških stručnjaka, šumara i ornitologa.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 3

Mrk

SUPERVODLJIVI UREĐAJ ZA OGRANIČENJE STRUJE KRATKOG SPOJA

Tvrtka Siemens razvila je uređaj za ograničenje struja kratkog spoja. Prototip snage 1 MVA bit će završen koncem 1998. godine, namijenjen za ugradnju u vodove srednjeg i visokog napona. Kao novost u ovom su uređaju korišteni visokotemperaturni supravodiči koji su u tankim slojevima nanoseni na keramičke pločice. Djelovanje uređaja u principu vrlo je jednostavno. U normalnom je pogonu struja u supravodiču ispod kritične struje, tj. struje kad supravodič izgubi svoju supravodljiva svojstva. Struja prolazi bez otpora i bez gubitaka. Struja kratkog spoja, naprotiv, mnogo premašuje kritičnu struju, pa svojstva supravodljivosti nestanu u trenu, tada otpor vodiča ograničuje struju kratkog spoja. Uspostavljanjem normalnog stanja u dalekovodu, vodiči ponovo postaju supravodljivi, nakon hlađenja unutar jedne sekunde. Ograničenje struje kratkog spoja može se podesiti na dvostruku do peterostruke nazivne struje. Treba još spomenuti da ugradnjom ovog uređaja pripadni prekidači ne trebaju više biti dimenzionirani na trideset puta veću nazivnu struju. Kao prototip uređaj će biti izveden jednofazno.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 3

Mrk

NOVA GENERACIJA MOBILNIH TRANSFORMATORA

Ispad transformatora, tog neophodnog i skupog elementa elektroenergetskog sustava teško pogađa opskrbno područje, ukoli-

ko nema nekih rezervnih rješenja. Jedno od tih je privremeno priključenje zamjenskog transformatora. Pri tome je vrlo važno da se transformator dopremi što je moguće brže. To je moguće samo tako, ako transformator čeka montiran na cestovno vozilo do ukupne težine od najviše 40 tona. Ovim ograničenjem ograničena je i maksimalna snaga mobilnog transformatora. Zahvaljujući izolacijskom materijalu Du Point Nomex južnokorejska tvrtka Hyundai Heavy Industry (HHI) uspjela je izgraditi mobilni transformator osjetno veće snage. Od snage 23 MVA omogućeno je povećanje na 40 MVA, a da nije pređena maksimalna težina. Tvrtka se nada da će daljnjim razvojem i istraživanjem moći ostvariti maksimalnu snagu transformatora višu od 60 MVA.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 3

Mrk

RAZVOJ TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE U V. BRITANIJI

Tržište električne energije u V. Britaniji još nije potpuno liberalizirano. Tek će tijekom 1998. godine moći 26 milijuna malih potrošača birati dobavljača. To će biti posljednji stupanj u prijelazu na natjecanje na slobodnom tržištu električne energije.

Rekonstruiranje britanske elektroprivrede započelo je 1990. godine uz dvije promjene: počelo je uvođenje natjecanja na slobodnom tržištu električne energije i privatizacija s izuzetkom dviju starijih nuklearki. Privatizacija je bila doduše važna, ali uvođenje natjecanja imalo je najveći učinak.

Pri promatranju britanskih prilika treba uzeti u obzir tri geografski uvjetovana područja: Engleska s Welsom, Škotska i Sjeverna Irska.

Do godine 1990. elektroprivreda Engleske i Welsa bila je centralizirana u poduzeću CEGB (Central Electricity Generating Board), koje je imalo praktički monopol u proizvodnji i prijenosu električne energije. Dvanaest regionalnih distributera prodavalo je struju na svom području i tako su i oni bili monopolisti u distribuciji. Cijela je elektroprivreda bila u državnom vlasništvu. Slične su prilike bile također i u Škotskoj i Sjevernoj Irskoj.

Nova je struktura to radikalno promijenila. CEGB se podijelio:

- na dva društva s elektranama na fosilna goriva (National Power i Power Gen)
- jedno društvo za nuklearne elektrane (Nuclear Electric)
- samostalno društvo za prijenos (National Grid).

U međuvremenu osnovana su dva društva za nuklearke: British Energy i Magnox Electric. Utvrđeno je da svi proizvođači električne energije imaju jednakopravni pristup prijenosnoj mreži.

U distribuciji zadržano je dvanaest društava, ali im je oduzet monopol. Dogovoreno je slobodno tržište koje će se postupno uvoditi tijekom osam godina.

Odmah je omogućeno da 5000 najvećih potrošača (30 % potrošnje) izabere svoje dobavljače.

Srednji potrošači (50 % potrošnje), mogli su birati dobavljače od 1994. godine.

Tijekom 1998. godine svi će potrošači u Vel. Britaniji imati pravo birati dobavljače električne energije.

Poznato je da prijenos i distribucija predstavljaju prirodne monopole pa su takva poduzeća podvgnuta državnoj regulativi. Vlada je imenovala neovisnu nadzornu službu koja kontrolira cijene i usluge.

U Škotskoj su zadržana dva vertikalna integrirana društva (Scottis Power i Hydroelectra). Oba proizvode, prenose i distribuiraju električnu energiju do krajnjeg potrošača.

Posebno je društvo osnovano za nuklearne elektrane.

U Sjevernoj su Irskoj elektrane prodane trojici vlasnika, a Northern Ireland Electricity nadležno je za prijenosni i distribucijski sustav.

Reorganizacijom elektroprivrede postignuto je kao najvažnije sljedeće:

- Više od 50 000 potrošača iz privrede mogu tražiti ponude za dobavu električne energije i odabrati između konkurenata. Naglo porasla nezavisna proizvodnja električne energije uz brz razvoj kombi-postrojenja loženih plinom.
- Elektroprivreda je, vodeći računa o slobodnom natjecanju, usredotočila pažnju na vlastite troškove i usluge potrošačima.
- Britanska električna mreža (National Grid) postala je samostalno društvo.

Razvoj natjecanja pobudio je mnogo pažnje, no time su nastale velike promjene i na drugim područjima.

Značajne su mjere poduzete za ispunjenje zadaća javnih opskrbnih poduzeća, za smanjenje opterećenja okoliša i razvoj obnovljivih energija.

Prijelaz na potpuno natjecanje u dobavi električne energije nije još u Vel. Britaniji završen. Dok se EU sprema na uvođenje zajedničkog tržišta vrijeme je da se iskustva i rezultati iz Vel. Britanije uzmu u razmatranje i donesu određeni zaključci za budući razvoj.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 3

Mrk

NOVE BATERIJE

Jedna finska kompanija je ispostavila zahtjev za patentiranje nove tehnologije s kojom bi se mogle dobiti baterije do 20 puta veće snage od postojećih. Isto tako nove baterije bi mogle biti punjene više od 3000 puta. Izum je rezultat otkrića na području elektrokemije koja se temelji na energetske potencijalu aluminijske. Svi uključeni materijali su sigurni za okolinu i mogu se reciklirati. Proizvodni troškovi se procjenjuju do 20 % nižim od postojećih sličnih baterija. Kalifornijska kompanija će izraditi prototip ćelija za električne automobile.

Electricity UK, January 1998.

DK

PRODAJE SE NUKLEARNA ELEKTRANA "OTOK TRI MILJE"

Američka kompanija General Public Utilities (GPU) stavio je na prodaju nuklearnu elektranu Otok tri milje (The Three Mile Island). Potencijalni kupci su kompanije Peco Energy i Duke Power. Razlog za prodaju je napuštanje proizvodnje te orijentacija na distribuciju električne energije.

Nuklearna elektrana Otok tri milje nalazi se u Pensilvaniji, blizu grada Harrisburga, u dolini rijeke Susquenanna. Reaktorski sustav, 900 MWe, PWR isporučio je Babcock & Wilcox.

Ova nuklearna elektrana je postala poznata po nuklearnoj havariji koja se dogodila prije 19 godina. U 4 sata poslije podne 28. ožujka 1979. godine dogodio se kvar na sustavu za hlađenje jedinice 2. Zbog neispravnog hlađenja došlo je do pregrijavanja jezgre reaktora. Pri havariji oštećeno je oko 90 % reaktorske jezgre te je bila najbliža "Kineskom sindromu" - topljenu jezgre reaktora. Zgrada kontejnenta kao i okolica elektrane bili su kontaminirani.

Bila je to najveća nuklearna havarija u Americi poslije koje su učinjene temeljne promjene u radu i regulaciji nuklearnih elektrana.

Kompanija GPU je utrošila oko milijardu američkih dolara za popravak i saniranje ove havarije tijekom 6 godina. Prošle godine je provedeno testiranje i elektrana je ocijenjena kao osma po efikasnosti.

Electricity International, November 1997.

DK

OPSKRBA TE PLOMIN UGLJENOM

Kako RWE planira staviti u pogon TE Plomin 2 krajem iduće godine uvoz ugljena može se očekivati krajem ove godine. Za TE

Plomin 1 također je potrebno osigurati opskrbu ugljenom. Zato se već sada poduzimaju aktivnosti na osiguranju opskrbe ugljenom. Raspisan je natječaj i prihvaćen je tender kompanije Glencore. Time je osiguran ugljen veće kvalitete od predviđene. No, još se uvijek ne zna koliko će ugljena trebati u 1998. i 1999. godini. U punom pogonu termoelektrana će trebati preko 200 000 tona na godinu. Očekivani uvoz ugljena bi bio u 1998. godini oko 100 000 tona, a u 1999. godini oko 300 000 tona.

FT Steam Coal Forecaster, 3/1997.

DK

SVJETSKO TRŽIŠTE NAFTE

Rusija zahtijeva sve veću koordinaciju između članova i nečlanova OPEC-a, u smislu postavljanja pravila na svjetskom tržištu nafte. Naime, Rusija je najveći svjetski proizvođač u grupi proizvođača izvan OPEC-a s izvozom od 5,88 milijuna barela nafte na dan u drugom kvartalu 1997. godine. Rusija se nada oživljavanju tripartitnog posla izvozne trampe s Kubom i Venecuelom koji je propao raspadom Sovjetskog Saveza. Isporuku od milijun tona na godinu prema ugovoru između Venecuele i Europe preuzela bi Rusija, a u zamjenu Venecuela bi isporučila naftu Kubi. Na taj način bi se uštedjelo na transportnim troškovima.

FT Energy Economist, December 1997.

DK

MEĐUNARODNI TRANSPORT UGLJENA I EL NIÑO

Međunarodni prijevoznici ugljena bit će pogođeni kad Komisija Panamskog kanala (Panama Canal Commission - PCC) uvede restrikcije u prijevozu tereta na 82-kilometarskom vodenom putu zbog opadanja razine vode uzrokovanog vremenskim fenomenom El Niño. Restrikcije bi se mogle povećati ukoliko razina vode nastavi padati u jezeru Gatun odakle se vodom opskrbljuje Panamski kanal. To znači da će brodovi morati smanjiti teret. Najteže će biti pogođeni veliki Panamax brodovi s gazom od 39,5 stopa. Svake godine prolazi Panamskim kanalom oko 13 000 takvih brodova, što iznosi oko 30 % njihovog prometa.

FT Energy Economist, December 1997.

DK

STUDIJA O POVEZIVANJU UCPTA S MREŽOM RUSIJE

Peteročlani konzorcij, predvođen francuskim EdF-om proučava planove povezivanja zapadnoeuropske električne mreže - UCPTA s mrežom Rusije, Bjelorusije, Ukrajine i Moldavije. Fizibilitet studija se financira iz sredstva Tacis programa. Izrada studije je počela krajem prošle godine. Predviđa se da će biti završena u roku od 18 mjeseci. Studija će istražiti mogućnost izvedivosti, troškove i koristi od sinkronog povezivanja navedenih električnih mreža. Osim EdF-a uključeni su u konzorcij finski IVO, njemački RWE, belgijski Tractebel i češki CEZ.

FT Energy Economist, December 1997.

DK

BUGARSKA OTVARA HIDROLOKACIJE ZA PRIVATNI RAZVOJ

Prema novoj strategiji bugarske elektroprivrede grupa malih hidroelektrana će se financirati iz privatnih sredstava. Najmanje 15 hidroprojekata će biti namijenjeno privatnom sektoru. Među njima je 12 malih hidroelektrana koje će se graditi na rijeci Iskur.

Prethodne studije utvrdile su pet napovoljnijih lokacija na istoj rijeci. Realizacijom ovih pet projekata osigurat će se 21 MW snage. Vlada će odobriti licence za razvoj privatne gradnje hidroelektrana prema već izrađenim planovima.

Hydro Review Worldwide, 3/1997.

DK

CIGRE - NOVA RADNA GRUPA ZA ATMOSFERSKO ZALEĐIVANJE

Prošle godine osnovana je u okviru CIGRE nova radna grupa WG 06.1 - Atmosfersko zaleđivanje. Inicijativa je potekla od međunarodnog udruženja IWAIS (International Workshops on Atmospheric Icing of Structures) jer se odvijalo niz nekoordiniranih aktivnosti na tom području u međunarodnim okvirima. Zadnjih nekoliko desetljeća većina sjevernih zemalja uložila je puno napora i sredstava na istraživanja i sprječavanje pojave zaleđivanja vodiča dalekovoda (posebno Japan, Kanada, Njemačka, Finska). Sustavna aktivnost počela je formiranjem 3 međunarodna foruma: CIGRE SC 22, IEC TC 11 te IWAIS prije desetak godina i konačno rezultira osnivanjem radne grupe za atmosfersko zaleđivanje unutar CIGRE. Grupa planira do polovice ove godine izdati oko 45 raznih tehničkih propisa i smjernica.

Područje djelovanja ove radne grupe jest:

- mjerenje zaleđivanja i razvoj mjerne tehnike neposredno na vodovima s uporabom posebno konstruiranih uređaja
- uspostava banke podataka dodatnih opterećenja dobivenih na temelju mjerenja
- izrada uputa za vjerojatnost dodatnih opterećenja
- izrada studija opterećenja vodova i zaštitnih užeta- izrada studija uklapanja dodatnih opterećenja
- promocija međunarodnih aktivnosti na istraživačkim projektima.

Naš stik, oktobar 1997.

DK

INOVACIJA U PROIZVODNJI ALUMINIJA

Unapređujući proces za uklanjanje i obnavljanje fluorida i otpadnih tvari iz aluminija redukcijom plina u pećima, razvijeno je u ABB-u i ispitano pilot postrojenje prije konačne montaže. Sustav suhog pročišćavanja odvija se na dvije razine: svježom glicinom uvodi se mlaz plina suprotan toku, pri završetku procesa. Unapređeni sustav vibracija vreća omogućuje da se vreće filtra postave još zbijenije u prostor filtra u jednoj kompaktnoj izvedbi. Prednost novog procesa suhog pročišćavanja je značajno veća od tradicionalnog istosmjernog toka. Proces također ima sposobnost da ukloni suhi SO₂ apsorbiran u glicini.

ABB Review, 5/97.

DK

JOINT VENTURE SIEMENS - BNFL

Siemens i britanska kompanija British Nuclear Fuels (BNFL) pregovaraju o udruživanju industrije nuklearnog goriva u formi Joint venture kompanije. Time bi se reducirala konkurencija na tržištu nuklearnog goriva. BNFL zahtijeva da nova kompanija starta s zajedničkim prometom višim od 1,45 milijardi američkih dolara. Nova kompanija bi trebala imati udio od 14 % dionica svjetskog tržišta nuklearnog goriva. Postojeća kooperacija Siemens i francuskog Framatoma bi se nastavila unutar nove kompanije. Međutim BNFL-ova proizvodnja MOX i kao ni Unreco nisu uključeni u pregovore.

Predsjednik Siemensovog KWU-a je objasnio da deregulacija na energetskom tržištu vrši pritisak na upravu nuklearnih elektrana

da reduciraju troškove i povećaju raspoloživost elektrana. Želi se istražiti oblik udruživanja joint venture koji bi bio u mogućnosti udovoljiti zahtjevima kupaca kombinirajući njihov tehnološki i ekonomski rast. Smatra se da će Siemens biti glavni dioničar u novoj kompaniji, dok će pothvat biti nastavljen prema više komercijaliziranom BNFL-om planu. Isto tako Framatom poziva Siemens da rasprave njihovo 10-godišnje partnerstvo. To ne znači i kraj francusko-njemačke kooperacije. Framatom je već vodeći svjetski proizvođač nuklearnog goriva za lakovodne reaktore i ima zajednički posao Joint venture s Cogema-om koja je državno poduzeće za proizvodnju nuklearnog goriva. Ovaj joint venture kompanija kontrolira oko 25 % svjetskog tržišta goriva za lakovodne reaktore.

Electricity International, November 1997.

DK

PRIMJENA VLAŽNIH ELEKTROSTATSKIH FILTRA U KOMBINACIJI SA SUSTAVOM ODSUMPORAVANJA

Austrijsko termoenergetsko postrojenje Werndorf za kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije, 160 MW, koristi tekuće gorivo. Nedavno je postalo prvo postrojenje u svijetu gdje su instalirani i nalaze se u pogonu vlažni elektrostatski filtri u kombinaciji sa sustavom za odsumporavanje plina pod tlakom na bazi vapnenca. Zbog blizine rekreacijskog centra uprava elektrane je uvela mjere zaštite okoliša koje su oštrije od zakonom propisanih.

Ugrađeni sustav za odsumporavanje reducira SO₂ za 96 % i proizvodi gips za građevinsku industriju.

Sustav se sastoji od 4 raspršivača od kojih se tri koriste u normalnom pogonu kada izgara gorivo s najviše 2 % sumpora. Četvrti raspršivač je potreban kada izgara gorivo s više od 3 % sumpora. Godine 1997. postrojenje za odsumporavanje nije moglo garantirati emisiju SO₂ manju od 200 mg/m³ zbog začepljenja sapnica raspršivača. Rekonstrukcijom je i taj problem riješen.

Što se tiče sniženja emisije sumpornog dioksida, elektrana mora sniziti emisiju SO₃ ispod 5 mg/m³, a također i razinu prašine ispod 5 mg/m³. Zbog prisutnosti vanadija i sumpora do 3 % u tekućem gorivu dolazi do stvaranja SO₃ iz SO₂ u većoj količini, pa sam uređaj za odsumporavanje FGD (Flue-Gas Desulphurization) nije dostatan. Razvijene su tri dodatne tehnologije: dodavanje aditiva, obično amonijaka, injektiranje fine vodene magle niz FGD uređaj, te ugradnja vlažnog elektrostatskog filtra ESP (Electrostatic Precipitator). Kao mogućnost doziranje aditiva je eliminirano zbog zagađenja i mirisa amonijaka. Primjena fine vodene magle također je eliminirana jer troši mnogo energije. Ostala je primjena vlažnog elektrostatskog filtra ESP. U prvih nekoliko mjeseci rada vlažni elektrostatski filter postigao je traženu razinu SO₃ i prašine. Što se tiče otpornosti na koroziju vinilesterom obloženog FGD uređaja uvest će se praćenje (monitoring) kroz nekoliko godina. Rezultati će pokazati kako će se proces odvijati tijekom dugoročne primjene.

Electric Power International, December 1997.

DK

INDIJA GRADI TERMOELEKTRANE NA MAZUT

U zadnje vrijeme rijetko se spominje nafta pri razgovorima o alternativnim gorivima za termoelektrane. Situaciju će vjerojatno promijeniti planirana izgradnja 6 termoelektrana u Indiji koje će koristiti tekuće gorivo na bazi nafte. U strategiji razvoja zacrtana je izgradnja i mreže cjevovoda za opskrbu termoelektrana gorivom. Američka kompanija iz Čikaga Sargent&Lundy razradila je projekt za dvije termoelektrane na mazut: jedna od 104 MW Haldia Petrochemical Complex u Bengaluru, a druga 100 MW Kovaya u Gujaratu. Ista kompanija osigurava inženjering za mrežu

cjevovoda kroz cijelu Indiju kao i objekt za istovar goriva u Vododaru u Indiji.

Hoće li nafta biti stateško opredjeljenje nije još sigurno. Veliki dio privatne proizvodnje električne energije izabrao je naftu vjerujući da će dobiti istu subvencioniranu cijenu kao proizvođači urea umjetnog gnojiva. Međutim, zadnjih mjeseci vladini službenici objašnjavaju da tekuća goriva neće biti subvencionirana. Uz to, objavili su da se tekuće gorivo neće isporučivati na udaljenost veću od 15 km od željezničkih postaja. Sve to dalje ruši sliku o uporabi mazuta kao budućeg goriva za proizvodnju električne energije.

Electric Power International, December 1997.

DK

FINANCIRANJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Usprkos smanjenju subvencioniranja cijene energije iz obnovljivih izvora, nizozemska vlada potpomaže još od 1993. godine ekologiziranje ekonomije kroz energetske takse i druge fiskalne instrumente. U izvore financiranja obnovljivih izvora energije mogu se ubrojiti:

- Zeleni fondovi: S obzirom da se na privatni prihod od "zelene investicije" ne plaća porez, banke koje vode "zelene fondove" mogu osigurati niže kamate investitorima i zbog toga niže kamate za "zelene projekte". Većina razvojnih projekata obnovljive energije poznati su kao "zeleni projekti". Oko 300 od čega 200 energetskih projekata deklarirani su kao "zeleni". Prevladavaju projekti iz područja vjetroelektrana. Prema podacima prikupljeno je više od milijardu nizozemskih guldena u 7 zelenih fondova o kojima brine 5 različitih banaka, s prosječnom kamatnom stopom od približno 4 %. Od 1996. godine zeleni fondovi osiguravaju jeftina sredstva za financiranje energetske efikasnosti i održivog razvoja.
- Ubrzana deprecijacija ekoloških investicija: Sastavljena je tzv. VAMIL lista na kojoj se nalazi popis ekološki prihvatljivih strojeva i većina obnovljive energije. VAMIL program nudi poduzetnicima financijske prednosti jer dozvoljava deprecijaciju cijena uređajima sa liste.
- Program energetskih investicijskih olakšica: Investicije u tehnologije iz EIA liste mogu biti nadoknada razlike između profita na koji se obvezatno plaća porez u varijabilnom iznosu od 40 % do 52 % od vrijednosti investicije.
- Regulirana energetska taksa: Kućanstva plaćaju energetska taksu na struju (5 centa po kWh) i na plin kada potrošnja prekorači minimum potražnje. Ova taksa se plaća elektroprivrednoj kompaniji i plinari, koje ta sredstva dostavljaju ministarstvu financija. Stvarno energetska efikasna kućanstva uopće ne plaća nikakvu taksu. Kada je električna energija proizvedena iz obnovljivih izvora elektroprivredne kompanije i plinare umjesto ministarstvu financija sredstva uplaćuju izvoru obnovljive energije.
- Zelena struja: "Zelena struja" nije fiskalni instrument nego više komercijalni način prodaje obnovljive energije. Zelena struja prodaje se potrošačima po većoj cijeni da bi se kompenzirali visoki troškovi obnovljivih izvora. U Nizozemskoj se plaća 4 centa iznad normalne cijene kWh koja iznosi 28,5 centa po kWh. Prosječno oko 20.000 kućanstava kupuje zelenu struju. Kompanije za opskrbu nastoje ovaj broj povećati na 200.000 do 2000. godine.
- Ponudeni fiskalni instrumenti - "Zeleni VAT": U prosincu 1995. godine nizozemska vlada je prihvatila nisku taksu na dodanu vrijednost VAT (Value Added Tax) od 6 % za uređaje za obnovljivu energiju radije nego regularnu taksu od 17,5 %. Ukoliko se krene u primjeni ove takse "zeleni VAT" na "zelenu struju" cijena obnovljive energije za potrošače bi se izjednačila s cijenom konvencionalne energije.

Prijelaz od subvencioniranja na fiskalne instrumente ima svojih prednosti i nedostataka. Za Vladu je pozitivan efekt redukcija

javne potrošnje i stimuliranje potrošnje obnovljive energije. Mada energetska taksa stimulira korištenje obnovljive energije, zeleni fondovi i VAMIL očigledno potpomažu samo velike projekte. Koristi od fiskalnih instrumenata variraju ovisno o primijenjenoj tehnologiji za obnovljivu energiju i specifičnim okolnostima. Što se tiče solarne energije, zeleni fondovi i VAMIL lista imaju efekta samo u onim slučajevima kada korporacije investiraju u velike SDHW sustave (Solar Domestic Hot Water - grijanje vode pomoću solarne energije). Zbog toga će se nastaviti subvencioniranje. Fotovoltaička solarna energija je znatno skuplja od sume postignute kao bonus energetske takse. Dodatno financiranje je moguće kroz energetske program Novem Photovoltaic Solar Energy Program i to za pilot projekte. Za vjetrogeneratore subvencija iznosi oko 35 %. Novi fiskalni instrumenti i zelena struja imaju približno isti efekt. Energija iz biomase financira se većim dijelom iz fiskalnih instrumenata. Javna poduzeća za opskrbu električnom energijom i plinom ne mogu se koristiti povlasticama sa VAMIL liste. Nedostatak je i što su im subvencije bile garantirane prije početka realizacije projekta, a sada fiskalna pomoć pristiže tijekom realizacije projekta.

Uvođenjem fiskalnih instrumenata povećat će ekonomski udio za određene tehnologije, odnosno smanjiti neekonomski udio brojnih opcija.

U donjoj tablici je pregled udjela fiskalnih instrumenata u 1997. godini.

Cijena (cts/kWhe)	Vjetar biomasa	Plinofikacija plin	Deponijski
Investicija	17	15	5
Prodajna cijena na mreži	8	8	8
Energetska taksa	3	3	3
VAMIL - EIA lista	2	3	0
Zeleni fondovi	1	1	0
Ukupni fiskalni instrumenti	6	7	3
Prodajna cijena na mreži + ukupni fiskalni instrumenti	14	15	11
Investicija minus subvencije	-3	0	+6

Sustainable Energy - Industry Journal, 3/1997.

DK

ELIN ENERGIEVERSORGUNG RAZVIJA 4-POLNI ROTOR S PUNIM POLOVIMA

Nova konstrukcija rotora odgovara rastućoj potražnji generatora većih snaga i može biti rađena uz manje troškove. Novi generator predstavlja početak tipskog reda 4-polnih rotora s punim polovima, što će osigurati snažan položaj u oštroj konkurenciji na svjetskom tržištu generatora.

Do sada je ELIN proizvodio 4-polne trofazne generatore s cilindričnim rotorima iz složenih limova ili kao strojeva s istaknutim polovima. Radi naprezanja poradi centrifugalne sile na rotor bila je najveća postignuta snaga s cilindričnim rotorima ograničena na 40000 kVA, a s istaknutim polovima na 22000 kVA. Sada je tehničarima ELIN-a uspjelo za plinske turbine veličine kućišta 6

General Electric-a i parne turbine iste snage razviti, odnosno konstruirati generator snage 52000 kVA. Rotor nije kao do sada složen iz limova, već se sastoji iz pune čelične konstrukcije.

Posebna prednost nove konstrukcije rotora je u njoj jednostavnosti s čim se omogućava jeftinija izrada, što je važan faktor na svjetskom tržištu. Uz to novo rješenje odlikuje se velikom pouzdanošću i pogonskom sigurnošću kao i smanjenom potrebom održavanja i popravki.

ELIN je kod ovog inovacijskog projekta išao novim putovima kod konstrukcije i proračuna stroja. Generator je u potpunosti konstruiran trodimenzionalnim CAD-UNIGRAPHICS sustavom. Budući da se za ovaj tip generatora nije raspolagalo s mjernim vrijednostima već prije izvedenih strojeva, najprije je izrađen model u mjerilima 1:3, na kojem su izvršena opsežna mjerenja u laboratoriju u suradnji s Institutom za tehničke turbo-strojeve i dinamiku strojeva Tehničkog univerziteta Graz.

ELIN News, 22. prosinac 1997.

E. H.

PODZEMNO ELEKTROPOSTROJENJE

Izvedba nove transformatorske stanice Schochenstrasse u St. Gallen-u bila je puna izazova. Pod zemljom ispod zgrade jedne banke s uredima i stanovima trebalo je izgraditi, ne samo kompaktno postrojenje, već također zbog blizine rasklopnih uređaja, transformatora i računalskih radnih mjesta i posebno pažljivo planirati elektromagnetsku kompatibilnost. Odgovarajuća ispitivanja nakon puštanja u rad pokazala su, da je utjecaj električnih i magnetskih polja bio u dopuštenim granicama.

St. Gallen je grad industrije i zanatstva, s 72 000 stanovnika. Donedavna je razvodna mreža bila napona 10 kV. Velika gustoća opterećenja i velike udaljenosti postojećih podstanica prema unutrašnjem dijelu grada uzrokovale su tehničke probleme i neekonomičnost. Nova podstanica u središtu grada trebala je riješiti taj problem. Već prije bilo je predviđeno rješenje mreže s 50 kV, dok je to sada ostvareno s mrežom 110 kV.

U ožujku 1994. godine sklopljen je ugovor sa Siemens Schweizer AG kao generalnim izvođačem za podstanicu Schochenstrasse u iznosu od 10,5 milijuna CHF. Dvije godine nakon toga počelo je unošenje dijelova postrojenja kroz montažni otvor 4 m x 6 m. Više od 250 tona materijala trebalo je dizalicom spustiti u dubinu od 15 m. Vrhunac je bilo spuštanje dvaju 80 t teških učinjskih transformatora. U ljetu 1997. godine postrojenje je točno u skladu s ugovorom priključeno na mrežu. Isporučeno je visokonaponsko oklopljeno SF6 postrojenje 110 kV s 4 polja, s jednim sustavom sabirnica, 2 učinjska transformatora po 40 mVA s korištenjem otpadne topline za grijanje banke te postrojenje 10 kV s dvostrukim sabirnicama.

Upravljanje postrojenjima moguće je s lica mjesta, sa središnjeg mjesta upravljanja putem radnog mjesta s ekranom i konačno iz nadređenog dispečerskog centra grada St. Gallena.

Problem sprječavanja elektromagnetskih utjecaja rasklopnih postrojenja na računala moguće je riješiti:

- zakriljenjem (širmovanjem) izvora smetnji
- zakriljenjem smetnji kod prijama ili
- odgovarajućim mjerama na prijenosnom putu potencijala veličine smetnje.

Najpovoljnija varijanta u pravilu se dobije kombinacijom navedenih rješenja. Osim utjecaja na okoliš posebno je valjalo voditi računa o utjecaju na informatičku tehniku okolnih prostorija banke.

Trebalo je uzeti u obzir slijedeće osnovne smetnje:

- električna polja 50 Hz
- magnetska polja 50 Hz
- visokofrekventna elektromagnetska polja i
- visokofrekventne struje i napone vodova.

Električna polja 50 Hz ne predstavljaju problem, jer se svi dije-

lovi visokog napona nalaze unutar metalnog oklopa plinom izoliranog postrojenja (GIS) ili u kabelima s zakriljenjem. Sklapanja dijelova pod naponom uzrokuju visokofrekventne procese izjednačenja. Posebno kada se sklapaju rastavljači 110 kV GIS-a dolazi do impulsnog isijavanja visokofrekventnih elektromagnetskih polja na nekontinuiranim mjestima oklopa, eventualno i na kabelskim izvodima. Proces izjednačenja pri radu s rastavljačima uzrokuju također visokofrekventne struje i napone u sekundarnim vodovima i u mreži uzemljenja. Uz to visokofrekventna polja mogu također pobuditi struje i napone u sekundarnim vodovima.

U području banke su računala i monitori najosjetljiviji na elektromagnetske smetnje. Ekрани se danas najviše izvode kao katodne cijevi pa tu treba voditi računa o okolnom magnetskom polju pogonske frekvencije. Kod standardnog ekrana magnetska gustoća tako ne smije prekoračiti 1 (T, u protivnom može doći do treperenja znakova. Visokofrekventna polja mogu uzrokovati pogreške na računalima i drugim uređajima za prijenos podataka. U međunarodnim normama zahtijeva se neosjetljivost na smetnje jačine polja od 10 V/m.

Kod projektiranja vođeno je računa da se predvidi optimalni raspored prostorija tako da u prostorijama banke s računalima i kod punog opterećenja ne bude prekoračenja toka od 1 (T. Da bi se prigušilo širenje visokofrekventnih elektromagnetskih polja, rasklopno postrojenje je obuhvaćeno Faraday-ovom krletkom, koja se među ostalim sastoji i iz armature u betonu.

Prigodom puštanja u pogon prvog tjedna izvršena su mjerenja koja su pokazala da ne dolazi do smetnji. Kod sklapanja rastavljača 110 kV ostalo je visokofrekventno polje u prostorijama banke, koje su najbliže rasklopištu, uvijek ispod 4 V/m. Pri tom su mjerene frekvencije do 40 Hz. Isto tako mjerenja magnetskog polja pogonske frekvencije potvrdila su modelske proračune. Pri punom teretu 7 m od transformatorske stanice gustoća toka je bila ispod 1 (T. Visokofrekventne veličine smetnji na vodovima niskog napona banke ostale su u svim slučajevima ispod 6 V.

Siemens EV Report, prosinac 4/97.

E. H.

USPJEŠNA PROVJERA

U ožujku 1997. godine uspješno je izvedena provjera udarnim kratkim spojem učinkog transformatora 240/53 kV, koji je izrađen u Siemens-ovoj tvornici transformatora u N(berg-u. 173 tona težak transformator, izrađen je za švicarsko distribucijeko poduzeće ATEL, brodom je prevezen u KEMA-u, Arnheim (Nizozemska), gdje je ispitan u temošnjem visokoučinskom laboratoriju. Nakon vraćanja u N(berg inženjeri ATEL-a, KEMA-e i Siemens-a su pregledali aktivni dio. Ovdje kao i prigodom ispitivanja u Arnheim-u pokazalo se da je sve bilo u redu.

Obično se to ispitivanje ne obavlja, jer je skupo, s obzirom na mali broj laboratorija za takva ispitivanja, pa je prijevoz kompliciran, stoji mnogo novaca kao i samo ispitivanje. Osim toga iskustva u praksi ukazuju na kratkospojnu čvrstoću izvedenih učinkih transformatora. Do sada izvedena ispitivanja uz to su pokazala da je sila koje nastaju prigodom kratkog spoja moguće vrlo dobro izračunati. Cilj ispitivanja ovog transformatora iz tekuće proizvodnje trebao je biti eksperimentalni dokaz čvrstoće na udarni kratki spoj i za transformatore ove klase snage. Čvrstoća na kratki spoj učinkih transformatora određuje se slijedećim:

- silama kratkog spoja koje djeluju na svakom mjestu aktivnog dijela i naprezanjem materijala
- tolerancijama dimenzija namota i sastavnih dijelova (već i mali pomaci reda veličine milimetra mogu uzrokovati znatne promjene sila kratkog spoja)
- pripremom aktivnog dijela, tj. sušenjem i predprešanjem namota kao i uprezanjem namota u stezno postolje.

Za proračunavanje sila kratkog spoja danas raspoložemo prora-

čunima za računala, temeljenim na dugogodišnjim iskustvima te se koristi napredak u području Software-a i računalske tehnike. Na temelju računalski upravljanih postrojenja za sušenje i pripremu kao i usavršenu tehnologiju izrade, tolerancije izrade namota su ekstremno malene. Desetljetna iskustva u primjeni CAD-a i tehnika izrade procesnim upravljanjem dovela su do tog da se naprezanja poradi kratkog spoja čak i transformatora najveće snage može savladati bez problema. Stoga je dostatan proračunski dokaz dinamičke čvrstoće na kratki spoj za siguran i pouzdan pogon učinkih transformatora.

Ispitivani transformator je trofazni transformator s dva namota na željeznoj jezgri s tri stupa. Namotu visokog napona je osim toga pridodan jedan regulacijski namot. Snaga transformatora je 125 MVA, naponi su 240,2 kV (10,6 % s (13 stupnjeva, niski je 53 kV, 50 Hz, grupa spoja Ynd11.

Kod transformatora ovog reda napona namoti visokog napona imaju prednost izvedbe kao svitkasti, kakvi su i namoti nižeg napona. Korištenje uplatenih vodiča koje se sastoje iz više međusobno lakom izoliranih dionih vodiča smanjuje gubitke poradi vrtložnih struja. Izbor prikladnih debljina dionih vodiča i brižljivo izvedene veze pojedinih vodiča osiguravaju da namot izdrži električna i nehanička naprezanja koja se događaju u pogonu.

Pojedini namoti nakon predprešanja, sušenja i impregniranja, koje zatim slijedi, sastavljaju se u kompletan slog namota. Nakon toga se izolacijski materijal prigodom komprimiranja i sušenja zbije. Zatim slijedi uprezanje namota u postolje transformatora. Pri tom sprečavaju točno definirane sile uprezanja, da sile koje nastaju pri kratkom spoju mogu uzrokovati labavljenje namota.

Radi ogarničenih mogućnosti ispitivanja u laboratoriju KEMA ispitivanje je moralo biti izvedeno jednofazno. Transformator je nakon izvršenih ispitivanja prevezen u N(berg i zajednički vizualno pregledan te nisu utvrđene nikakve promjene na aktivnom dijelu. Nakon toga je transformator montiran i stavljen u pogon u transformatorskoj stanici Flumental.

Siemens EV Report, prosinac 4/97.

E. H.

NOVA TEHNIKA VOĐENJA 29 HIDROELEKTRANA

Državno poduzeće Tennessee Valley Authority (TVA), Chattanooga, utemeljeno 1933. godine, jedan je od najvećih proizvođača električne energije u SAD te je znatno doprinijelo elektrifikaciji jugoistoka SAD. Više od deset % proizvodnje TVA dolazi iz hidroelektrana, koje su međutim u prosjeku 50 godina u pogonu. Za dobro svojih oko osam milijuna potrošača, ali i radi konkurentne sposobnosti odgovarajućeg reguliranja za industrijske potrošače, TVA će svoja postrojenja efikasnije moći pogoniti pa su se odlučili na modernizaciju tehnike vođenja.

Obavljanje tehnike vođenja 29 hidroelektrana obuhvaća automatiziranje 112 proizvodnih jedinica. Za tu zahtjevnu zadaću TVA je tražio ne samo ponuđača komponenata, već integratora sustava kao partnera na duže vrijeme, koji će sudjelovati od početne faze do završetka projekta 2005. godine.

Siemens će zamijeniti cjelokupnu tehniku vođenja u hidroelektranama te opremiti centar vođenja u Chattanooga-i odakle će TVA upravljati i nadzirati sve svoje hidroelektrane.

Instalirat će se sustav vođenja elektrana PROKON WK. Komponente tehnike vođenja bit će proizvedene u Siemens-ovoj tvornici u Johnson City-u, Tennessee, a projekt počinje s hidroelektranom Douglas u Tennessee-u, snage 115 MW.

Siemen Power Journal, prosinac 4/97.

E. H.

TOPLANA OD 10 MW NA BIOMASU

Toplanu na biomasu u Schonau - Albstadt gradi Siemens/KWU po sistemu ključ u ruke. S električnom snagom 10 MW (termičke

snage kotla 35 MW) ovo će postrojenje biti do sada najveća to-
plana na biomasu u Njemačkoj. Puštanje u pogon predviđeno je
za lipanj 1999. godine.

Ložište s vrtloženjem slojeva prilagođeno je gorivima iz odreza-
ka isjeckanog drveta i klupcima sijena. Isto se u donji dio, koji se
sastoji iz dvije ravni vrtloženja, odvojeno unose u ložište prema
dimenzijama. Para iz kotla opskrbljuje jedan 10 MW - turbokon-
denzacijski agregat s oduzimanjem. Postrojenje elektrane je tako
koncipirano da se također i bliski potrošači topline mogu ops-
krbljivati s ukupnom snagom od maksimalno 15 mW, uzimajući
u obzir zadovoljenje uvjeta zaštite okoliša. Goriva se smještaju
na odvojene površine skladišta i specijalnim dizalicama i tran-
sportnim trakama dovoze do kotla. Cjelokupna logistika goriva
ima specijalno upravljanje koje je povezano s procesnim susta-
vom vođenja elektrane.

Projekt se realizira u okviru ukupnog koncepta korištenja novih
sirovina u Bavarskoj inovatorskog programa "Ofenzivna buduć-
nost Bavarske", a u skladu s progarmom Savezne vlade za nove
sirovine za razdoblje od 1996. - 2000. godine.

Siemens Power Journal, prosinac 4/97.

E. H.

GIL - PROTOTIP ZA BEWAG

U lipnju 1997. godine dobio je Siemens od berlinskog poduzeća
EVU Bewag narudžbu za izradu jednog plinom izoliranog prijeno-
snog voda (GIL), dužine 60 m. Pokusna dionica treba dokazati da
je GIL sposoban za trajni pogon. Početkom 1998. godine treba po-
četi montaža. Kod ove prve primjene GIL će biti položen u tunelu,
a ubuduće će također biti moguće polaganje direktno u zemlju.

IPH - Institut za električnu tehniku visokog napona u Berlinu će
ispitati GIL i pri tom simulirati pogon u trajanju od 50 godina.
GIL bi mogao biti alternativa za kabele kod povezivanja gusto
naseljenih gradskih područja, kako konvencionalne tako i supra-
vodljive izvedbe. U listopadu 1996. godine Siemens je kod fran-
cuske elektroprivrede EdF u Parizu uspješno obavio pokuse na
prototipu dužine 35 m.

Siemens EV Report, rujan 3/97.

E. H.

U KINI OSNOVAN JOINT VENTURE ZA TRANSFORMA- TORE

ELIN Transformatori (ETG) osnovao je Joint Venture s lokal-
nom fabrikacijom s kineskim partnerom Guangzhou - tvornicom
visokonaponske opreme. Za srednje transformatore u Joint Ven-
ture je uključena firma EBG transformatori Linc. Cjelokupno po-
duzeće pojavilo se na tržištu pod imenom ELIN transformatori
Guangzhou, Kina (ETG - Kina).

Guangzhou tvornica visokonaponske opreme osnovana je 1958.
godine. Iz ekoloških razloga tvornica seli iz centra grada na peri-
feriju u poslovno područje. Joint Venture će biti izgrađen u cjeli-
ni u tom poslovnom području, a u skladu s najsuvremenijim nor-
mama, dok će stara tvornica biti zatvorena.

ELIN je aktivan na kineskom tržištu od 1978. godine. U Pekingu
je 1984. godine osnovan ELIN Beijing ured. Prosječni rast go-
spodarstva u Kini iznosi oko 10 % godišnje. Potreba za energijom
raste u skladu s tim. ELIN transformatori Guangzhou obav-
ljat će prodaju, inženjering i proizvodnju distributivnih transfor-
matora do 25 MVA kao i učinkovitih transformatora do 240 MVA i
220 kV. Nastoji se sve potrebne komponente, npr. čelične dijelo-
ve kao kotlove, poklopce i cjevovode nabavljati na kineskom trži-
štu. Inženjering i konstrukcija - temeljena na ETG/EBG - Know
how-u, dugoročno će se u potpunosti realizirati na licu mjesta.

ELIN News, 22/97.

E. H.

OSIGURANA OPSKRBA PEKINGA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Predajom kupcu NCPG (North China Power Group) crpno-aku-
mulacijske hidroelektrane SHI SAN LING, 40 kilometara od Pe-
kinga, osigurava se trajna opskrba glavnog kineskog grada, ko-
jeg su stanovnici u prošlosti u zimskim mjesecima morali raču-
nati na iskapčanja. Ova elektrana nalazi se u blizini Ming grobo-
va, koji su ostali netaknuti. Hidroelektrana Shi San Ling je dugo-
ročno planirana. Donji kompenzacijski bazen postoji već više od
30 godina. Kod potpisivanja ugovora s firmom ELIN Energie-
versorgung bio je već u gradnji gornji kompenzacijski bazen. Taj
"gornji rezervoar", bez prirodnog dotoka, tunelom je spojen s
"donjim rezervoarom". Visinska razlika obaju akumulacija izno-
si oko 500 m, dok je sama strojarnica smještena u podzemlju 200
m pod zemljom. Crpno-akumulacijska hidroelektrana Shi San
Ling dimenzionirana je za 4 x 222 MVA te će proizvoditi 1200
GWh godišnje. ELIN je ugovorio sinhronne strojeve, uređaje za-
štite, uzbudu, spojne vodove od sinhronih strojeva do transfor-
matora i rasklopišta, frekventne pretvarače za zalet, uređaje uprav-
ljanja, kabelaške veze i glavne transformatore. Na želju kupca pre-
dviđeni rok isporuke je skraćen pa se moralo poduzeti posebne
mjere pri tvorničkoj izradi. Bitne komponente za motor-genera-
tore br. 3 i 4 izradio je i isporučio kineski partner HEC (Harbig
Electric Corporation) uz odgovornost ELIN-a. Manje od 5 godi-
na poslije potpisivanja ugovora o isporuci konzorcij VOITH
Hydro/ELIN predao je postrojenje u komercijalni pogon korisni-
ku HCPG. Poslije puštanja u pogon prve proizvodne jedinice u
razmacima od po 5 mjeseci puštene su u rad sve ostale proizvo-
dne jedinice, točno u skladu s rokovima zahvaljujući dobroj su-
radnji konzorcijalnih partnera i kupca.

ELIN News, 22/97.

E. H.

REKONSTRUKCIJA ISPLATIVIJA OD REVIZIJE

Kad u lipnju 1999. godine budu modernizirane sve četiri turbine
švicarske elektrane Birsfelden, proizvodit će godišnje 4,2 % više
električne energije. S tim će se isplatiti poduzeću Birsfelden AG
ova investicija. Treba naglasiti da je optimalnom suradnjom izme-
đu kupca i izvođača bilo moguće vrijeme rekonstrukcije skratiti
od 160 na 148 tjedana, što smanjuje gubitak proizvodnje za pre-
ko 30 milijuna kWh.

Podaci HE Birsfelden

Godina puštanja u pogon	1995.
Proizvođači turbina	
* Escher Wyss (sad Sulzer Hydro)	2 turbine
* Charmilles (sad Hydro Vevey)	2 turbine
Modernizaciju i rekonstrukciju izvodi Sulzer Hydro	1995.- 1999.
Vrijeme za rekonstrukciju po turbini (poslije optimiziranja postupka)	36 tjedana
Promjer rotora turbine	7200 mm
Pad	9,45 m
Maksimalna snaga	23,7 mW
Brzina vrtnje	68,2 o/min
Povećanje godišnje proizvodnje	23,1 GWh (4,2%)
Povećanje godišnje proizvodnje uključivši i efekt sniženja donje vode	49,1 GWh (9,0 %)
Poboljšanje stupnja korisnosti	do 2 %

Hidroelektranu Birsfelden građenu od 1950. do 1955. godine na rijeci Rajni (uzvodno od grada Bassel-a) obnavlja Sulzer Hydro. Poslije više od 40 godina praktički neprekidnog pogona četiriju Kaplan-turbina, doživljava ova najveća isključivo švicarska protočna hidroelektrana rekonstrukciju. Ukupni trošak za modernizaciju uključivši i poslove na sniženju kote donje vode iznosit će oko 100 milijuna švicarskih franaka. Od toga će oko 30 milijuna biti utrošeno za rekonstrukciju turbina. Generalna revizija i modernizacija strojarskih postrojenja omogućit će povećanje godišnje proizvodnje energije preko 4,2 %, odnosno za 23 GWh. Ova rekonstrukcija se uklapa u švicarski akcijski program "Energija 2000", kojim se predviđa povećanje postojeće proizvodnje energije za 5 %.

U ljeto 1993. Sulzer Hydro AG je dobio zadatak da izvrši razvojne pokuse na modelu stroja. Svrha je bila razvoj dviju novih vertikalnih Kaplan-Turbina sa četiri lopatice visokog stupnja korisnosti i dobrim kavitacijskim svojstvima kao zamjena za stare Escher Wyss i Charmilles rotore. Na temelju proračuna i pokusa konstruirane lopatice dvaju nešto malo različitih strojeva premašile su postavljene zahtjeve. Kada se još ostvari predviđeno sniženje kote donje vode za 36 cm, elektrana će proizvoditi godišnje 49 GWh više energije nego do sada, odnosno 9,0 % više.

Od 1995. svake godine u rujnu se zaustavi jedna proizvodna jedinica, revidira i modernizira. Dok je za prvi stroj bilo potrebno 40 tjedana, vrijeme za ostale se moglo optimiranjem raznih postupaka skratiti na 36 tjedana. Tako za tri stroja uštedeno vrijeme iznosi 12 tjedana, u kojem elektrana može duže proizvoditi energiju, što konačno predstavlja povećanje proizvodnje za više od 30 milijuna kWh.

U lipnju 1996. prvi obnovljeni stroj je uključen u mrežu, drugi lipnja 1997., treći će biti u ljeto 1998., dok će zadnji ući u pogon 1999. godine. Obrada lopatica rotora kao i sastavljanje 100 tona teškog rotora obavlja se kod Sulzer Hydro u Ravensburg-u (Njemačka). Radovi na glavini rotora kao i na mehanizmu za regulaciju obavljaju se u Kriens-u (Švicarska), gdje će se također i obaviti osposobljavanje sastavnih komponenata i rekonstrukcija ležaja privodnih lopatica na rješenje bez podmazivanja mašću.

U elektrani Birsfelden na licu mjesta obrađuje se u nedemontiranom stanju obloga turbinskog rotora i donji vodeći prsten svake turbine. Prvotne obloge turbinskih rotora bile su iz čeličnog i sivog liva, koje su u proteklom razdoblju bile zavarivane elektrodama iz raznih materijala. Poradi toga nastale tvrdoće materijala uzrokovale su otežane uvjete tokarenja. Umjesto ugradnje nove obloge turbinskih rotora obrada na lisu mjesta predstavlja korak koji se u svakom slučaju isplati, jer se na taj način mogu postići značajne uštede. Sulzer Hydro ima kao jedini proizvođač turbina vlastiti pokretni i modularni tokarski stroj za velike promjere.

Podaci o tokarskom stroju su:

Najveći promjer tokarenja	9000 mm
Najmanji promjer tokarenja	5000 mm
Najveća visina obrade	2000 mm
Posmak	400 mm

Primjene:

- Tokarenje obloga turbinskih rotora
- Pjeskarenje
- Nanošenje slojeva
- Dorade kao tokarenje i brušenje

Vrijeme: 4 dana satavljanje
4 dana rastavljanje

Obradom obloge turbinskog rotora u ugrađenom stanju postiže se vrlo dobra centričnost između rotirajućih i mirujućih dijelova. Ovim očnim centriranjem može se ostvariti minimalna radialna zračnost između rotora i obloge rotora, što ima za posljedicu manje gubitke energije. Ta zračnost u Birsfelden-u iznosi 3 - 3,5 mm, dok je prije demontaže rotora izmjerena zračnost iznosila do 8 mm.

Stroj koji se koristi za tokarenje obloge turbinskog rotora u Birsfelden-u se koristi i za nanošenje novih slojeva metala. Nakon pripreme obloge prskanjem se nanese sloj čelika CrNi (Metcoloy 2), debljine 4 - 5 mm, na osnovni materijal. Poslije završene obrade debljina sloja iznosi još oko 3,5 mm. Tako dobiveni sloj je homogen i bez oksida. Ovaj pristroj za nanošenje metala koristi se već duže vrijeme, kako u zemlji tako i u inozemstvu. Poslije godinu dana pogona turbina izvršen je pregled i nisu utvrđeni nikakvi tragovi kako abrazije tako ni kavitacije.

Radi udovoljavanja uvjetima okoliša ugrađeni su ležajevi privodnih lopatica bez podmazivanja mašću pa se na taj način smanjuje opseg održavanja i sprječava zagađivanje vode ostacima masti.

Technical Review Sulzer, 1/98.

E. H.

NOVI DISPEČERSKI CENTAR EdF-a

EdF je potpisao ugovor sa SEMA grupom o prvoj fazi obnove nacionalnog dispečerskog centra - NDC. Do 2000. godine taj centar će biti opremljen naprednim sustavom vođenja (Energy Management System EMS) koji će osigurati sigurno vođenje nacionalne mreže i ponuditi povišenu kvalitetu uz manje troškove proizvodnje i prijenosa. Taj novi centar zamijenit će postojeći sustav SYSDIC koji je u pogonu od 1980. godine. Tehnologija SYSDIC-a je zastarjela i nije u mogućnosti upravljati sa svima postrojenjima 400 kV i 220 kV, a pogotovo ne može zadovoljiti traženu funkcionalnost.

Strategija realizacije novog NDC bazirana na sustavu ADACS predviđena je u dvije etape. Prva etapa treba povećati kapacitete postojećeg sustava. Povećani broj informacija iz termoelektrana i hidroelektrana će znatno povisiti nadzor sustava u realnom vremenu. U toj fazi će se i značajno povisiti sigurnost nadzora EES-a zahvaljujući višem stupnju analize sigurnosti. U drugoj fazi nove funkcije će biti dodane sustavu vođenja. To se naročito odnosi na područje predviđanja sigurnosti za nekoliko sati, a sve to uz povoljne ekonomske efekte Tako će dispečer u NDC dobiti u ruke snažan alat za donošenje odluke zbog boljeg uvida koji će imati u "real time" situaciju kao i u kratkoročnu situaciju. On će moći sprovesti korektivne akcije kako bi uravnotežio proizvodnju i potrošnju u elektroenergetskom sustavu.

Nove funkcije će poboljšati real time analize EES-a kroz:

- prilaz estimaciji stanja svakih 5 minuta
- prilaz analizi sigurnosti svakih 15 minuta ili na zahtjev. Ova analiza omogućuje široku listu simuliranih ispada i njihovih posljedica zorno prikazanih dispečeru.

Novi NDC će obrađivati četiri puta veći broj informacija od današnjeg te će omogućiti kontrolu

- dvije stotine TS 400 kV
- pet stotina TS 220 kV
- 120 proizvodnih blokova priključenih na mrežu 400 kV
- 315 proizvodnih blokova priključenih na mrežu 220 kV.

Isporučitelj je odgovoran za globalnu arhitekturu i razvoj SCADA funkcija, a EdF za razvoj EMS funkcija.

Modern Power System

Z. C.

POWERFORMER - PROIZVODNA GRUPA BEZ BLOK-TRANSFORMATORA

Powerformer ili visokonaponski generator je generator koji proizvodi električnu energiju na naponu od 20 kV do 400 kV. Na taj način generator se priključuje na mrežu bez bloktransformatora što radikalno mijenja 100 godina staru tehnologiju rotirajućih strojeva.

DALEKOVOD DANAS

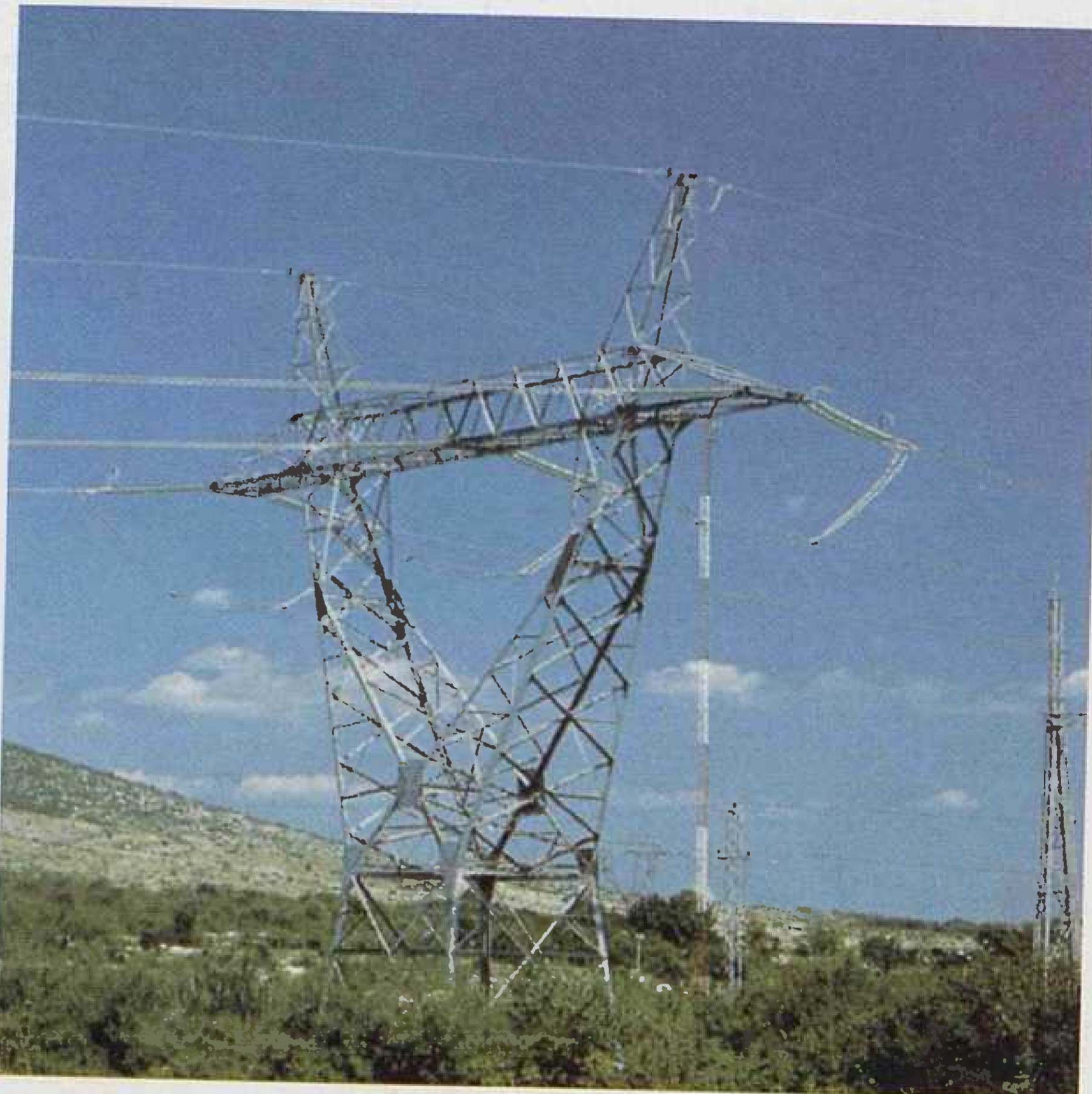
DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzini i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval Certificate No. 200638	Original Approval : 6th March 1995
	Current Certificate : 6th March 1995
	Certificate Expiry : 28th February 1998

[Signature]
on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++385-1-530-606, 511-754



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval :	6th March 1995
Current Certificate :	6th March 1995
Certificate Expiry :	28th February 1998

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 47 (1998)

Zagreb 1998

Br. 4

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić*, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split –
Adrijano *Fišer*, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea*, di-
pl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović*, dipl. ing., HEP
Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić*, dipl. oec., HEP Zagreb –
dr. sc. Vladimir *Mikuličić*, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc.
Niko *Malbaša*, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković*, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić*, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski siste-
mi«, dr. sc. Goran *Granić*, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vla-
dimir *Prizl*, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan
Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. sc.
Zdenko *Tonković*, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potro-
šnja električne energije«, Mladen *Ježić*, dipl. ing. i Dasenko
Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna po-
litika«, dr. sc. Jure *Šimović*, dipl. ecc., mr. sc. Mladen *Man-
dić*, dipl. ecc. i Marijan *Magdić*, dipl. ecc. – »Ekologija«,
dr. sc. Niko *Malbaša*, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola *Las-
trić*, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Bran-
ko *Mališ* – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun *Čagalj*, prof.
– Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen
Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1998 – 10 – 02

SADRŽAJ

<i>Donković G.</i> : Internet - organizacija, usluge i servisi (Pregledni članak)	259
<i>Škanata D.</i> - <i>Šinka D.</i> - <i>Jurković I.-A.</i> : Primjena osnovnih načela za intervenciju u slučaju nuklearne neseće (Pregledni članak)	269
<i>Radmilović B.</i> : Značaj 400 kV interkonektivnog voda Heviz (Mađarska) - Žerjavinec (Hrvatska) (Stručni članak)	273
<i>Bajs D.</i> : Razvoj prijenosne mreže istočnog dijela elektroenergetskog sustava (Pregledni članak)	281
<i>Hladki N.</i> : Mrežno planiranje i praćenje radova tijekom izgradnje objekata (Stručni članak)	291
<i>Sterpin E.</i> - <i>Bugarin E.</i> : Prilog izboru grupe spoja energetskog transformatora 110/10(20) kV (Stručni članak)	299
<i>Vujević D.</i> : Pretvornici umjesto strujnih i naponskih transformatora? (Pregledni članak)	303
Vijesti iz elektroprivrede	313
Iz strane stručne literature	320

Fotografija na omotnoj stranici PANORAMA ODVODNOG KANALA HE ZAKUČAC

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sek-
tor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema miš-
ljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na pro-
met (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6125-641 i 6125-111/641, telefax 514-639

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI.

Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.

5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.

6. Svaki članak mora imati:

- **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
- **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
- **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
- **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

INTERNET - ORGANIZACIJA, USLUGE I SERVISI

Gordana Donković, Zagreb

UDK 681.3.001
PREGLEDNI ČLANAK

Dan je kratak pregled njegovog povijesnog razvoja te organizacije Interneta na nivou institucija i udruga. Objasneni su temeljni pojmovi (komunikacijski protokoli, model klijent-poslužitelj, mrežno adresiranje) potrebni za razumijevanje načina rada te globalne mreže. Naglašeno je značenje Interneta u modernom poslovanju. Opisan je način pristupa Internetu individualnih korisnika i LAN-ova putem davatelja usluga (ISP-a).

Ključne riječi: komunikacijski protokoli, TCP/IP, računalna mreža, Internet, klijent-poslužitelj model

Uvod

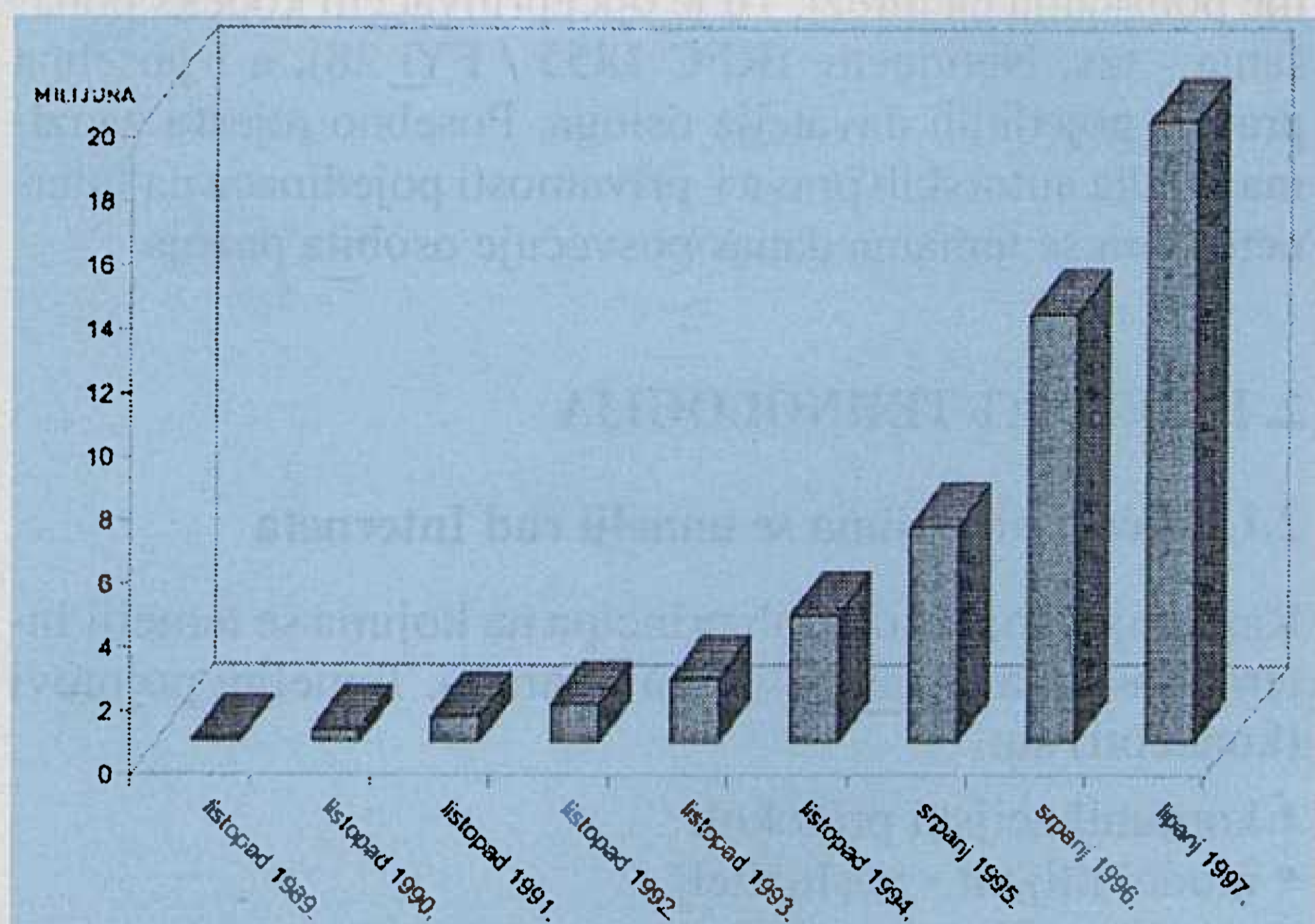
Internet je globalna, svjetska računalna mreža [1]. Temelji se na općeprihvaćenom dogovoru o uporabi TCP/IP (engl. Transmission Control Protocol / Internet Protocol) skupa komunikacijskih protokola (pravila komuniciranja između računala). Zovu ga i "mrežom svih mreža" jer povezuje računalne mreže koje koriste spomenuti skup komunikacijskih protokola. Slijedom svoje otvorenosti (svi su standardi javno dostupni) i općeprihvaćenosti Internet je postao globalnom infrakstrukturuom za prijenos podataka. Terminom internet (s malim slovom "i") obično se označava kolekcija međusobno povezanih računalnih mreža koje koriste uobičajenu Internet tehnologiju (prije svega TCP/IP skup protokola).

"Izmjeriti" Internet danas, gotovo je nemoguće. Jedini više manje egzaktni pokazatelj je broj umreženih računala kojeg je moguće točno, uz određene ograde, odrediti. Ograde se prije svega odnose na činjenicu da se broj od 19,5 milijuna umreženih računala (lipanj 1997.) odnosi na sva računala (naprave) koja su spojena u mrežu pa i ona posebne namjene kao i ona koja su samo privremeno ili povremeno na mreži. Sa sigurnošću se zna da je u Internet

povezana 171 zemlja (srpanj 1997.), no broj podmreža (domena) koje čine Internet mnogo je veći. Stanovita istraživanja pokazuju da je do kraja ovog stoljeća za očekivati stanovit pad porasta (do sada eksponencijalnog) broja računala na Internetu. Posljednji podatak o broju korisnika kojim se baratalo bio je blizu 80 milijuna u lipnju 1996. godine. S obzirom na eksplozivni rast broja računala (slika 1), pojavu novih servisa, usluga na mreži kao i činjenicu da se mnogi korisnici koriste s više različitih računala (korisničkih računala) odjednom procjene korisničke populacije zadržavaju se uglavnom unutar pojedinih podmreža. Slično je i što se tiče mjerenja mrežnog prometa (količine razmijenjenih informacija).

1. POVIJESNI RAZVOJ INTERNETA

Internet je započet na američkom tlu. 1957. godine kao odgovor na ruski svemirski program Sputnik osnovana je, u okviru američkog ministarstva obrane, agencija ARPA (engl. Advanced Research Projects Agency; hrv. Agencija za istraživanje i projektiranje) sa zadaćom poticanja znanstvenih projekata čiji bi rezultati osigurali američku (vojni) premoć. Tako tijekom 60-tih započinju i istraživanja vezana uz računalne mreže i komunikacije. 1969. godine započinje s radom ARPANET - računalna mreža koju je u istraživačke svrhe osnovala ARPA. ARPANET u početku čini svega nekoliko računala velikih istraživačkih i sveučilišnih centara u SAD. 1969. napisan je i prvi RFC (engl. Request For Comment; hrv. Zahtjev za komentarom) dokument. RFC dokumenti postat će standardi Interneta. Tijekom 70-tih računala u ARPANET-u koriste NCP (engl. Network Control Protocol; hrv. Mrežni kontrolni protokol) protokol kao temelj međusobne komunikacije. Međutim, u to se vrijeme rađaju i protokoli iz TCP/IP skupa kao i Ethernet tehnologija koja će kasnije biti uključena u izgradnju lokalnih mreža i ekspanziji Interneta. 1973. ARPANET dobiva međunarodne veze - u mrežu su spojena dva računala iz Europe (University College of London iz Engleske i Royal Radar Establishment iz Norveške). 1977. ARPANET broji 111 računala. Tijekom 80-tih TCP/IP skup protokola i Internet ulaze u široku uporabu. Tako je naj-



Slika 1. Porast broja računala spojenih u Internet

prije 1982. zaokružen TCP/IP skup protokola za potrebe ARPANET-a te je došlo do pojave termina internet i Internet. 1. siječnja 1983. ARPANET napušta NCP i prelazi na IP (TCP/IP). Sredinom ljeta u mreži je više od 500 računala. Ustanovljen je IAB (engl. Internet Activities Board, kasnije Internet Architecture Board; hrv. Udruženje za Internet aktivnosti, odnosno arhitekturu Interneta) s namjerom da nadzire razvoj i rad Mreže. MILNET (engl. Military Net; hrv. vojni dio mreže) dijeli se od ARPANET-a, nastaju i druge slične računalne mreže od kojih neke ne koriste TCP/IP kao temeljni protokol. 1984. godine probijena je granica od 1000 računala. Uveden je i DNS sustav (engl. Domain Name System; hrv. Sustav za označavanje domena u Internet mreži). 1986. nastaje NSFNET (engl. National Science Foundation Network; hrv. Mreža Nacionalne Znanstvene Fondacije). Rastom i razvojem Interneta javljaju se i problemi vezani uz rad takve računalne mreže. Tako se redom osnivaju 1988. CERT (engl. Computer Emergency Response Team) sa zadaćom praćenja i distribuiranja informacija o incidentima na mreži te 1989. godine, u okviru IAB-a i njegovih zadaća, IETF (Internet Engineering Task Force) i IRTF (Internet Research Task Force). Do kraja 80-tih u Internetu već ima preko 150000 računala i preko 650 mreža.

90-te su vrijeme ekspanzije Interneta. Stižu mrežni informacijski servisi i Internet definitivno postaje komercijalno interesantan. 1990. pojavljuje se prva tvrtka koja nudi uslugu pristupa Internetu ("dial-up") na komercijalnoj osnovi. Nastaju mrežni servisi: Archie, Hytelnet, a u 1991. i gopher, WAIS i konačno WWW. Od pojave WWW se razvija enormnom brzinom pa se jedna kalendarska godina smatra dvjema godinama u "životu" WWW-a. 1992. utemeljena je krovna udruga korisnika Interneta - ISOC (engl. Internet Society; hrv. Internet udruženje), nastaje i termin "surfing the Internet" kojim se označuje kretanje informacijskim prostorom Interneta, a broj računala prelazi 1 milijun. 1993. osnovan je i InterNIC kao svojevrsni administrativni centar Interneta. 1994. broj računala narastao je do 4 milijuna. U Europi je ustanovljena jedinstvena udruga akademskih i istraživačkih, nacionalnih mreža - TERENA (Trans-European Research Education Network Association). Sve je više davatelja usluga na Internetu koji se koristi u svim segmentima života i nije više privilegij znanstveno-istraživačke zajednice. Proširio se na sve kontinente. Audio i video postaju dio stvarnosti za korisnike mreže. Sredinom 1996. u Internetu ima više od 10 milijuna računala. 1997. objavljen je i 2000-ti RFC dokument [1]. Internet se i dalje nezadrživo razvija.

1.1. Internet u Republici Hrvatskoj

Računalne komunikacije postale su interesantna tema u Hrvatskoj potkraj 80-tih. U okviru bivše jugoslavenske države i tada postojeće komunikacijske infrastrukture pojedina su računala i računalni centri (npr. SRCE - Sveučilišni Računalni Centar i IRB - Institut Rudjer Bošković) posjedovali stanovite veze. O Internetu u Hrvata može se početi govoriti od 1991. godine kada je Ministarstvo znanosti i tehnologije pokrenulo (3. listopada), pod nazivom CARNet (engl. Croatian Academic and Research Network) projekt Hrvatske akademske i istraživačke mreže. Namjera je izgraditi, uporabom postojeće (HPT-ove) infrastrukture, računalnu mrežu koja će biti utemeljena na

Internet tehnologiji i povezivati sveučilišne i istraživačke ustanove u RH međusobno i s ostatkom Interneta. 18. prosinca 1992. CARNet je dobio prvu (službenu) međunarodnu vezu (preko Austrije) s ostatkom Interneta. Domena .hr postala je dio Interneta. U slijedećim se godinama CARNet mreža razvija i afirmira. Raste interes za Internet kako u akademskoj tako i u široj zajednici. Odlukom Vlade RH, 1995. godine, CARNet postaje vladina ustanova. CARNet je okrenut prije svega akademskoj i istraživačkoj zajednici i ne podržava komercijalnu uporabu Interneta. Internet je međutim sve popularniji pa je pojava ustanove koja će podržavati komercijalni dio Interneta u Hrvatskoj nužna. Tako je 1996. godine nastao HPT-Internet. U istoj godini CARNet je pustio u pogon svoju novu mrežnu okosnicu koristeći pri tome modernu ATM (eng. Asynchronous Transfer Mode) tehnologiju. Uz "velike" (CARNet i HPT-Internet) nastaje i niz manjih poduzeća koja nude usluge vezane uz Internet u RH. Tijekom 1997. pojavljuje se, kao konkurencija HPT-Internetu, IBM-Internet.

1.2. Organizacija Interneta na nivou institucija

Internet je danas organiziran kao udruga računalnih mreža utemeljena na uzajamnom dogovoru u povezivanju i poštivanju dogovorenih standarda. Dobar dio poslova, posebno onih vezanih uz razvoj, temelji se još i danas na volonterskom radu. Tako Internet danas nije opterećen vlasničkim odnosima i proračunom. Internet standardi su otvoreni, njihove specifikacije su javne i slobodne za uporabu. Krovna udruga, koja brine o radu i razvoju je neprofitna udruga korisnika (kako pojedinaca tako i ustanova, poduzeća, drugih udruga) - ISOC (Internet Society). Administriranje i upravljanje svedeno je na minimum vezano uz dogovorene standarde i maksimalno decentralizirano. U svezi s tim pojedina tijela ISOC-a kao i drugih kontinentalnih organizacija obavljaju neposredno nužne poslove vezane uz korektan rad i razvoj Interneta. Posebno mjesto zauzima IANA (Internet Assigned Numbers Authority) - tijelo zaduženo za registraciju parametara vezanih uz standarde u Internetu.

Internet je veoma otvoren i brz medij. Imajući u vidu podatak da je Internet globalna, svjetska mreža i da ne poznaje niti države niti nacionalne niti bilo kakve druge granice, sasvim su jasne moguće poteškoće. Internet nema unificirane zakonske regulative. Postoje međutim pisane i nepisane norme ponašanja na mreži. Tu je općeprihvaćeni kodeks ponašanja - tzv. Netiquette (RFC 1855 / FYi 28), a i posebna pravila pojedinih davatelja usluga. Posebno mjesto zauzima zaštita autorskih prava i privatnosti pojedinaca na Internetu. Tim se temama danas posvećuje osobita pažnja.

2. INTERNET TEHNOLOGIJA

2.1. Načela na kojima se temelji rad Interneta

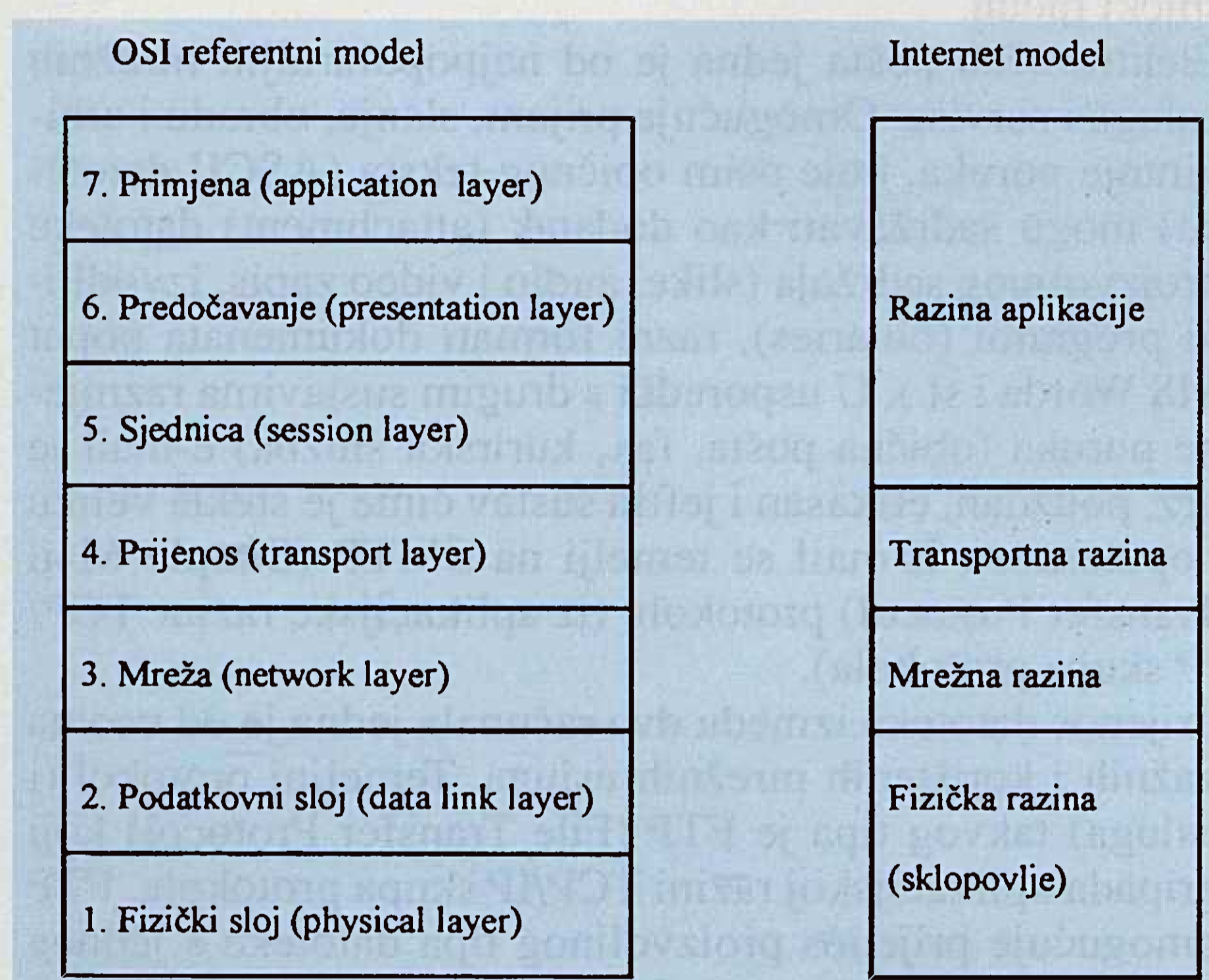
Razumijevanje osnovnih principa na kojima se temelji Internet osnova je za kvalitetnu uporabu. Temeljni pojmovi (koncepti) su:

- komunikacijski protokoli
- model klijent - poslužitelj
- mrežne adrese i nazivi.

Komunikacijski protokol je skup pravila kojim se definira

komunikacija (razmjena informacija) između dva računala. Opisuju se formati poruka i pravila koja se moraju poštovati kako bi se razmijenile poruke. Može se dakle reći da protokoli definiraju "ponašanje" računala, odnosno programske podrške. Tako zahvaljujući dobro definiranim protokolima mogu komunicirati različita računala različitih proizvođača s različitom programskom podrškom uz uvjet da poštuju iste komunikacijske protokole. Radi lakšeg razumijevanja pojedinih protokola i odnosa među njima ISO organizacija usvojila je svoj standardni model (Open System Interconnect (OSI) Reference Model). Ovaj model sadrži 7 razina (slojeva) kojima se definira uloga pojedinog protokola. U Internetu se primjenjuje pojednostavljena shema sa 4 razine (slika 2):

- razina aplikacije - protokoli koji definiraju rad pojedinih mrežnih aplikacija
- transportna razina - protokoli koji (neovisno o aplikaciji) definiraju prijenos podataka (tzv. paketa)
- mrežna razina - protokoli koji definiraju osnovno povezivanje računala
- fizička razina (sklopovlje) - protokoli na nivou sklopovlja.



Slika 2. Komunikacijski protokoli u OSI referentnom sedmeroslojnom modelu i u pojednostavljenom četveroslojnom Internet modelu

Iako u prijenosu podataka sudjeluju protokoli svih razina njihov je odnos tako koncipiran da protokoli više razine pretpostavljaju normalno djelovanje protokola niže razine. Razmjena podataka između protokola različitih razina tako je definirana da omogućuje izmjene ili uvođenje novih aplikacija bez izmjene sklopovlja i obratno.

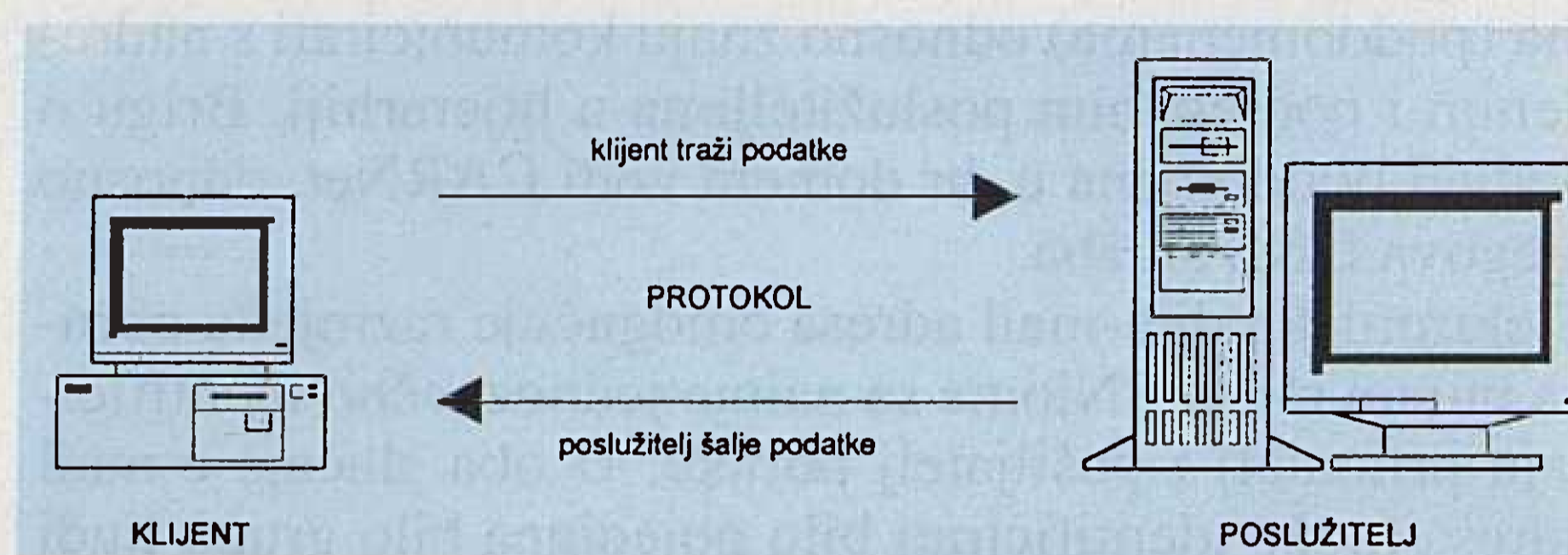
TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) temeljni je skup protokola u Internetu. Ova se kratica često koristi i kao sinonim za internet tehnologiju. TCP/IP skup protokola dobio je ime po svoja dva istaknuta člana - temeljna protokola:

- IP - Internet Protocol je protokol mrežne razine kojim se definira osnovno povezivanje računala i shema adresiranja u Internetu
- TCP - Transmission Control Protocol je protokol transportne razine koji definira nadzor nad prijenosom podataka.

Uz svaku uslugu ili servis na Internetu postoji i odgovara-

jući protokol (protokoli) aplikacijske razine. Neki od tih protokola nisu dio temeljnog TCP/IP skupa (npr. HTTP protokol koji se koristi u WWW mrežnom servisu). Svi protokoli koji se koriste u Internetu opisani su u odgovarajućim RFC dokumentima. Bit otvorenosti Interneta i jest u tome što se temelji na skupu protokola čije su specifikacije javno dostupne.

Model klijent - poslužitelj (client-server) temelj je mrežnih aplikacija (usluga, servisa). Poslužitelj je program (računalo s odgovarajućom programskom podrškom) koji upravlja podacima, prima zahtjeve, obrađuje ih i distribuira zatražene podatke. Klijent je program (računalo s odgovarajućom programskom podrškom) koji traži podatke od poslužitelja te obrađuje primljene informacije (slika 3). Krajnji korisnik neke mrežne usluge ili servise koristi u pravilu klijent program i nerijetko, pogrešno izjednačuje čitav mrežni servis s klijent programom kojeg koristi (promjerice izjednačavanje Netscape-a koji je klijent program s čitavim WWW-om koji je mrežni servis) [3].



Slika 3. Model klijent-poslužitelj (client-server)

Četiri su osnovna tipa adresa u Internetu:

- * MAC (hardware) adresa
- * Mrežna (IP) adresa
- * elektronička (e-mail) adresa
- * adresa mrežnog resursa (URL, eng. Uniform Resource Locator).

Dok je poznavanje MAC adresa uglavnom važno profesionalcima koji se bave mrežnom infrastrukturom, dotle je razumijevanje ostala tri tipa adresa važno svakom korisniku Interneta.

Mrežna ili IP adresa računala je 32-bitni binarni broj koji se radi lakšeg snalaženja zapisuje u tzv. dotted-octet notaciji kao 4 decimalna broja (0-255) odvojena točkom. Primjer jedne IP adrese je 205.219.255.5. Jedinstvenu IP adresu mora imati svako računalo koje je spojeno (makar i privremeno ili povremeno) u Internet. Slijedom toga zahtjeva razvijen je poseban sustav dodjele IP adresa računalima koji osigurava nadzor nad dodjelom adresa. Generalni nadzor nad IP adresama ima IANA. Pravo dodjele čitavih grupa adresa dano je nadalje odgovarajućim ustanovama (npr. RIPE NCC za Europu) te se prenosi sve do davatelja usluge koji ima na raspolaganju određene grupe adresa (npr. CARNet i HPT-Internet u Hrvatskoj). Nije moguće da dva računala imaju istu IP adresu. Međutim, čak ni decimalni zapis IP adrese nije pogodan za svakidašnju uporabu te se zamjenjuju nazivom koji se sastoji od niza riječi odvojenih točkama i koji je jednoznačno povezan s IP adresom. Naziv računala gradi se prema posebnom principu kako bi se očuvala njegova jednoznačnost. Jedno računalo može imati više naziva od kojih je onda jedan osnovni, a ostali su tzv. aliasi (nadimci), no i aliasi moraju jednoznačno određivati računalo.

Domain Name System (DNS) distribuirani je hijerarhijski

sustav koji jednoznačno povezuje IP adrese i nazive računala. Nivoi u hijerarhiji određuju organizacijsku, odnosno geografsku pripadnost računala tzv. domenu. Prema tom principu računala i dobivaju naziv. Čitano u obrnutom smjeru, s desna na lijevo prvi element naziva (tzv. top level domain) određuje geografsku (ili temeljnu organizacijsku) pripadnost računala, zatim slijede ostali elementi koji određuju poddomene, dakle preciziraju pripadnost računala nekoj grupi. Posljednji, odnosno prvi s lijeva element je ime samog računala. Tako se iz punog naziva računala (Fully Qualified Domain Name - FQDN) može pročitati u koju domenu spada pojedino računalo (npr. alf.tel.hr pripada računalima u Hrvatskoj, poddomena tel (tel.hr) pripada HPT-u dok je alf ime samog računala). DNS sustav omogućava korisnicima da, umjesto IP adresa, u radu koriste nazive računala, a s druge strane pak omogućuje da se na temelju IP adrese ustanovi puni naziv računala. Sustav je realiziran kroz hijerarhijsku mrežu DNS poslužitelja. Pojedini DNS poslužitelji brinu o pojedinim domenama (poddomenama) odnosno znaju komunicirati s nadređenim i podređenim poslužiteljima u hijerarhiji. Brigu o dodjeli poddomena u .hr domeni vodi CARNET, odnosno njegova DNS služba.

Elektronička ili e-mail adresa omogućuje razmjenu poruka putem mreže. Njome se naime jednoznačno identificiraju primatelj i pošiljatelj poruke. U oba slučaja e-mail adresa može identificirati bilo pojedinca bilo grupu ljudi bilo programski sustav koji primjerice funkcionira kao automat za prijam i obradu poruka. Izvodi se iz korisničke oznake (login name) i punog naziva računala (FQDN) i ima oblik: login@FQDN. Osim takvog, standardnog oblika e-mail adrese postoje i alias adrese čiji je oblik slobodniji: proizvoljno_ime@naziv_domene_ili_FQDN [4], a koji se najčešće koriste iz organizacijskih ili tehničkih razloga te radi jednostavnosti i lakšeg pamćenja e-mail adresa.

Adresom mrežnog resursa (URL - Uniform Resource Locator) jednoznačno se identificira mrežni resurs (datoteka, direktorij). URL se koristi u komunikaciji između klijenta i poslužitelja. Klijent pomoću URL-a definira dokument koji traži. URL se u pravilu tvori od:

- naziva protokola koji se koristi
- punog naziva računala na kojem se resurs nalazi
- broja porta (ako je potrebno)
- punog naziva datoteke (direktorija).

Naprimjer, adresa jednog URL-a glasi:

http://www.carnet.hr/index.html

(protokol://naziv_racunala[:broj_porta]/[naziv_datoteke]).

Na internetu možemo, ugrubo, prepoznati dvije grupe računala:

- umrežena višekorisnička računala (serveri)
- umrežena osobna računala (radna mjesta).

Višekorisnička računala od prvog su dana dio Interneta. U neobveznom govoru koriste se i nazivi host, odnosno server. Radi se o računalima s različitim višekorisničkim operacijskim sustavima (u velikoj većini radi se o raznim inačicama UNIX operativnog sustava) koja su neprekidno u radu i spojena na mrežu. Na takvim računalima u pravilu postoji više poslužitelja koji korisnicima, kao minimum, omogućuju uporabu osnovnih mrežnih usluga. Rad s mrežom putem takvog računala zahtijeva posjedovanje korisničkog računa (korisničke oznake) i određeno znanje odgovarajućeg OS-a (operativnog sustava).

Umrežena osobna računala u pravilu su pojedinačna radna mjesta i na mreži su samo povremeno i privremeno kad se koriste za individualni pristup mreži. U ovoj grupi računala prevladava PC tehnologija s MS Windows okruženjem. Prijeko potrebna znanja o računalu i OS-u svedena su na minimalno poznavanje računalne konfiguracije i grafičkog okruženja u kojem korisnik radi. Položaj UNIX-a u novije vrijeme ugrožen je pojavom MS Windows NT OS-a koji se nudi kao alternativa UNIX-u.

2.2. Internet usluge i servisi

Mrežne usluge i servisi temelje se na modelu klijent-poslužitelj. Konkretna realizacija (implementacija) klijenta i poslužitelja ovisi o konkretnoj računalnoj platformi (OS-u). Osnovne mrežne usluge su telnet, e-mail, FTP i talk.

Telnet je osnovna mrežna usluga koja se temelji na istoimenom aplikacijskom protokolu iz TCP/IP skupa. Telnet je za korisnika sinonim za rad na udaljenom računalu. To znači mogućnost uporabe bilo kojeg računala u Internetu s jednog mjesta. Preduvjet je naravno da udaljeno računalo podržava telnet uslugu i da korisnik na njemu ima korisnički račun.

Elektronička pošta jedna je od najpopularnijih mrežnih usluga i servisa. Omogućuje prijam, slanje, obradu i arhiviranje poruka, koje osim običnog teksta (ASCII datoteke) mogu sadržavati kao dodatak (attachment) datoteke proizvoljnog sadržaja (slike, audio i video zapis, izvodljivi programi (binaries), razni formati dokumenata poput MS Worda i sl.). U usporedbi s drugim sustavima razmjene poruka (obična pošta, fax, kurirska služba) e-mail je brz, pouzdan, efikasan i jeftin sustav čime je stekla veliku popularnost. E-mail se temelji na SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) protokolu (iz aplikacijske razine TCP/IP skupa protokola).

Prijenos datoteka između dva računala jedna je od veoma važnih i korištenih mrežnih usluga. Temeljni protokol (i usluga) takvog tipa je FTP (File Transfer Protocol) koji pripada aplikacijskoj razini TCP/IP skupa protokola. FTP omogućuje prijenos proizvoljnog tipa datoteke s jednog na drugo računalo putem Interneta.

Najpoznatiji mrežni informacijski servisi su distribucijske (mailing) liste, mrežne novine (Netnews, USENET), IRC (Internet Relay Chat), gopher, WWW (World Wide Web), imenički servisi i sl.

Mrežne novine su servis koji omogućuje razmjenu poruka (članaka) na načelu zidnih novina. Temelje se na posebnom protokolu koji se zove Network News Transfer Protocol (NNTP). Teme pokrivaju sve od znanosti do razbičrige, bez cenzure ili moderiranja. Korisnika bira poslužitelj s kojeg će pročitati poruke i putem kojeg će poslati svoje komentare.

Gopher je distribuirani mrežni servis koji u radu koristi istoimeni protokol. Temelji se na hijerarhijskom sustavu izbornika i prije svega je orijentiran na tekstualne informacije. Uz gopher su vezani i posebni alati za pretraživanje: Veronica i Jughead.

World Wide Web (WWW) ili kratko Web je distribuirani, multimedijalni informacijski sustav utemeljen na načelu hiperteksta. Hipertekst (eng. hypertext) je tekst (datoteka) koji sadrži veze (eng. links) prema drugim objektima na mreži. Kod WWW-a se veze specificiraju URL adresama objekata (mrežnih resursa). WWW omogućuje, poput ra-

nije spomenutog gophera, publiciranje, pronalaženje i dobavljanje informacija. Integrira tekst, sliku, zvučni i video zapis pa je po tome multimedijalni sustav. Njegova uporaba je intuitivna i još jednostavnija od uporabe gopher-a. Uz WWW vežu se tri kratice - tri osnovna pojma [1]:

- HTTP - HyperText Transfer Protocol, protokol za prijenos datoteka između klijenta i poslužitelja
- HTML - HyperText Markup Language, simbolički jezik za oblikovanje hipertekstualnih datoteka, razvijen kao jedna od primjena SGML (Standard Generalized Markup Language) standarda
- URL - Uniform Resource Locator, adresa mrežnog resursa.

WWW klijenti zovu se popularno browseri. Oni naime u sebi integriraju mogućnost uporabe i drugih usluga i servisa te se doista mogu koristiti za pregledavanje svih sadržaja na Internetu. Browser može biti tekstualni ili grafički. Veliku popularnost imaju grafički browseri, kao npr. Netscap (za MS Windows i Unix op. sustave), MS Internet Explorer (za MS Windows op. sustave), Mosaic (za UNIX, MS Windows) i sl.

Putem Interneta dostupne su i baze podataka. Dio njih je javan, a dio komercijalan, što znači da im je pristup ograničen lozinkom i uvjetovan plaćanjem određene naknade. Sigurnost podataka i programa te sprječavanje neovlaštene uporabe računala ozbiljan je zadatak na Internetu. Osnovna zaštita sastoji se u uvođenju korisničkih računa (oznaka i lozinke) te sustava ovlaštenja kojim se nekom korisniku dopušta pristup određenim resursima (sklopovlju, programima i podacima). Uz ovu se temu vežu dva pojma:

- autorizacija (authorization) - dodjela i provjera dozvola za pristup
- autentikacija (authentication) - provjera identiteta (oznake i lozinke).

Naravno, sve ovo nije dovoljno. Tako se kao dopunske mjere uvode kriptozastita i ograničavanje mrežnog prometa (Firewall). Kad je riječ o zaštiti kriptiranjem danas je u uporabi najpopularniji RSA kriptografski algoritam (s nesimetričnim javnim ključem) i PGP (Pretty Good Privacy) program kao implementacija tog algoritma.

3. PRIMJENA INTERNETA U POSLOVANJU

Internet je započeo kao istraživačka računalna mreža. Brzi razvoj i rast povlači za sobom širenje Interneta u ostala područja ljudske djelatnosti, prije svega u akademsku i obrazovnu zajednicu te državne ustanove. Naposljetku i komercijalne se ustanove (naravno prije svih informatička industrija) pojavljuju na Internetu. Tijekom 90-tih intenzivira se komercijalna uporaba Interneta. Pri tome je poseban zamah dao razvoj WWW-a u kojem je prepoznat novi medij kojeg se može dobro koristiti u komercijalne svrhe. Danas se na Internetu uz akademske, istraživačke i obrazovne ustanove može naći mnoštvo drugih - od državnih i gospodarskih ustanova (komore, burze, državna tijela, ...) preko industrije do prodavača cvijeća i hrane (Pizza Hut). Posebno je prisutna informatička industrija te masmediji i izdavačke kuće koje su u WWW-u prepoznale novi medij vrijedan pažnje. Internet se koristi u marketingu, za promociju i oglašavanje, za prikupljanje informacija, komunikaciju s korisnicima i naposljetku za trgovinu.

Danas se poslovanje tvrtke može voditi uporabom Internet tehnologije. Stoga se iza pojma "electronic commerce" ne krije samo prodaja putem Interneta. Biti prisutan na Internetu danas je trend.

U komercijalne se svrhe koriste sve raspoložive usluge i servisi, Internet infrakstruktura kao i sama Internet tehnologija. Komercijalna je uporaba zaoštrila pitanje sigurnosti na Internetu i dala poticaj razvoju mrežnih servisa (posebno WWW-a), infrakstrukture i tehnologije. Najviše se koristi elektronička pošta i WWW. Elektronička pošta je brz i jeftin način komuniciranja, kako unutar tvrtke ili s poslovnim partnerima tako i s korisnicima ili potencijalnim kupcima. WWW se posebno koristi u marketingu, za promidžbu, prikupljanje informacija (čitanjem što drugi nude i pišu o sebi), katalošku prodaju. U posljednje vrijeme i za vođenje poslovanja i elektroničko bankarstvo [2].

Za marketing i vođenje poslovanja, Internet je jeftin i brz, alternativni način komuniciranja s odabranim krugom ljudi koji može biti vrlo uzak, ali i vrlo širok. Internet nudi novi oblik (on-line) podrške potrošačima uz mogućnost 24 satne prisutnosti na mreži. To je i novi medij za promidžbu. Nudi mogućnost jednostavnog ispitivanja i širenja tržišta. Ne smije se zaboraviti i praćenje konkurencije i prikupljanje informacija. Mnoge se komponente u poslovanju tvrtke mogu uspješno obavljati korištenjem mreže.

Trgovina i bankarstvo također su zastupljeni na mreži. Kupovanje na Internetu (electronic shopping) ima već i stanovitu tradiciju. Razvijeni su sustavi kupovanja putem mreže uporabom (postojećih) kreditnih kartica ili digitalnog novca (posve novi sustav plaćanja). Glede uporabe kreditnih kartica značajno su se angažirale tvrtke, izdavači kartica (posebno VISA). Danas se nude sigurni sustavi kupovanja putem WWW-a koji ne samo da neće kompromitirati broj nečije kartice već nude i povećanu sigurnost korisnika (broj kartice, tako se kriptira da ga znaju samo korisnik i izdavač, dok trgovac dobiva samo autorizaciju od izdavača). Novi sustavi plaćanja temelje se na postojanju digitalnog novca. Korisnik zamjenjuje gotovinu za digitalni novac kojim može kupovati u "WWW trgovinama". Dva su trenutno popularna sustava takvog tipa: Ecash kompanije Digi Cash i Cyber Coin kompanije Cyber Cash. Kompanija Digi Cash koja je prva započela s emitiranjem digitalnog novca u tu je svrhu osnovala i vlastitu banku na mreži (First Digital Bank) [4]. Elektroničko bankarstvo započeto je već konverzijom stvarne valute u digitalni novac. Međutim, danas postoje banke koje nude veći spektar svojih usluga putem mreže (npr. Security First Network Bank). Jedna od usluga koje se razvijaju je i podrška kućnom bankarstvu.

4. UPORABA INTERNET TEHNOLOGIJE U IZGRADNJI LAN-a: INTRANET

Internet tehnologija je jeftina i jednostavna te se može dobro koristiti u izgradnji lokalne računalne mreže (LAN) i informatizaciji poslovanja tvrtke. Tako je i skovan termin intranet: spajanjem riječi internal i Internet. Intranet je dakle interna mreža poduzeća relaizirana pomoću Internet tehnologije. Pri tome se misli na uporabu TCP/IP protokola i određenih mrežnih alata tipičnih za Internet (WWW, e-mail). Intranet omogućuje elektroničko poslovanje pu-

tem jednostavnih sučelja i standardnih Internet alata. Dobre strane intraneta svakako su otvoreni standardi, jednostavnost u radu, modularnost, jednostavna nadogradnja. Mjesta za poboljšanje svakako ima. Prije svega kod WWW-a (HTTP, HTML, alati za izradu WWW stranica) i glede sigurnosti.

Programskih paketa koji se koriste u izgradnji intraneta (u aplikacijskom smislu) sve je više. Uz njih je skovan još jedan novi termin: intraware, koji je nastao od termina intranet i groupware. Groupware je, jednostavno rečeno, programska podrška koja omogućuje komuniciranje grupe ljudi. Najpoznatiji intraware alati su Netscape-ov Suite Spot, Microsoft-ov Back Office i IBM-ov Lotus Notes/Domino.

Pojavom intraneta razvoj je tek započet. Tvrtke s više vlastitih, dislociranih intraneta ili s više partnera žele povezati više intranet mreža u cjelinu. Tako nastaje prošireni intranet nazvan extranet (od extended intranet). Extranet čini više međusobno povezanih intranet mreža. Pri tome se za međusobno povezivanje intraneta koristi postojeća Internet infrastruktura. Extranet koncept stvara dakle mogućnost izgradnje jedinstvenog sustava suradnih poduzeća na temeljima Internet tehnologije.

5. PROCJENA BUDUĆEG RAZVOJA INTERNETA

Prognoze o budućnosti Interneta oduvijek su bile teške. Čak i kad su ih davali ljudi iz vrha informatičke industrije ili samog Interneta. Jedno je sigurno: Internet se "izvukao" iz svih zamki u koje je do danas upadao. Čini se dakle da nema mjesta niti za skepsu niti za pretjerani optimizam. Do danas su se razvoj tehnologije, mrežne infrastrukture i raspoloživih mrežnih servisa uglavnom lijepo poklapali "nudeći jedan drugom potrebna rješenja". Očekuje se stoga nastavak razvoja kako tehnologije, tako i infrastrukture i mrežnih aplikacija (posebno WWW-a). Analitičari predviđaju polaganiji rast (pad porasta) broja računala na mreži, ali ne i pad interesa niti broja korisnika. Optimistične prognoze nude Internet kao globalnu informacijsku superprometnicu. Pesimiste brinu problemi vezani uz stanje infrastrukture i mogućnost totalnog kolapsa Interneta. Izvjesno je da Internet neće usporiti do neupotrebljivosti. Brzina kojom se povezuju veliki davatelji usluga, internacionalne i interkontinentalne veze sigurno će biti unaprijeđene. Ostaje međutim pitanje hoće li se i koliko poboljšati komfor krajnjeg korisnika koji Internetu pristupa modemom, iz svog doma.

Na dio upravo postavljenih pitanja informatička industrija već odgovara. Ne tako davno 14,4 Kbps je bila velika brzina komunikacije za jedan modem. Danas smo na pragu omasovljenja 56 Kbps modema. Ilustracije radi recimo da su se, ne tako davno, početkom 90-tih davatelji usluga povezivali brzinama od 64 Kbps. Danas se brzine internacionalnih i interkontinentalnih veza mjere u Mbps, a u praksu se uvode i "nezamislivi" Gbps. Glede razvoja Ethernet tehnologije i tu ima novosti. Ni lokalne mreže nisu više "dovoljno brze". Jedna od novosti svakako je i Fast Ethernet tehnologija. Tijekom 90-tih raspravljalo se o tri tehnologije na području računalnih komunikacija: ISDN (Integrated Service Digital Network), Frame Relay i ATM. ISDN tehnologija danas nudi mogućnost poboljšanja komfora koji krajnji korisnik ima u svom domu (brzine od 64

Kbps i više). Dok je Frame Relay nekako zaboravljen, najmlađi je ATM (Asinhronous Transfer Mode) postao veoma popularan. Uz uporabu optičkih kablova ATM je prvo nudio brzine od 155 Mbps, dok danas nudi 622 Mbps. ATM tako postaje tehnologija s kojom svakako treba računati u izgradnji računalnih mreža. Glede razvoja infrastrukture uočljivo je da se ona brže gradi, ali i da pri tome brže prati pojavu novih tehnologija. Naime, nacionalne i multinacionalne kompanije koje se bave izgradnjom i održavanjem telekomunikacijske infrastrukture (kod nas je to HPT) nastoje pratiti zahtjeve tržišta i razvoj tehnologije.

5.1. Razvoj protokola, servisa i standarda

Unapređenje postojećih ili pojava novih servisa uvijek povlači za sobom pojave novih odnosno usavršavanje postojećih protokola. Razvoj pojedinih servisa povlači za sobom i razvoj odgovarajućih standarda. Posebna pozornost usmjerena je prema standardima [1]:

- utemeljenim na SGML-u kao štp su HTML, DTML (Dynamic HTML), VRML (Virtual Rality Modeling Language), XML (Extensible Markup Language)
- za označavanje resursa: URI - Uniform Resource Identifier (URL, URN - Uniform Resource Name) i URC - Uniform Resource Citation. Namjera je naime napraviti takav identifikator resursa (URI) koji bi za razliku od URL-a bio neovisan o fizičkoj lokaciji resursa. URC je nastojanje da se u inform. prostor Interneta uvede red.
- vezanim uz sigurnost i zaštitu autorskih prava
- vezanim uz nove primjene (servise).

Od novih servisa na mreži mnogo se govori i piše o onima koji nude audio i video u realnom vremenu. Audio i video conferencing na neki su način "stara stvar", no za sigurno još ima puno mjesta za razvoj i primjene novih tehnologija (primjerice ATM-a). Valja spomenuti Internet telefoniju koja izaziva proturječne reakcije jer niskim cijenama komunikacije putem Interneta ruši cijene lokalnih telefonskih kompanija. Audio i video u realnom vremenu (slušanje i gledanje radio i tv emisija) putem Interneta posebno su interesantna usluga. Prema navodima proizvođača programske podrške funkcioniraju već pri brzinama prijenosa od 28,8 Kbps (kao i poznati video conferencing sustav CU-SeeMee). Trenutno su aktualna dva takva sustava (Real Audio (Real Video) i MS Net Show). Svemu tome treba dodati i "video-ondemand" - mogućnost da korisnik, iz ponuđenog, bira program po želji. Osnova svega je zahtjev za kvalitetnijim i bržim prijenosom podataka.

5.2. Računalne platforme

Poseban interes u posljednje vrijeme izaziva NC - Network Computer. U izradu prototipova i kasniju proizvodnju uključuju se sa svojim idejama Oracle, Sun (Java Station), IBM, MS (Windows terminal). U osnovi svi su koncepti isti: radi se o računalu ne skupljem od 500 USD koje se pokreće putem mreže putem koje dobavlja i sve potrebne aplikacije. NC nema tvrdog diska i ne može se pokrenuti bez veze s odgovarajućim poslužiteljem na mreži. Korisnik je oslobođen svake brige o OS-u kao i o instalaciji programske podrške. Umjesto kupovanja programa on plaća najam prema stvarno utrošenom vremenu rada s pojedinim programom.

Bez obzira na to čiji će koncept pobijediti i kako će točno izgledati (Oracle i Sun svoje modele već prodaju) NC jest računalo budućnosti. Zasigurno NC neće istisnuti PC sa stolova profesionalaca kao što ni PC neće uništiti UNIX radne stanice. Tako će po svemu sudeći izbor radne stanice u budućnosti umjesto dileme nuditi trilemu: UNIX stanica, PC ili NC. NC bi se sasvim lijepo mogao afirmirati među neprofesionalnim korisnicima koji povremeno koriste Internet kao i u velikim intranet sustavima kao jeftina zamjena za PC na stolu svakog službenika. Situacija glede operacijskog sustava budućnosti (mislim prije svega na umrežena računala) je nešto jasnija. Dva su "igrača": UNIX i Windows NT. Koliko god UNIX bio "izvorni" OS na Internetu toliko je Windows NT svojim karakteristikama ozbiljno zaprijetio dominaciji UNIX-a.

6. PRISTUP NA INTERNET

Mjesta ulaza na internet zovu se ISP-ovi (eng. Internet Service Provider - davaoc Internet usluga). S naglim razvojem Interneta i prijelazom iz znanstveno-istraživačke domene u komercijalnu, pojavio se sve veći broj raznih davaoca Internet usluga koje možemo podijeliti u tri osnovne kategorije:

- komercijalni davaoci usluga - nude komercijalni pristup na Internetu za svakog tko je spreman za pristup platiti. Nude garancije kvalitete veze, velike brzine pristupa i pomoć korisniku pri spajanju i radu.
- mreže velikih korporacija spojenih na Internet - velike kompanije koje od prije imaju svoje mreže, a spojene na Internet, spajaju svoje podružnice i partnere na Internet osiguravajući im nazočnost na Internetu. Isto tako prenose putem svojih privatnih mreža dio javnog Internet prometa.
- akademske mreže - mreže iz kojih je Internet i nastao. Akademske mreže nude besplatan pristup znanstvenim instucijama radi istraživanja i razvoja.

Osim usluge samog pristupa na Internet postoje davaoci koji nude razne usluge kao što su iznajmljivanje prostora na serveru za potrebe servisa kao što su e-mail i WWW stranice. Isto tako može se vlastiti server spojiti na Internet putem tzv. server hosting-a tj. smjestiti fizički svoje računalo kod davaoca Internet usluga i održavati servis na daljinu (putem Interneta). ISP-ove koji nude i povremeni, komutirani ulaz na Internet pomoću modema zovemo i Dial-up Providers.

U Hrvatskoj danas možemo naći gotovo sve vrste davaoca Internet usluga.

Prvi ISP u Hrvatskoj je bila akademska mreža CARNet. CARNet povezuje sveučilišta u Hrvatskoj i nudi besplatan pristup na Internet akademskoj zajednici. Isto tako, u svim većim gradovima Hrvatske nude besplatne modemske ulaze. CARNet je povezan na Internet mrežu putem HPT Interneta (2 Mbps za međusobnu razmjenu prometa i 2 Mbps za vezu prema ostatku Interneta) i europskog ISP-a EBONE-a (128 Kbps).

Prvi komercijalni ISP u Hrvatskoj nastao je u okviru HPT-a, kao i Grupa za Internet. Osim usluge kontinuiranog spajanja na Internet, nudi komutirani pristup i iznajmljivanje prostora na web serveru. Na Internet je spojen putem velikog američkog ISP-a MCI-a (ukupno 12 bps) i europskog EBONE-a (512 Kbps).

Drugi komercijalni ISP u Hrvatskoj je IBM. Kao i HPT, nudi usluge kontinuiranog spajanja na Internet, komutirani pristup i iznajmljivanje prostora na serverima. Prednost IBM-a je njegova rasprostranjenost po cijelom svijetu, što korisniku daje mogućnost lokalnog poziva i spoja na Internet u gotovo svim većim gradovima, po cijeni lokalnog telefonskog poziva. Svojim korisnicima nude uslugu iznajmljivanja kompletne opreme za spajanje na Internet, te održavanje i nadzor veze.

Osim usluga spajanja na Internet u Hrvatskoj postoji nekoliko davaoca usluga "nazočnosti na Internetu" (eng. presence providers). Radi se o manjim davaocima usluga, spojenim direktno na neki od većih ISP-ova koji iznajmljuju prostor na svojim serverima i nude usluge e-maila, izrade i održavanje web stranica. Neki od njih su: www.open.hr, www.ring.net, www.multilink.hr, www.cro.net, www.posluch.com, www.times.hr.

6.1. Osnovni načini pristupa na Internet

Načine povezivanja na Internet možemo, s obzirom na vrstu veze, podijeliti na tri osnovna tipa [1]:

- komutirani pristup (eng. Dial-Up) - povremeni pristup na Internet karakterističan za individualne korisnike koji na Internetu traže informacije
- spajanje LAN-a po potrebi (eng. Dial On Demand Routing, DDR) - spajanje LAN-a koji povremeno pristupaju Internetu, povoljnije rješenje od stalne veze
- kontinuirani spoj LAN-a na Internet - ukoliko želimo publicirati sadržaje na LAN i imamo velik broj potencijalnih korisnika Interneta unutar vlastitog LAN-a, kontinuirani spoj je najpovoljnije rješenje.

Komutirani pristup

Najjednostavniji i najjeftiniji način pristupa individualnog korisnika na Internet je komutirani pristup. Komutirani pristup omogućuje nam pristup do svih informacija na Internetu kada se za to pokaže potreba. S obzirom da pojedini korisnik pozivom uspostavlja vezu s jednom od mnoštva modema ISP-a, dodjeljivanje adrese je dinamičko, tj. svaki put pristupni poslužitelj dodjeljuje drugu adresu. Ukoliko se koristi SLIP protokol, ovu je adresu potrebno ručno ili pomoću posebne skripte upisati u konfiguraciju programa. Unutar PPP protokola, adresa se automatski razmjenjuje u postupku uspostavljanja veze. Mana komutiranog pristupa je mala brzina (33,6 Kbps za modeme, 128 Kbps za ISDN), ali mu je cijena najniža ukoliko se Internetu pristupa samo povremeno. Komutirani pristup koriste individualni korisnici i firme s malo potencijalnih korisnika Interneta koje nemaju LAN ili ga ne žele spajati na Internet. Za komutirani pristup potrebno je minimalno posjedovati osobno računalo, modem i telefonsku liniju. Modemi se na PC računala priključuju na asinkrono serijsko sučelje (tzv. COM port) za što se koristi poseban serijski kabel koji dolazi uz modem ili se dokupljuje zasebno. Kako bi uspostavili komunikaciju, potrebna je i programska podrška koja danas obično dolazi kao dio operativnog sustava (Windows 95) ili kao zasebni programski paket (Trumpet Winsock/CARNet Utilities). Programska podrška ovisi o ISP-u čije se usluge koriste, tako da neki ISP-ovi daju korisnicima svoje specijalne programe (npr. IBM). Brzina veze ovisi o brzini modema i može varirati u ovi-

snosti o kvaliteti telefonske linije do najviše 33,6 Kbps (56 Kbps za nove digitalne modeme), ali može ovisiti i o kvaliteti ISP-a, njegovih ključnih veza i o kvaliteti davaca informacija do kojih želimo doći (preopterećeni serveri uvelike smanjuju brzine dobave web stranica). U Hrvatskoj je moguće uspostaviti komutirani pristup Internetu putem već spomenuta tri ISP-a: CARNet-a, HPT-a i IBM-a.

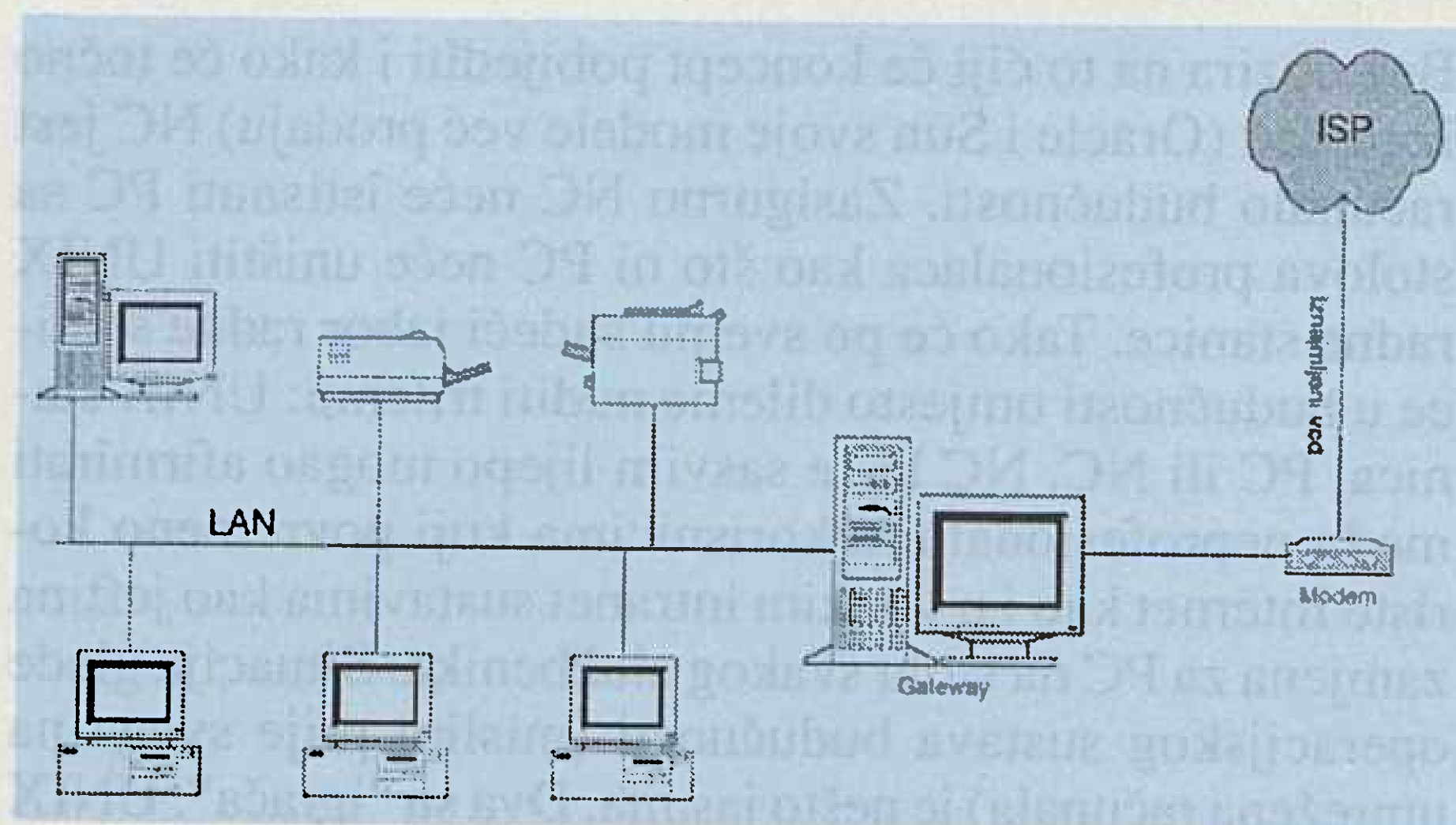
Pristup po potrebi

Manju LAN mrežu možemo na Internet spojiti postupkom tzv. Pristupa po potrebi (eng. Dial On Demand). Cijela mreža pristupa na Internet putem jednog rutera konfiguriranog za pristup po potrebi, koji uspostavlja vezu samo u slučaju potrebe. Routeru je potrebno zadati skup pravila kada mora uspostaviti vezu (u ovisnosti o količini i sadržaju paketa) i kada vezu mora prekinuti (potrebno je definirati period mirovanja nakon kojeg se veza prekida). Na routeru je moguće definirati statičke route ili koristiti tzv. snapshot routiranje. Snapshot routiranje koristi periode uspostave veze za razmjenu tablica routiranja i ne aktivira vezu samo po sebi. Normalno routiranje bi periodično uspostavljalo vezu što bi bilo neekonomično. Pristup po potrebi uobičajen je za ISDN korisnike, s obzirom na brzinu uspostave veze (par sekundi), ali moguće je koristiti i obične komutirane modeme. S obzirom na male brzine modemam, ovaj način pristupa zadovoljava potrebe manjih LAN mreža s malom potrebom pristupa na Internet. Pristupom nije moguće publicirati sadržaje na Internet izravno s LAN-a. Kako bi se ubrzao pristup na Internet moguće je na nekom od servera na LAN-u instalirati tzv. proxy server kako se veza ne bi uspostavljala svaki put kada želimo doći do istih informacija. Za realizaciju pristupa po potrebi potrebno je imati specijaliziran router s opcijom pristupa po potrebi ili računalo sa odgovarajućom programskom podrškom. Za uspostavljanje veze koristi se komutirani modem ili ISDN terminal adapter. Na HPT Internetu postoji posebna kategorija tzv. Srednjeg korisnika koja nudi više e-mail adresa pod jedinstvenom poddomenom i s jeftinom pretplatom po pojedinoj adresi. Svaka e-mail adresa daje i pravo vlasniku pristup modemskim ulazima pod uvjetima kao i za Male korisnike. S obzirom da se ISDN tek uvodi na HPT-u, pristup po potrebi će postati sve zanimljiviji korisnicima Interneta u Hrvatskoj.

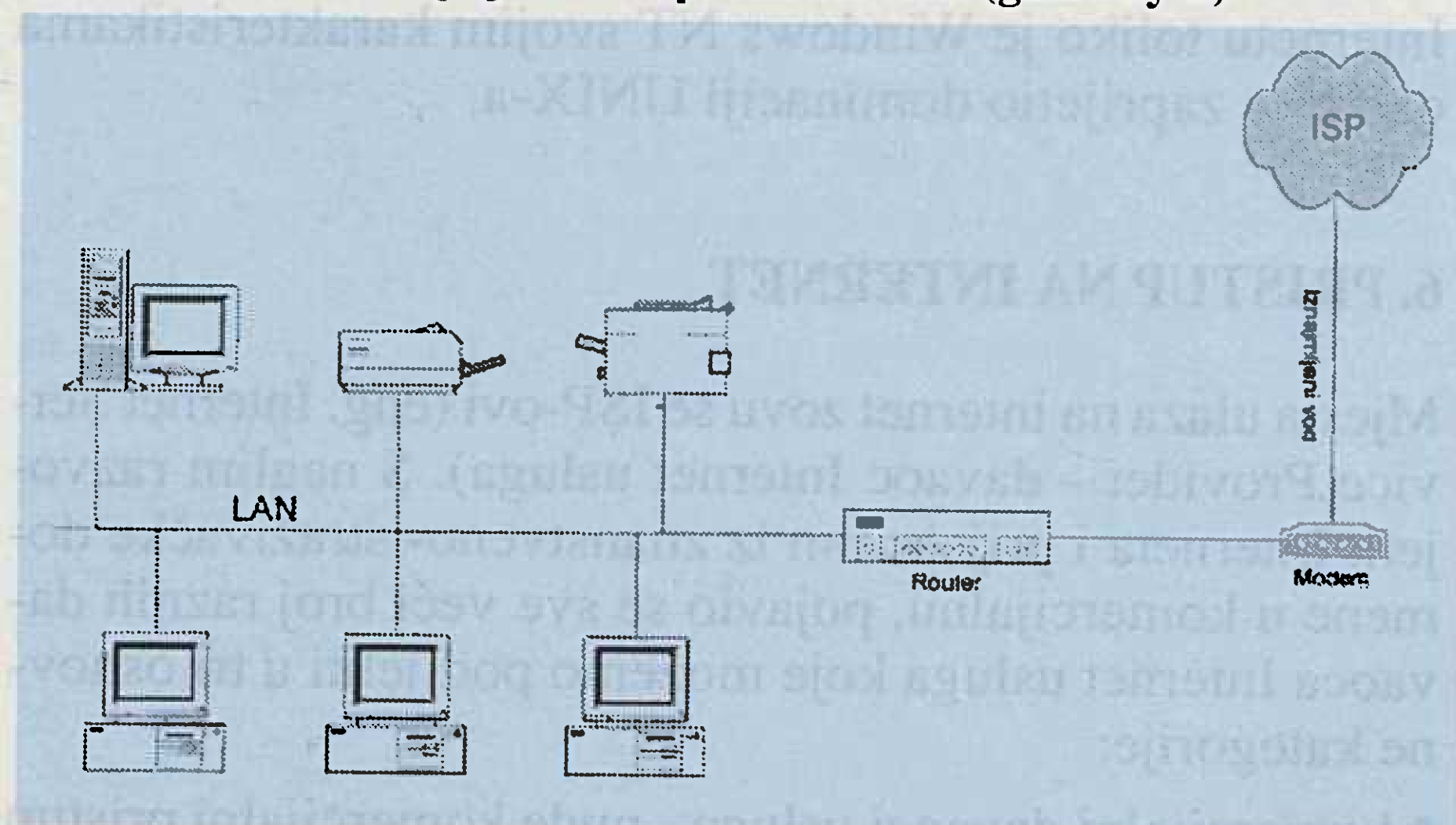
Kontinuirani pristup

Spajanje većeg LAN-a sa više potencijalnih korisnika Interneta, omogućavanje pristupa sa Interneta na LAN, te nuđenje raznih Internet usluga moguće je realizirati isključivo putem kontinuirane veze na Internet. Kontinuiranom vezom moguće je postići puno veće brzine no komutiranim pristupom, ali su ulaganja veća, kao što je i cijena same veze skuplja. Najveća mana kontinuiranog pristupa na Internet je pitanje sigurnosti podataka na LAN-u koji spajamo izravno na Internet, što je potrebno uzeti u obzir ukoliko se odlučimo za taj način spajanja na Internet. HPT Internet nudi uslugu kontinuiranog pristupa pod imenom Veliki korisnici HPT Interneta. Osnovni načini kontinuiranog pristupa na Internet su slijedeći:

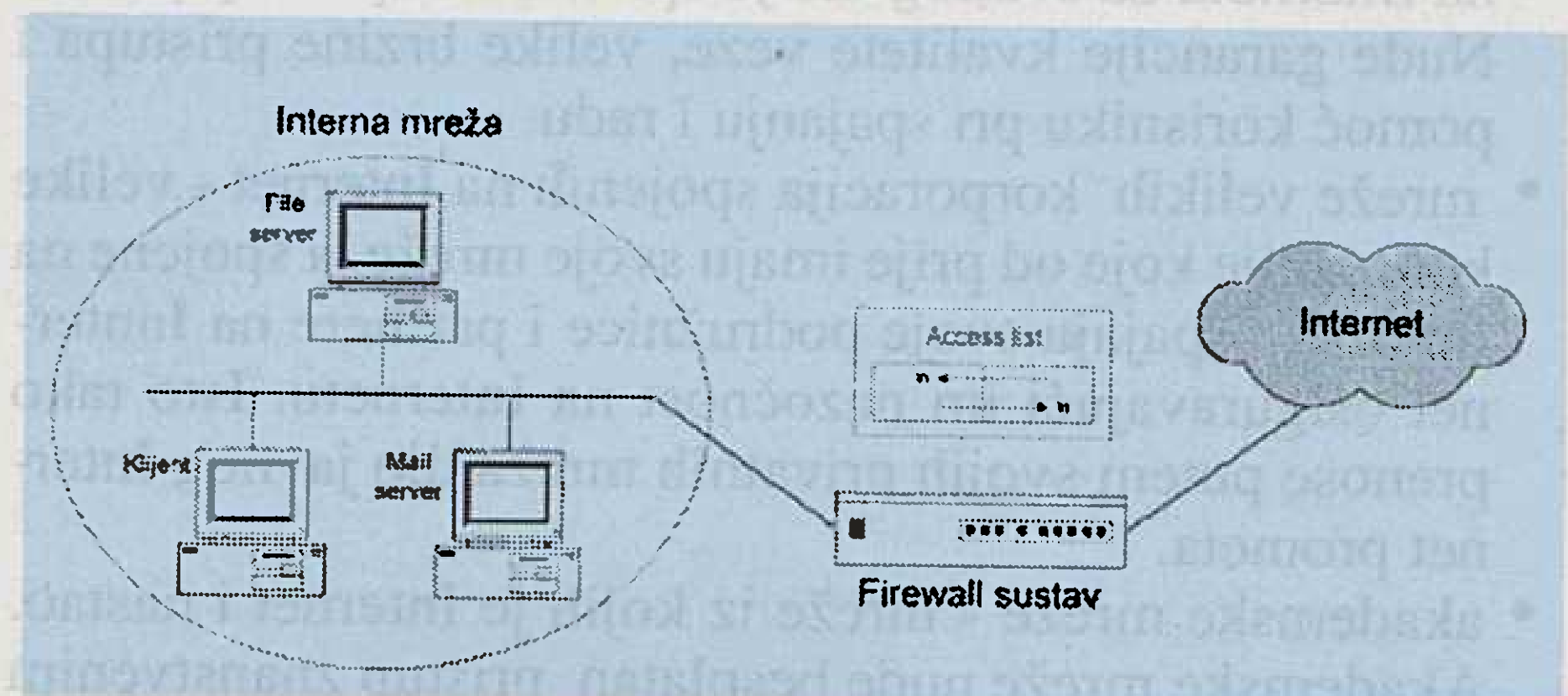
- poslužitelj spojen na Internet - na Internet kontinuirano spajamo samo jedan mrežni poslužitelj, a ne cijeli LAN. Na taj način moguće je ponuditi razne sadržaje i usluge



Slika 4. Spoj LAN-a preko servera (gateway-a)



Slika 5. Spoj LAN-a preko rutera



Slika 6. Internet Firewall

korisnicima Interneta, ali ne i pristupiti sa lokalne mreže na Internet.

- spoj LAN-a na Internet preko servera - cijeli LAN spajamo na Internet putem jednog računala izravno spojenog na Internet i lokalnu mrežu. Ne zahtijeva nabavku dodatnih uređaja (rutera), ali veza ovisi o radu računala. Jeftinije, ali nepouzđano i nekvalitetno rješenje (slika 4).
- spoj LAN-a na Internet preko rutera - kao i prethodno rješenje, ali umjesto računala koristimo specijalni uređaj, router koji nudi pozdaniji rad i bolje performanse no računalo s programskom podrškom za routiranje (slika 5).
- spoj LAN-a na Internet preko Firewall-a - najkvalitetnije rješenje. Preporučljivo ukoliko se želimo zaštititi od neovlaštenog ulaska u lokalnu mrežu. Najskuplje rješenje koje zahtijeva pažljivo planiranje i implementaciju (slika 6).

Poslužitelj spojen na Internet

Spajanje samo jednog poslužitelja na Internet najjednostavnija je izvedba stalnog pristupa. Opravdana je u slučaju ako ne želimo spojiti LAN na Internet, a imamo potre-

bu stalnog publiciranja sadržaja na Internet. Na ovaj način je omogućen pristup nekolicini korisnika (ukoliko rade na spojenom računalu), ali svi sa Interneta mogu pristupiti do spojenog računala. Time je omogućen pristup izvana do naših web stranica, korištenje raznih podataka putem ftp-a, te možemo server koristiti za spremanje dolaznih e-mail poruka (e-mail server). S obzirom da se radi o samo jednom računalu, dovoljne su manje brzine pristupa do 256 Kbps, što najviše ovisi o atraktivnosti ponuđenih servisa, tj o njihovoj posjećenosti. Vezu do najbližeg čvora ISP-a ostvarujemo iznajmljenim vodom i parom identičnih base band modema.

Spoj LAN-a na Internet preko servera (gateway-a)

Najjednostavniji način povezivanja LAN-a na Internet je povezivanje LAN-a putem servera (gateway-a). Jedno od računala spojenih na LAN povežemo na Internet i dopustimo svim ostalim da ga koriste kao izlaz. Na računalu mora biti instalirna odgovarajuća programska podrška za funkciju gateway-a. Međutim, ovdje je glavni problem sigurnost podataka na LAN-u. Brzine veze ovise o broju korisnika, i mogu se, u prosjeku, kretati od 128 Kbps do 512 Kbps. Mana ovog načina spajanja su relativno loše performanse računala kao routera, što može biti presudno pri velikim brzinama. Odgovarajuća programska podrška može se naći unutar operativnih sustava koji podržavaju rad na mreži (UNIX, Windows NT).

Spoj LAN-a na Internet preko routera

Najkvalitetnije rješenje spajanja LAN-a na Internet je spajanje LAN-a preko specijalnog uređaja, routera. S obzirom na performanse i cijene routera ovaj način je preporučljiv za spajanje manjih i srednjih LAN-ova, a gotovo obvezan pri spajanju velikih LAN-ova ili međusobnom spajanju WAN mreža. Za razliku od gateway-a, routeri nude polje performanse, veći broj različitih mrežnih sučelja, fleksibilnije konfiguriranje i uporabu većeg broja različitih protokola.

Spoj LAN-a na Internet preko firewall sustava

Izravno spajanje LAN-a na Internet predstavlja potencijalnu opasnost za sigurnost podataka koji se nalaze na računalima lokalne mreže. Ukoliko se želimo zaštititi koristit ćemo spajanje na Internet putem tzv. Firewall-a (zaštitna pregrada). Firewall sustavi implementiraju pravila sigurnosti i uporabe računalne veze organizacije koju želimo spojiti na Internet. Ne postoji jedinstveno rješenje firewall sustava, već ono ovisi o specifičnim potrebama za sigurnost podataka mreže koju spajamo na Internet. Firewall sustavom odvajamo privatnu mrežu od javne, te on predstavlja svojevrsnu logičku granicu između javne WAN mreže i privatne LAN mreže. Ukoliko je to potrebno, firewall sustavom možemo kontrolirati i izlazni pristup na Internet sa LAN-a. Najjednostavnije i najjeftinije rješenje firewall sustava je uporaba samog routera kojim spajamo LAN na Internet. Naime, routeri nam omogućuju dodjelji-

vanje tzv. pristupnih lista (eng. Access List) pojedinom mrežnom sučelju. Promet možemo ograničiti na osnovi izvorišne i odredišne IP adrese, kao i na osnovi prijenosnog protokala i adrese porta.

Ovaj način spajanja preko routera na kojem je iskonfiguriran i firewall sustav implementiran je u Hrvatskoj elektroprivredi (Sektor za poslovnu informatiku Zagreb). Iznajmljena je stalna linija od 128 Kbps prema HPT Internetu. Također se koristi proxy server. Njime se rasterećuje veza prema Internetu od nepotrebnog ponavljanja prijenosa istih podataka i time se ubrzava rad (proxy server radi tzv. chasiranje), a ujedno se kontroliraju izlazi na Internet s lokalne HEP-ove mreže te sadržaji sa Interneta kojima pristupaju računala s tog LAN-a.

Kompleksnije rješenje firewall sustava je realizacija pomoću tzv. Bastion host-a (poslužitelja "utvrde"). Ovakav firewall ima veće mogućnosti od samog routera s obzirom da može kontrolirati protok podataka i na nivou samih aplikacija.

7. ZAKLJUČAK

Zaštitu LAN-a od neželjenog upada sa Interneta ne možemo realizirati isključivo uporabom samog Firewall sustava. Zaštita se mora provoditi na nivou cijele organizacije, uključujući i obrazovanje pojedinih korisnika mreže. Nema te zaštite koja se ne može "preskočiti" ukoliko se pojedini korisnici unutar lokalne računalne mreže neodgovorno ponašaju. Svaka zaštita temelji se na strogom pridržavanju propisanih pravila, kao što su čuvanje lozinki ili zabrana instaliranja neprovjerenih programa. Kao i kod svake zaštite, pri zaštiti LAN-a potreban je stalni nadzor nad radom mreže i to, po mogućnosti, upravljan iz jednog centra. Osnovni problem kod implementacije Firewall sustava je pad performansi veze proporcionalan složenosti provjera i kontrole prometa, te je nužno pri projektiranju i to uzeti u obzir.

LITERATURA

- [1] FER Zagreb, Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija: "Pristup na Internet", Škola novih tehnologija, Zagreb, 1997.
- [2] D. KINDERSLEY: "Internet", Znak, Zagreb, 1996
- [3] D. VASKEVITCH: "Klijent/server strategije", Znak, Zagreb 1995.
- [4] P. HOFFMAN: "Pravac Internet i WWW", Znak, Zagreb, 1996.

INTERNET - ORGANISATION AND SERVICES

A short description of the history of Internet organisation development on the level of institutions and associations is given. Basic terms are explained (communication protocols, client - served model, network addressing) necessary to understand the way that global network works. The importance of Internet in the modern management is stressed. The connection of individual users to Internet is described as well as LAN through server (ISP).

INTERNET - ORGANISATION, UND DIENSTLEISTUNGEN

Gegeben ist eine kurze Übersicht der geschichtlichen Entwicklung und der Einrichtung von Internet auf der Ebene der Anstalten und Vereine. Erläutert sind für das Verstehen der Arbeitsweise dieses globalen Netzes notwendigen Grundbegriffe (Kommunikationsprotokolle, Client/Server Modell, Netzplanadressieren). Betont wurde die Bedeutung des Internet im modernen Geschäftsgang. Beschrieben ist die Zutrittsart der individuellen Benutzer, und der lokalen Netze zum Internet über Dienstleistungsgeber.

Internet je globalno mrežno računarsko i komunikaciono sistema koje omogućuje razmjenu podataka između računarskih uređaja širom svijeta. Internet je nastao kao mreža mreža, gdje su lokalna mreža povezani međusobno putem ruterne opreme. Internet omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka. Internet omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka.

7. ZAKLJUČAK

Zaštita LAN-a od neželjenog upada sa interneta ne može biti realizirana isključivo uporabom samog Firewall-a. Zaštita se mora provoditi na nivou cijele organizacije, uključujući i obilježavanje pojedinih korisnika mreže. Nema te zaštite koja se ne može "prekročiti". Ako se pojedini korisnici unutar lokalne računarske mreže ne mogu povezati s vanjskom mrežom, svaka zaštita temelji se na sigurnom održavanju propisanih pravila, kao što su čuvanje listi i zabrana instaliranja nepovjerljivih programa. Kao i kod svake zaštite, pri zaštiti LAN-a potreban je stalan nadzor nad radom mreže i to, po mogućnosti, upravljan iz jednog centra. Osnovni problem kod implementacije Firewall-a u stavi je rad performansi veze proporcionalan složenosti provjera i kontrole prometa, te je nužno pri projektiranju i izradi u obzir

LITERATURA

- [1] FER Zagreb, Zavod za elektroničke sisteme i obradu informacija, "Pristup na Internet", Škola novih tehnologija, Zagreb, 1997.
- [2] D. KINDERSLEY "Internet", Nauk, Zagreb, 1996.
- [3] D. VASKEVITCH "Klijent-server strategije", Nauk, Zagreb, 1995.
- [4] R. HOFFMAN "Private Internet i WWW", Nauk, Zagreb, 1996.

INTERNET - ORGANISATION AND SERVICES

A short description of the history of Internet organization development on the level of institutions and associations is given. Basic terms are explained (communication protocols, client-server model, network addressing) necessary to understand the way how Internet works. The importance of Internet in the modern management is stressed. The connection of individual users to Internet is described as well as LAN through router (ISP).

Naslov pisca:

Gordana Donković, dipl.ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Direkcija za upravljanje i prijenos
Sektor za upravljanje EES-om
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-04-03.

Spoj LAN-a na Internet preko ruterne opreme (gateway-a) omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka. Internet omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka.

Spoj LAN-a na Internet preko ruterne opreme (gateway-a) omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka. Internet omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka.

Spoj LAN-a na Internet preko Firewall sustava omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka. Internet omogućuje pristup informacijama i uslugama širom svijeta. Internet je danas najpopularniji način komunikacije i razmjene podataka.

PRIMJENA OSNOVNIH NAČELA ZA INTERVENCIJU U SLUČAJU NUKLEARNE NESREĆE

Dejan Škanić - Davor Šinka - Ines-Ana Jurković, Zagreb

UDK 621.039.58
PREGLEDNI ČLANAK

Ovaj rad je usko povezan s budućim djelovanjem Stručne grupe za analizu opasnosti i procjenu posljedica, koja bi prema novom nacionalnom planu i programu postupaka za slučaj nuklearne nesreće trebala biti sastavni dio Tehničkog potpornog centra - agencije kojoj će se osnovna zadaća sastojati u pripremanju prijedloga za poduzimanje zaštitnih mjera i priopćenja za javnost. Radom je obuhvaćen pregled načina izlaganja ionizirajućem zračenju u slučaju nuklearne nesreće, zaštitnih mjera koje u tom slučaju stoje na raspolaganju i osnovnih načela vezanih za poduzimanje intervencija. U cilju prikaza načina primjene intervencijskih razina, primjenom metode za brzu procjenu posljedica analizirana je potencijalna nesreća u NE Krško. Naglašen je značaj vremenskog faktora i navedeni su osnovni zahtjevi vezani za brzo i učinkovito djelovanje. Posebna pozornost skrenuta je na visoku razinu neodređenosti, karakterističnu za metodu brze procjene posljedica.

Ključne riječi: nuklearna nesreća, analiza posljedica, intervencijske razine, zaštitne mjere.

UVOD

Od početaka uporabe nuklearne energije do današnjih dana dogodio se čitav niz nesreća od kojih je jedan broj imao, ili je mogao imati, štetne učinke na zdravlje stanovništva. Intervencije provedene tijekom i nakon nesreće su se razlikovale od slučaja do slučaja. Naknadne detaljne analize su pokazale da su ponekad provedene zaštitne mjere koje su, sumarno gledajući, donijele više štete nego koristi. Također se pokazalo da bi bilo korisno definirati jedinstvene osnovne principe i kvantitativne kriterije za intervencije u slučaju radioloških i nuklearnih nesreća.

U Republici Hrvatskoj se tijekom 1997. godine prišlo izradi novog plana postupaka u slučaju nuklearne nesreće [1]. Izrada novog plana potaknuta je izmjenama u međunarodnim preporukama izvršenim uglavnom na temelju rezultata analiza nesreće u Černobilu. Planom je predviđeno utemeljenje centralne stručne agencije pod nazivom "Tehnički potporni centar". Osnovni zadaci Tehničkog potpornog centra bit će sakupljanje podataka i informacija o nuklearnoj nesreći, analiziranje i predviđanje razvoja situacije te pripremanje prijedloga za provođenje zaštitnih mjera i za informiranje javnosti. Predviđeno je da će se Tehnički potporni centar sastojati od tri stručne grupe. Jedna od njih će biti "Stručna grupa za analizu rizika i procjenu opasnosti". U radu će se dati pregled nekih značajnih termina vezanih za aktivnosti ove stručne grupe. Također će se prezentirati način primjene osnovnih načela za intervenciju i intervencijskih razina na primjeru potencijalne nesreće u NE Krško.

NAČINI IZLAGANJA IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU I ZAŠTITNE MJERE

Općenito govoreći, u slučaju nuklearne nesreće može doći do ispuštanja radionuklida u atmosferu, površinski vodotok i tlo, odnosno kroz tlo dalje u podzemni vodotok.

Najbrže zaštitno djelovanje je potrebno dođe li do ispuštanja u atmosferu, pa se nesrećama s takvim karakteristikama posvećuje najveća pažnja.

Dođe li do ispuštanja radionuklida u atmosferu, stanovništvo će prvotno biti izloženo djelovanju ionizirajućeg zračenja izravnim zračenjem radioaktivnog oblaka i udisanjem radioaktivnih čestica i plinova sadržanih u oblaku. U kasnijoj fazi, nakon taloženja čestica na površini i prolaska radioaktivnog oblaka, dominantni načini izlaganja bit će izravno zračenje deponiranog materijala, udisanje resuspendirane prašine i konzumiranje kontaminirane hrane i pića [2].

Broj zaštitnih mjera koje se razmatraju u slučaju nuklearne nesreće je ograničen. Svrha primjene zaštitnih mjera jest, dakako, umanjeње štetnog djelovanja ionizirajućeg zračenja na stanovništvo. Najvažnije hitne zaštitne mjere koje se primjenjuju u prvim fazama nesreće su:

- **zaklanjanje**, odnosno upućivanje stanovništva se da se skloni u zatvorene prostore u trajanju do jednoga dana,
- **evakuacija**, odnosno hitno preseljenje stanovništava s određenog područja u trajanju do nekoliko dana i
- **profilaksa jodom** u slučajevima kada se očekuje značajan unos radioaktivnog joda u organizam.

U najznačajnije dugotrajne zaštitne mjere koje se provode u kasnijim fazama nesreće ubrajaju se:

- **privremeno preseljenje**, zaštitna mjera trajanja ne duljeg od godinu ili dvije,
- **trajno preseljenje** u nova ili postojeća naselja na neodređeni vremenski period i
- **kontrola prehrambenih proizvoda**, odnosno utvrđivanje kontaminacije preko dopuštenih granica i uvođenje restrikcija.

OSNOVNA NAČELA ZA INTERVENCIJU

Postupak donošenja odluka o primjeni zaštitnih mjera je

veoma složen jer svaka od njih osim korisnog učinka (reduciranje primljenih radijacijskih doza) uzrokuje veće ili manje štetne učinke. Tri su principa međunarodno prihvaćena kao temelj za donošenje odluka o provođenju zaštitnih mjera u slučaju nuklearne nesreće [3]. Osnovni se principi mogu opisati na slijedeći način:

- **Princip ograničenja** - Po svaku cijenu je potrebno spriječiti pojavu ozbiljnijih determinističkih učinaka ionizirajućeg zračenja. Cilj se postiže ograničavanjem primljenih radijacijskih doza, uključujući pri tom i doze koje će primiti najizloženiji pojedinci, na vrijednosti ispod graničnih iznad kojih se takvi učinci pojavljuju.
- **Princip opravdanosti** - Intervencija je opravdana samo onda kada su ukupne rezultirajuće koristi veće od ukupnih šteta, odnosno ako je neto korist pozitivna. Da bi se mogao utvrditi predznak neto koristi nužno je procijeniti sve značajnije korisne i štetne utjecaje.
- **Princip optimizacije** - Optimalan vremenski trenutak za primjenu zaštitne mjere je onaj kada se postiže najveća neto korist.

Kada se radi o donošenju odluka u društvenom interesu, a u takve se nesumnjivo ubrajaju odluke o primjeni zaštitnih mjera u slučaju nuklearne nesreće, danas se upotrebljava velik broj analitičkih postupaka. Za primjer, razmatrani je problem moguće konceptualizirati u okvirima "cost-benefit" analize, i to slijedećim izrazom:

$$B = Y_0 - (Y + R + X + A_i + A_s - B_c)$$

- gdje je:
- B neto korist od primjene zaštitne mjere
 - Y_0 ekvivalent štetnih učinaka ionizirajućeg zračenja (stohastičkih i determinističkih) ako se zaštitna mjera ne primijeni
 - Y ekvivalent štetnih učinaka ionizirajućeg zračenja (stohastičkih i determinističkih) ako se zaštitna mjera primijeni
 - R ekvivalent fizičkog rizika prouzročenog primjenom zaštitne mjere
 - X ekvivalent utrošenih resursa i ljudskog rada pri primjeni zaštitne mjere
 - A_i ekvivalent posljedica stresova za pojedince uzrokovanih primjenom zaštitne mjere
 - A_s ekvivalent socijalnih poremećaja uzrokovanih primjenom zaštitne mjere
 - B_c ekvivalent koristi od reosiguranja

Uz usvojene navedene oznake principom opravdanost zahtijeva se ispunjenje uvjeta $B > 0$, a principom optimizacijom uvjeta $dB / dIL = 0$, gdje IL označava tzv. intervencijsku razinu o kojoj se govori u slijedećem poglavlju.

INTERVENCIJSKE RAZINE

Je li potrebno primijeniti pojedinu zaštitnu mjeru ili ne moguće je odrediti usporedbom radijacijske doze koju je provođenjem mjere moguće spriječiti s relevantnom intervencijskom razinom. **Intervencijska razina** je, dakle, granična vrijednost spriječene doze iznad koje je opravdano primijeniti zaštitnu mjeru. Radijacijske doze koje je moguće spriječiti proračunavaju se na temelju procjenjenih doza koje će se primiti i efikasnosti zaštitne mjere. Iskustva prikupljena nakon nesreće u Černobilu ukazala su na potrebu definiranja međunarodno konzistentnih in-

tervencijskih razina koje bi imale generičku upotrebljivost, odnosno odnosile bi se na širok spektar akcidentalnih situacija. Upravo zbog toga velik broj značajnih međunarodnih institucija (npr. ICRP, IAEA, OECD/NEA, WHO/FAO) preporuča tzv. **generičke intervencijske razine**. Kao primjer su u Tablici 1 prikazane generičke intervencijske razine koje preporuča Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) iz Beča [4]. Vrijednosti su proračunate uvažavajući prethodno navedene osnovne principe kao i slijedeće dodatne pretpostavke:

- radijacijski rizici se tretiraju jednako kao i ostali tehnološki rizici
- uzeti su su obzir fizički rizici koji proizlaze iz primjene zaštitne mjere
- uzeti su u obzir štetni učinci za pojedince prouzročeni promjenom načina življenja, mogućnosti pristupa resursima i sl.
- "dobro" i "loše" sa psihološkog stanovišta nije vrednovano
- nisu razmatrani politički, kulturni i ostali socijalni čimbenici jer se smatralo da su unutar djelokruga donositelja odluka.

Tablica 1. Generičke intervencijske razine koje preporučuje IAEA

Zaštitna mjera	Intervencijska razina
Zaklanjanje	10 mSv
Evakuacija	50 mSv
Profilaksa jodom	100 mSv (štitnjača)
Privremeno preseljenje	30 mSv / mj
Povratak	10 mSv / mj
Trajno preseljenje	1 Sv / životni vijek

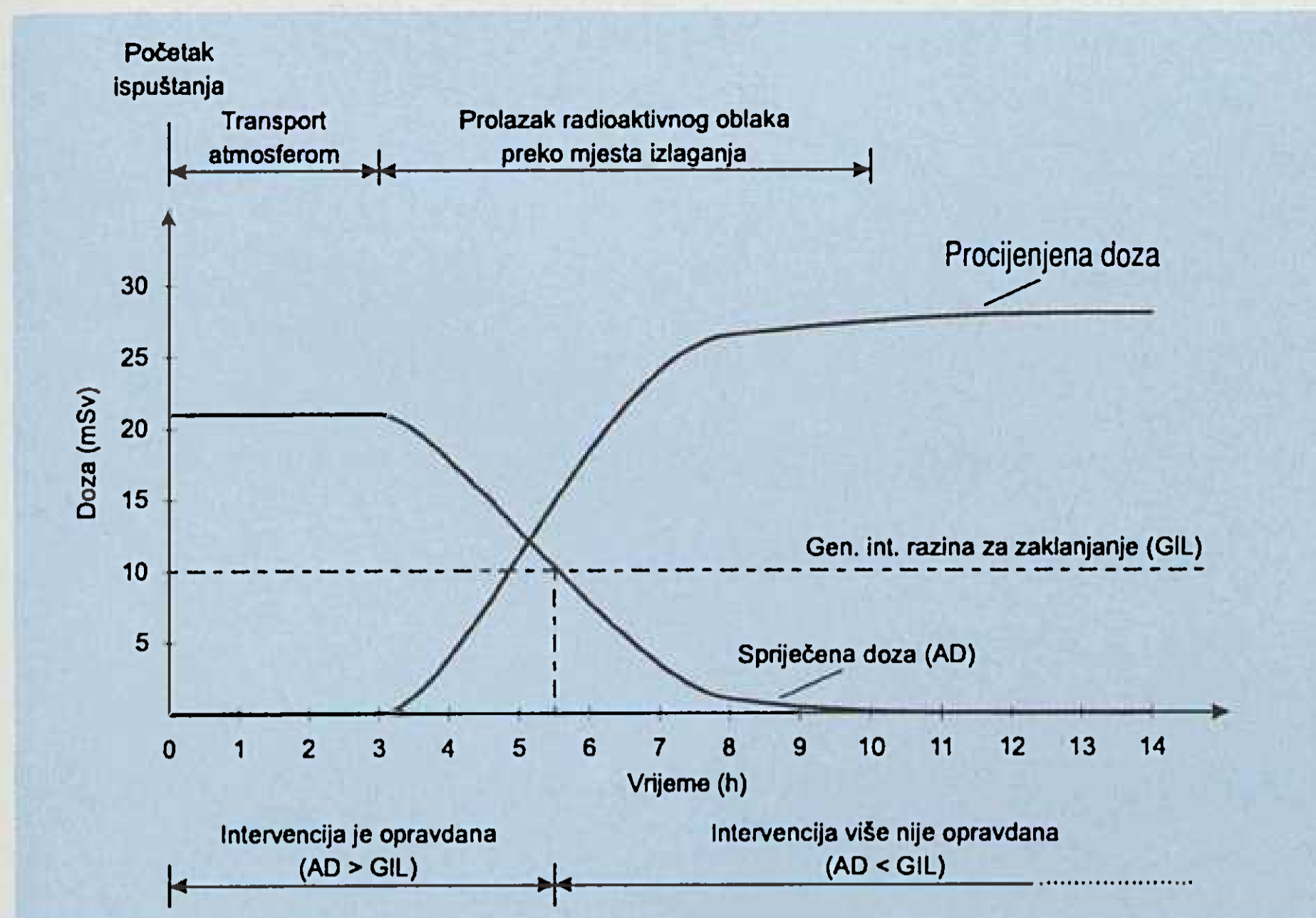
Generičke intervencijske razine (generic intervention levels - GILs) nisu namijenjene izravnoj uporabi u slučaju nesreće jer nisu ovisne o karakteristikama izvora (npr. o duljini trajanja ispuštanja), a izražene su u veličinama koje se ne može mjeriti. No, generičke razine se koriste kao temelj za definiranje tzv. operacijskih intervencijskih razina (operational intervention levels - OILs). Operacijske razine korespondiraju generičkim razinama ali su ovisne o karakteristikama izvora ispuštanja, a izražene su u veličinama koje se može izmjeriti mjernim instrumentima (npr. brzina doze) ili utvrditi laboratorijskim ispitivanjem.

PRIMJER PRIMJENE INTERVENCIJSKIH RAZINA

Način primjene intervencijskih razina pri donošenju odluka o provedbi zaštitnih mjera u slučaju nuklearne nesreće pokazat će se na primjeru zamišljene nesreće u NE Krško¹. U skladu s definiranim scenarijem dolazi do ispuštanja određene količine radionuklida iz zaštitne zgrade elektrane ("dry containment leakage") kao rezultat topljenja jezgre. Ispuštanje neprekidno traje 4 sata. Tijekom ispuštanja na području elektrane puše vjetar brzine 2 m/s, pretpostavljena je C klasa stabilnosti atmosfere (Pasquillova klasifikacija), visina miješanja u iznosu od 300 m i izostanak padalina.

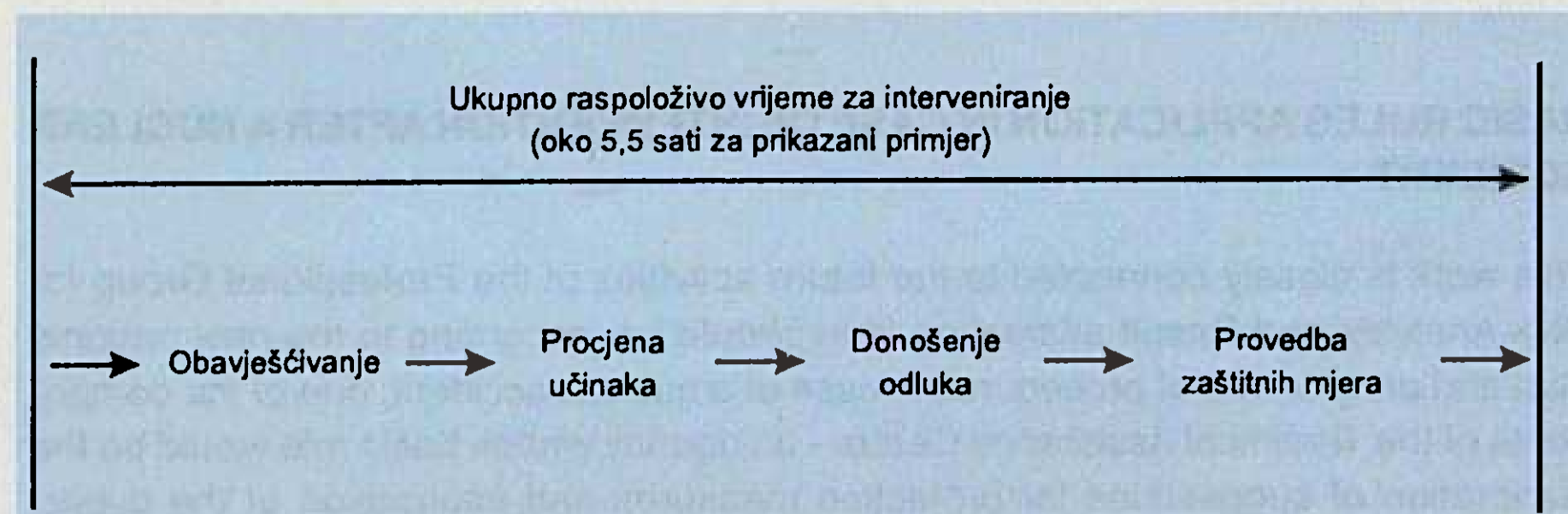
Na temelju osnovnih podataka o stanju elektrane i o mete-

¹ NE Krško udaljena je oko 10 km od državne granice i oko 35 km od grada Zagreba. Radi se o elektrani tipa PWR, snage 632 MWe.



Slika 1. Radijacijske doze na udaljenosti 25 km od nuklearne elektrane

orološkim uvjetima moguće je uporabom metoda za brzu procjenu posljedica procijeniti radiološke doze za stanovništvo nastanjeno na užem ili širem području oko elektrane. Slika 1 prikazuje procijenjene doze vezane za opisani scenarij u ovisnosti o vremenu proteklom od početka ispuštanja. Doze su proračunate uporabom računalnog programa ST-DOSE, sadržanog u programskom paketu InterRAS². Radi se o tzv. ranim dozama (early doses), i to zbroju doprinosa od izravnog zračenja radioaktivnog oblaka i radionuklida deponiranih na tlu, te od zračenja inhaliranih radionuklida. Odnose se na pojedinca koji se nalazi na udaljenosti od 25 km od nuklearne elektrane u smjeru širenja radioaktivnog oblaka (upravo je ovo udaljenost na kojoj se nalaze prva veća populacijska središta u Republici Hrvatskoj). Prikazana krivulja procijenjene doze može se podijeliti na tri dijela. Prvi se dio odnosi na vrijeme atmosferskog transporta radioaktivnog oblaka do mjesta izlaganja, i u tom je vremenskom periodu doza jednaka nuli. Drugi se dio odnosi na djelovanje radioaktivnog oblaka na mjestu izlaganja, i u tom periodu izložena osoba primi najveći dio rane radiološke doze. Treći se dio odnosi na vremenski period nakon prolaska radioaktivnog oblaka. Na slici je također prikazana vremenska ovisnost spriječene doze, odnosno doze koju je moguće izbjeći ako se zaštitna mjera, u ovom slučaju zaklanjanje, poduzme u određenom vremenskom trenutku (pretpostavljena je efikasnost za zaklanjanje u iznosu 0,75). U skladu s onim što je navedeno u prethodnim poglavljima, da bi provođenje zaklanjanja bilo opravdano spriječena doza mora biti veća od pripadajuće intervencijske razine. Sa slike se vidi da je ovaj uvjet ispunjen otprilike do 5,5 sati nakon početka ispuštanja. Kasnije provođenje zaklanjanja nije, dakle, opravdano jer bi štete od takve intervencije premašile koristi. Slika 2 daje pojednostavljen prikaz aktivnosti koje bi bilo nužno poduzeti unutar vremenskog perioda koji stoji na raspolaganju. U skladu s novim nacionalnim planom postupaka za slučaj nuklearne nesreće koji se nalazi u pripremi, prikupljanje informacija o nesreći, proračun poten-



Slika 2. Aktivnosti koje je potrebno poduzeti u raspoloživom vremenskom intervalu

cijalnih posljedica i izrada prijedloga za poduzimanje zaštitnih mjera nalaziti će se u djelokrugu Tehničkog potpornog centra, dok će evaluacija prijedloga, donošenje odluka o provedbi zaštitnih mjera, sama provedba i nadzor potpasti pod odgovornost Stožera civilne zaštite. No bez obzira na organizacijsku strukturu, jasno je kako je veliki broj aktivnosti potrebno realizirati u relativno kratkom vremenskom periodu.

ZAKLJUČAK

Jedan od glavnih nedostataka metoda za brzu procjenu posljedica nuklearne nesreće jest visoka neodređenost rezultata obično izraženih kao rane radijacijske doze. Uzrok tome je neodređenosti ulaznih podataka (npr. količine ispuštenih radionuklida, brzine ispuštanja i meteoroloških parametara), kao i uporaba jednostavnih matematičkih modela koji osiguravaju dovoljnu brzinu da bi procjena bila svrsishodna. Veoma je važno pri donošenju odluka o primjeni zaštitnih mjera obratiti pozornost na razinu neodređenosti procjene posljedica.

Ipak, neovisno o neodređenosti koja je kada se radi o brzim procjenama neizbježna, vremenski faktor je nesumnjivo najkritičniji parametar u čitavom procesu intervencije. Nastojanje da se utrošak vremena koje stoji na raspolaganju optimizira postavlja zahtjeve za visokom pouzdanosti komunikacijskih veza, računalske i druge opreme s jedne, i visokom formaliziranosti svih postupaka i uvježbanosti članova Tehničkog potpornog centra i Stožera civilne zaštite s druge strane. Pri tom je nužno da generičke i operacijske intervencijske razine za sva područja od interesa budu unaprijed definirane.

LITERATURA

- [1] Plan i program postupaka za slučaj nesreće u NE Krško i NE Pakš-Faza I. ENCONET Int., Zagreb, 1997.
- [2] TECDOC-698, Generic intervention levels for protecting the public in the event of a nuclear accident or radiological emergency. IAEA, Beč, 1993.
- [3] Protection of the population in the event of a nuclear accident - A Basis for Intervention. OECD/NEA, Pariz, 1990.
- [4] Safety Series No. 109, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency. IAEA, Beč, 1994.
- [5] TECDOC-955, Generic assessment procedures for determining protective actions during a reactor accident. IAEA, Beč, 1997.

² InterRAS (INTERNational Radiological Assessment System) je programski paket za osobno računalo. Sadrži računalne programe za proračun udaljenosti na kojima je potrebno primijeniti pojedine zaštitne mjere u slučaju nuklearne nesreće i to na temelju podataka o izvoru (ST-DOSE) ili na temelju rezultata radioloških mjerenja (FM-DOSE). Također sadrži program za analiziranje raspada radionuklida (DECAY). Verzija 1.1 programskog paketa InterRAS svojevrsno je poboljšanje programskog paketa pod nazivom RASCAL 2.1 razvijenog od strane Nuklearne regulatorne komisije SAD (U.S. NRC) 1994. godine [5].

ZNAČAJ 400 kV INTERKONEKTIVNOG VODA HEVIZ (MAĐARSKA) - ŽERJAVINEC (HRVATSKA)

Božidar Radmilović, Zagreb

UDK 621.311
STRUČNI ČLANAK

Temeljem novinskih vijesti o početku radova na izgradnji voda 2 x 400 kV (Heviz)-državna granica-Žerjavinec-Veleševac, daje se povijesni osvrt na događaje u svezi ovog međunarodnog interkonektivnog voda Mađarska-Hrvatska.

Analizira se značaj, uloga i važnost povezivanja elektroenergetskih sustava susjednih zemalja Mađarske i Hrvatske. Daje se osnovna definicija prijenosa električne energije, odnosi investicijskih ulaganja u pojedine dijelove EES-a, usvojene smjernice za dogradnju i izgradnju prijenosne mreže u nas, osnovni elektroenergetski pokazatelji za 1997. godinu kao i jedna od mogućih usporedbi prijenosne mreže i elektrana za zadovoljavanje potreba konzuma.

Na osnovi analize društvenog, gospodarskog i političkog stanja u Hrvatskoj susjednim zemljama - Srbija, Bosna i Hercegovina, Slovenija i Mađarska, te s obzirom na povezanost elektroenergetskih sustava u Europi u dva sustava UCPTÉ i CENTREL, zaključuje se da se 400 kV interkonekcija Mađarska-Hrvatska opravdano naziva **naš novi elektroenergetski koridor prema Europi**, a ujedno je značajni doprinos **energetskoj, a time i političkoj neovisnosti Hrvatske!**

Ključne riječi: međudržavna interkonekcija, 400 kV povezni vod, razvoj veleprijenosne mreže Hrvatske.

Početak travnja 1998. godine dnevni je tisak objavio vijest da su Hrvatska elektroprivreda Zagreb i turska tvrtka Mitas Ankara potpisali ugovor o isporuci 6000 t čeličnih konstrukcija za 340 stupova voda 2x400 kV državna granica - Žerjavinec-Veleševac.

U "Vjesniku HEP-a" za ožujak 1998. godine objavljen je jedan vrlo opsežan članak Željka Koščaka, dipl. ing. o tempu i opsegu dosadašnje izgradnje ovog voda, voda Heviz-Žerjavinec, ali samo u Mađarskoj.

U "Vjesniku HEP-a" za travanj 1998. godine objavljen je razgovor s g. Milanom Bobetkom, članom Uprave Hrvatske elektroprivrede za prijenos o ovom vodu, što se od njega očekuje i što je do sada učinjeno u nas.

Na koncu, dana 29. svibnja 1998. godine, a uoči Dana državnosti, na gradilištu TS 400/110-400/220 kV Žerjavinec (Sesvete/Zagreb), svečano su otvoreni radovi na izgradnji DV 2x400 kV (Heviz)-državna granica - Žerjavinec-Veleševac kao i same trafostanice Žerjavinec.

Dakle, ipak se kreće!

O ovom se vodu već mnogo toga zna, o njemu se govori i piše već više godina. Ipak ovom prigodom treba o tom projektu nešto više reći, prigodno ali i inženjerski, kako to dolikuje jednoj međudržavnoj vezi snage prijenosa od barem 2x500 MW (prirodna snaga prijenosa 400 kV vodova).

"Day After" proslave 101-godišnjice puštanja u pogon prvog elektroenergetskog sustava na području današnje Republike Hrvatske, na dan 29. kolovoza 1996. godine, u glavnom gradu Republike Mađarske, u Budimpešti potpisan je ugovor o izgradnji 400 kV interkonekcije između ove dvije zemlje. Riječ je o izgradnji 400 kV poveznog voda između Heviza u Mađarskoj i Žerjavince kod Zagreba kao i o odgovarajućoj izgradnji 400 kV rasklopišta na navedenim lokacijama.

Navedeni ugovor su u sjedištu mađarske nacionalne elek-

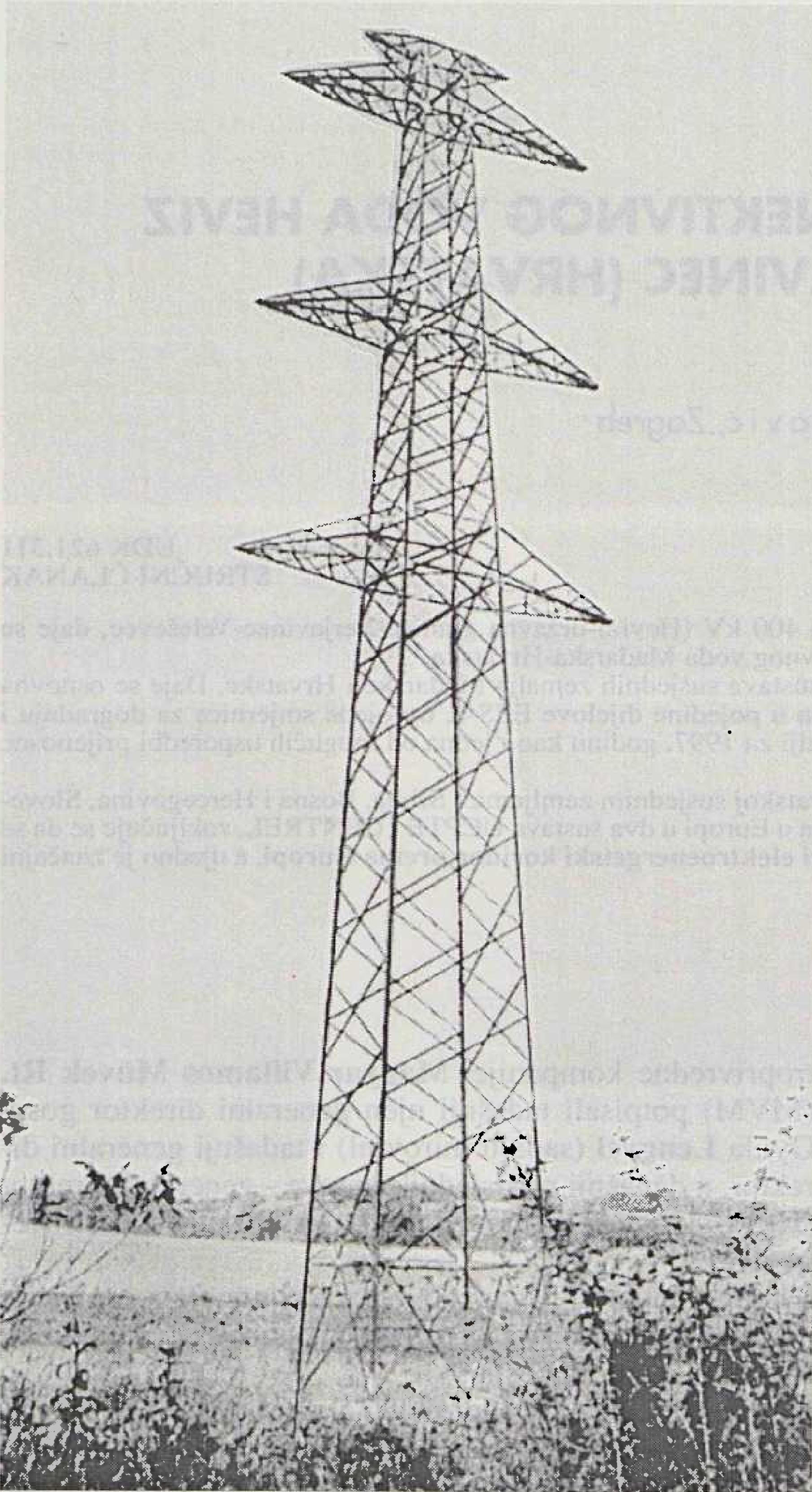
troprivredne kompanije, **Magyar Villamos Müvek Rt.** (MVM) potpisali tadašnji njen generalni direktor gosp. Gyula **Lengyel** (sada u mirovini) i tadašnji generalni direktor, a današnji predsjednik uprave - generalni direktor (**Hrvatske elektroprivrede d.d. (HEP)**) gosp. Damir **Begović**.

Samom činu potpisivanja ovog značajnog ugovora bio je nazočan i dr. Zdenko **Škrabalo**, veleposlanik Republike Hrvatske u Budimpešti.

Ideja o učinkovitoj povezanosti elektroenergetskih sustava Mađarske s jedne strane, te Hrvatske i Slovenije s druge strane, postoji već preko 10 godina. Već se 1988. godine intenzivno radi na pripremama za tranzitiranje 1500-2000 MW iz Ukrajine preko Mađarske, te Hrvatske i Slovenije, odnosno Austrije do sjeverne Italije. U tom je smislu na prostoru bivše Jugoslavije bio predložen, kao optimalno rješenje, dvostruki vod 400 kV (DV 2x400 kV) od Nagykanizse u Mađarskoj preko Zagreba (Žerjavinec), Krškog i Ljubljane (Beričevo) do Udina u Italiji.

Ideja, ali i nužnost o potrebi izgradnje TS 400/110 kV Žerjavinec (Zagreb - Istok) još je starija. Već nakon 5 godina pogona prve zagrebačke TS 400/110 kV Tumbri (jugozapadno područje grada u pogonu od 1978. godine, sada instalirane snage transformacije 3x300 MVA) uviđa se potreba izgradnje još jednog takvog objekta, ali na suprotnom dijelu grada (sjeveroistok). Tijekom proteklog vremena (15 godina) ta se je potreba stalno potvrđivala bez obzira na sve katastrofične promjene u našem elektroenergetskom sustavu od tada (slom jugoslavenskog EES-a, gubitak 650 MW elektrana izgrađenih za potrebe Hrvatske u BiH i Srbiji, rat i ratna razaranja naših instalacija, napose onih 220 i 400 kV veleprijenosne mreže).

Krajem 1992. godine sastaju se generalni direktori mađarske i hrvatske elektroprivrede u Pečuhu gdje se donosi odluka o potrebi pojačanja povezanosti dvaju susjednih elek-



Slika 1. Nosni stup 2 x 400 kV u Mađarskoj, slika od X. mjeseca 1997. (vidljiva su zavjesišta za dva dozemna užeta izvedbe OPGW)

troenergetskih sustava. Do tada je postojao samo jedan povezni vod 120 kV između Mađarske i Hrvatske, vod Söjtör - Nedeljanec (Varaždin), u pogonu od 1958. godine, snage prijenosa 40 MW!

Sredinom 1993. godine sastaju se u Pečuhu, po prvi put, mađarski i hrvatski timovi za pripremu izgradnje novih 120 i 400 kV interkonektivnih vodova. Dalje se aktivnosti odvijaju u dva smjera:

- izgradnja novih poveznih vodova između 120 kV mreže južne Mađarske (mreža distribucije DEDASZ Rt. Pečuh) i 110 kV mreže sjeverne Hrvatske (mreža prijenosa HEP)
- izgradnja 400 kV poveznih vodova u trokutu Mađarska - Slovenija - Hrvatska, što se poslije pretvorilo na isključivo povezivanje EES-a Mađarske i Hrvatske (kontakti MVM Budapest - HEP Zagreb, ELES Ljubljana se privremeno povukao).

Prvi je zadatak uspješno obavljen, iako samo djelomično. Početkom kolovoza 1995. godine pušten je u pogon DV 120 kV Siklos - Donji Miholjac, koji je privremeno (TS

110/35 kV D. Miholjac tek se gradi) spojen na DV 110 kV D. Miholjac - Valpovo. Maksimalna ugovorena snaga preuzimanja iz mađarskog sustava preko tog voda je 40 MW (ostvareno ove zime, otočno napajanje konzumnih područja B. Manastir, Valpovo i D. Miholjac), no tijekom nedavne havarije u mreži 220 (400) kV i 110 kV od interesa za napajanje Slavonije (siječanj 1998.), mađarski sustav je, preko toga voda, isporučivao i do 50-55 MW vršno!

Drugi povezni vod 120 kV na razmatranom području uz Dravu bio je DV 2 x 120 kV Szigetvar - Barcs - Virovitica. Zbog poteškoća na mađarskoj strani, pripremne aktivnosti za izgradnju ovog voda su (nadajmo se privremeno) obustavljene.

Studijsko-pripremne aktivnosti za izgradnju poveznih vodova 400 kV Mađarska - Slovenija - Hrvatska počele su krajem 1993. godine vrlo žustro, iako je poslije taj početni zanos nešto usporen.

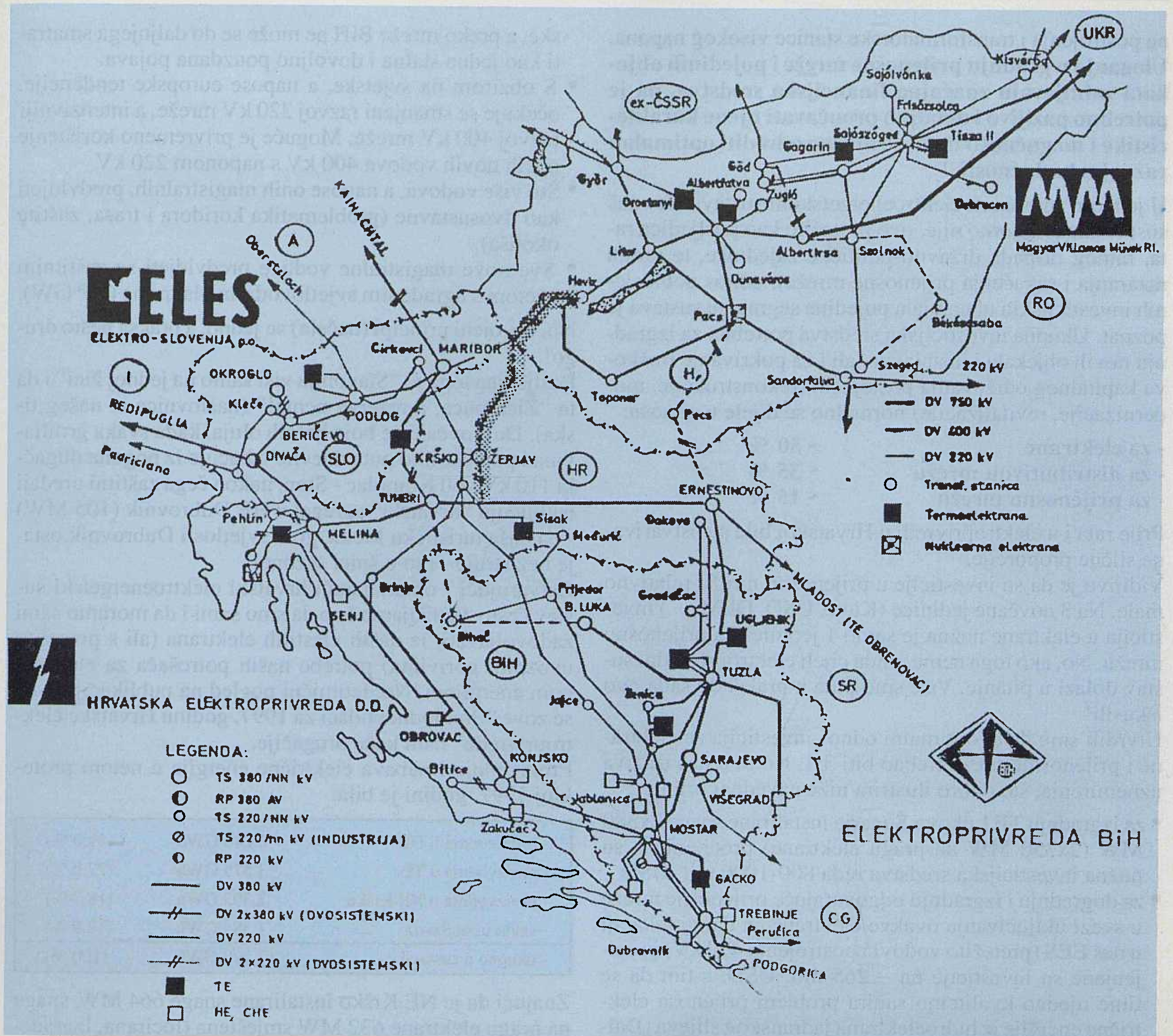
Izrada nužnih studija, istraživanja trasa vodova 400 kV, detaljno određivanje mjesta prijelaza voda preko državne granice (rijeka Mura), usklađivanje projekata obje dionice (riječ je samo o H - HR interkonekciji) DV 2 x 400 kV bile su aktivnosti koje su obavljane tijekom 1994. i u prvoj polovici 1995. godine. Tada smo bili i požurivani da se ove aktivnosti ubrzaju. No nakon zajedničke izrade prijedloga ugovora (listopad 1995. godine) stanje se mijenja - interes za izgradnju ovog voda opada. Ipak krajem ljeta/početkom jeseni 1996. ugovor o izgradnji voda se potpisuje.

Prema navedenom ugovoru rok za realizaciju i puštanje u pogon 400 kV dalekovoda Heviz - Žerjavinec je 1. 8. 1999. godine. Prema odrednicama ugovora, produljenje navedenog roka izgradnje do 3 mjeseca prihvatit će se bez plaćanja penala, dok će za eventualno daljnje kašnjenje, strana koja ne ispunjava odrednice ugovora, plaćati penale u iznosu 0,5% od 35 mil. USD za svaki tjedan kašnjenja. To konkretno znači da bi npr. HEP za svaki tjedan kašnjenja plaćao 175.000 USD, odnosno za kašnjenje od 20 tjedana visina penala bi iznosila 3,5 mil USD. Za štete nastale uslijed kašnjenja duljeg od 20 tjedana ili otkazivanja ugovora nadležan je sud u Bernu (Švicarska), koji će presuđivati na temelju švicarskih zakona.

Zbog slabijeg tempa u pripremnim aktivnostima Hrvatska bi elektroprivreda zaista mogla doći u situaciju da plaća penale, jer inženjerski gledano nije realno očekivati da bi ovaj vod na području Hrvatske (130 km, 340 stupova uz sve dodatne zahvate) bio izgrađen do kraja 1999. godine.

Ovo nije ni mjesto niti vrijeme da se analizira zašto je to tako. No, ovo je prigoda da se nešto kaže o značenju ovog interkonektivnog 400 kV voda Hrvatska-Mađarska, a u sklopu mreže za prijenos električne energije Hrvatske elektroprivrede i svekolikog hrvatskog elektroenergetskog sustava.

Elektroprivredni nacionalni sustav ima zadaću kvalitetnog napajanja svih potrošača električne energije koji su na njega priključeni, te time i o njemu ovisni. Osnovna kvaliteta jednog takvog vrlo kompleksnog sustava je stalnost u dobavi električne energije s raspoloživosti (pouzdanosti) reda 99,9% pa i više. Elektroprivredni sustav nije slučajni skup pojedinih elemenata (elektrane, visokonaponska postrojenja i vodovi, niskonaponske mreže) nego je, odnosno trebao bi biti, sofisticirano organizirani sustav građen, održavan i eksploatiran isključivo u prije definiranom smi-



Slika 2. Mreža za prijenos električne energije Mađarske, Slovenije, Hrvatske i BiH

slu. Iako je cijena električne energije relativno niska (u nas 6-7 USc/kWh, u ostalim europskim zemljama i do 15-20 USc/kWh) nacionalni gubici u slučaju neisporuke električne energije su vrlo visoki - u nas (Hrvatska) procijenjeni na 3,5-5 DEM/kWh (1,9-2,7 USD/kWh)!

Da bi navedeni skup bio smislen, nužna je prijenosna mreža - vodovi i postrojenja visokog i vrlo visokog napona (u nas 110, 220 i 400 kV). Moguće bi bilo zamisliti elektroprivredni sustav i bez elektrana na razmatranom području, no nikako bez prijenosne mreže! Ovo je drugo postojalo samo u vrijeme početne elektrifikacije i vrlo se brzo, kod iole većih snaga potrošača pokazalo besperspektivnim! Navodimo vrlo pogodnu definiciju sustava za prijenos električne energije-prijenosne mreže preuzete iz jedne studije Energetskog instituta "Hrvoje Požar" Zagreb (D. Bajs):

"Jedan od sastavnih dijelova svakog elektroenergetskog sustava, koji u mnogome određuje njegove značajke i kvalitetu, je **prijenosna mreža**. Zadatak prijenosne mreže je povezivanje proizvodnih postrojenja i velikih grupa potrošača koji se nalaze na međusobno većim ili manjim uda-

ljenostima, s ciljem da se električna energija proizvedena u bilo kojoj elektrani u sustavu prenese do svih čvorišta mreže preko više mogućih pravaca. **Prijenosna mreža stoga omogućava najekonomičniju i najpovoljniju kombinaciju proizvodnje elektrana u sustavu određenog trenutka, te opskrbu potrošača (direktnih, odnosno pojedinih čvorišta na nivou razdjelne mreže) sa dovoljnom sigurnošću, ovisno o njejoj izgrađenosti.**

Povezivanjem susjednih elektroenergetskih sustava interkonekcijskim prijenosnim vodovima postizu se dodatne prednosti koje čine sustav ekonomičnijim i sigurnijim. Kod međusobno povezanih EES-a ekonomičnije se iskorištavaju proizvodni kapaciteti u pojedinim dijelovima, smanjuju različitosti i osobnosti pojedinih sustava u odnosu na cjelinu što je posebno značajno kod velikog udjela hidroenergije u sustavu (poput našeg), te se smanjuje potreba za izgradnjom novih elektrana zbog veće tromosti povezanih sustava i smanjuju rotirajuće i hladne rezerve.

Osnovni objekti prijenosne mreže su dalekovodi, rasklop-

na postrojenja i transformatorske stanice visokog napona. **Ulaganja u gradnju prijenosne mreže i pojedinih objekata zahtijevaju značajna financijska sredstva, pa je potrebno pažljivo i detaljno proučavati njene karakteristike i mogućnosti da bi se mogao odrediti optimalan razvoj u budućnosti.**"

U jednom smirenom elektroenergetskom sustavu (što naš sustav danas sigurno nije, ovo pretežito kao posljedica rata, ratnog raspada državno-političke zajednice, te ratnih razaranja i sakaćenja prijenosne mreže), odnos uobičajenih investicijskih ulaganja u pojedine segmente sustava je poznat. Ukupna investicijska sredstva potrebna za izgradnju novih objekata i instalacija, ali i za pokrivanje troškova kapitalnog održavanja postojećih (rekonstrukcije, modernizacije, revitalizacije) normalno se dijele u odnosu:

- za elektrane ~ 50 %
- za distributivnu mrežu ~ 35 %
- za prijenosnu mrežu ~ 15 %

Prije rata i u elektroprivredi u Hrvatskoj bile su ostvarivane slične proporcije.

Vidljivo je da su investicije u prijenosnu mrežu relativno male. Na 3 novčane jedinice (Kune, USD, DEM . . .) investicija u elektrane nužna je samo 1 jedinica za prijenosnu mrežu. No, ako toga nema, onda cijeli elektroprivredni sustav dolazi u pitanje. Više smo puta u praksi do sada ovo iskusili!

Utvrđili smo da bi optimalni odnos investicija za elektrane i prijenosnu mrežu trebao biti 3:1. No to u nas izaziva uznemirenja, što dobro ilustrira niže navedeni primjer:

- za izgradnju TE Lukovo Šugarje instalirane snage 2x380 MW (2x350 MW na pragu elektrane) procijenjena su nužna investicijska sredstva reda 800-1000 mil. USD
- za dogradnju i izgradnju odgovarajuće prijenosne mreže u svezi uključivanja ovakve elektrane na danoj lokaciji u naš EES (pretežito vodovi i postrojenja 400 kV) procijenjene su investicije na ~ 265 mil. USD, s tim da se time ujedno kvalitetno sanira problem prijenosa električne energije iz hidroelektrana jadranskog slijeva (Dalmacija, Hercegovina) prema zapadu i sjeveru zemlje i to za cijeli niz godina unaprijed.
- ovdje (gledano lokalno) polučten je odnos investicija u elektranu i širu (ne samo pripadajuću) mrežu od $800 - 1000 / 265 = (3-3,8) : 1$
- ovaj je prijedlog i iznos izazvao veliko uzbuđenje kod graditelja naših velikih elektrana - vrlo skupa mreža koja ruši elektranu!

Za daljnji razvoj naše prijenosne, te napose veleprijenosne 220 i 400 kV mreže, njenu poslijeratnu obnovu i rekonfiguraciju s obzirom na izgled Republike Hrvatske postavljani su i službeno prihvaćeni osnovni principi. To su:

- Prijenosna mreža Hrvatske treba se oblikovati kao neovisna i samodovoljna mreža, koja zadovoljava sa svim funkcijama i pri raspoloživosti od (N - 1) kritičnih elemenata u najzahtjevnijim okolnostima njenog pogona.
- Tako oblikovana prijenosna mreža može se i treba povezati sa susjednim mrežama (SRJ, BiH, Mađarske, Slovenije, Italije) ako je to u zajedničkom interesu, omogućavajući tako razmjene električne energije kao i tranzite električne energije preko hrvatske mreže, s tim da to ne smije ugroziti ili pogoršati pogon naše mreže.
- Tranzit električne energije između juga i sjevera Hrvat-

ske, a preko mreže BiH ne može se do daljnega smatrati kao jedna stalna i dovoljno pouzdana pojava.

- S obzirom na svjetske, a napose europske tendencije, očekuje se smanjeni razvoj 220 kV mreže, a intenzivniji razvoj 400 kV mreže. Moguće je privremeno korištenje nekih novih vodova 400 kV s naponom 220 kV.
- Što više vodova, a napose onih magistralnih, predvidjeti kao dvosustavne (problematika koridora i trasa, zaštita okoliša).
- Sve nove magistralne vodove predvidjeti sa zaštitnim užetom s ugrađenim svjetlovodnim vlaknima (OP GW).

No, usvojeni principi (načela) su jedno, a praksa nešto drugo!

Posljedica toga je "Slavonija visi samo na jednoj žici" i da ta "Žica puca, a rezerve nema!" (naslovnice iz našeg tiska). Dubrovčani se boje ljetnih oluja, kada svaka grmljavina i po nekoliko puta dnevno izbacuje iz pogona dugački 110 kV vod Komolac - Ston, nakon čega zaštitni uređaji isključuju "hrvatski" agregat u HE Dubrovnik (105 MW) - pa naša turistička Meka, grad svjetlosti Dubrovnik ostaje bez struje - i to u špici sezone!

Ostvarujući i obnavljajući hrvatski elektroenergetski sustav često zamišljamo kao da smo sami i da moramo sami zadovoljavati, iz naših vlastitih elektrana (ali s pretežito uvoznim gorivima) potrebe naših potrošača za električnom energijom. No, letimični pogled na publikaciju koja se zove "Prethodni podaci za 1997. godinu Hrvatske elektroprivrede" nam kaže drugačije.

Proizvodnja i nabava električne energije u netom protekloj 1997. godini je bila:

- proizvodnja u HE	5.246 GWh	(41,0 %)
- proizvodnja u TE	3.575 GWh	(27,9 %)
- proizvodnja u NE Krško	2.393 GWh	(18,7 %)
- saldo uvoz/izvoz	1.585 GWh	(12,9 %)
- ukupno u sustavu	12.799 GWh	(100 %)

Znajući da je NE Krško instalirane snage 664 MW, snage na pragu elektrane 632 MW smještena (locirana, izgrađena) izvan granica naše zemlje, a u susjednoj nam Republici Sloveniji, te da je Hrvatska samo suvlasnik te elektrane u iznosu od 50 % ali ne i posjednik iste ("Posjedovanje je 9/10 prava na nešto" znani je slogan W. S. Churchill-a), onda je naš svekoliko uvoz električne energije u 1997. godini (energija proizvedena za potrebe Hrvatske u elektranama izvan Hrvatske) bio 3.978 GWh ili više od 31 % potrebne energije za sustav HEP!

To nije tako strašno: 1989. i 1990. godine takav "uvoz" električne energije je pokrivaio i više od 50 % tadašnjih potreba u našem sustavu (7.000-8.000 GWh).

Iznos od 1.585 GWh predstavlja saldo uvoz-izvoz električne energije u 1997. godini. Nešto smo i izvezili kada je bio visok dotok voda za naše hidroelektrane (~ 635 GWh), no mnogo smo uvozili, u sušnom periodu sve do prvih jesenjih kiša (**listopad/studeni**), **ali i poslije**.

Interesantna je u tome smislu jedna vijest HINE objavljena u zagrebačkom "Vjesniku", a sa sastanka Strukovne grupacije energetike Županijske komore u Splitu od 19. 3. og.:

"Po riječima glavnog dispečera HEP-a za južnu Hrvatsku, Marka Lovrića, Hrvatska je prošle godine iz susjednih zemalja uvezla dvije milijarde i 220 milijuna kWh struje, za koju je platila oko 400 milijuna kuna.

Uvezena struja je znatno jeftinija od domaće, rekao je Lovrić” . . .

Ako je to točno, tada je cijena (prosječna) ovako uvezene električne energije bila:

400 : 2220 = 0,18 Kn/kWh, odnosno 18 lipa/kWh, odnosno 0,027 USD/kWh, odnosno 2,7 USc/kWh! (tečaj 1 USD = 6,5 Kn).

Usporedbe radi, naša je prodajna cijena u 1997. godini bila:

- za kućanstva (niski napon) 6,1 USc/kWh
- za industriju (pretežito visoki napon) 7,3 USc/kWh!

Prema nekim usmenim informacijama od djelatnika Nacionalnog dispečerskog centra, cijena električne energije iz naših, u to vrijeme raspoloživih termo izvora, iznosila bi barem 4 USc/kWh. Uvozom navedenih 2220 mil. kWh kojima smo zamijenili energiju iz skupljih domaćih termoelektrana (u doba niskih dotoka sve hidroelektrane rade sa snagom koliko im to dopuštaju dotoci voda) smanjili smo troškove poslovanja HEP za ~1,3 USc/kWh, odnosno za ~ 29 milijuna USD (i to samo u toj 1997. godini)! Možemo se zapitati: zašto nismo dakle uvozili više električne energije?

Mogući odgovori su:

- u razdobljima s povoljnom hidrologijom radile su hidroelektrane, te samo neke termoelektrane (i to ne punom snagom) zbog potrebe sustava i tada smo i izvezili viškove energije;
- u nekim razdobljima na nama dohvatljivom spot tržištu električne energije nije bilo raspoložive energije, ili je cijena iste bila za nas neprihvatljivo visoka;
- Slovenija zbog svojih potreba ili nekih drugih razloga ograničavala je tranzit energije iz zapadne i središnje Europe do nas;
- **nemamo dovoljno snažnu izravnu interkonekciju na naponu 220 i/ili 400 kV prema Europi, napose istočnoj.**

Odgovarajuća vrijednost navedenog smanjenja troškova dobave električne energije za sustav HEP u prošloj godini, u DEM iznosila bi (konvertirajući to preko kune) 6,5/3,5x29 = 53,8 mil. DEM.

Predviđena investicijska sredstva nužna za izgradnju 130 km dvosustavnog voda 400 kV (državna granica - Žerjavinec - Veleševac) su reda 80 mil. DEM što odgovara navedenom smanjenju troškova poslovanja HEP-a za ~ 1,5 godina. Procijenjeni iznos potreban za TS 400/220 - 400/110 kV Žerjavinec, I. - etapa izgradnje je reda 60 mil. DEM! Sagledana vrijednost investicija za tzv. "mađarsku vezu" u nas je:

- | | |
|---------------------------------|----------------|
| - vod 400 kV | ~ 80 mil. DEM |
| - TS Žerjavinec, I. etapa | ~ 60 mil. DEM |
| - tzv. prateći objekti (110 kV) | ~ 18 mil. DEM |
| odnosno, ukupno: | ~ 160 mil. DEM |

što daje specifične investicije za prijenos od

2 x 500 MW	...	160.000 DEM/MW
2 x 300 MW	...	267.000 DEM/MW
2 x 100 MW	...	800.000 DEM/MW

franko 110 kV mreža na području Zagreba.

Usporedimo to s troškovima izgradnje jedne velike termoelektrane, npr. TE Lukovo Šugarje instalirane snage 2 x 380 MW. Uz pretpostavljenih specifičnih investicija ~

1,200.000 USD/MW cijena elektrane bi bila ~ 912,000.000 USD, odnosno s pripadajućom 400 kV mrežom još viša za ~ 265,000.000 USD (29 %), što daje specifičnu investiciju za cijeli zahvat u svezi elektrane ~ 1,550.000 USD/MW ili pak 2,880.000 DEM/MW!

Iako namjene i funkcije, pa time i cijene voda i elektrane ne smiju se izravno uspoređivati ("jabuke i šljive"), ipak je znakovito da su specifične investicije u ovu elektranu za 3,6 do 18 puta veće od onih za prijenos (USD, DEM ili Kn/MW)!

To nikako ne znači da smo protiv izgradnje novih elektrana svih tipova, s pogonom na sva moguća goriva, a na području Republike Hrvatske! Naprotiv, to je imperativ s gledišta nacionalnog gospodarstva i sigurnosti u napajanje električnom energijom! No ovim izračunom, koji možda i nije najegzaktniji, želimo naglasiti da se jednom pametnom politikom izgradnje prijenosne mreže, unutar zemlje, ali i prema inozemstvu, mogu ostvariti značajne uštede u poslovanju HEP-a, a uz korektno i pouzdano napajanje svih naših potrošača.

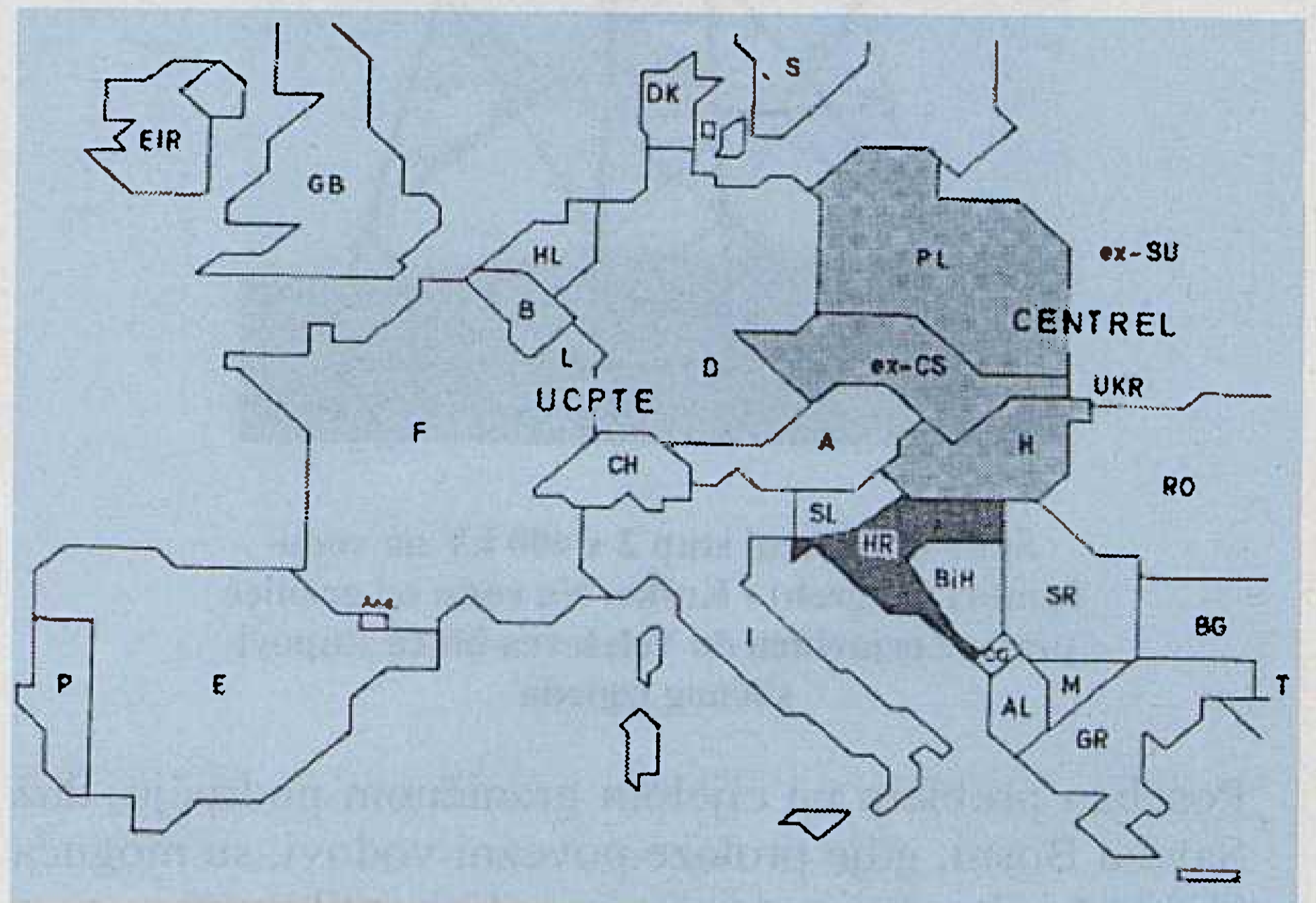
Nužno je, a kada se govori o prijenosnoj mreži, analizirati i društveno, gospodarsko, te političko-vojno stanje u zemljama iz našeg okruženja, a s kojima smo povezani visokonaponskim vodovima. Planeri razvoja elektro sustava, te napose prijenosne mreže u drugim (posebice zapadnim) europskim zemljama ne znaju što je to. Mi to moramo sami raditi, bez mogućnosti da se obratimo za elaboriranje ili pomoć nekoj stručnoj ili znanstvenoj instituciji u zemlji ili inozemstvu, ili da pitamo druge.

Uvijek je vrlo nezahvalno biti prorok u vlastitoj zemlji, u zemlji koja je tek nedavno, i to u ratu, stvorena, čiji je okoliš (ali i ona sama) još u vrlo uzburkanom stanju. To je napose teško ako se sagledava veleprijenosna mreža napona 220 i pretežito 400 kV, dakle instalacija koja će, kada bude izgrađena, trebati biti u korektnom pogonskom stanju idućih 40, 50 pa i 60 godina (razumljivo uz odgovarajuće održavanje).

S obzirom na vrlo specifični zemljovidni oblik naše domovine, Hrvatska će, a napose njena elektroprivreda, biti stalno pod snažnim utjecajem prilika (bolje neprilika) i prestrojavanja u zemljama s kojima graničimo.

Pogledajmo i procijenimo to malo detaljnije:

- **SRJ zapravo Srbija:** teško političko-gospodarsko unutrašnje stanje što sigurno ima posljedice i na elektroenergetske prilike u zemlji, ali i prema vani. Za Hrvatsku

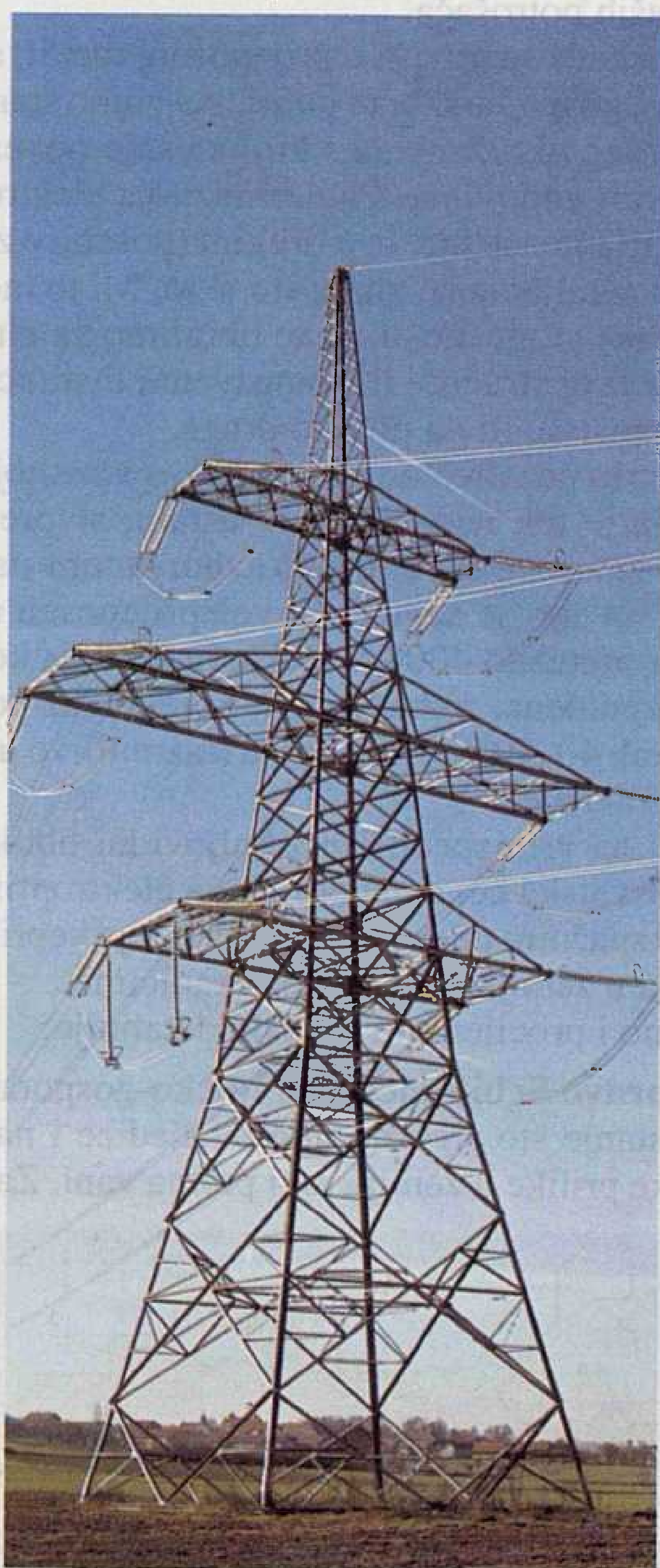


Slika 3. Elektro karta dijela Europe (UCPTE i CENTREL)

je od interesa razrješenje odnosa u svezi naših investicija u TE Obrenovac te ponovnog pogona 400 kV voda Mladost (Obrenovac)-Ernestinovo.

- **Bosna i Hercegovina:** zemlja sa velikim posljedicama rata, kako materijalnim tako i ljudskim, danas praktički pod starateljstvom zapadnih sila.

Za elektroprivredu u Hrvatskoj značajan partner zbog mnogih veza prijenosnim vodovima 110, 220, 400 kV, tranzita energije iz južne u sjevernu Hrvatsku preko sustava elektroprivrede BiH (1 vod 400 kV, 4 voda 220 kV), hrvatske investicije u elektrane u BiH snage 350 MW, zajedničke eksploatacije voda rijeke Trebišnjice (Bilećko jezero, HE Grančarevo s 3 x 54 MW, HE Dubrovnik s 2 x 108 MW). Vrlo smo zainteresirani u svezi napajanja Slavonije (TS Đakovo, transformacija 300 MVA, dva voda 220 kV iz Tuzle, TS Ernestinovo transformacija 600 MVA prije rata, vod 400 kV iz pravca Tuzla-Ugljevik).



Slika 4. Zatezni stup 2 x 400 kV na vodu Tumbri (Zagreb) - Krško. Na vodu od granice preko Žerjavince do Veleševca bit će stupovi sličnog izgleda

Poseban problem na cijelom graničnom području, duž Save u Bosni, gdje prolaze povezni vodovi, su moguća krizna žarišta, što smanjuje pouzdanost tih veza.

S elektroprivrednog motrišta vrlo rizični partner, napo-

se sa sadašnjeg aspekta! Treba obvezno primijeniti polazne principe za optimalno oblikovanje prijenosne mreže u Hrvatskoj, koji su navedeni u početnom dijelu ovih razmatranja, **te nikada ne dopustiti isključivo napajanje TS 220/110 kV Đakovo i/ili TS 400/110 kV Ernestinovo iz BiH!**

- **Slovenija:** naoko mirni, no "osebujni" zapadni susjed, koji kontrolira sve izravne veze Hrvatske sa središnjom i zapadnom Europom (ceste, željeznica, elektroveze). Elektroprivredne veze Hrvatska - Slovenija su zajednička NE Krško 664 MW, 3 povezna voda 400 kV, 2 povezna voda 220 kV i 3 povezna voda 110 kV (sve je u pogonu). Prijenosna mreža Slovenije (ELES) povezana je s odgovarajućim mrežama susjedne Austrije i Italije pomoću 3 voda 400 kV i 2 voda na naponu 220 kV. Za potrebe Hrvatske načelno je dogovoren mogući tranzit preko opisane slovenske mreže do 300 MW, no jasno je da Slovenija ima prioritet. Nedavno je storniran tranzit iz zapadne Europe za Hrvatsku, jer je TE Šoštanj morala biti isključena zbog kvara, pa je Slovenija uvozila tih 300 MW!

Zbog ovakve pozicije moguće su manje ili veće ucjene od strane Slovenije u elektro smislu.

- **Mađarska:** zemlja na sjeveru Hrvatske, veća od nas dva puta, elektroprivredno tri puta, dužina zajedničke granice ~ 400 km. Povijesne (izravne) veze Hrvatska - Mađarska od 1102. do 1918. godine, tj. preko 800 godina. Opće današnje društveno, političko i gospodarstveno stanje u Mađarskoj smatra se stabilnim.

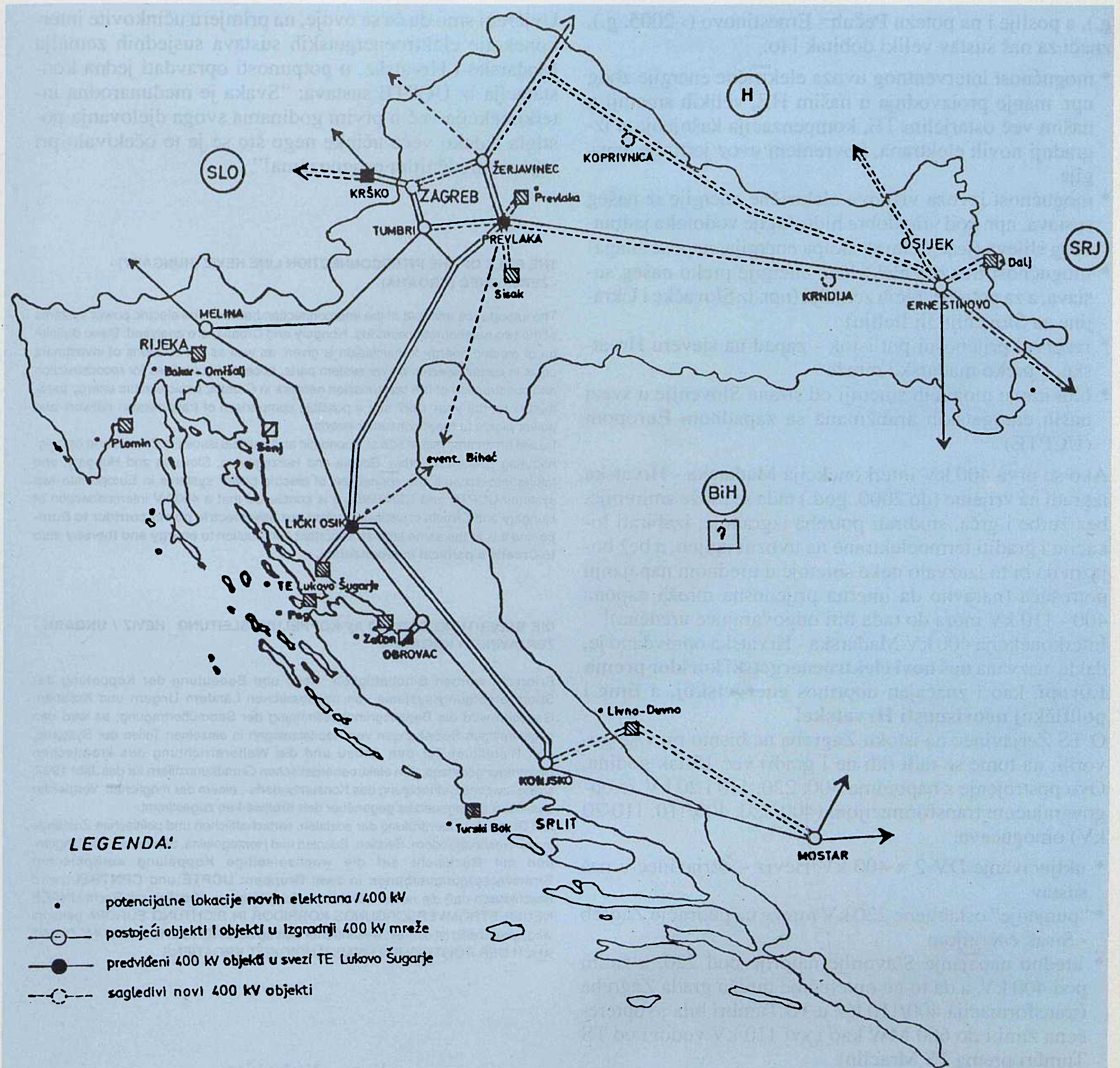
S mađarskim sustavom imamo vezu samo preko dva voda 120 kV i to na potezu Söjtör - Nedeljanec (Varaždin) od 1958. godine, te na potezu Siklos - (D. Miholjac) - Valpovo od 1995. godine. Sada zajednički gradimo DV 2 x 400 kV Heviz - Žerjavinec (gotovost 1999-2000. god.), pripremamo se za studiranje i izgradnju DV 2 x 400 kV Pečuh - Ernestinovo (Osijek) negdje poslije 2005. godine!

Mađarska je članica elektrosustava istočne Europe CENTREL kojeg sačinjavaju još i Slovačka, Češka i Poljska. Za sve ove zemlje karakteristično je da imaju izgrađeni veliki proizvodni park (pretežito TE i NE), da je zbog prestrukturiranja industrije pad potrošnje (u Mađarskoj za ~ 30 %), te da danas imaju značajnih viškova električne energije (možda baš ne u svakom trenutku, ali ipak imaju)!

Temeljem jednog prikaza u "Vjesniku HEP" od 2. 1998. (J. Moser), dajemo pregled instaliranih snaga elektrana CENTREL sustava (u MW):

Zemlja	TE	NE	HE	Ukupno (MW)
Mađarska	5.048	1.730	46	6.824
Slovačka	2.996	1.760	2.375	7.131
Češka	7.367	1.760	1.872	10.999
Poljska	28.951	0	2.046	30.997
CENTREL	44.362	5.250	6.339	55.951

Usporedbe radi Hrvatska ima ukupno 4.397 MW instaliranih snaga u elektranama (~ 7,9 % instalirane snage elektrana CENTREL-a), s tim da danas raspolaže samo s 3.747 MW u svojim elektranama, dok je 650 MW u elektranama u BiH i Srbiji, što se ne može koristiti u ovom trenutku.



Slika 5. Saglediva veleprijenosna mreža 400 kV Hrvatske, stanje 2040. godine (studija o uklapanju TE Lukovo Šugarje u naš EES)

No, od interesa je činjenica da Hrvatska ima u hidroelektranama instaliranih 2.076 MW i to u elektranama pretežito smještenim na vodotocima jadranskog slijeva (visoke vode jesen/početak zime), što je vrlo pogodno s obzirom na zahtjeve konzuma kontinentalnih zemalja. Tome treba dodati još i 1300 MW u elektranama, na rijekama Rama, Neretva i Trebišnjica (BiH) istih hidroloških kvaliteta.

Mađarska je snažno povezana vodovima 220, 400 pa i 750 kV s većinom okolnih zemalja: Austrija, Slovačka (veze na sustav CENTREL), Ukrajina, Rumunjska, Srbija (SRJ) - ali još ne s Hrvatskom i Slovenijom.

Veze sa Ukrajinom (prije Sovjetski Savez) sa DV 2 x 220 kV, DV 400 kV i DV 750 kV su relikvije iz prošlosti, kada se je glavni dio mađarskog debalansa rješavao uvozom iz Ukrajine. Sadašnje opće stanje u Ukrajini (ko-

ja nije članica CENTREL-a) je vrlo loše, kao i u drugim zemljama nastalim raspadom Sovjetskog Saveza (društveno, političko, gospodarstveno i energetska), no treba se nadati da će i tamo doći do saniranja. Tada će Ukrajina opet biti interesantna kao zemlja - izvoznik električne energije.

Zemlje CENTREL-a nisu izolirane od ujedinjene mreže - sustava zapadne Europe - UCPTE. Pored izravne veze Mađarske i Austrije (2 x 220 kV, 1 x 400 kV) postoje i dva voda 400 kV između Češke i Austrije, te brojni vodovi između Poljske i (bivše) istočne Njemačke, čija se povezanost s (također bivšom) zapadnom Njemačkom stalno pojačava (vodovi 400 kV)!

Vidljivo je da izgradnja DV 2 x 400 kV, prijenosne moći 2 x 500 MW (idealni pogon) do 2 x 1000 MW (maksimalne mogućnosti) najprije na potezu Heviz - Žerjavinec (~ 2000.

g.), a poslije i na potezu Pečuh - Ernestinovo (> 2005. g.), znači za naš sustav veliki dobitak i to:

- mogućnost interventnog uvoza električne energije zbog npr. manje proizvodnje u našim HE, velikih smetnji u našim već ostarjelim TE, kompenzacija kašnjenja u izgradnji novih elektrana, povremeni uvoz jeftinije energije
- mogućnost izvoza viškova električne energije iz našeg sustava, npr. kod vrlo dobre hidrologije vodotoka jadranskog slijeva (jesen/zima), skupa energija, napose snaga!
- mogućnost tranzita električne energije preko našeg sustava, a za potrebe trećih zemalja (npr. iz Slovačke i Ukrajine za Sloveniju ili Italiju)
- rezervni prijenosni put istok - zapad na sjeveru Hrvatske, a preko mađarske mreže
- blokiranje mogućih smetnji od strane Slovenije u svezi naših energetske aranžmana sa zapadnom Europom (UCPTE)

Ako se prva 400 kV interkonekcija Mađarska - Hrvatska izgradi na vrijeme (do 2000. god.) tada se može smirenije, bez žurbe i grča, studirati potreba izgradnje, izabirati lokaciju i graditi termoelektrane na uvozni ugljen, a bez bojazni da bi to izazvalo neke smetnje u urednom napajanju potrošača (naravno da interna prijenosna mreža napona 400 - 110 kV mora do tada biti odgovarajuće uređena)! Interkonekcija 400 kV Mađarska - Hrvatska opravdano je, dakle, nazvana **naš novi elektroenergetski koridor prema Europi**, kao i značajan doprinos **energetskoj, a time i političkoj neovisnosti Hrvatske!**

O TS Žerjavinec na istoku Zagreba ne bismo previše govorili, na tome se radi (ali ne i gradi) već 15-tak godina. Ovo postrojenje s naponima 400, 220, 110 i 20 kV, te odgovarajućom transformacijom (400/220, 400/110, 110/20 kV) omogućava:

- uključivanje DV 2 x 400 kV Heviz - Žerjavinec u naš sustav
- "punjenje" oslabljene 220 kV mreže na području Zagreb - Sisak energijom
- uredno napajanje Slavonije najprije pod 220, a zatim pod 400 kV, a da to ne opterećuje mrežu grada Zagreba (transformacija 400/110 kV u TS Tumbri bila je opterećena zimi i do 600 MW kao i svi 110 kV vodovi od TS Tumbri prema TS Mraclin)
- podupora za 110 kV mrežu na istoku Zagreba (gradska i prigradska mreža)
- logički priključak nove KTE Jertovec 180 - 200 MW na 110 kV mrežu
- kvalitetno napajanje gradske i prigradske distributivne (20 kV) mreže na istoku grada.

Sigurno je da će se već u prvim godinama XXI. stoljeća ovi navodi pokazati kroz praksu ispravnima.

Uvjereni smo da će se ovdje, na primjeru učinkovite interkonekcije elektroenergetskih sustava susjednih zemalja Mađarske i Hrvatske, u potpunosti opravdati jedna konstatacija iz UCPTE sustava: "Svaka je međunarodna interkonekcija već u prvim godinama svoga djelovanja postigla daleko veće učinke nego što se je to očekivalo pri najoptimističnijim prognozama!"

THE ROLE OF THE INTERCONNECTION LINE HEVIZ (HUNGARY) - ŽERJAVINEC (CROATIA)

The importance and role of the interconnection between the electric power systems of the two neighbouring countries, Hungary and Croatia, are analysed. Basic definition of electric energy transmission is given, as well as the relations of investment costs in certain electric power system parts, accepted guidelines for reconstruction and construction of the transmission network in Croatia, basic electric energy parameters for the year 1997 and a possible comparison of transmission network and power plants to meet consumer needs.

Based on an analysis of social, economic and political issues in Croatia and its neighbouring countries Serbia, Bosnia and Herzegovina, Slovenia and Hungary, and taking into account the connection of electric power systems in Europe into two systems UCPTE and CENTREL, it is concluded that a 400 kV interconnection of Hungary and Croatia is justifiably called **our new electric power corridor to Europe** and it is at the same time an important contribution to **energy and thereby also to Croatia's political independence.**

DIE BEDEUTUNG DER 400 KV-KOPPELUNGSLEITUNG HEVIZ / UNGARN - ŽERJAVINEC / KROATIEN

Erforscht werden Sinnhaftigkeit, Rolle und Bedeutung der Koppelung der Stromversorgungssysteme von nachbarlichen Ländern Ungarn und Kroatien. Gegeben wird die Begriffsgrundbestimmung der Stromübertragung; es wird den gegenseitigen Beziehungen von Kapitalanlagen in einzelnen Teilen der Systeme, den Richtlinien für den Anbau und die Weitererrichtung des kroatischen Übertragungsnetzes, den elektroenergetischen Grundkennziffern für das Jahr 1997, sowie -zwecks Befriedigung des Konsumbedarfs-, einem der möglichen Vergleiche des Übertragungsnetzes gegenüber den Kraftwerken zugestimmt.

Auf Grund der Überprüfung der sozialen, wirtschaftlichen und politischen Zustände in den Nachbarländern: Serbien, Bosnien und Herzegowina, Slowenien und Ungarn, und mit Rücksicht auf die wechselseitige Koppelung europäischer Stromversorgungsverbände in zwei Gruppen: UCPTE und CENTREL, wird beschlossen daß die neue 400kV-Koppelung Ungarn - Kroatien mit Recht **UNSER NEUER STROMVERSORGUNGS KORRIDOR IN RICHTUNG EUROPA** genannt wird; gleichzeitig ist dies ein wesentlicher Beitrag der **ENERGETISCHEN UND DAMIT AUCH DER POLITISCHEN UNABHÄNGIGKEIT KROATIENS.**

Naslov pisca:

Božidar Radmilović, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Sektor za razvoj
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-06-05.

RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE ISTOČNOG DIJELA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Davor Bajs, Zagreb

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Razmatra se problem napajanja električnom energijom područja Slavonije i Baranje. Na osnovi provedenih analiza predlažu se osnovne mjere za postizanje kvalitetnije veze s ostatkom elektroenergetskog sustava. Izgradnja novih vodova se ekonomski ocjenjuje na osnovi očekivanih godišnjih troškova neisporučene el. energije.

Ključne riječi: napajanje el. energijom Slavonije i Baranje, kvalitetnija veza s ostatkom EES, troškovi neisporučene el. energije

1. UVOD

Područje Slavonije i Baranje danas je najnesigurnije napajani dio elektroenergetskog sustava R. Hrvatske. Glavni razlog tomu zasigurno je višegodišnja okupacija dijela teritorija i uništenje ključnih objekata prijenosne mreže, uz dodatno nepovoljne prilike u susjednim republikama bivše Jugoslavije (Bosna i Hercegovina) koje su dovele do prekida interkonektivnih veza nužnih za normalan pogon sustava razvijanog u bivšoj državi, sve dok se ne postigne njegova potpuna autonomnost.

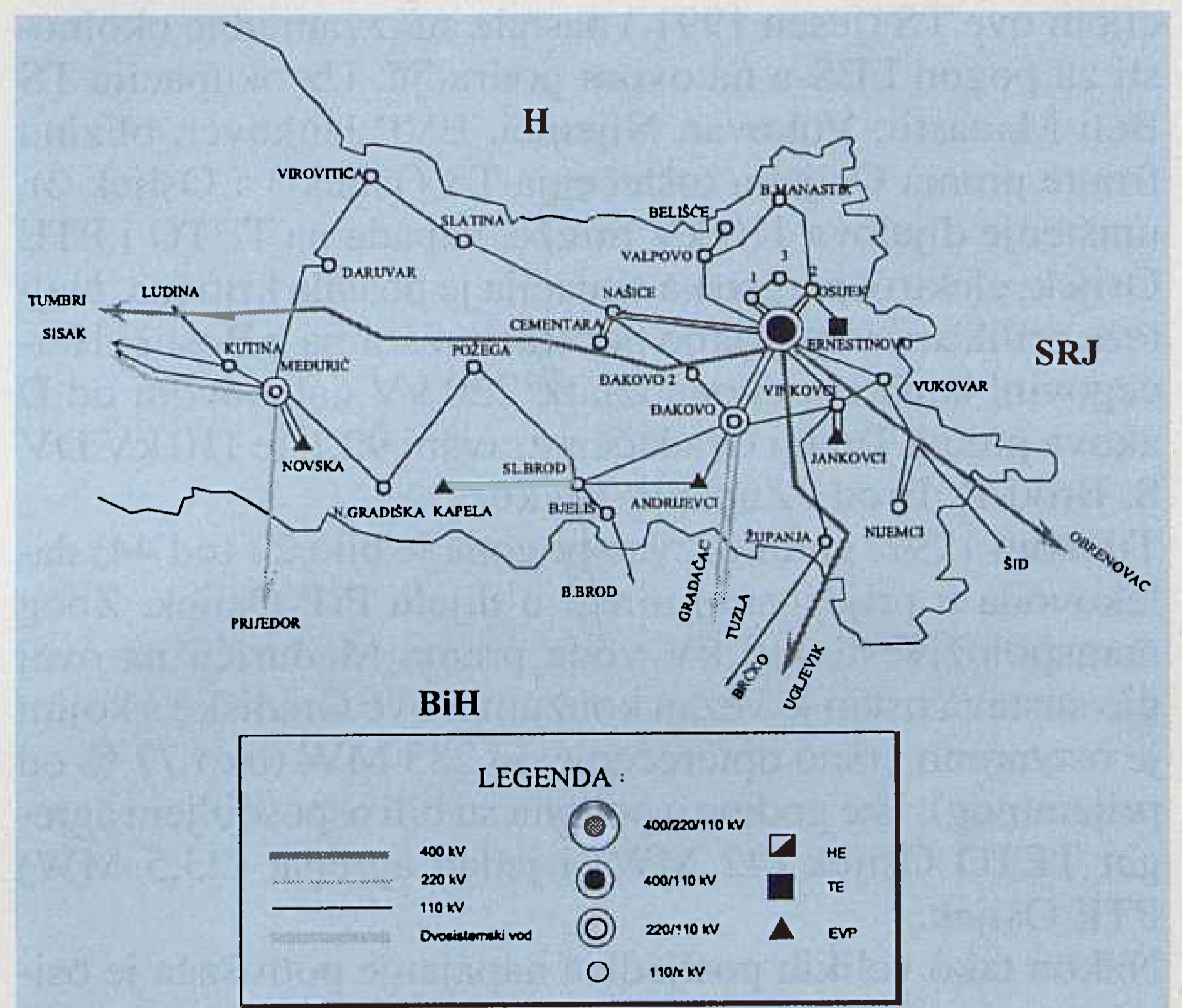
Problemi u tom dijelu EES-a ne proizlaze samo iz ratnih razaranja već i iz naslijeđene konfiguracije prijenosne mreže. Sigurnije napajanje tog područja nije povezano samo s obnovom ratom uništenih objekata prijenosne mreže, već i sa nužnom izgradnjom novih visokonaponskih vodova koji će omogućiti kvalitetniju vezu sa sjeverozapadnim dijelom EES. Moguća izgradnja novih vodova znatno doprinosi autonomnosti sustava budući da se u tom slučaju izbjegava ovisnost o vezama prema susjednim državama bivše Jugoslavije. Razmjene el. energije i uvoz iz Bosne i Hercegovine i SRJ tada bi bile utemeljene na čistim ekonomskim interesima.

Mišljenja o razmatranoj problematici prilično su različita i često isključiva. Postavlja se pitanje da li riješiti problem napajanja istočnog dijela EES-a izgradnjom nove elektrane ili novog visokonaponskog 400 (220) kV voda prema sjeverozapadnom dijelu sustava. Analize i rezultati opisani u daljnjem tekstu pokazuju da jedna alternativa ne isključuje drugu.

2. POVIJEST

Prijenosna mreža na području Republike Hrvatske se razvijala kao sastavni dio elektroenergetskog sustava bivše Jugoslavije, karakterističnom po uzamčenoj superponiranoj 400 i 220 kV mreži koja je povezivala značajnija proizvodna i potrošačka područja u zemlji. Izgradnja prijenosne mreže je slijedila teritorijalne okvire tadašnje države,

pa se po toj logici mreža na području Hrvatske zatvarala preko teritorija susjednih Bosne i Hercegovine i Slovenije.



Slika 1. Prijenosna mreža u Slavoniji i Baranji - 1990. godina

Osnovna pojna čvorišta slavonsko-baranjskog područja bila su TS 400/110 kV Ernestinovo i TS 220/110 kV Đakovo. Pri opisanoj konfiguraciji mreže TS 400/110 kV Ernestinovo (izgradnja 1978.) je imala dvojaku ulogu:

- kao važno čvorište 400 kV mreže (učvorena tri voda - Obrenovac, Tuzla, Tumbri) na magistralnom pravcu jugoistok-sjeverozapad (Grčka-YU-Italija),
- kao glavna pojna točka slavonsko-baranjskog dijela EES-a vezana na 110 kV mrežu preko dva transformatora 300 MVA i 11 vodova prema Osijeku, Valpovu, Našicama, Đakovu, Vinkovcima i Vukovaru.

Drugo važno pojno čvorište ovog područja bila je TS 220/110 kV Đakovo (izgradnja 1967. godine) s učvorena dva

220 kV voda prema Tuzli i Gradačcu, i šest 110 kV vodo-va prema Našicama, S. Brodu, Ernestinovu i Vinkovcima, s dva transformatora 150 MVA. TS Đakovo nije bila izravno povezana na 220 kV mrežu na području Hrvatske.

Bitna karakteristika slavonsko-baranjskog područja bila je i manjak proizvodnih postrojenja u odnosu na potrošnju ovog dijela EES-a. TE-TO Osijek (42 MW na pragu) i PTE Osijek (47 MW) mogli zadovoljiti maksimalnu snagu potrošnje od oko 350 MW prije rata, pa je uredna opskrba potrošača prvenstveno ovisila o stanju u prijenosnoj mreži.

Osamostaljenjem Republike Hrvatske nastale su nove političke i elektroenergetske okolnosti koje postojeći EES (time i prijenosna mreža) nisu mogli u potpunosti zadovoljiti. Političku neovisnost nije mogla pratiti i elektroenergetska, koja je u trenutku osamostaljenja umnogome ovisila o stanju u novonastalim državama na području bivše Jugoslavije. Istočni dio EES-a (PrP Osijek) je bio ovisan o političkim (nažalost na prvom mjestu) i elektroenergetskim prilikama u susjednoj Srbiji i Bosni i Hercegovini, budući da radijalna 400 kV veza s sjeverozapadnim dijelom sustava (PrP Zagreb) nije mogla osiguravati urednu opskrbu potrošača u svim pogonskim uvjetima.

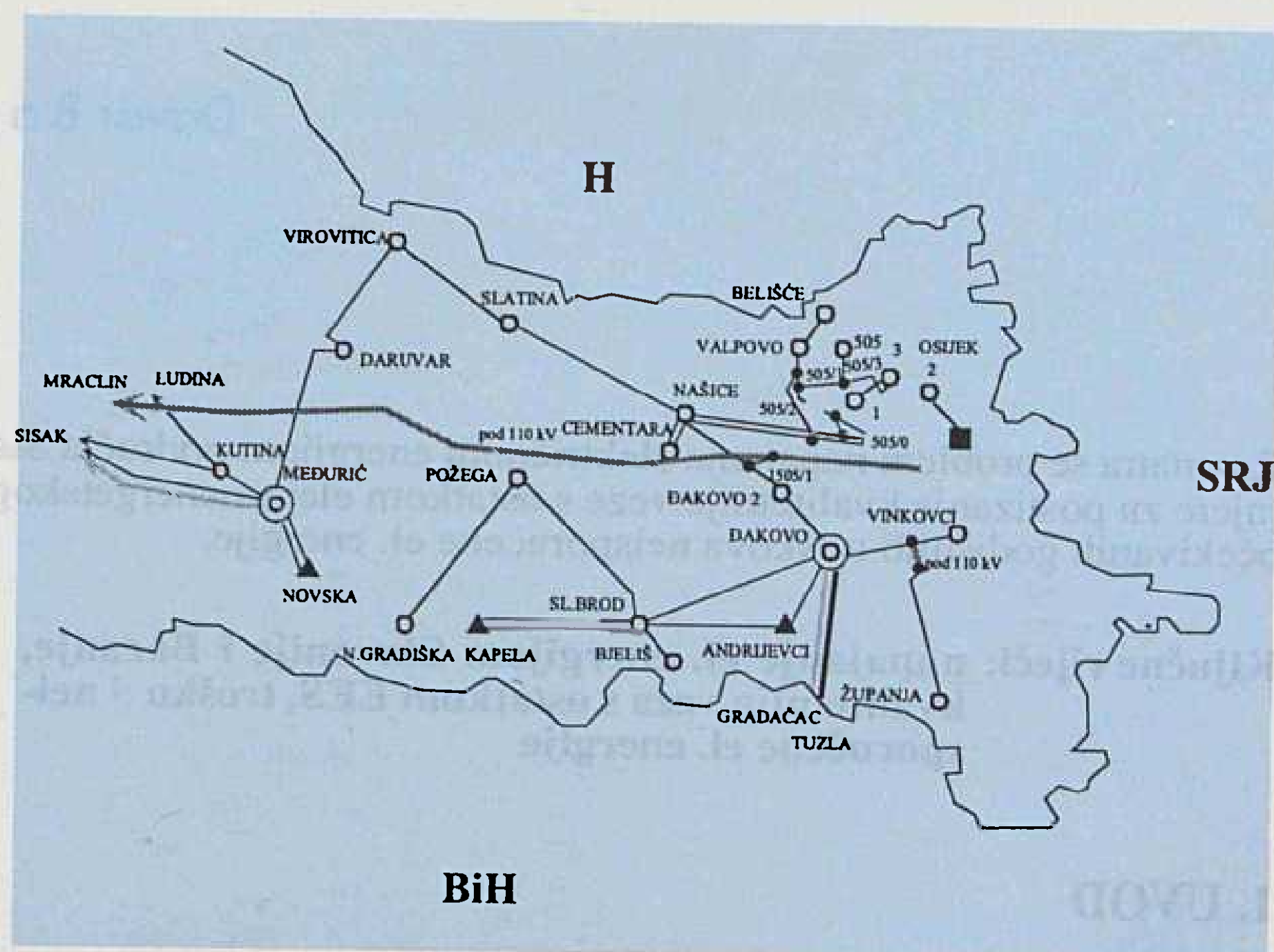
Ratna agresija na Republiku Hrvatsku dovela je do velikih posljedica po stanje ovog dijela EES-a. Nakon povremenih diverzantskih napada oko 400 kV voda Tumbri-Ernestinovo i raketiranja TS Ernestinovo (ljetno 91.), okupacijom ove TS (jesen 1991.) nastale su izvanredne okolnosti za pogon EES-a na ovom području. Uz okupaciju TS Beli Manastir, Vukovar, Nijemci, EVP Jankovci, blizinu fronte prema Osijeku (oštećenja TS Osijek 1 i Osijek 2), uništenje dijelova 110 kV mreže, napade na TETO i PTE Osijek, elektroenergetska situacija je postala kritična. Najteže prilike nastaju nakon početka razaranja u Bosni i Hercegovini kada iz pogona izlaze 220 kV dalekovodi od Đakova prema Tuzli i Gradačcu (travanj 92.), te 110 kV DV S. Brod-B. Brod i Županija-Brčko.

Tijekom 1992. godine izvan pogona je bilo 27 (od 44) dalekovoda u prijenosnoj mreži u dijelu PrP Osijek. Zbog neraspodivnosti 110 kV voda prema Međuriću na ovaj dio sustava ostao je vezan konzum Nove Gradiške s kojim je ostvareno vršno opterećenje od 283 MW (oko 77 % od prijeratnog). Iste godine u pogonu su bili osposobljeni agregat TETO Osijek (42 MW) i jedan agregat (23,5 MW) PTE Osijek.

Nakon tako velikih posljedica napajanje potrošača je osigurano izgradnjom više improviziranih i provizornih rješenja u mreži. Osnovni pravac napajanja ovog područja ostvaren je pogonom dijela 400 kV dalekovoda Tumbri-Ernestinovo (na dionici Mraclin-Podgorač) pod naponom 220 kV, spojem s vodom Mraclin-Jajce, i puštanjem u pogon provizorne transformacije 220/110 kV (1505/2) u Podgoraču s drvenim provizornim vodom 220 kV i adaptiranom dionicom DV 110 kV Ernestinovo-Đakovo za pogon pod 220 kV. Radijalan pogon pod 220 kV potpomognut je 110 kV vezom Međurić-Daruvar-Virovitica-Slatina-Našice. Na drvenim stupovima bilo je 12 km dalekovoda 220 kV i 30 km dalekovoda 110 kV, a privremene transformacije 110/35 kV i 220/110 kV su građene bez odgovarajućeg rasklopnog postrojenja.

Ovakvo stanje prijenosne mreže na području istočne Hrvatske bitno je smanjilo sigurnost opskrbe potrošača i uzrokovalo veći broj raspada tog dijela EES-a, uz vrlo loše

naponske prilike s velikim oscilacijama napona. Situacija je osjetno poboljšana tijekom 1995. godine uvođenjem u pogon DV 120 kV Siklos - (D. Miholjac) - Valpovo, i ponovnim puštanjem u pogon 110 kV dalekovoda Međurić-Nova Gradiška, uz priključenje dvije interventne elektrane na srednjenaponsku mrežu u S. Brodu i Vinkovcima ukupne snage oko 20 MW, ali problemi u pogonu ovog dijela sustava nisu time u potpunosti otklonjeni.



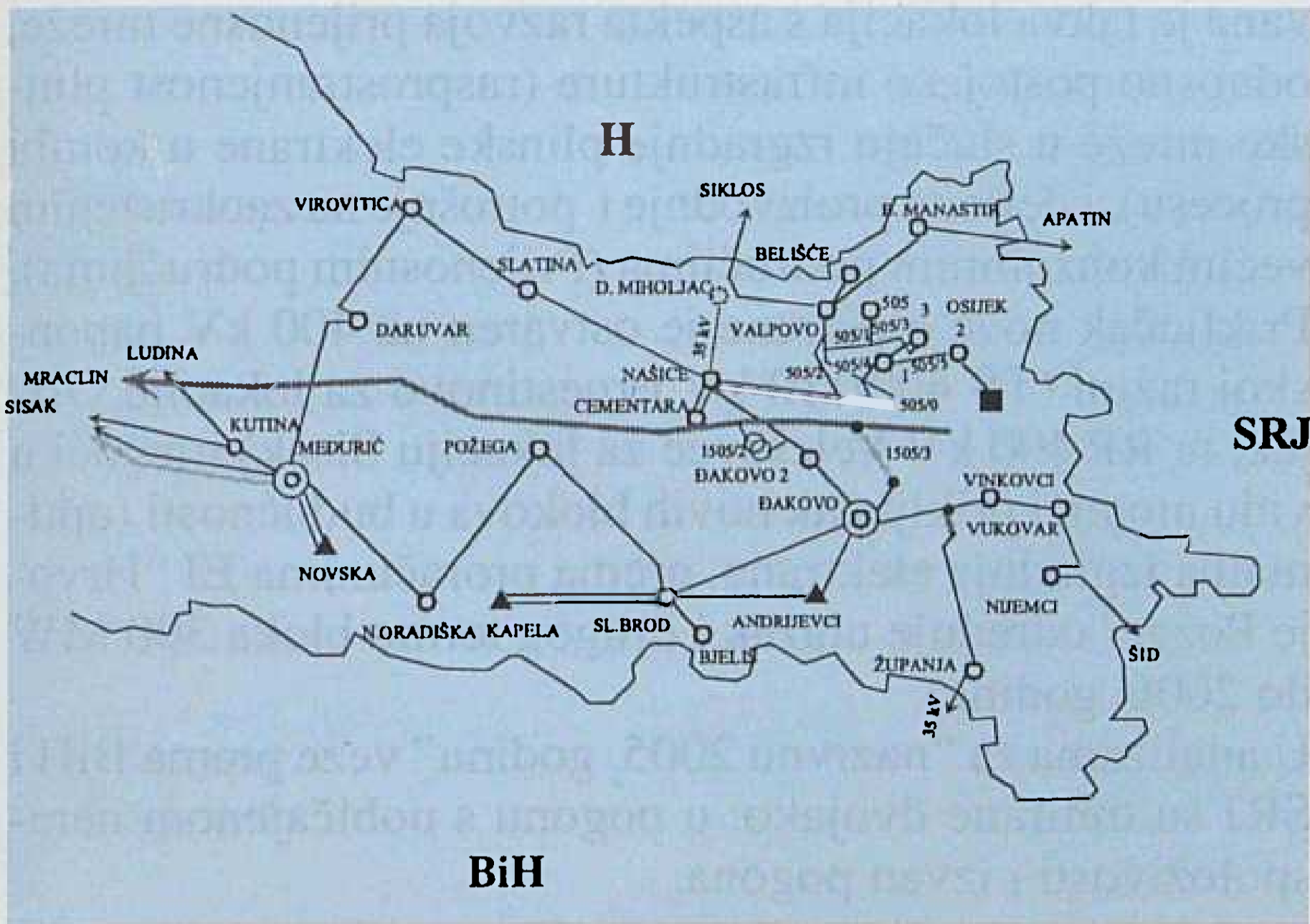
Slika 2. Prijenosna mreža u Slavoniji i Baranji - početak 1992. godine

Važan događaj je bila ugradnja i puštanje u pogon distribuirane (1996.) i sustavne (1997.) kompenzacije koja osigurava oko 100 Mvar potrebne jalove snage i bitno popravlja loše naponske prilike na ovom području. Do puštanja u pogon kondenzatorskih baterija u prijenosnoj i distribucijskoj mreži većina potrebne jalove snage se dobavljala 220 kV vodom Mraclin-Slavonija (235 km), što je uzrokovalo velike gubitke i pad napona na tom vodu. Postojeći proizvodni kapaciteti i kompenzacijski pogon 220 kV vodova prema Bosni nisu bili dovoljni da bitno poboljšaju loše naponske prilike i smanje deficit jalove snage.

3. SADAŠNJE STANJE

Napretkom procesa mirne reintegracije okupiranih dijelova istočne Slavonije u pravni poredak Republike Hrvatske otvaraju se i mogućnosti za sanaciju prijenosne mreže na tom području. Svi zahvati opisani u prethodnom poglavlju bili su privremenog karaktera nužni da osiguraju kakav-takav pogon tog dijela elektroenergetskog sustava. Obnova svih ratom uništenih ili oštećenih objekata prijenosne mreže ne smije biti sporna i potrebno ju je što prije obaviti ovisno o realnim mogućnostima (razminiranje terena, financijska sredstva i dr.).

Sva privremena rješenja i provizoriji još su u pogonu, a većina potrebne snage se i dalje dobavlja iz sjeverozapadnog dijela sustava 220 kV vodom Mraclin-Slavonija (Đakovo) s 20 km dalekovoda na drvenim i betonskim stupovima. Istodobno je došlo do porasta potrošnje i povratka vršnog opterećenja na prijeratnu razinu (313 MW u prosincu 1996.) s tendencijom daljnjeg porasta. 400kV veze sa susjednim državama (SRJ i BiH) su i dalje izvan pogona s neizvjesnom dinamikom obnove.



Slika 3. Prijenosna mreža u Slavoniji i Baranji - rujan 1997. godine

U drugom dijelu siječnja 1998. godine bili smo svjedoci velikih posljedica koje su proizišle iz opisanog stanja. Nepovoljni klimatski uvjeti doveli su do havarijskog režima rada tog dijela EES-a uzrokovanog rušenjem stupova na glavnom 220 kV pojnom vodu Mraclin-Đakovo, i 110 kV vodu Daruvar-Virovitica. Uz angažiranje svih raspoloživih proizvodnih kapaciteta i interventni uvoz iz Mađarske i Srbije redukcije se nisu mogle izbjeći. Prvih dana nakon havarije iznosile su i do 20 % očekivane potražnje na tom području. Skupa cijena koja dokazuje ozbiljnost situacije.

Obnova cjelokupne 400 i 110 kV mreže na području Slavonije i Baranje trebala bi imati prioritet u budućim aktivnostima, a uspostava prijeratnog stanja prijenosne mreže predstavlja samo prvi korak u ostvarivanju željene konfiguracije EES-a. Ključni objekt koji će osiguravati sigurnije napajanje ovog područja je TS Ernestinovo koju bi trebalo obnoviti u veličini prijeratne izgradnje (TS 400/110, 2x300 MVA), zajedno s 400 kV vodom Ernestinovo-Tumbri (Žerjavinec) i svim 110 kV vodovima učvorenim na TS Ernestinovo. Budući da je u dogledno vrijeme radikalni pogon ovog dijela sustava neizbježan, 220 kV veza ne bi mogla omogućiti prijenos potrebnih snaga i sigurnu opskrbu potrošača.

Nakon ostvarenja prvog koraka i uspostave prijeratnog stanja, modelska istraživanja pokazuju da se niti uz obnovu svih ratom uništenih objekata prijenosne mreže uključujući TS Ernestinovo i 400 kV vod Ernestinovo-Tumbri (Žerjavinec) neće postići sigurna opskrba potrošača el. energijom, te da će u posebnim pogonskim prilikama doći do prekida napajanja, a time i troškova neisporučene el. energije.

4. POLAZNE PRETPOSTAVKE ANALIZE

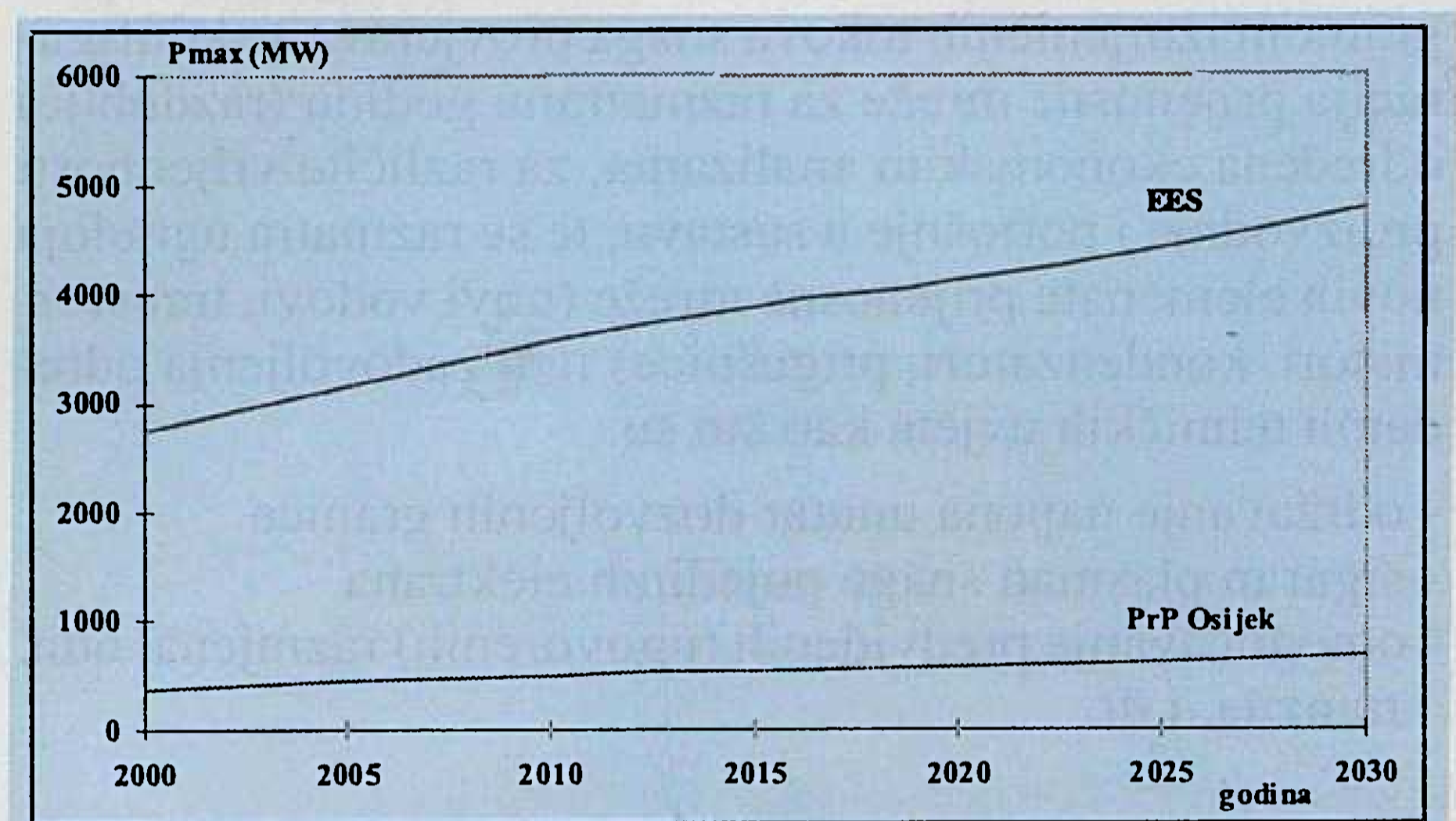
Analiza razvoja prijenosne mreže utemeljena je na ekonomsko-tehničkim kriterijima planiranja po metodologiji objašnjenju u sljedećem poglavlju. Analiza se zasniva na polaznim pretpostavkama o visini vršnog opterećenja EES, udjela PrP Osijek u vršnom opterećenju, optimalnoj izgradnji novih elektrana, troškovima neisporučene el. energije i jediničnim cijenama visokonaponske opreme.

4.1. Vršno opterećenje EES i udio PrP Osijek

Ukupna potrošnja i maksimalno opterećenje EES-a do 2030. godine određeno je prema analizama provedenim u Energetskom Institutu "Hrvoje Požar". U prikazanim vršnim opterećenjima uključeni su i gubici u prijenosnoj mreži. Pretpostavljeni udio PrP Osijek u ukupnom vršnom opterećenju sustava iznosi 13 % za "nazivnu 2000. godinu", a zatim se očekuje uspostava prijeratnih odnosa i udio od 14 % u P_{max} .

Tablica 1. Ukupna godišnja potrošnja i maksimalno opterećenje EES za referentni scenarij

Godina	W_{uk} (TWh)	P_{max} (MW)
2000.	15,1	2758
2005.	17,7	3171
2010.	20,4	3553
2015.	23,0	3897
2020.	25,2	4122
2030.	30,3	4840



Slika 4. Porast vršnog opterećenja EES do 2030. godine i udio PrP Osijek

Raspodjela vršnog opterećenja po pojedinim čvorištima na 110 kV naponskom nivou određena je na osnovi analize distributivnog konzuma, i u ovom se članku neće posebno navoditi. Potrebno je napomenuti da ta analiza ukazuje na potrebu gradnje TS 110/x kV Osijek 4 i D. Miholjac do "nazivne 2000. godine", te Vinkovci 2 do "nazivne 2005. godine".

4.2 Troškovi neisporučene el. energije

Ekonomski kriteriji planiranja prijenosne mreže zahtijevaju definiranje nekih veličina koje u stvarnosti nije jednostavno odrediti. Najvažnija od njih je trošak neisporučene električne energije koji određuje štete koje nastaju u slučaju prekida napajanja pojedinih potrošača (ili grupe potrošača) električnom energijom. Za potrebe analize korištena je vrijednost od 5 DEM/kWh (3,2 USD/kWh), u skladu s procjenom EdF-a.

Jedinične cijene visokonaponske opreme (vodovi, transformatori, polja) određene su višegodišnjim praćenjem cijena na domaćem i svjetskom tržištu. Za obračun anuitetnih troškova pojačanja mreže za očekivanu životnu dob od 40 godina korištena je vrijednost diskontne stope od 8 %.

5. METODOLOGIJA PLANIRANJA RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE

Ekonomsko-tehnički pristup planiranju razvoja prijenosne mreže korišten u ovoj analizi zasniva se na sljedećim modelima:

1. Model za procjenu operativnih troškova rada elektroenergetskog sustava i troškova neisporučene el. energije - MEXICO model
2. Model izmjeničnih tokova snaga

MEXICO je simulacijsko-optimizacijski model zasnovan na metodama vjerojatnosti, istosmjernim tokovima snaga i linearnom programiranju, koji omogućava procjenu operativnih troškova rada elektroenergetskog sustava tijekom čitave godine, te očekivani iznos neisporučene električne energije.

Procjena godišnjih troškova rada EES-a i neisporučene el. energije se temelje na MONTE CARLO metodi i velikom broju proračuna istosmjernih tokova snaga za različita uklopna stanja mreže određena raspoloživošću pojedinih elemenata (vodovi, transformatori, elektrane).

Jednom od metoda izmjeničnih tokova snaga, odn. programom izmjeničnih tokova snaga provjerava se konfiguracija prijenosne mreže za razmatranu godinu (razdoblje) određena ekonomskim analizama, za različite vrijednosti proizvodnje i potrošnje u sustavu, te se razmatra ugradnja novih elemenata prijenosne mreže (novi vodovi, transformatori, kondenzatori, prigušnice) radi zadovoljenja određenih tehničkih uvjeta kao što su:

- održavanje napona unutar dozvoljenih granica
- siguran plasman snage pojedinih elektrana
- omogućavanje predviđenih (ugovorenih) razmjena, odn. tranzita, i dr.

6. REZULTATI ISPITIVANJA

Prikazani rezultati se odnose na dva vremenska presjeka promatranja i stanja sustava označenih kao "nazivna 2000. godina" i "nazivna 2005. godina". Analizirano stanje EES u "nazivnoj 2000. godini" pretpostavlja obnovu svih ratom oštećenih i uništenih objekata prijenosne mreže. U proračunima za ovaj vremenski presjek pretpostavljeno je da veze s BiH i SRJ nisu uspostavljene.

Termoelektrane su na modelu angažirane prema minimalnim troškovima proizvodnje, a hidroelektrane prema prosječnim dotocima zabilježenim u posljednjih četrdeset godina (prosječna hidrološka godina). Najskuplja termojedinica u sustavu je PTE Osijek (troškovi proizvodnje 5,56 c/kWh), pa se angažira samo u izuzetnim okolnostima (pokrivanje vršnog opterećenja ili u slučaju otklanjanja mogućih preopterećenja u mreži).

Analizirano stanje EES-a u "nazivnoj 2005. godini" predstavlja optimalnu konfiguraciju prijenosne mreže određene ispitivanjima prethodnog razdoblja. Proračuni optimalne izgradnje novih elektrana u sustavu određuju potrebu gradnje jednog termo bloka snage oko 300 MW do razmatranog vremenskog presjeka. Za potrebe ove analize pretpostavljeno je da će isti biti lociran u sjeverozapadnom ili istočnom dijelu EES-a (mikrolokacije Sisak i Osijek). Na osnovi ove analize ne treba donositi konačan zaključak o lokaciji nove elektrane, budući da će ona biti određena na osnovi niza utjecajnih faktora. U ovim analizama vredno-

vana je takva lokacija s aspekta razvoja prijenosne mreže, odnosno postojeće infrastrukture (rasprostranjenost plinske mreže u slučaju izgradnje plinske elektrane u kombi procesu), i deficita proizvodnje i potrošnje na zaokruženim većim konzumnim područjima (Prijenosnim područjima). Priključak nove elektrane je ostvaren na 400 kV naponskoj razini (TS 400/110 kV Ernestinovo za lokaciju Osijek, te RP 400 kV Veleševac za lokaciju Sisak) imajući u vidu mogući priključak novih blokova u budućnosti (optimalna izgradnja elektrana, prema proračunima EI "Hrvoje Požar" određuje ulazak i drugog termo bloka 300 MW do 2006. godine).

U analizama za "nazivnu 2005. godinu" veze prema BiH i SRJ su tretirane dvojako: u pogonu s uobičajenom neraspoloživosti i izvan pogona.

6.1 Nazivna 2000. godina

Simulacijsko-optimizacijskim modelom za procjenu godišnjih operativnih troškova rada EES-a i očekivanog iznosa neisporučene el. energije (MEXICO model) izvršena je ekonomska analiza prijenosne mreže nazivne 2000. godine koja pretpostavlja obnovu svih ratom uništenih i oštećenih elemenata mreže. Za polaznu konfiguraciju mreže izračunati su godišnji troškovi rada (troškovi proizvodnje + troškovi neisporučene el. energije) koji se kasnije uspoređuju s troškovima rada sustava nakon određenih pojačanja da bi se ustanovila profitabilnost izgradnje pojedinih elemenata mreže. Na osnovi marginalne dobiti (korist od povećanja prijenosne moći za 1 MW) izračunate za svaku granu mreže identificirani su slabiji dijelovi mreže na kojima je eventualno potrebno izvršiti pojačanja. Prioriteti u izgradnji određeni su visinom marginalne dobiti pojedinih komponenti mreže, budući da je mogući poremećaj ozbiljniji što je marginalna dobit veća.

Uz početnu konfiguraciju mreže PODRUČJE SLAVONIJE I BARANJE SE NAPAJA 400 kV VODOM ERNESTINOVO-ŽERJAVINEC, bez dodatne izgradnje novih vodova. Pretpostavlja se ulazak u pogon TS 110/x Osijek 4 i D. Miholjac, te puštanje u pogon voda D. Miholjac-Našice pod nazivnim naponom 110 kV.

Simulacija rada EES-a je izvršena za cijelu godinu, a godišnja krivulja trajanja opterećenja je podijeljena na pet dijelova (vršna opterećenja, visoka zimska, visoka ljetna, niska zimska, niska ljetna opterećenja) i aproksimirana pravcima.

Analiza MEXICO modelom pokazuje da uz opisanu konfiguraciju mreže i početne pretpostavke (potrošnja, krivulja trajanja opterećenja, troškovi neisporučene el. energije) možemo očekivati godišnji trošak neisporučene el. energije u iznosu od čak 9.600.000 USD od čega najveći dio otpada na područje istočne Hrvatske. Uz procijenjene troškove neisporučene el. energije u iznosu od 5 DEM/kWh (3,2 USD/kWh) možemo očekivati oko 3 mil. kWh neisporučene el. energije godišnje. Problemi s napajanjem istočnog dijela EES-a povezani su sa slučajevima ispada 400 kV voda Žerjavinec-Ernestinovo. Zbog nedovoljno jake 110 kV veze s ostatkom sustava (Međurić-Daruvar i Međurić-N. Gradiška), te manjka proizvodnih kapaciteta na tom području dolazi do preopterećenja pojedinih 110 kV vodova što dovodi do isključenja dijela potrošača, a time i neisporučene el. energije. Ovaj očekivani trošak neisporučene el. energije je određen uz pretpostavljenu ne-

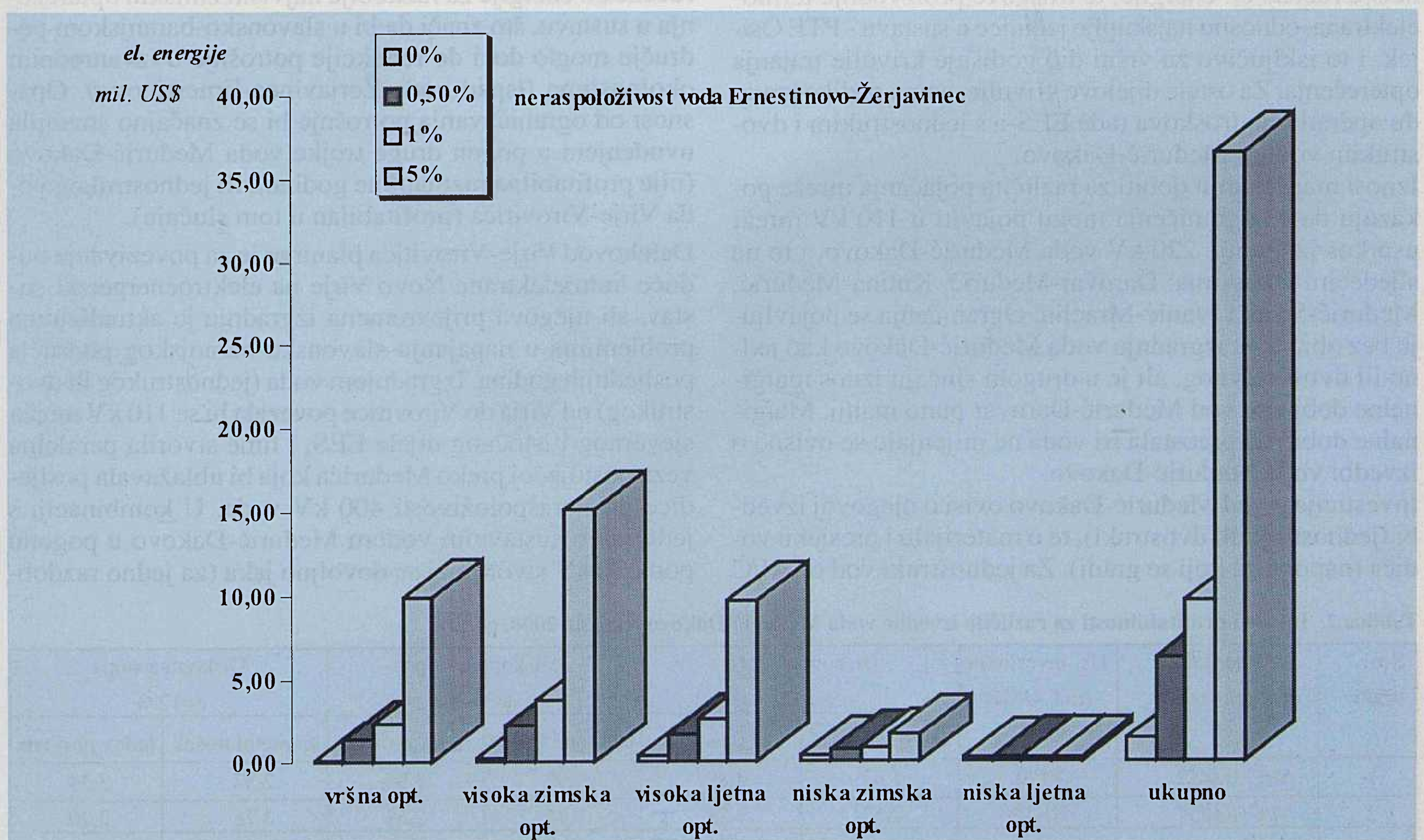
raspoloživost voda Ernestinovo-Žerjavinec u iznosu od 1 %. Ukoliko bi vod Ernestinovo-Žerjavinec bio raspoloživ tijekom čitave godine, odn. ukoliko je vjerojatnost njegova ispada 0 (u praksi nemoguće), očekivani bi godišnji trošak neisporučene el. energije iznosio 1.350.000 USD i to isključivo radi poremećaja u ostatku elektroenergetskog sustava, neovisno o konfiguraciji mreže na području Slavonije i Baranje. To znači da u ukupnim godišnjim troškovima neisporučene el. energije od 9.600.000 USD pri neraspoloživosti voda Ernestinovo-Žerjavinec od 1 % (referentna vrijednost) za pretpostavljenu konfiguraciju EES-a, nepovoljna konfiguracija prijenosne mreže na području Slavonije i Baranje uzrokuje trošak od oko 8.250.000 USD. Uz veću neraspoloživost voda Ernestinovo-Žerjavinec (5 %) godišnji troškovi neisporučene el. energije penju se na iznimno visokih 36.500.000 USD. Ovi očekivani iznosi neisporučene el. energije određeni su ne uzimajući u obzir mogućnosti interventnog uvoza 110 kV vodovima iz Mađarske (Siklos) i SRJ (Apatin, Šid), pa ih možemo smatrati gornjom granicom očekivanih troškova. Analiza marginalne dobiti (dobit od povećanja kapaciteta elementa prijenosne mreže za 1 MW) pokazuje da se pri napajanju istočnog dijela EES-a preko 400 kV voda Ernestinovo-Žerjavinec (uz neraspoloživost tog voda od 1 %), ograničenja mogu pojaviti na sljedećim vodovima i to isključivo u dijelovima godišnje krivulje trajanja opterećenja s vršnom, te visokom zimskom i ljetnom potrošnjom:

Daruvar-Međurić
N. Gradiška-Požega
Međurić-Sisak 110 kV
Kutina-Međurić
Ivanić-Mraclin

Gore nabrojeni vodovi poredani su prema visini marginalne dobiti kod povećanja prijenosne moći voda za 1 MW, pri čemu visina marginalne dobiti ukazuje na "ozbiljnost" poremećaja koji se može pojaviti. Očito je da su ograničenja na prva dva voda povezana s neraspoloživošću voda Ernestinovo-Žerjavinec, dok su ograničenja na preostalim vodovima posljedica slabije mreže na širem sisačkom području i lošije povezanosti zagrebačkog i bjelovarsko-varždinskog područja.

Tako visoki očekivani godišnji troškovi neisporučene el. energije ukazuju na potrebu pojačanja mreže na području Slavonije i Baranje, usprkos pretpostavljenoj obnovi TS Ernestinovo i kompletne 400 i 110 kV mreže u tom dijelu EES-a. Potrebe pojačanja prijenosne mreže prvenstveno proizlaze iz neraspoloživosti interkonektivnih vodova prema Bosni i Hercegovini i Srbiji, ali ujedno i pridonose postizanju elektroenergetske neovisnosti R. Hrvatske.

Da bi se uspostavila željena konfiguracija prijenosne mreže i smanjili očekivani godišnji troškovi neisporučene el. energije analizirana su slijedeća pojačanja: DV (2x400)220 kV Međurić-Đakovo, i DV (2x)110 kV Virje-Virovitica. Svrha izgradnje (400) 220 kV dalekovoda Međurić-Đakovo je bolje povezivanje istočnog dijela EES-a u uvjetima prekida veza sa Bosnom i Hercegovinom i Srbijom, budući da se radijalnim napajanjem preko 400 kV voda Žerjavinec (sada Tumbri)-Ernestinovo (nakon obnove TS Ernestinovo) ne osigurava dovoljna sigurnost opskrbe tog područja. U slučaju ispada, odn. neraspoloživosti voda Žerjavinec-Ernestinovo, manjak slavonsko-baranjskog područja se mora nadoknaditi prijenosom preko nedovoljno jake 110 kV mreže, vodovima Međurić-Daruvar i Međurić-N. Gradiška, prijenosnih moći 84 MVA, odn. 115 MVA



Slika 5. Godišnji troškovi neisporučene el. energije za pretpostavljenu konfiguraciju mreže, ovisno o neraspoloživosti voda Ernestinovo-Žerjavinec

(ukupno 199 MVA), uz mogući interventni uvoz iz Mađarske vodom Siklos-D. Miholjac (sada Valpovo) ili SRJ (B. Manastir-Apatin, Nijemci-Šid), pa bi dolazilo do ograničavanja opskrbe dijela potrošača i troškova neisporučene el. energije, a ukupni troškovi rada EES-a porasli bi i zbog korištenja skupih jedinica u PTE Osijek. Interventne elektrane i dieselski agregati priključeni na srednjenaponsku mrežu mogu samo ublažiti štete, ali ih ne i otkloniti.

Logično rješenje boljeg povezivanja i sigurnijeg napajanja tog dijela sustava je izgradnja (400) 220 kV voda Međurić-Đakovo, čija bi se magistralna dionica gradila za 400 kV napon, budući da se ovaj vod u većem dijelu trase podudara sa budućim 400 kV vodom Veleševac (Prevlaka) - Krndija (Ernestinovo). Izgradnja ovog voda kao dvosustavnog u skladu je sa opredjeljenjem HEP-a da zbog specifičnog oblika države, poteškoća u dobivanju trasa, te ekoloških razloga, sve veleprijenosne vodove gradi kao dvostruke. Izgradnja magistralne dionice spomenutog voda od Al/Č 2x490 podudara se s razmišljanjima o postupnom napuštanju (stagnaciji) 220 kV naponskog nivoa. MEXICO modelom izračunati su operativni godišnji troškovi rada EES-a u nazivnoj 2000. godini za polaznu mrežu koja uključuje dvosistemski vod Međurić-Đakovo. Razlika između tih troškova, i operativnih troškova sustava sa jednostrukim vodom, te bez voda Međurić-Đakovo, predstavlja profitabilnost tog voda, odnosno njegovih trojki.

Analize pokazuju da se izgradnjom jedne trojke voda Međurić-Đakovo postižu godišnje uštede od 7,91 mil. USD, a izgradnjom dvije trojke 8,25 mil. USD. Benefit od izgradnje druge trojke iznosi 340 tisuća USD. Jednostruki vod značajno smanjuje troškove neisporučene el. energije, dok druga trojka dodatno smanjuje preostale troškove neisporučene el. energije, te troškove proizvodnje termoelektrana, odnosno najskuplje jedinice u sustavu - PTE Osijek, i to isključivo za vršni dio godišnje krivulje trajanja opterećenja. Za ostale dijelove krivulje, nema razlike između operativnih troškova rada EES-a s jednostrukim i dvostrukim vodom Međurić-Đakovo.

Iznosi marginalnih dobiti za različita pojačanja mreže pokazuju da se ograničenja mogu pojaviti u 110 kV mreži usprkos izgradnje 220 kV voda Međurić-Đakovo, i to na sljedećim vodovima: Daruvar-Međurić, Kutina-Međurić, Međurić-Sisak i Ivanić-Mraclin. Ograničenja se pojavljuju bez obzira na izgradnju voda Međurić-Đakovo kao jedno ili dvosustavnog, ali je u drugom slučaju iznos marginalne dobiti za vod Međurić-Daruvar puno manji. Marginalne dobiti za preostala tri voda ne mijenjaju se ovisno o izvedbi voda Međurić-Đakovo.

Investicija u vod Međurić-Đakovo ovisi o njegovoj izvedbi (jednostruki ili dvostruki), te o materijalu i presjeku vodiča (naponu za koji se gradi). Za jednostruki vod od Al/Č

360/57 ukupna investicija je procijenjena na 19,61 mil. USD (anuitetni trošak kroz očekivanu životnu dob od 40 godina je 1,62 mil. USD), a za dvostruki od istog materijala i presjeka 31,12 mil. USD (anuitetni trošak 2,57 mil. USD). Ukoliko bi se vod gradio od Al/Č 490/65 (u ukupnoj duljini), ukupna investicija bi iznosila 39,18 mil. USD za jednostruki (anuitetni trošak 3,24 mil. USD), te 66,89 mil. USD za dvostruki (anuitetni trošak 5,52 mil. USD). Indeksi profitabilnosti (omjer između dobitaka od izgradnje i anuitetnih troškova pojačanja kroz očekivanu životnu dob od 40 godina), koji ukazuju na profitabilnost pojačanja ukoliko su veći od 1 za različite izvedbe voda prikazani su u tablici 2.

Iz tablice je vidljivo da je u uvjetima prekida veza s BiH i SRJ vod Međurić-Đakovo profitabilan u svim izvedbama. Analiza za razmatranu godinu ne opravdava izgradnju druge trojke čiju je vrijednost potrebno sagledati na osnovi budućih razmatranja (izgradnja veće elektrane, mogući tranziti i dr.).

Do razmatranje 2000. godine, ekonomski je profitabilno izgraditi vod Međurić-Đakovo kao jednostruki. Zbog neodređenih utjecajnih faktora (izgradnja veće TE ili mogućih tranzita na pravcu sjeverozapad-jugoistok) koji mogu dovesti do potrebe ugradnje druge trojke tog voda (i mogućeg podizanja na 400 kV napon) moguće ga je projektirati kao dvosustavni ali ugraditi samo jednu trojku u prvoj etapi. Izgradnja magistralne dionice tog voda za 400 kV napon (vodiči Al/Č 2x490/65) ga ne čini neprofitabilnim, iako smanjuje njegovu profitabilnost zbog povećane investicije.

Izgradnjom voda Međurić-Đakovo kao jednosustavnog porasla bi vjerojatnost ograničenja na 110 kV vodu Međurić-Daruvar, pa bi se očekivali povećani troškovi neisporučene el. energije za razdoblja najviših zimskih opterećenja u sustavu, što znači da bi u slavonsko-baranjskom području moglo doći do redukcije potrošnje u izvanrednim okolnostima (ispad voda Žerjavinec-Ernestinovo). Opasnost od ograničavanja potrošnje bi se značajno smanjila uvođenjem u pogon druge trojke voda Međurić-Đakovo (nije profitabilna razmatrane godine), ili jednostrukog voda Virje-Virovitica (profitabilan u tom slučaju).

Dalekovod Virje-Virovitica planiran je za povezivanje buduće hidroelektrane Novo Virje na elektroenergetski sustav, ali njegova prijevremena izgradnja je aktualizirana problemima u napajanju slavonsko-baranjskog područja posljednjih godina. Izgradnjom voda (jednostrukog ili dvostrukog) od Virja do Virovitice povezala bi se 110 kV mreža sjevernog i istočnog dijela EES, i time stvorila paralelna veza postojećoj preko Međurića koja bi ublažavala posljedice pri neraspoloživosti 400 kV voda. U kombinaciji s jedno(dvo)sustavnim vodom Međurić-Đakovo u pogonu pod 220 kV stvorila bi se dovoljno jaka (za jedno razdob-

Tablica 2. Indeksi profitabilnosti za različite izvedbe voda Međurić-Đakovo nazivne 2000. godine

Broj trojki	Materijal i presjek vodiča	Uk. investicija (mil. USD)	Diskontna stopa a=8 %		Diskontna stopa a=10 %		Diskontna stopa a=12 %	
			anuitetni trošak	index profitab.	anuitetni trošak	index profitab.	anuitetni trošak	index profitab.
1	Al/Č 360/57	19,61	1,62	4,89	1,99	3,98	2,37	3,34
2	Al/Č 360/57	31,12	2,57	3,21	3,15	2,61	3,76	2,20
1	Al/Č 2x490/65	39,18	3,24	2,44	3,97	1,99	4,73	1,67
2	Al/Č 2x490/65	66,89	5,52	1,49	6,78	1,22	8,08	1,02

lje do podizanja pogonskog napona magistralne dionice voda Međurić-Đakovo na 400 kV te produženja do Ernestinova i RP 400 kV Prevlaka, ili do puštanja u pogon 400 kV voda Ernestinovo-Pecs) paralela 400 kV vodu Tumbri-Ernestinovo.

Ukoliko pretpostavimo konfiguraciju mreže s vodom 2x(400)220 kV Međurić-Đakovo, analize će pokazati da bi se izgradnjom dvosistemske voda Virje-Virovitica postigle godišnje uštede u iznosu od 590 tisuća američkih dolara, odnosno 570 tisuća dolara ukoliko bi u pogonu bila samo jedna trojka. Uz procijenjeni anuitetni trošak investicije od 490 tisuća dolara za jednu trojku (ukupna investicija 5,89 mil. USD), odnosno 770 tisuća dolara za dvije trojke (ukupna investicija 9,27 mil. USD), indeksi profitabilnosti iznose 1,17 (jednostruki) i 0,78 (dvostruki vod) uz referentnu diskontnu stopu 8 %. Prema tome, ekonomski je opravdano izgraditi vod Virje-Virovitica kao jednostruki do nazivne 2000. godine, budući da on u potpunosti otklanja moguća preopterećenja na vodovima Daruvar-Međurić i Ivanić-Mraclin, usprkos mogućoj izgradnji voda Međurić-Đakovo.

U slučaju izgradnje 220 kV voda Međurić-Đakovo kao jednostrukog u prvoj etapi, značaj voda Virje-Virovitica raste, tako da njegova gradnja postaje još profitabilnija. Dobitak u operativnim troškovima rada EES-a u slučaju izgradnje jednostrukog voda Virje-Virovitica tada iznosi 920 tisuća USD (dobitak za dvostruki vod iznosi 950 000 USD), a sastoji se uglavnom u smanjenju troškova neisporučene el. energije (manjim dijelom i u smanjenju troškova proizvodnje termoelektrana) u vrijeme vršnog i najvećih zimskih opterećenja. Uz diskontnu stopu 8 % indeks profitabilnosti jednostrukog voda Virje-Virovitica iznosi 1,89. Izgradnja druge trojke za razmatrani slučaj nije ekonomski opravdana. Drugu trojku voda Virje-Virovitica opravdava moguća gradnja HE N. Virje.

Proračun izmjeničnih tokova snaga opravdava prethodne zaključke. Pokazuje se da vod Međurić-Đakovo osigurava uredno napajanje potrošača kod neraspoloživosti 400 kV voda Ernestinovo-Žerjavinec, ali da su mogući manji

poremećaji na vodu Međurić-Daruvar koje u potpunosti otklanja izgradnja voda Virje-Virovitica. Izgradnjom ova dva voda područje Slavonije i Baranje postaje kvalitetno vezano na elektroenergetski sustav R. Hrvatske. Radi osiguravanja dovoljnih količina jalove snage i postizanja zadovoljavajućeg naponskog profila u 110 kV mreži, pri neraspoloživosti voda Ernestinovo-Žerjavinec potrebno je maksimalno angažirati agregate PTE Osijek i uključiti kondenzatorsku bateriju u Đakovu.

6.2 Nazivna 2005. godina

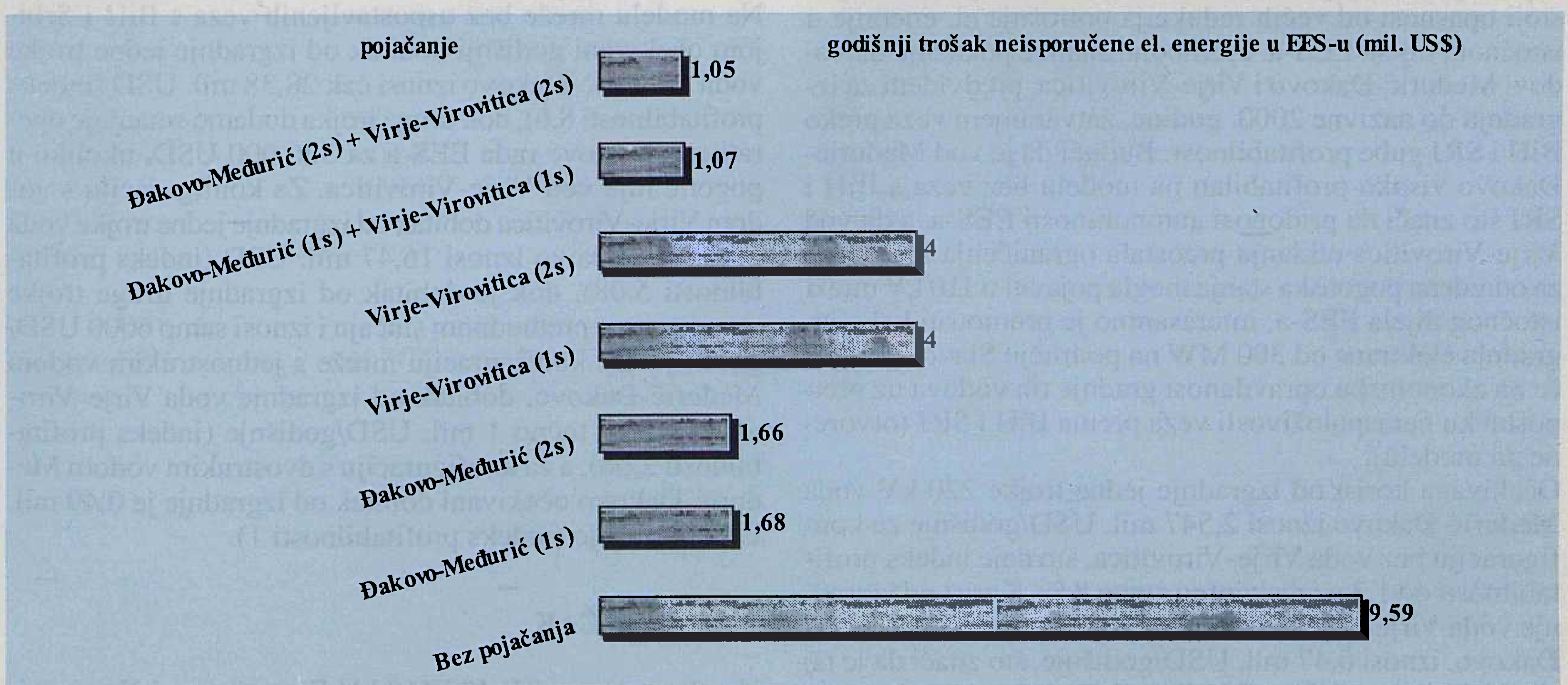
Polazna konfiguracija prijenosne mreže obuhvaća dodatna pojačanja u mreži određena ispitivanjima prethodnog razdoblja, uključujući DV (400) 220 kV Međurić-Đakovo i DV 110 kV Virje-Virovitica. Vršno opterećenje u iznosu od $P_{max}=3171$ MW raspodijeljeno je na 110 kV čvorišta mreže prema analizi distributivnog konzuma i pretpostavljenih udjela pojedinih PrP u vršnom opterećenju EES-a. Za izračunavanje godišnjih troškova rada elektroenergetskog sustava (troškovi proizvodnje + neisporučene el. energije) MEXICO modelom, ukupna potrošnja definirana je godišnjom krivuljom trajanja opterećenja.

Do razmatrane godine očekuje se ponovna uspostava veza sa Bosnom i Hercegovinom i SRJ, ali s njihovom upitnom raspoloživosti. Radi toga su svi proračuni rađeni u dvije osnovne varijante:

1. Zatvorene veze prema BiH i SRJ
2. Otvorene veze prema BiH i SRJ

Kod prve varijante računato je s neraspoloživošću vodova i transformatora u susjednim EES-a u iznosu od 1 %, a njihovo uklopno stanje je određeno na isti način kao i za objekte na području R. Hrvatske, metodom slučajnih brojeva.

Modelu EES-a Hrvatske dodani su pasivni ekvivalenti prijenosnih mreža Slovenije, Mađarske i Austrije, a u osnovnoj varijanti i SRJ i Bosne i Hercegovine. U osnovnom se slučaju paralelnim granama susjednih EES-a zatvaraju samo prirodni tokovi snaga bez značajnijih razmjena.



Slika 6. Očekivani godišnji trošak neisporučene el. energije (mil. USD) za EES Hrvatske "nazivne 2000. godine" ovisno o raznim pojačanjima u prijenosnoj mreži na području Slavonije i Baranje

Analize optimalne izgradnje proizvodnih postrojenja pokazuju da je u razdoblju između 2000. i 2005. godine potrebno pustiti u pogon samo jednu termoelektranu snage oko 300 MW. Analize su napravljene uz pretpostavku lociranja takvog bloka u Slavoniji (Osijek) i u Sisku.

Područje Slavonije logičan je izbor za lokaciju nove termoelektrane s obzirom na veliki deficit između proizvodnje (raspoloživa snaga elektrana 88 MW bez interventnih i dieselskih agregata) i potrošnje (444 MW za 2005. godinu) na tom području. Najpogodnije čvorište u istočnom dijelu EES-a za priključak ovakve elektrane, imajući u vidu i daljnje dogradnje novim blokovima u budućnosti, su 400 kV sabirnice u Ernestinovu.

Za pretpostavljenu polaznu konfiguraciju mreže, s novim blokom 300 MW priključenim na TS 400/110 kV Ernestinovo izračunati su očekivani godišnji operativni troškovi rada EES-a, za dvije osnovne varijante imajući u vidu pouzdanost prijenosne mreže BiH: Zatvorene veze preko BiH i Srbije, te prekid veza.

Troškovi neisporučene el. energije za konfiguraciju sa zatvorenim vezama preko BiH i Srbije radi mogućih ograničenja u prijenosnoj mreži jednaki su nuli, dok za konfiguraciju s otvorenim vezama prema BiH i Srbiji iznose samo 1200 USD i to u najvećem dijelu zbog mogućih ograničenja na vodu Ivanić-Mraclin.

Porast operativnih troškova rada EES-a ovisno o uspostavi veza prema BiH i Srbiji manji je od onog koji bi se na prvi pogled mogao pretpostaviti, a uzrok tomu je u početnim pretpostavkama proračuna:

- prosječna hidrološka godina pa ne postoje veći problemi s prijenosom proizvodnje dalmatinskih hidroelektrana prema sjeverozapadnom dijelu EES-a ovisno o raspoloživosti 400 kV mreže,
- lociranje novog bloka u području s velikim deficitom proizvodnje
- nema značajnijih razmjena.

Značaj veza prema BiH bi bio očitiji ukoliko bi se promatrala natprosječna hidrološka godina, ili ukoliko bi u pogon ulazila veća elektrana priključena na veleprijenosnu mrežu na području Dalmacije.

Izgradnjom novog bloka 300 MW u Slavoniji više ne postoji opasnost od većih redukcija potrošnje el. energije u istočnom dijelu EES-a. Prethodne analize pokazuju da vodovi Međurić-Đakovo i Virje-Virovitica, predviđeni za izgradnju do nazivne 2000. godine, zatvaranjem veza preko BiH i SRJ gube profitabilnost. Budući da je vod Međurić-Đakovo visoko profitabilan na modelu bez veza s BiH i SRJ što znači da pridonosi autonomnosti EES-a, a da vod Virje-Virovitica otklanja preostala ograničenja koja bi se za određena pogonska stanja mogla pojaviti u 110 kV mreži istočnog dijela EES-a, interesantno je promotriti kako izgradnja elektrane od 300 MW na području Slavonije utječe na ekonomsku opravdanost gradnje tih vodova uz pretpostavku nerasploživosti veza prema BiH i SRJ (otvorene na modelu).

Očekivana korist od izgradnje jedne trojke 220 kV voda Međurić-Đakovo iznosi 2,547 mil. USD/godišnje za konfiguraciju bez voda Virje-Virovitica, što daje indeks profitabilnosti od 1,3 uz diskontnu stopu 8 %. Korist od izgradnje voda Virje-Virovitica, nakon izgradnje voda Međurić-Đakovo, iznosi 0,47 mil. USD/godišnje, što znači da je taj vod tada na granici profitabilnosti. Prema tome, ekonomska analiza može opravdati gradnju tih vodova usprkos izgradnji elektrane snage 300 MW u Slavoniji, ukoliko

smatramo da su veze preko BiH i SRJ nedovoljno pouzdane. Korist od izgradnje tih vodova proizlazi iz mogućih pogonskih stanja kada su istodobno nerasploživ nova elektrana (remont, kvar) i 400 kV vod Žerjavinec-Ernestinovo, ili kada je nerasploživ samo 400 kV vod Žerjavinec-Ernestinovo radi otklanjanja mogućih preopterećenja voda Međurić-Daruvar pri visokoj potrošnji u sustavu. Uspostava i normalna raspoloživost veza prema BiH omogućila bi uredno napajanje Slavonije i kod nerasploživosti 400 kV voda Ernestinovo-Žerjavinec, ali bi se tada dio proizvodnje nove elektrane prenosio preko mreže BiH, a EES Hrvatske ne bi ostvario željenu autonomnost već bi direktno ovisio o raspoloživosti veza preko BiH.

Ukoliko se nova elektrana izgradi na području Siska (pretpostavljena izgradnja RP 400 kV u TE Sisak, te DV 2x400 kV TE Sisak-Veleševac) rezultati će biti nešto drugačiji. Konfiguracija prijenosne mreže s uspostavljenim vezama prema BiH i Srbiji gotovo da ne pridonosi očekivanim troškovima neisporučene el. energije (uz vodove Međurić-Đakovo i Virje-Virovitica), dok kod konfiguracije s prekinutim vezama prema BiH i Srbiji prijenosna mreža uzrokuje troškove neisporučene el. energije od samo 6 560 USD. Iako očekivani troškovi neisporučene el. energije nisu veliki, za određena uklopna stanja (više ili manje vjerojatna) moglo bi doći do ograničenja na pojedinim vodovima.

Na konfiguraciji mreže s zatvorenim vezama preko BiH i Srbije ne postoje ograničenja na bilo kojem vodu u istočnom dijelu EES-a.

Za konfiguraciju mreže bez veza s BiH i Srbijom do troškova neisporučene el. energije bi moglo doći kod vršnog opterećenja zbog ograničenja na vodovima Međurić-Daruvar (kod nerasploživosti TETO Osijek i 400 kV voda Ernestinovo-Veleševac) i N. Gradiška-Požega (kod nerasploživosti jednog bloka PTE Osijek ili TETO Osijek, te voda Ernestinovo-Veleševac). Interventni uvoz iz Mađarske, Srbije ili BiH u potpunosti otklanja opasnost od mogućih preopterećenja.

U takvim okolnostima raste profitabilnost vodova Međurić-Đakovo i Virje-Virovitica, u odnosu na stanje s novom elektranom u Slavoniji.

Na modelu mreže bez uspostavljenih veza s BiH i Srbijom očekivani godišnji dobitak od izgradnje jedne trojke voda Međurić-Đakovo iznosi čak 28,38 mil. USD (indeks profitabilnosti 8,6), dok druga trojka dodatno smanjuje operativne troškove rada EES-a za 526 000 USD, ukoliko u pogonu nije vod Virje-Virovitica. Za konfiguraciju s vodom Virje-Virovitica dobitak od izgradnje jedne trojke voda Međurić-Đakovo iznosi 16,47 mil. USD (indeks profitabilnosti 5,08), dok je dobitak od izgradnje druge trojke manji nego u prethodnom slučaju i iznosi samo 6000 USD/godišnje. Za konfiguraciju mreže s jednostrukim vodom Međurić-Đakovo, dobitak od izgradnje voda Virje-Virovitica iznosi točno 1 mil. USD/godišnje (indeks profitabilnosti 2,06), a za konfiguraciju s dvostrukim vodom Međurić-Đakovo očekivani dobitak od izgradnje je 0,49 mil. USD/godišnje (indeks profitabilnosti 1).

7. ZAKLJUČAK

Usprkos obnovi TS 400/110 kV Ernestinovo i čitave prijenosne mreže na području istočnog dijela elektroenergetskog sustava (u kratko ili srednjoročnom razdoblju), mo-

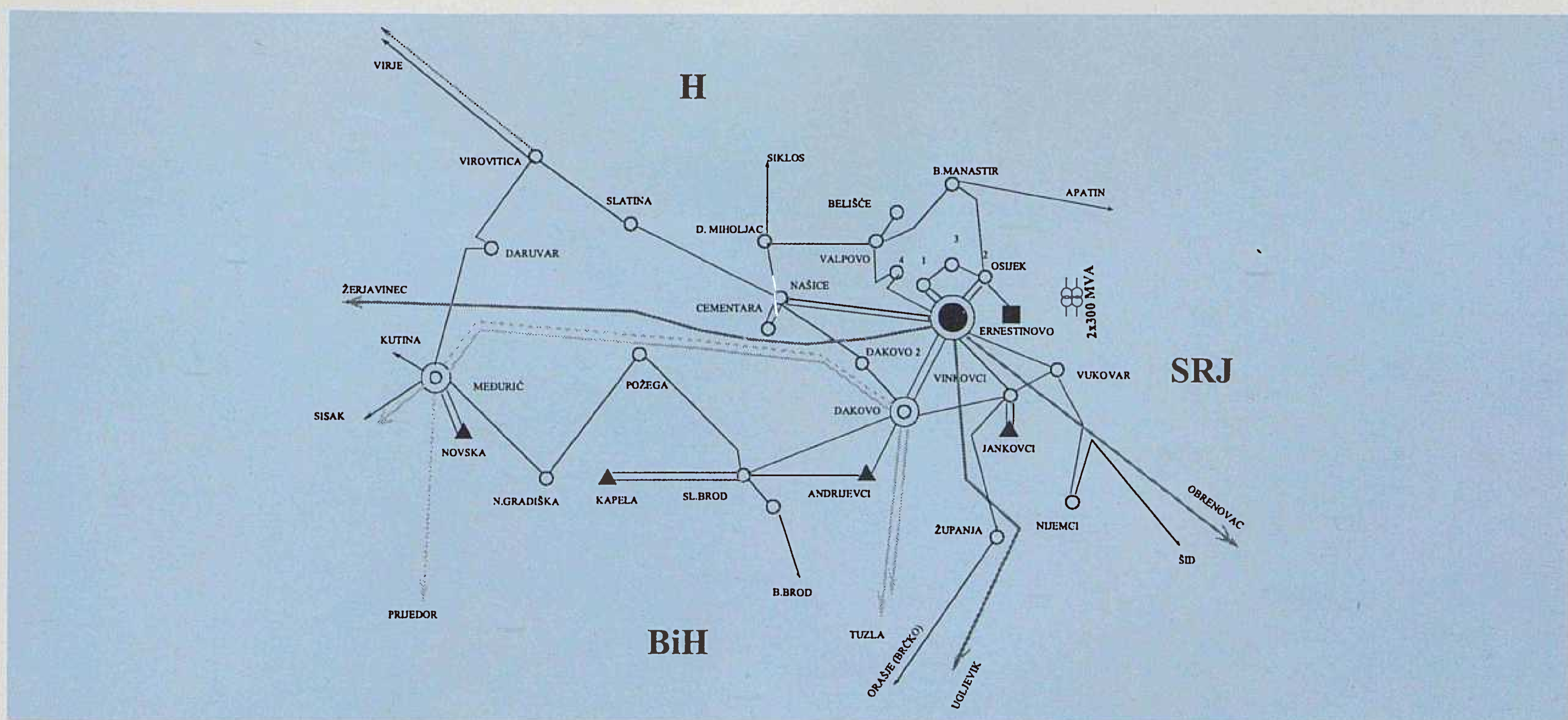
gu se očekivati visoki troškovi neisporučene el. energije ovisno o neraspoloživosti 400 kV voda Ernestinovo-Žerjavinec. Uzrok tomu je velika ovisnost ovog proizvodno deficitarnog područja o prijenosu iz drugih dijelova EES-a u uvjetima prekida veza sa Bosnom i Hercegovinom i Srbijom, i radijalna veza s ostatkom sustava proizišla iz nepovoljne konfiguracije prijenosne mreže razvijane u drugačijim političkim i elektroenergetskim okolnostima. Ispadom glavnog pojnog voda ovog područja, nedovoljno jaka 110 kV mreža (Međurić-Daruvar-Virovitica-Slatina i Međurić-N. Gradiška-Požega) neće biti sposobna da preuzme snagu (energiju) koja se prenosi vodom Ernestinovo-Žerjavinec. Maksimalan angažman agregata TE-TO i PTE Osijek, interventnih elektrana i diesel agregata priključenih na srednjenaponsku mrežu, i interventni uvoz iz Mađarske neće moći u potpunosti spriječiti prekide opskrbe dijelu potrošača na tom području pri visokim opterećenjima u sustavu, pa će uredna opskrba svih potrošača ovisiti o vezama prema Srbiji (Obrenovac, Apatin, Šid) i BiH (Ugljevik, Tuzla). Autonomnost tog dijela EES time neće biti ostvarena, a upitna raspoloživost veza prema BiH i SRJ može dovesti do većih problema u opskrbi potrošača. Time se ovo područje elektroenergetski stavlja u nepovoljan položaj u odnosu na druge dijelove EES-a R. Hrvatske. Radi toga je (**istodobno s obnovom**) nužno pojačati prijenosnu mrežu na području Slavonije i Baranje. Pojačanja mreže koja otklanjaju moguće poremećaje i osiguravaju autonomnost tog dijela EES su:

1. Izgradnja (2x400)220 kV voda Međurić-Đakovo
2. Izgradnja (2x)110 kV voda Virje-Virovitica.

Visokoprofitabilna investicija koja značajno smanjuje očekivane troškove neisporučene el. energije je (400) 220 kV vod Međurić-Đakovo. U slučaju izgradnje tog voda kao dvosustavnog (u skladu s opredjeljenjem HEP-a), ograničenja u mreži i mogući prekidi opskrbe el. energijom dijelu potrošača će se u najvećoj mjeri otkloniti. Kod nera-

spoloživosti voda Ernestinovo-Žerjavinec nužno je maksimalno angažirati agregate TETO i PTE Osijek, a radi otklanjanja mogućih manjih ograničenja na vodu Međurić-Daruvar (ukoliko mu se revitalizacijom ne poveća prijenosna moć) morat će se osigurati interventni uvoz iz Mađarske preko D. Miholjca kod visoke potrošnje u sustavu. Izgradnja (2x400)220 kV voda Međurić-Đakovo ne isključuje opravdanost (ekonomsku i tehničku) izgradnje 110 kV voda Virje-Virovitica koji bi osigurao 110 kV mrežu od mogućih preopterećenja voda Međurić-Daruvar pri neraspoloživosti voda Ernestinovo-Tumbri, i smanjio opasnost od preopterećenja voda Ivanić-Mraclin kod ispada vodova D. Selo-Križevci ili Jertovec-Nedeljanec kod niskog angažmana dravskih hidroelektrana. Potreba za drugom trojkom tog voda ovisi o mogućoj izgradnji HE N. Virje. Analize pokazuju da moguća izgradnja nove elektrane snage 300 MW na području Slavonije u razdoblju do 2005. godine, ne isključuje potrebu za izgradnjom ova dva voda (niti ekonomsku opravdanost gradnje) ukoliko smatramo da veze prema BiH i SRJ nisu dovoljno pouzdane. Težnja k postizanju autonomnosti EES-a opravdava ovakav pristup i osigurava utemeljenost budućih razmjena na čisto ekonomskim interesima.

Prihvatanjem takvog rješenja za sigurnu opskrbu Slavonije i Baranje el. energijom rješava se najveći problem ovog dijela EES-a. Rješavanje ostalih problema poput dvostranog napajanja Županje (izgradnja voda Đakovo-Županja), napajanja Iloka, izgradnje dvostrukog voda Ernestinovo-Vinkovci i dr., ovisit će o raspoloživim financijskim sredstvima. U sadašnjim uvjetima kada se Županja, Vinkovci, Vukovar i Nijemci napajaju jednim vodom 110 kV, izgradnja novog 110 kV voda Đakovo-Županja je nužnost. Sigurnost napajanja i ekonomsku valorizaciju pojačanja radijalno napajanih čvorišta nemoguće je ocijeniti MEXICO modelom, ali ideja dvostranog napajanja svih čvorišta u prijenosnoj mreži ne bi trebala biti sporna.



Slika 7. Pojačanje prijenosne mreže istočnog dijela EES (jedno)dvostupnim vodovima (400) 220 kV Međurić-Đakovo i 110 kV Virje-Virovitica

LITERATURA

- [1] Opskrba Slavonije i Baranje električnom energijom, DUP-PrP Osijek, 1997.
- [2] Potrebe izgradnje proizvodnih postrojenja i prijenosne mreže do 2020. godine, s osvrtom na 2030. godinu - u dijelu EES na području Slavonije i Baranje, EI "Hrvoje Požar", prosinac 1997.
- [3] ERACLES - USERS GUIDE, EdF, 1987.
- [4] ERACLES - METHODS GUIDE, EdF, 1987.

TRANSMISSION NETWORK DEVELOPMENT IN THE EASTERN PART OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM

The author considers the problem of electric energy supply of the Slavonia and Baranja region. Based on an analysis carried out basic measures to obtain better quality of connection with the rest of the electric power supply system are proposed. New transmission line construction is evaluated through expected annual costs of unsupplied electric energy.

DIE ENTWICKLUNG DES ÜBERTRAGUNGSNETZES VOM ÖSTLICHEN TEIL DES STROMVERSORGUNGSSYSTEMS

Erörtert wird die Frage der Stromversorgung des Slawonien- und Baranja Gebietes. Nach durchgeführter genauer Erforschung, werden Grundmaßnahmen für eine bessere Verbindung mit dem übrigen Teile des Verbundnetzes vorgeschlagen. Bezogen auf die vom nichtgelieferten Strom her zu erwartenden jährlichen Kosten wird die Errichtung neuer Leitungen vom wirtschaftlichen Standpunkt beurteilt.

Naslov pisca:

Davor Bajs, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar",
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska
 Uredništvo primilo rukopis:
 1998-03-11.



MREŽNO PLANIRANJE I PRAĆENJE RADOVA TIJEKOM IZGRADNJE OBJEKATA

Nevenko Hladki, Zagreb

UDK 624.05
STRUČNI ČLANAK

Opisuju se svrha, zadaci i način primjene procesa planiranja i praćenja izgradnje tijekom izgradnje većih objekata, kao i postupak planiranja primjenom metode mrežnog planiranja

Ključne riječi: izgradnja objekata, planiranje izgradnje, mrežno planiranje, kontrola projekta.

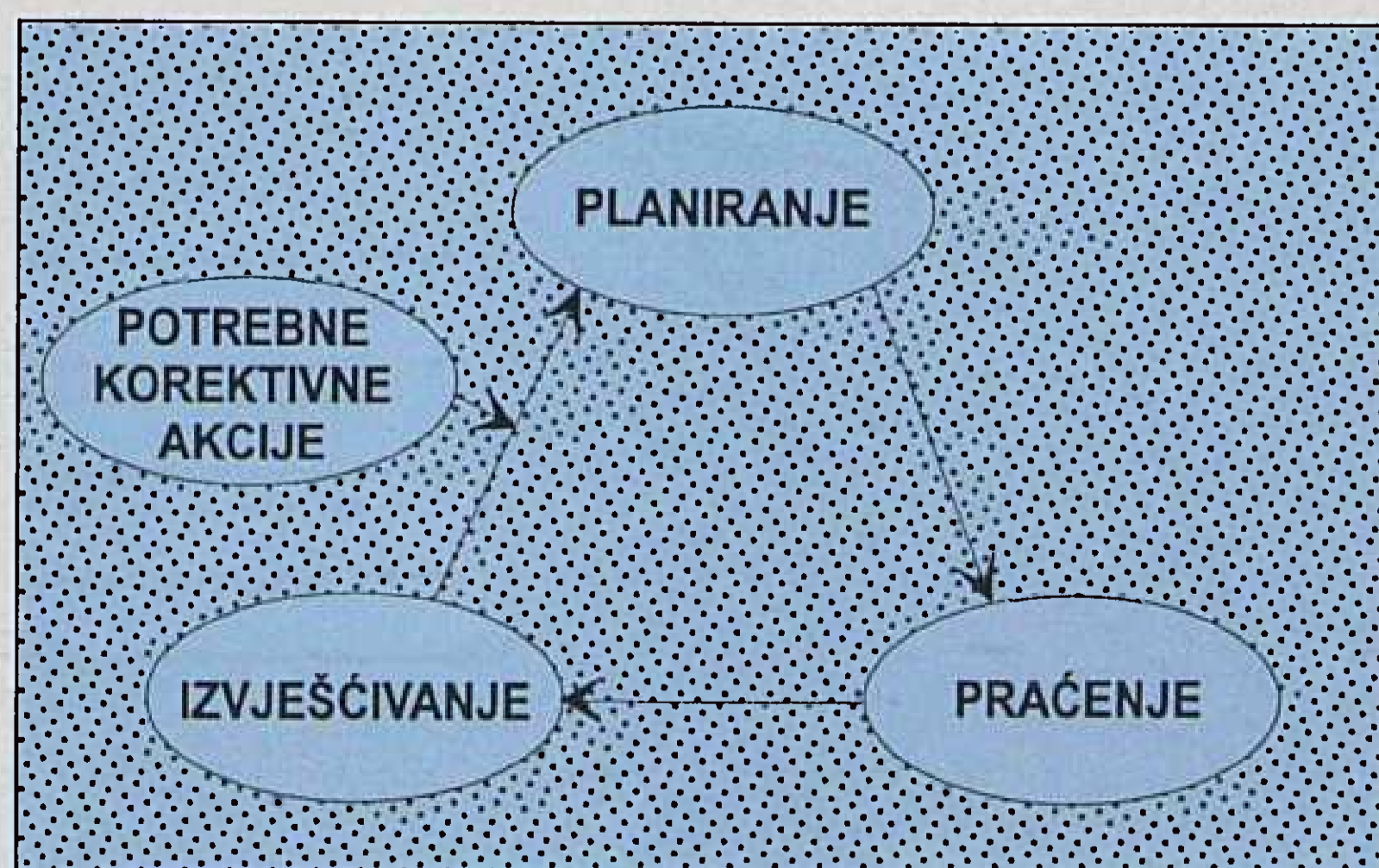
1. UVOD

Osnovna zadaća planiranja i praćenja investicijskog zahvata je izvješćivanje svih sudionika o stanju projekta radi pravilnog i pravodobnog izvršenja svih radova u okviru planiranih rokova i troškova. Ovo se odnosi kako na ostvarenje pojedinih međufaza, tako i svršetka projekta u cjelosti. Cilj je troškove i rokove za svaku aktivnost održati u zadanim okvirima, čime će troškovi i rokovi izvršenja cjelokupnog projekta biti u skladu s planiranim.

Planiranje i praćenje su kontinuirani - interaktivni procesi koji započinju prije početka izvršenja projekta, a završavaju po svršetku projekta, analizom utrošenog vremena, resursa, te utrošenih sredstava. Proces sadrži i redovno izvješćivanje o izvršenju projekta, jer je ono informacijska osnova za poduzimanje bilo koje korektivne aktivnosti ako dođe do odstupanja od planiranih veličina.

Posebno je važno istaći da aktivnosti planiranja i praćenja osiguravaju rukovodstvu projekta dostignuće pune kontrole nad projektom (kontrola vremena, resursa i troškova), o čemu ovisi i njihova efikasnost i uspješnost.

Sa druge strane, sustavnim praćenjem izvršenja nekog projekta stvara se baza podataka koja se može koristiti za planiranje novih projekata sličnih karakteristika i uvjeta izvršenja.



Slika 1.

2. OSNOVE PLANIRANJA I PRAĆENJA

2.1. Izrada planova

Planiranje i praćenje određenog projekta zahtijeva određivanje sljedećeg:

Opseg - utvrđivanje opsega poslova (analiza strukture poslova)

Resursi - utvrđivanje fizičkih veličina u sklopu opsega poslova

Troškovi - utvrđivanje troškova u sklopu opsega poslova i utvrđenih resursa

Terminiranje - odlučivanje kada i u kojem vremenu treba neki posao izvršiti (analiza vremena), s obzirom na raspoloživost resursa i financijskih sredstava

Praćenje - kontrola izvršenja pojedinih aktivnosti po vremenu, opsegu, resursima i troškovima

Izvješćivanje - sudionika projekta o stanju radova, utrošenom vremenu, resursima te ostvarenim troškovima, s analizom i prijedlogom mjera koje treba poduzeti radi eventualne korekcije plana.

Sustavnim praćenjem izgradnje (praćenje utroška efektivnih čovjek sati, količina izvedenih radova, utrošenog vremena i financijskih sredstava) raspolaže se u svakom trenutku izvođenja projekta s dovoljno podataka, mjerodavnih za analizu stanja projekta. Pridržavanje usuglašenog plana mora biti imperativ za sve sudionike u izvršenju projekta, jer se samo tako mogu postići planirani efekti, to jest najmanji troškovi i najkraći rok.

U slučaju odstupanja od planom definiranih pokazatelja, omogućava se brza revizija plana i prilagodba daljnjeg tijeka izvršenja projekta stvarnim uvjetima izgradnje.

Služba za planiranje i praćenje izvršenja projekta treba biti organizacijski neovisna o željama investitora, rukovodstva projekta i izvođača. Samo u tom slučaju mogu se planovi i izvješća raditi objektivno i realno, no suradnja i suglasnost svih sudionika na izgradnji je pri tome nužna.

Djelatnicima koji rade u procesu planiranja i praćenja moraju biti na raspolaganju svi potrebni podaci, kako bi uz pomoć normativa i iskustva mogli što točnije predvidjeti tijek i trajanje izgradnje, te procijeniti troškove izvršenja.

Proces planiranja i praćenja projekta treba prilagoditi stanju i stupnju izvršenja projekta u određenom trenutku, pa se razlikuju najmanje četiri razine njegova izvršenja i to:

- Globalni plan projekta
 - Osnovni plan projekta razrađen po objektima i tehnološkim cjelinama
 - Detaljan plan projekta po objektima i tehnološkim cjelinama
 - Operativni plan izvođenja pojedinih aktivnosti.
1. Globalni plan izgradnje (sadrži 100-150 aktivnosti) koji se izrađuje u priprema fazi projekta, sadrži samo globalne vremenske i financijske podatke o projektu.
 2. Osnovni plan izgradnje podijeljen po glavnim objektima i tehnološkim cjelinama (500-800 aktivnosti). Osim vremenskih i financijskih podataka ovaj plan sadrži i podatke o fizičkim resursima, a izrađuje se prema kriterijima optimalnog korištenja resursa i financijskih sredstava. Plan se izrađuje na početku izvršenja projekta i osnova je za praćenje izgradnje na razini investitora i rukovodstva projekta, te za razradu svih ostalih planova.
 3. Detaljni planovi izgradnje (sadrže ukupno 1500-2500 aktivnosti). Ovi planovi razrada su osnovnog plana izgradnje i njegovi su sljednici. Detaljni planovi izgradnje su osnova za operativno planiranje, praćenje i izvješćivanje o izgradnji po aspektima rokova, resursa i troškova. Oni se razrađuju sukcesivno tijekom izvršenja projekta, neposredno prije početka izvođenja radova ili izvršenja aktivnosti na pojedinom objektu ili tehnološkoj cjelini.
 4. Operativni planovi izvođenja radova koji se izrađuju tijekom cjelokupnog izvršenja (sadrže 5000 i više aktivnosti ukupno za sve planove). Operativnim planovima izvođenja radova planira se izvođenje neposrednih aktivnosti i njihovo praćenje. Ovi planovi se izrađuju postupno s razvojem projekta.

Primjena tehnike mrežnog planiranja za provedbu procesa planiranja i praćenja bilo kojeg investicijskog zahvata danas je imperativ barem na prve dvije razine planiranja (globalni i osnovni). Razvoj informatičke opreme, njeno unificiranje te razvoj programske podrške omogućuju korištenje ove tehnike na svim organizacijskim razinama.

Svi planovi moraju biti međusobno usklađeni i proistjecati jedan iz drugoga. Planovi druge, treće i četvrte razine proizlaze iz plana predhodne razine, a planovi treće i četvrte razine mogu se razrađivati postupno s razvojem projekta.

Analiza strukture poslova u nekom vremenu i resursa kod primjene procesa planiranja ima svoju važnost kod određivanja fizičkih pokazatelja napretka izgradnje. Međutim, analiza pripadajućih troškova najvažniji je dio planiranja koja se radi zbog točnog upravljanja projektom, a pri tome se koristi isti plan kao i za analizu vremena. To znači da se analiza troškova nužnih za izvršenje svake aktivnosti i cijelog projekta izvodi neposredno poslije terminske analize strukture mreže i određivanja kritičnih puteva trajanja projekta.

U osnovi, proces se svodi na analizu potreba za radnim i materijalnim resursima i troškovima sa svrhom njihove optimizacije. To se izvodi uspoređivanjem prvobitnih procjena troškova, resursa i vremena za svaku aktivnost s mogućim varijantama tih veličina. Posljedica ovog uspoređivanja bit će optimalna raspodjela vremena, financijskih sredstava, radnih i materijalnih resursa. Na taj način iz-

bjegavaju se nepotrebni troškovi zbog preranog ili prekasnog početka pojedinih aktivnosti, te izrazitih "špica" i vremenske fluktuacije pojedinih fizičkih resursa, a bolje koriste raspoloživi resursi (naročito oni koji su angažirani na nekritičnim aktivnostima). Posebna pozornost pridaje se aktivnostima na kritičnim putevima, kako bi se na vrijeme otklonile moguće teškoće pri izvršenju tih aktivnosti.

Uspješnost planiranog izvršenja projekta, te rukovođenje njime, ne zavisi samo o koordinaciji pojedinih aktivnosti u vremenu, nego i o tome koliko su pravilno procijenjena i raspoređena sredstva kojima raspolaže investitor.

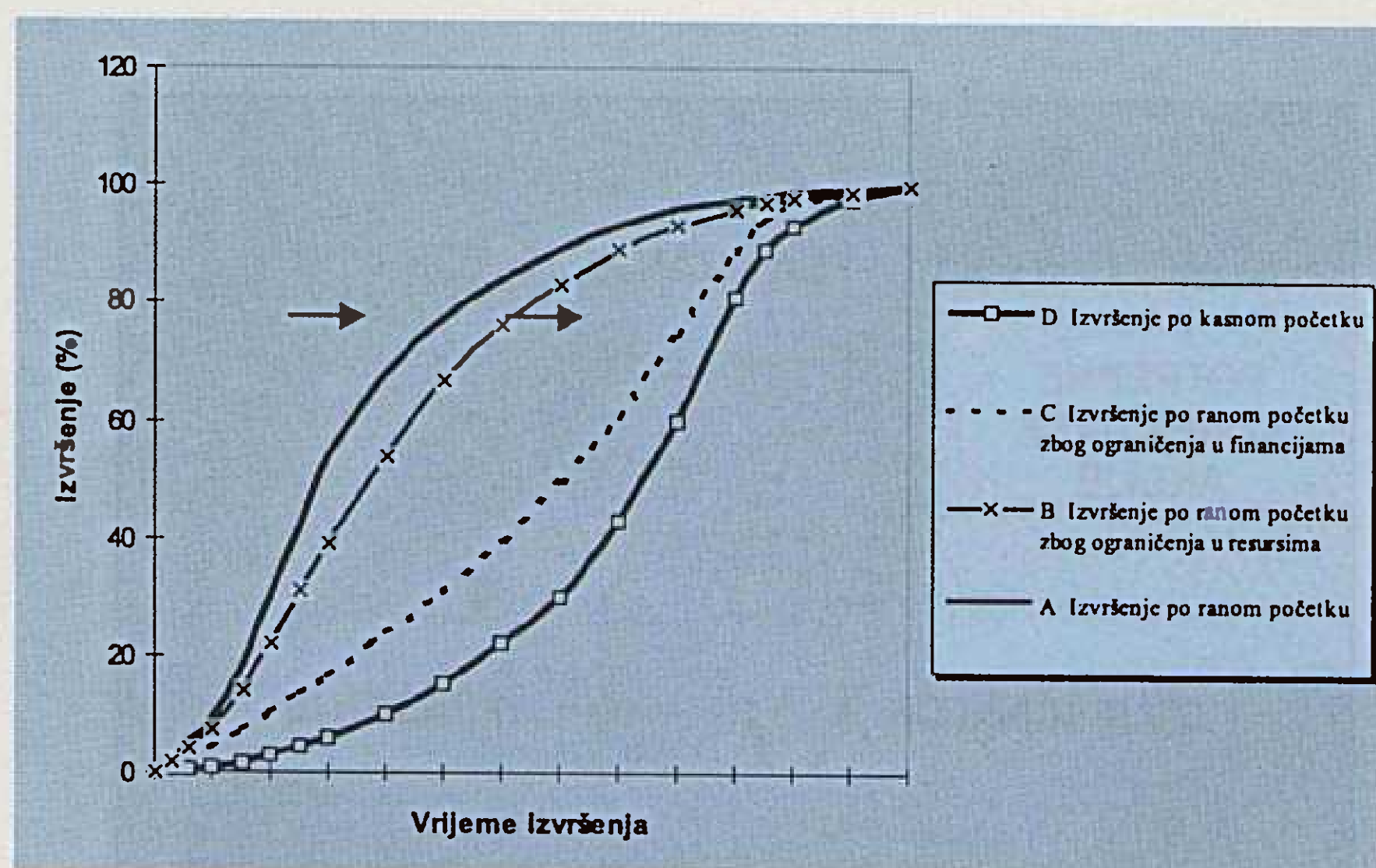
Analiza vremena metodom mrežnog planiranja omogućuje skraćivanje vremena trajanja pojedinih aktivnosti i cijelog projekta. S druge strane, sasvim je jasno da neke preporuke koje iz takve analize mogu proizaći postaju neloogične i nemoguće ako su ekonomski neopravdane, ili nisu uzele u obzir materijalne mogućnosti koje su u najvećem broju slučajeva ograničene. Stoga je nužno uzimati u obzir sve podatke koji karakteriziraju financijske mogućnosti i fizičke resurse s kojima se ulazi u projekt.

2.2. Način izrade mrežnog plana

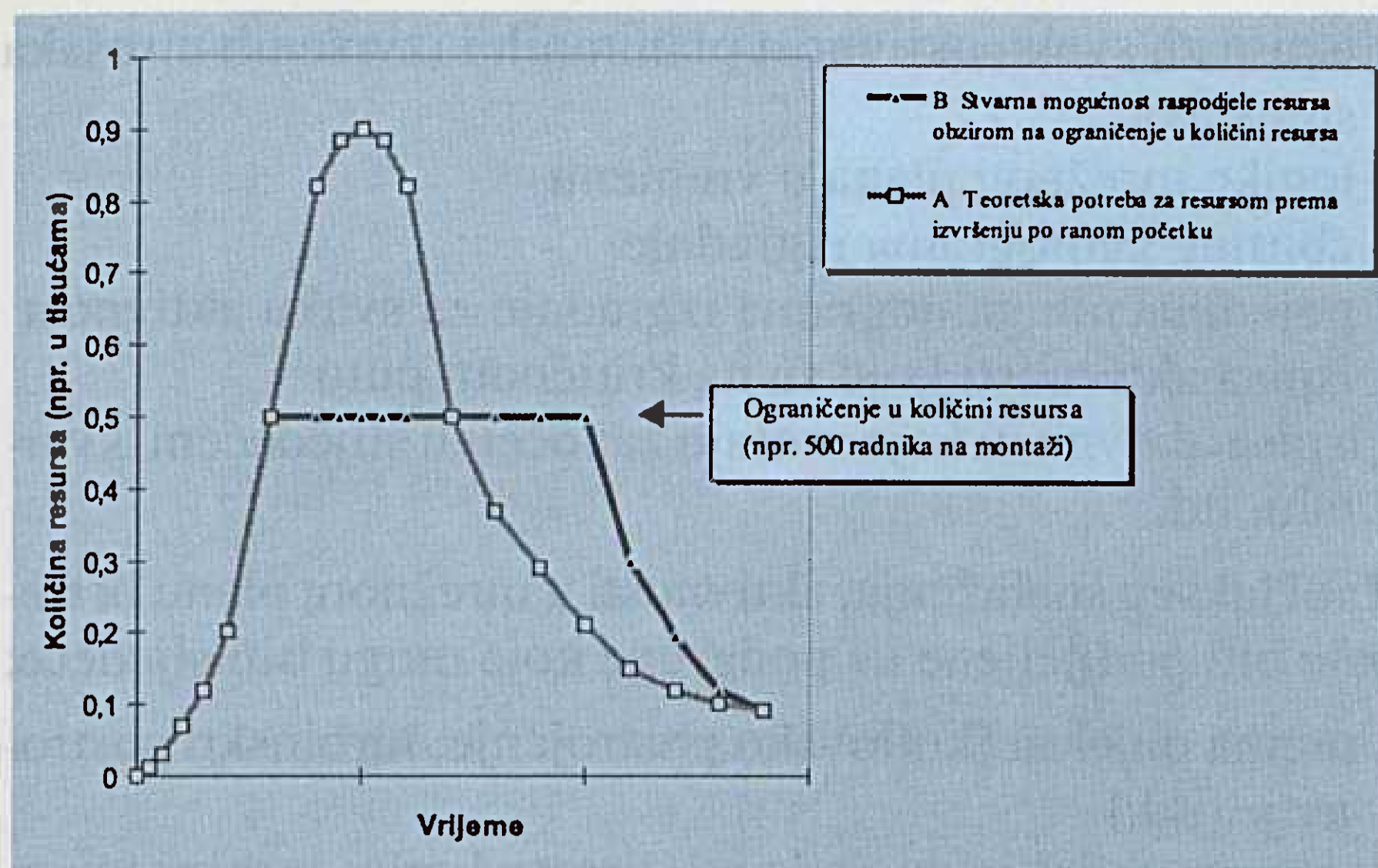
Prvi korak pri izradi mrežnog plana je utvrđivanje opsega poslova, utvrđivanje aktivnosti, utvrđivanje prvotnog trajanja aktivnosti i utvrđivanje logičkih međuveza između pojedinih aktivnosti. Nakon utvrđivanja potrebnih ulaznih podataka, pristupa se izradi mrežnog plana ne uzimajući u obzir bilo kakva ograničenja u resursima. Ovako izrađen mrežni plan imat će vremensku krivulju ranog početka i kasnog početka vrlo razmaknutu (široku), što daje za posljedicu vrlo velike vremenske rezerve aktivnosti i nerealnu poziciju svake aktivnosti u vremenu. (Slika 2., krivulje "A" i "D".)

Zbog toga se pristupa definiranju resursa za aktivnosti i određivanju tehničkih ograničenja za svaki resurs. Aktivnostima se dodjeljuju svi resursi potrebni za potpuno izvođenje pojedine aktivnosti. Na primjer: broj zavarivača, kapacitet građevinskih strojeva, broj i raspoloživost dizalica, potrebne količine materijala po danu izrade itd. Nakon dodjeljivanja resursa ponovno se provodi proračun mrežnog plana, ovoga puta uvažavajući sve fizičke resurse i ograničenja koja se pri tome zahtijevaju.

Posljedica ovakvog proračuna je približavanje vremenske krivulje ranog i kasnog početka izvršenja aktivnosti i smanjenje vremenskih rezervi aktivnosti. (Slika 2., krivulje "B" i "D".)



Slika 2. Način izrade mrežnog plana i utjecaj ograničenja u resursima na vrijeme početka izvršenja



Slika 3. Način optimiranja resursa i utjecaj ograničenja resursa na mrežni plan

Na slici 3. prikazan je način optimiranja resursa i utjecaj ograničenja resursa na mrežni plan. Krivulja "A" definira teoretsku potrebu za resursom prema krivulji ranog početka, dok krivulja "B" definira stvarnu mogućnost raspodjele resursa s obzirom na ograničenja resursa (npr. broj radnika na izvođenju montažnih radova na gradilištu). Površine pod krivuljama "A" i "B" moraju biti jednake.

Paralelno s definiranjem resursa provodi se treći korak pri izradi plana, a to je definiranje troškova i financijskih ograničenja u dinamici osiguranja sredstava. Pri tome specifikacija troškova mora biti tako strukturirana da je moguće jednoznačno povezivanje fizičkih i financijskih pokazatelja.

Nakon sagledavanja potreba za sredstvima i mogućnosti dotoka sredstava izrađuje se nova verzija mrežnog plana koja uvažava sva financijska ograničenja i posebnosti. U slučaju da su financijska ograničenja dominantna, nova verzija mrežnog plana imat će za rezultat daljnje približavanje vremenske krivulje ranog i kasnog početka aktivnosti i daljnje smanjenje vremenskih rezervi aktivnosti. (Slika 2., krivulje "C" i "D"). U krajnjem slučaju ako dotok financijskih sredstava ne prati izvođenje radova niti po krivulji kasnog početka, mora se pristupiti izradi novog plana s novim rokom dovršetka izgradnje koji će u vremenskom mjerilu biti pomaknut udesno.

Ovakvo približavanje vremenske krivulje ranog i kasnog početka i smanjenje vremenskih rezervi smanjuje vjerojatnost ostvarenja rokova s obzirom da mala kašnjenja pojedinih aktivnosti mogu uzrokovati kašnjenja cijelog niza sljedećih aktivnosti i konačnog kašnjenja cijelog projekta.

3. IZRADA MREŽNOG PLANA NA PRIMJERU IZGRADNJE TERMOENERGETSKIH OBJEKATA

3.1. Osnovni podaci o planiranju i praćenju na izgradnji termoenergetskih objekata

Izgradnja termoenergetskih objekata predstavlja, kako tehnološki tako i organizacijski jedan od najsloženijih poslova. Organizaciju izgradnje, kontrolu realizacije i upravljanje gradnjom moguće je kvalitetno obaviti, bez obzira na tip ugovora koji investitor ima sa izvođačem (ugovor "ključ u ruke" ili ugovor "po paketima"), jedino uspostavljanjem investitorove organizacije koju sačinjava grupa stručnjaka organiziranih na principima **project management-a** ili **vođenja izgradnje**.

Osnovna uloga vođenja izgradnje je kontrola troškova, terminskog izvršenja i kvalitete. Implicitno, jedna od osnovnih uloga vođenja izgradnje je pravodobna dijagnostika bilo kojeg problema u realizaciji Projekta, te poduzimanje primjerenih (prema vlastitoj procjeni) pravodobnih akcija.

Stoga je, gledano sa strane investitora, potrebno, odmah po potpisu ugovora s izvođačem, osnovati investitorov tim za vođenje izgradnje, unutar kojega će biti formiran Odjel kontrole projekta. Najvažnije zadaće ovog odjela trebale bi biti:

- priprema i izrada procedura za sustav vođenja izgradnje
- planiranje i praćenje rokova izgradnje
- planiranje i praćenje troškova izgradnje
- izvještavanje o stanju radova, rokova i troškova
- pravodobna dijagnostika bilo kojeg problema tijekom izgradnje, te prijedlog investitorovom rukovodstvu o poduzimanju primjerenih pravodobnih akcija
- koordinacija sa ostalim odjelima unutar investitorovog tima za izgradnju.

3.2. Izrada plana

Tijekom izrade mrežnog plana, prva zadaća Odjela kontrole projekta je izrada mrežnog plana radova izgradnje, koji ovisi o tipu ugovora kojeg investitor ima s izvođačem (izvođačima). Ukoliko je ugovor između investitora i izvođača po sistemu "ključ u ruke" izrađuje se mrežni plan samo na prve dvije razine:

- globalni plan izgradnje (100-150 aktivnosti)
- osnovni plan izgradnje (500-800 aktivnosti),

dok se u slučaju ugovaranja objekta "po paketima" izrađuju sve četiri razine mrežnog plana:

- globalni plan izgradnje (100-150 aktivnosti)
- osnovni plan izgradnje (500-800 aktivnosti)
- detaljni plan izgradnje (1500-2500 aktivnosti)
- operativni planovi izgradnje (5000 i više aktivnosti).

Osnovni princip izrade plana je određivanje i obuhvaćanje svih radova i ulaganja u izgradnju termoenergetskog objekta, te u skladu s time definiranje grupa radova u okviru kojih će se iskazivati fizičko napredovanje izgradnje. Ove grupe aktivnosti obuhvaćaju, osim samih radova, i sva ostala ulaganja u izgradnju objekta, kao što su konzalting usluge i studijski radovi, prethodni i pripremni radovi, carina, transport opreme, troškovi pogonskog osoblja, troškovi zemljišta itd. Jednom riječju, obuhvaćeni su svi radovi i ulaganja koji proizlaze iz sagledavanja cjelokupnog opsega radova i troškova.

Nakon određivanja svih radova potrebnih za puštanje objekta u pogon, potrebno je odrediti duljinu trajanja svake pojedine aktivnosti (terminiranje). Određivanje duljine trajanja aktivnosti provodi se poštujući u potpunosti planove izvođača i poštujući određene normative i iskustvene vrijednosti koje su bile ostvarene tijekom gradnje prijašnjih objekata.

Planiranje i praćenje izgradnje, na bazi fizičkih pokazatelja, temeljeno je na planiranim i ostvarenim efektivnim čovjek-satima. Svođenjem svih radova na istu jedinicu "efektivni čovjek-sat" stvorena je mogućnost sumiranja različitih vrsta radova (koji se inače sami za sebe prikazuju u različitim jedinicama m^3 , m^2 , m , kg , kom , itd.), te sumiranja postotaka izvršenja i prikazivanja planiranog i os-

tvarenog napretka preostalih radova.

Svršetkom terminiranja započinje se sa stvaranjem strukture i logike mreže. Pri tome se nastoji zadovoljiti sve tehničke i tehnološke posebnosti svake pojedine aktivnosti i mreže u cjelini.

Nakon strukturiranja mreže izrađuju se vremenske "S" krivulje fizičkog izvršenja po ranom i kasnom početku aktivnosti. Za odvijanje izgradnje po krivulji ranog početka bila bi potrebna velika sredstva na početku izgradnje, što nije uvijek moguće ostvariti. Za odvijanje izgradnje po kasnom početku aktivnosti, sredstva bi bila usmjerena prema kraju izgradnje, ali bi kašnjenje jedne aktivnosti uzrokovalo kašnjenje izgradnje cjelokupnog objekta. Zbog toga se pristupa izradi "S" krivulja i planske krivulje financiranja i utroška sredstava.

Pored osnovnog resursa novca, razmatraju se i ostali resursi kao što su kapaciteti izvođača, broj djelatnika, mogućnost prihvata opreme na gradilište itd.

Nakon određivanja i usklađivanja svih ograničenja u resursima izrađuje se nova revizija mrežnog plana iz koje slijede svi ključni događaji i rokovi koji prezentiraju osnovni slijed događaja na izgradnji i aktivnosti koje su na kritičnom putu izgradnje.

U skladu s planskom krivuljom utroška sredstava i novim mrežnim planom određuje se planska krivulja vremenskog tijeka izgradnje koja se u pravilu pomiče prema krivulji kasnog početka uspoređujući je s početnim mrežnim planom.

3.3. Prikaz i osnovne značajke osnovnog plana radova (OPR)

Za potrebe planiranja i praćenja izgradnje, kada investitor sklapa s izvođačem ugovor po sistemu "ključ u ruke", primjereno je izraditi osnovni plan radova (OPR) koji sadrži samo osnovne aktivnosti, kojih ovisno o kompliciranosti i veličini objekta ima od 500 do 800.

Aktivnosti u OPR-u mogu biti podijeljene u više grupa, od kojih su osnovne: (1) projektiranje, (2) građevinski radovi, (3) strojarska oprema, (4) elektro oprema, (5) MRU oprema, (6) montaža, (7) puštanje u pogon, (8) ostalo. Stoga se i progres aktivnosti može iskazivati prema navedenim grupama aktivnosti.

Periodična izvješća, koja mogu biti dnevna, tjedna, mjesečna, kvartalna ili godišnja, ovisno o razini izvješćivanja mogu se sastojati iz:

- "S" krivulje izgradnje s ucrtanim napretkom za navedene grupe
- "S" krivulje utroška sredstava s ucrtanim utroškom za navedene grupe
- "S" krivulje izgradnje s ucrtanim napretkom za cjelokupni objekat
- "S" krivulje utroška sredstava s ucrtanim utroškom za cjelokupni objekat
- usporedbe planskog izvršenja navedenih grupa i stvarnog izvršenja
- usporedbe planskog utroška sredstava navedenih grupa i stvarnog utroška
- usporedbe planskog izvršenja cjelokupnog objekta i stvarnog izvršenja
- usporedbe planskog utroška sredstava cjelokupnog objekta i stvarnog utroška
- ispisa za svaku aktivnost planiranih i izvršenih rokova

- ispisa za svaku aktivnost planiranih i izvršenih utroška sredstava
- logike mrežnog plana u vremenu
- zbirnog gantograma izgradnje
- pojedinačnih gantograma izgradnje za svaku aktivnost
- ispisa aktivnosti koje su na kritičnom putu
- ispisa aktivnosti koje moraju započeti u slijedećem kvartalu, itd.

Radi lakšeg snalaženja, aktivnosti u mrežnom planu bi trebale biti podijeljene na podgrupe koje mogu biti sljedeće:

- prema objektu (kotlovsko postrojenje, turbinsko postrojenje, itd.)
- prema podobjektu (cijevni sistem kotla, turbina, kondenzator, itd.)
- prema poziciji (pregrijači pare, ekonomajzer, NT dio turbine, itd.)
- prema struci (strojarska, elektro, MRU, građevinska, protupožarna zaštita, konzalting, itd.)
- prema vrsti radova (ugovaranje, projektiranje, nabava, izrada, montaža, ispitivanja i probe, ishodenje građevinskih dozvola, tehnički pregledi, itd.)
- prema izvođaču radova
- prema odgovornom izvršitelju koji prati pojedinu poziciju unutar investitorovog tima za izgradnju.

Tako će svaku aktivnost u planu biti moguće sortirati na bilo koji način unutar gore navedenih razina sortiranja, tako da je moguće dobiti bilo koji od željenih izvješća, npr. izvješće o stanju radova na objektu "A", podobjektu "B", poziciji "C", strojarske struke, na poslovima montaže, izvođača "X" i za odgovornog izvršitelja unutar investitorovog tima za izgradnju "Y".

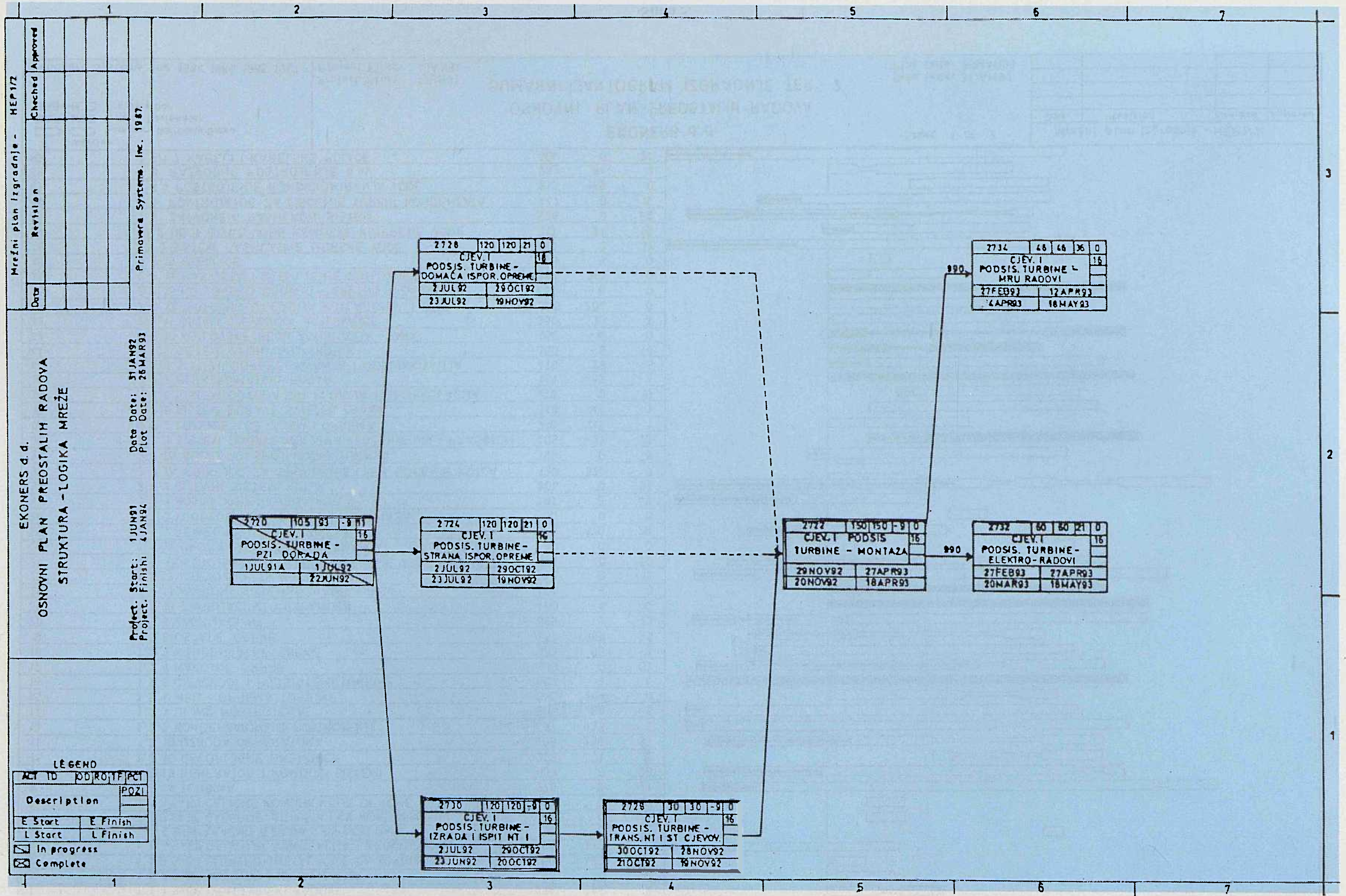
3.4. Programska podrška

Programski (softverski) paketi omogućuju brzu izradu, reviziju i praćenje plana kao i izradu raznih tabelarnih izvješća i slikovnih pregleda na bilo kojemu poslu na izgradnji objekata.

Programskim paketima moguće je za pojedine dijelove mrežnog plana izrađivati detaljne mrežne planove koji predstavljaju razradu pojedinih aktivnosti iz osnovnog mrežnog plana. Ove pojedinačne mreže obrađuju se i prate neovisno od osnovnog mrežnog plana s time da programski paket na razini osnovnog mrežnog plana za dotičnu aktivnost koristi podatke i rezultate obrade dobivene iz detaljnog plana za tu aktivnost.

Radi boljeg pristupa podacima (tj. aktivnostima iz plana) moguće je aktivnosti kodirati. Kodiranje je proizvoljno, npr. prema objektu, vrsti posla, izvođaču ili drugome. Kodiranje omogućava izradu velikog broja izvješća za raznovrsne zahtjeve planera i rukovodstva.

U planu je moguće definirati i kontrolirati praktično neograničeni broj resursa za pojedinu aktivnost i za kompletan projekt. Unutar pojedinog resursa moguće je definirati normalnu i maksimalnu vrijednost resursa koja se može mijenjati tijekom vremena. Moguće je optimirati i raspoređivati resurse, tako da se odmah vidi razlika između početnog-teoretskog rasporeda resursa i stvarnog rasporeda resursa u okolnostima tijekom izgradnje. Moguće je nadalje imati točan uvid u troškove na projektu i u protok novca tako da u svakom trenutku imamo informaciju o trenutnom utrošku sredstava, potrebnom iznosu za završetak pro-



Slika 4.

jekta, prognozi potrebnih sredstava za završetak i vrijednosti moguće uštede.

Programski paketi omogućuju izradu mrežnog plana uz upotrebu više stotina standardnih izvješća i grafičkih ispisa. Izvješća je moguće selektirati, organizirati i sumirati upotrebljavajući kodove resursa ili kodove aktivnosti.

4. ZAKLJUČAK

Planiranje i praćenje radova na izgradnji bilo kojeg objekta, pa i naizgled jednostavnih i malih, predstavlja osnovu za uspješan tehnički i financijski završetak izgradnje.

Posebno, izgradnja termoenergetskih objekata predstavlja, kako tehnološki tako i organizacijski, jedan od najsluženijih poslova. Stoga je posebno važno unutar investitorovog tima za vođenje izgradnje organizirati odjel planiranja i praćenja koji će kontinuirano planirati, pratiti i izvješćivati sve sudionike u izgradnji, a posebno investitora o stanju na izgradnji objekta. Pored kontrole troškova i terminskog izvršenja, jedna od osnovnih zadaća je i pravodobna dijagnostika bilo kojeg problema tijekom izgradnje, te poduzimanje primjerenih pravodobnih akcija. Stoga je sustavnim praćenjem izgradnje od strane investitora jedino moguće stvarno pratiti izvođače i njihove aktivnosti.

Pogreške koje nastaju uslijed vođenja izgradnje bez planiranja i praćenja su redovito sa vrlo lošim posljedicama. Ovakav način izgradnje redovito se susreće sa znatnim prekoračenjem rokova izgradnje, obveznim financijskim prekoračenjem, a svakako se reflektira i na kvalitetu izgrađenog postrojenja.

Posebno je važno istaknuti da je planiranje i praćenje izgradnje od strane investitora potrebno provoditi neovisno o tipu ugovora kojeg investitor ima s izvođačem, "ključ u

ruke" ili ugovaranje "po paketima", čime se jedino mijenja veličina plana i broj aktivnosti koje se prate.

Stoga je planiranje i praćenje izgradnje neizostavan kontinuirani proces koji bi trebao započeti još u ranim fazama pripreme projekta (već prije izrade investicijskog programa), a završiti posljednji, nakon svršetka izgradnje.

LITERATURA

- [1] Ekonerg: Osnovni plan preostalih radova na izgradnji termoelektrane TE Plomin 2, Izvješća o stanju preostalih radova tijekom perioda 6.1991. - 2.1993.
- [2] Primavera Project Planer, Reference Manual

NETWORK PLANNING AND PROCEDURE OBSERVATION DURING PLANT CONSTRUCTION

Scope, tasks and application of the planning process and procedure observation following major construction projects as well as the network planning as described.

NETZPLANUNG UND NACHFOLGE DER ERRICHTUNGSARBEITEN AM OBJEKT

Beschrieben werden Zweck, Aufgaben und Anwendungsart des Processes der Planung und der Nachfolgung der Ausbauarbeiten im Laufe der Ausführung grösserer Objekte, sowie die Anwendung des Netzplanungsverfahrens.

Naslov pisca:

Nevenko Hladki, dipl.inž.
EKONERG - Institut za energetiku
i zaštitu okoliša d.o.o.
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-06-09.

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

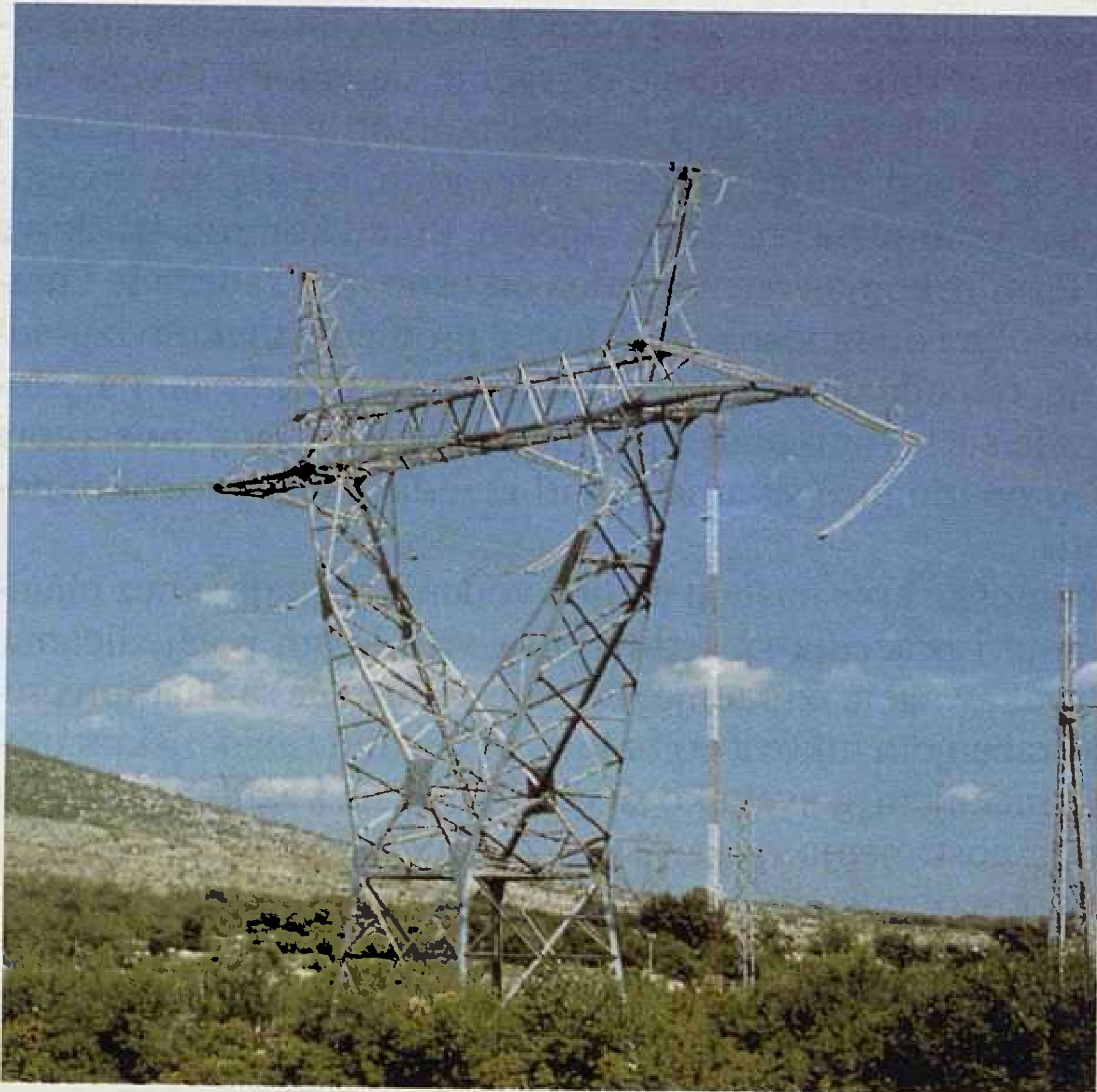
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzoi i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO — 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

*has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance
Limited to the following quality management system standards:*

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

**Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.**

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval
Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998


on behalf of LRQA

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++385-1-530-606, 511-754

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

PRILOG IZBORU GRUPE SPOJA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA 110/10(20) kV

Mr. Elio Sterpin - Enio Bugarin, Pula

UDK 621.314.21
STRUČNI ČLANAK

Prikazuju se prednosti izbora transformatora 110/10(20) kV u spoju YN,d5 pred transformatorom u spoju YN,ynO,d5, glede prelaska na 20 kV napajanje i uzemljenje sekundarne nultočke, te pogonska iskustva sa takvim uzemljenjem. Prikazan je i primjer djelomičnog prelaska na 20 kV napajanje u TS 110/35 Raša.

Ključne riječi: grupa spoja transformatora, uzemljenje nultočke, prelazak na 20 kV napajanje

UVOD

Gotovo sve distribucije u Hrvatskoj opredijelile su se za uvođenje direktne transformacije 110/20 kV. Kod izbora grupe spoja ovih transformatora po tipiziranoj TS 110/x, ostavljene su dvije mogućnosti: ili spoj YN,yn0,d5 ili spoj YN,d5.

Dosadašnja praksa prelaska na direktnu transformaciju favorizirala je ugradnju transformatora grupe spoja YN,yn0,d5. Kod ove grupe spoja omogućeno je neposredno uzemljenje zvjezdišta sekundara transformatora preko djelatnog otpora. Vektor sekundarnog napona nema faznog pomaka prema primarnom naponu (grupa 0). Tercijarni napon u trokutu daje izlazni napon 10 kV, a služi kao stabilizacijski namot za kompenzaciju nulte komponente struje kod jednopolnih kvarova. Postoji i mogućnost terećenja tercijara sa jednom trećinom snage, pa se dobije transformator 110/20/10 kV koji po izlaznim naponima odgovara prijelaznom periodu u toku postupnog uvađanja 20 kV napona. Vektor tercijarnog napona ima fazni pomak od 150° (grupa 5) prema primarnom naponu i odgovara današnjem faznom pomaku 10 kV mreža. Zbog trokuta na tercijaru, nema mogućnosti neposrednog uzemljenja zvjezdišta.

Transformatori u spoju YN,d5 imaju fazni pomak napona sekundara za 150° prema primaru, a nemaju posebno izveden stabilizacijski namot jer tu funkciju preuzima sekundar spojen u trokut. Sekundar je obično izveden kao dvodijelni, tako da postoji mogućnost prespajanja namota na 10 kV ili 20 kV napon. Nema mogućnosti neposrednog uzemljenja zvjezdišta sekundara, već se to čini preko posebnog transformatora za uzemljenje. Vladala je bojazan da uzemljenje nultočke kod ovakvog transformatora poskupljuje investiciju, a pogon uzemljenja nultočke čini nepouzdanim. Pozitivna iskustva u praksi "Elektroistre" demantiraju takva razmišljanja, o čemu će biti riječi u nastavku.

Ovo je jedan aspekt problematike izbora grupe spoja transformatora. Drugi aspekt je problematika uvođenja 20 kV napona u distributivnu mrežu. Ovaj se napon tek počeo uvođiti kod nas, a taj proces će trajati jako dugo, možda i 20-

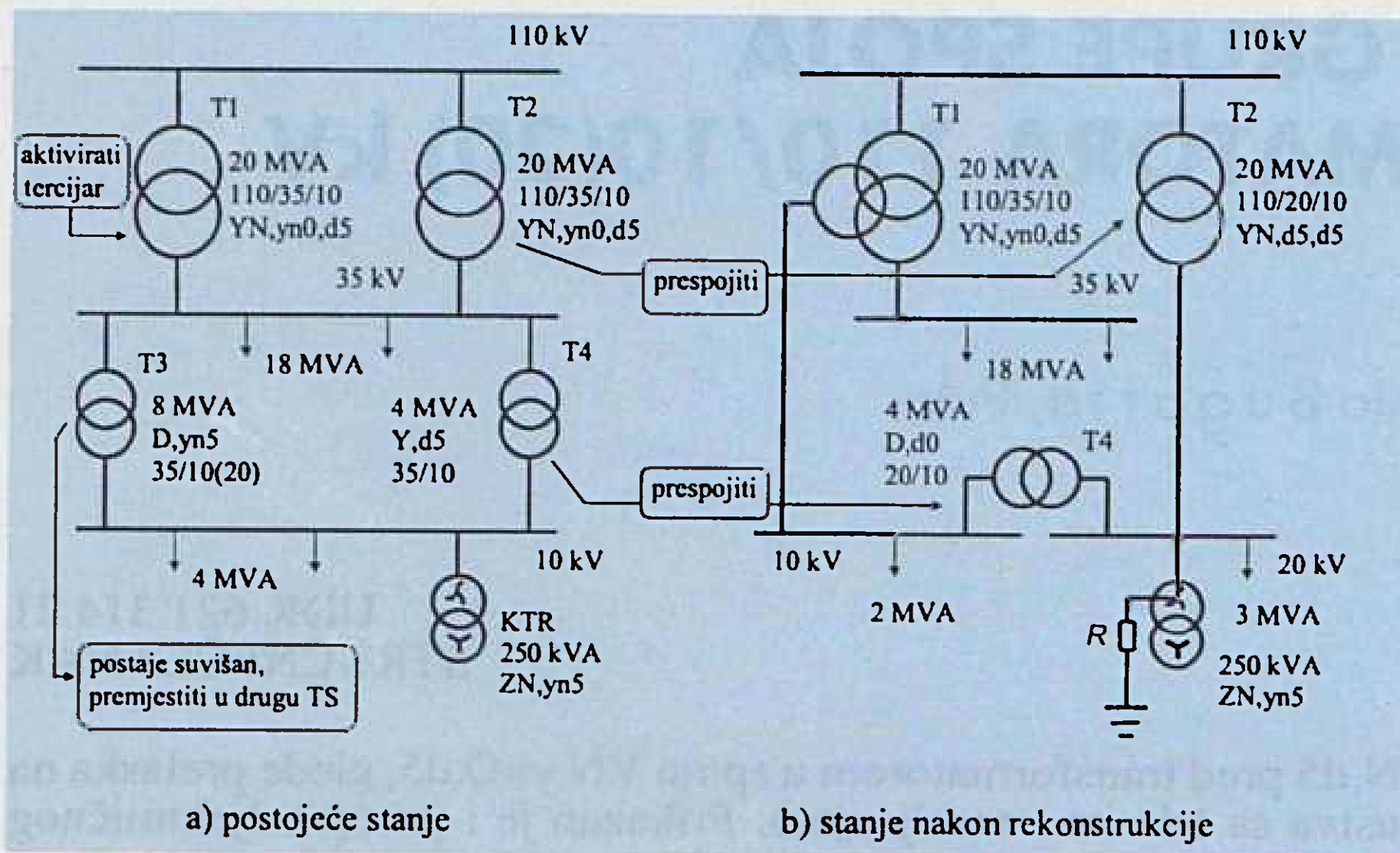
godina. U cijelom periodu egzistirat će paralelno jedan pored drugog i napon 10 kV i napon 20 kV. Postavlja se pitanje međusobne ispomoći ova dva sustava napona i u izvoru (transformator) i iz mreže. Problem se mnogo lakše rješava kad su vektori faznog pomaka napona obje mreže jednaki, tj. kad on iznosi 150° prema primarnom naponu, odnosno kad su srednjenaponski izlazi transformatora u grupi spoja 5.

PROBLEMATIKA UZEMLJENJA NULTOČKE KOD TRANSFORMATORA U SPOJU YN,d5

Uzemljenje 10(20) kV nultočke mreže preko malooskog otpornika kod transformatora 110/10(20) kV u spoju YN,d5 izvodi se preko posebnog transformatora za uzemljenje 10(20)/04 kV u spoju ZN,yn5, snage 250 kVA. Primar transformatora u cik-cak spoju služi kao umjetno zvjezdište u koje se preko učinskog rastavljača spaja malooski otpornik. Obično se za tu namjenu koristi kućni transformator. Ovakav spoj uzemljenja nultočke 10(20) kV ima cijeli niz prednosti:

1. Lakše održavanje postrojenja malooskog otpornika, jer kod rada na otporniku ne treba isključivati energetski transformator već samo kućni transformator.
2. Lakše upravljanje rastavljačem malooskog otpornika, jer ne treba isključivati energetski transformator već samo kućni transformator.
3. Pogon energetskog transformatora je neovisan o uzemljenju nultočke (kvar na postrojenju otpornika ne utječe na rad energetskog transformatora).
4. Selektivniji rad relejne zaštite koja djeluje primarno na prekidač kućnog transformatora pa tek u drugom stupnju na prekidač energetskog transformatora.
5. Kabelsko povezivanje malooskog otpornika i kućnog transformatora je jednostavnije. Smještaj otpornika je u podrumskom dijelu neke ćelije (npr. spojno polje), a kućni transformator je također smješten u podrumskom dijelu svoje ćelije. Kabelska veza kućni transformator-otpornik je kratka i jednostavna. Ovo naročito dolazi do

izražaja kod rekonstrukcija TS 110/35 kV u TS 110/10(20) kV, kad obično nema dovoljno smještajnog prostora i kad su postojeći energetske kanali neprilagođeni za novo stanje.



Slika 1. Pojednostavnjeni prikaz djelomičnog prelaska na 20 kV napajanje u TS 110/35 kV Raša

PROBLEMI PRIJELAZNOG PERIODA

Već je istaknuto da će prelazak na 20 kV napajanje trajati dugo. Sva nova oprema koja se u zadnjih 20-tak godina ugradila dimenzionirana je za 20 kV napon. Kod svih rekonstrukcija ugrađuje se 20 kV oprema. Kad količina 20 kV opreme prijeđe neku kritičnu masu i kad se pojave problemi sa velikim padovima napona u 10 kV mreži, mora se prijeći na 20 kV napajanje. Obično se to izvodi tako da se u trafostanici 35/10 kV izvedu odgovarajući zahvati i ona postane TS 35/20 kV. Zbog opsega poslova u mreži taj prelazak se izvodi u etapama, nizom parcijalnih prelazaka. Do kraja prelaska jedan transformator treba zadržati na naponu 35/10 kV. Pri tom treba voditi računa o rezervnom napajanju i 10 kV i 20 kV mreže. Kad više takvih trafostanica prijeđe na 20 kV napajanje i kad zbog porasta opterećenja nastanu problemi zbog nemogućnosti povećanja instaliranih snaga, potrebno je izgraditi trafostanicu 110/20 kV. Međutim zbog specifičnosti pojedinih mreža mogući su i razni drugi scenariji prelaska na 20 kV napajanje sa raznim međurješenjima. Pri tom se redovito dešava da u mreži istodobno imamo potrebu i za napajanjem po naponu 35 kV, 20 kV i 10 kV. Te se mreže međusobno dodiruju i postoji potreba da jedna drugoj služe kao ispomoć. Da bi cijeli sustav u prijelaznom periodu sigurno obavljao svoju funkciju, od iznimne je važnosti dobar odabir grupa spojeva svih novih transformatora 110/x koji se interpoliraju u postojeću mrežu da bi spajali ove mreže raznih naponskih nivoa.

Svi postojeći 10 kV naponi dobiveni preko dvostruke transformacije 110/35 kV i 35/10 kV imaju fazni pomak od 150° prema na ponu 110 kV. Isti pomak ima i 10 kV naponom dobiven iz tercijara transformatora 110/35/10 kV. Prema tome potrebno je da i 10 kV napon dobiven iz direktne transformacije 110/10 kV ima isti fazni pomak, a to je moguće samo izborom grupe spoja YN,d5.

Svi 20 kV naponi dobiveni preko dvostruke transformacije 110/35 kV i 35/20 kV imaju također fazni pomak od 150° prema naponu 110 kV. Prema tome potrebno je da i 20 kV napon dobiven iz direktne transformacije 110/20 kV ima isti fazni pomak, a to je moguće opet samo izborom grupe spoja YN,d5.

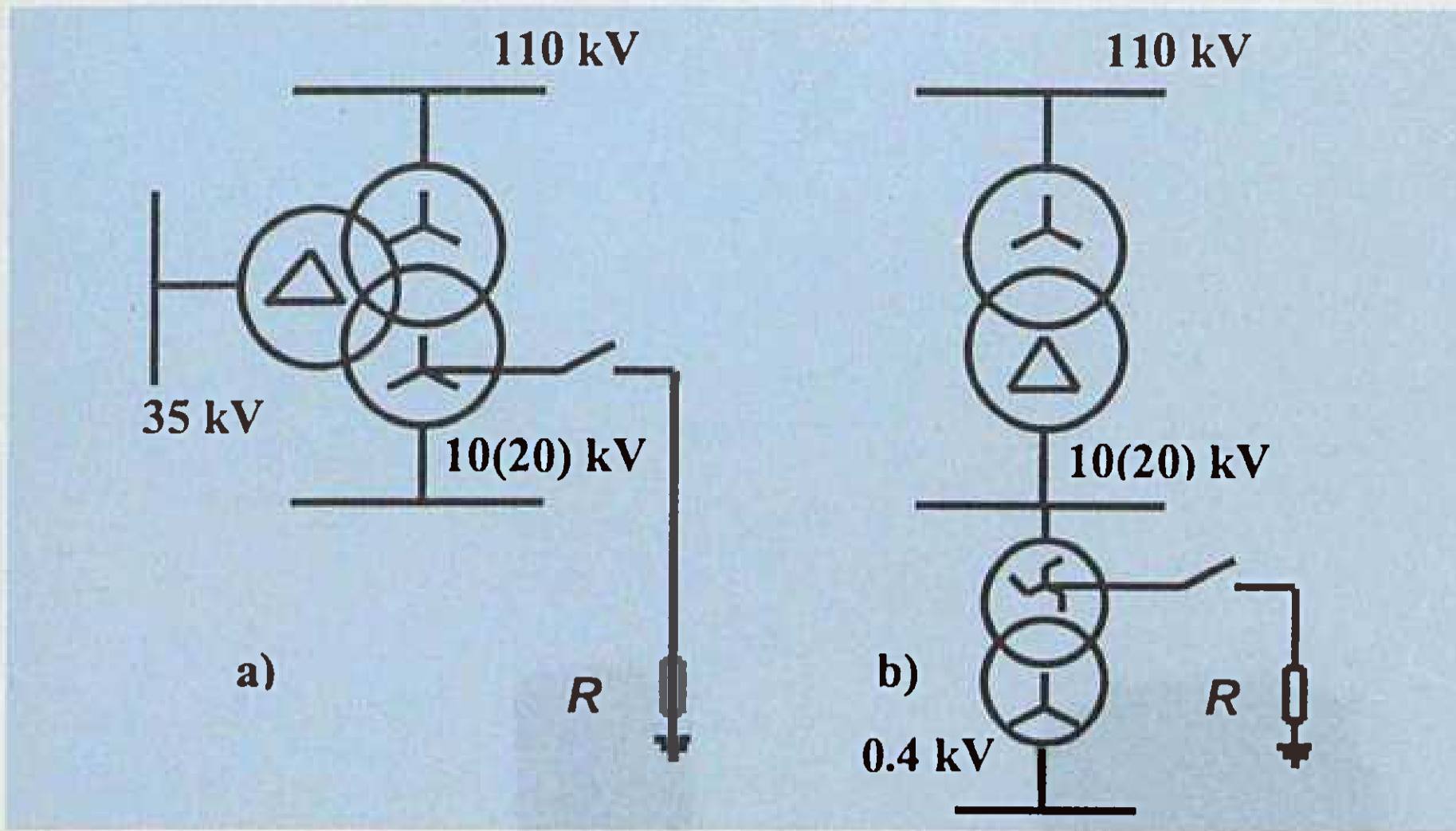
Time se ostvaruje mogućnost paralelnog rada 10(20) kV mreže napajane iz direktne transformacije 110/10(20) kV, sa mrežama koje se napajaju iz susjednih TS 35/10(20) kV. Ovaj je zahtjev vrlo važan zbog potreba besprekidnog napajanja potrošača kod manipulacija u mreži. U protivnom postoje rizici krivih manipulacija sa mogućim velikim štetama na postrojenju. Ovakvim rizicima bili bi izloženi kroz veoma dugo razdoblje, sve dok se u potpunosti ne uvede direktna transformacija.

Treba uočiti da sve mreže 10 kV i 20 kV dobivene bilo kojom kombinacijom transformacije uvijek imaju međusobni fazni pomak napona od 0° . Zbog međusobne ispo- moći ove se mreže vrlo lako mogu povezati međutransformatorom 20/10 kV u spoju Dd0. Takav transformator lako se dobije prespajanjem transformatora 35/10 kV, grupe spoja Yd5 (koja je danas napuštena) i kojih sigurno ima u svakoj distribuciji. Potrebno je samo prespojiti 35 kV primar iz zvijezde u trokut, što je jednostavan zahvat bez rastavljanja jezgre transformatora. Ovime se postiže i obostana rezerva u transformaciji i besprekidnost u napajanju. U protivnom, kad naponi mreža 10 kV i 20 kV imaju fazni pomak, potrebno je za ovu namjenu nabaviti novi transformator 20/10 kV u spoju Dy5, što su daleko veći troškovi.

Prednosti glede kompatibilnosti faznog pomaka mreža raznih naponskih nivoa smatrale su se kratkoročnim, jer kad se nakon prelaznog perioda konačno uvede direktna transformacija 110/20 kV, ove prednosti će nestati. Mišljenja smo da ovaj argument nije dobro valoriziran, jer se problemu prelaska na direktnu transformaciju 110/20 treba dati izniman značaj. Taj prelazak će trajati dugo vremena, izvodit će se u više etapa sa raznim međurješenjima, a svo to vrijeme tražit će se maksimalna pouzdanost pogona. Izbor transformatora grupe YN,d5 čini prelazak na direktnu transformaciju vrlo pouzdanim, a pored toga i mnogo jeftinijim.

PRERADA POSTOJEĆIH TRANSFORMATORA 110/35/10 kV

Značajan dio troškova kod prelaska na 20 kV napajanje u TS 110/35/10 kV predstavlja nabavka novog transformatora ili prerada postojećeg. Ako je svrha prerade dobivanje transformatora 110/20/10 kV u spoju YN,y0,d5, potrebno je rastaviti jezgru transformatora, izvaditi 35 kV namot i na isto mjesto ugraditi novi 20 kV namot, što je veoma složen zahvat. Tercijarni namot ostaje kao stabilizacijski namot. U varijanti koja se ovdje predlaže sa transformatorom u spoju YN,d5, potrebno je samo prespojiti postojeći 35 kV namot iz zvijezde u trokut, čime se dobije za $\div 3$ manji izlazni napon, odnosno 20 kV. Tercijarni namot više nije potreban za kompenzaciju struja jednopolnog kratkog spoja, jer njegovu funkciju preuzima 20 kV namot spojen u trokut, ali može ostati ako je u trafostanici zbog postupnog prijelaza na 20 kV napon, još neko vrijeme potrebno zadržati i 10 kV napon. Gledano troškovno, ovakvo prespajanje stoji cca 50.000 DEM, dok prerada prethodnog transformatora stoji cca 150.000 DEM, a nabavka novog transformatora cca 550.000 DEM. Prespajanjem transformatora dobije se jedinica sa boljim naponskim karakteristikama, i postiže se korištenje transformatora do kraja njegove životne dobi.



Slika 2. Uzemljenje zvjezdišta preko malooskog otpornika: a) preko zvjezdišta energetskog transformatora, b) preko umjetnog zvjezdišta primara kućnog transformatora

Predlaže se kod nabavke novih transformatora 110/35/10 kV da oni već budu prilagođeni prespajanju sekundara sa 35 kV na 20 kV napon po poklopcem, na način da se zbog tog prespajanja transformator ne mora voziti u tvornicu.

NABAVKA NOVIH TRANSFORMATORA 110/10(20) kV

Transformator u spoju YN,d5 jednostavnije je izvedbe, nema tercijarni namotaj i zbog toga je jeftiniji za 4-6% od transformatora u spoju YN,yn0,d5. U pogonu su takvi transformatori pouzdaniji jer imaju jedan namotaj manje, a zbog toga što se zvjezdište uzemljuje izvan transformatora, otpadaju sve neugodnosti kojom jednopolni kratki spojevi utječu na energetski transformator.

PRIMJER REKONSTRUKCIJE TS RAŠA

Sve nabrojene prednosti ili njihove kombinacije iskorištene su ili se planiraju iskoristiti u novijim rješenjima energetskih postrojenja na području "Elektroistre".

Kao primjer promišljene i racionalne, a nadasve jeftine rekonstrukcije postrojenja, radi djelomičnog prelaska na 20 kV napajanje navodimo primjer rekonstrukcije TS 110/35 kV Raša. Tri transformatora 110/35/10 kV bila su u spoju YN,yn0,d5 bez terećenih tercijara. Unutar kruga TS smještena je i TS 35/10 kV u kojoj su bila dva transformatora od 4 MVA (Y,d5) i 8 MVA (D,yn5). Pojavio se novi potrošač od 1 MW na udaljenosti od 4 km od TS. Postojeća 10 kV mreža ne bi mogla podnijeti takav teret zbog velikih padova napona. Postojala su dva rješenja: ili izgraditi novi 4 km dugi vod u vrijednosti 280.000 DEM, ili sa dijelom postojeće mreže prijeći na 20 kV napajanje. Ocijenjeno je da će prelazak na 20 kV napajanje biti jeftinije, da je to perspektivno rješenje sukladno dugoročnoj orijentaciji "Elektroistre" i rješenje koje daje 4 puta manje padove napona.

Obje transformacije 35/10 su se ukinule. Izvor 10 kV napona postao je tercijar jednog transformatora 110/35/10 kV u spoju YN,yn0,d5, a izvor 20 kV napona postaje dru-

gi transformator koji se prespaja u 110/20/10 kV grupe spoja YN,d5,d5. Međusobna ispomoć za 10 kV i 20 kV napon postaje međutransformator 20/10 kV, grupe spoja D,d0, koji se dobiva prespajanjem primara postojećeg transformatora 35/10 kV. Naponi 10 i 20 kV nemaju faznog pomaka i omogućeno je besprekidno napajanje kod svih manipulacija uz izbjegnut rizik krivih manipulacija. Pored svega, jedan transformator 35/10(20) kV postaje slobodan i seli se u drugu trafostanicu.

Svi zahvati na transformaciji prikazani su na pojednostavljenoj shemi u prilogu. Treći transformator 110/35 kV ostao je nepromijenjen, i služi kao rezerva za 35 kV napon (nije prikazan na slici).

ZAKLJUČAK

Prikazane su prednosti odabira transformatora 110/10(20) kV u spoju YN,d5 pred transformatorom u spoju YN,yn0,d5. Njegove prednosti su:

1. Manja nabavna cijena
2. Veća sigurnost u pogonu
3. Kompatibilnost njegovih izlaznih napona 20 kV i 10 kV sa naponima 20 kV i 10 kV dobivenih iz starih sustava transformacije
4. Jednostavnija mogućnost etapnog prelaza na 20 kV napajanje
5. Jeftinija prerada postojećih transformatora iz starog sustava u novi dvonaponski sustav

A CONTRIBUTION TO THE CHOICE OF 110/10(20) kV ENERGY TRANSFORMER CONNECTION GROUP

Advantages of transformer choice 110/10(20) kV in connection YN,d5 compared to transformer in connection YN,yn0,d5 are given, considering the change to 20 kV supply and grounding of the secondary zero-point as well as the experience with that type of grounding. The example of partial change to 20 kV in the transformer station Raša 110/35 kV is given.

EIN BEITRAG ZUR AUSWAHL DER SCHALTGRUPPE DES 110/10(20) kV- LEISTUNGSMSPANNERS

Bezüglich des Überganges auf die 20 kV-Einspeisung und der Erdung des sekundären Nullpunktes sowie den Betriebserfahrungen mit dieser Erdung werden die Vorteile der Bevorzugung eines Umspanners 110/11(20) kV in YN,d5 Schaltung gegenüber einem solchen in YN,yn0,d5 Schaltung vorgezeigt. Dargestellt ist auch ein Beispiel des teilweise durchgeführten Überganges auf die 20 kV-Einspeisung im 10/35 kV-Umspannwerk 1 in der Ortschaft Raša.

Naslov pisaca:

Mr. Elio Sterpin, dipl. ing.
Enio Bugarin, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
DP "Elektroistra" Pula
Vergerijeva 10,
52 100 Pula, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-03-05.



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA

PRETVORNICI UMJESTO STRUJNIH I NAPONSKIH TRANSFORMATORA?

Dr. sc. Dušan Vujević, Zagreb

UDK 621.314.2
PREGLEDNI ČLANAK

Posljednjih desetljeća sve se više koristi elektronička oprema za mjerenje, zaštitu i nadzor u energetske postrojenjima. Strujni i naponski transformatori s feromagnetskom jezgrom, prikladni za elektromehaničku opremu, imaju značajno veće normirane vrijednosti nazivne snage i sekundarnih veličina (struja, napon) od onih vrijednosti koje zahtijeva suvremena elektronička oprema. Stoga se već dulje vrijeme razvijaju novi, tzv. nekonvencionalni, transformatori bez feromagnetske jezgre, koji se nazivaju i pretvornicima, sukladni elektroničkoj opremi. Pretvornici koji su se pokazali najboljima već se iskušavaju u praksi, pa se u bližoj budućnosti, nakon donošenja odgovarajućih normi, može očekivati njihova veća uporaba u postrojenjima. Takav razvoj posebice je potaknut promjenama u organizaciji proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energija, tzv. deregulaciji, u industrijskim razvijenim zemljama.

Ključne riječi: strujni transformator, naponski transformator, nekonvencionalni transformator, strujni i naponski pretvornik.

1. UVOD

Posljednje desetljeće ovog stoljeća znakovito je po organizacijskim, ekonomskim, tehnološkim i tehničkim promjenama. Nestaju trgovačke granice između pojedinih država Europe (Europska zajednica), tržište je otvoreno i globalno, uvode se nove tehnologije itd. Istodobno se surađuje i potiče natjecanje, pa je tako nastala i kovanica “coopetition” od “cooperation” (suradnja) i “competition” (natjecanje). To bi trebalo dovesti do snižavanja cijena i povećanja kakvoće dobara. Kako je električna energija jedan od ulaznih troškova, cijene se proizvoda i usluga ne mogu snižavati bez sniženja cijene električne energije. Unatoč tomu što električna energija nije kao ostali proizvodi, došlo se do zaključka da se i ona mora naći na otvorenom tržištu, izložena natjecanju. Vjeruje se da bi se time uz sniženje cijena postigla veća pouzdanost, učinkovitost i kakvoća opskrbe električnom energijom. Stoga je u tehnološki razvijenim zemljama, npr. SAD i većini država Europe, sustav proizvodnje prijenosa i distribucije električne energije reorganiziran, ili će to biti u najbližoj budućnosti [1] [2] [3] [4].

Cilj reorganizacije je da se dosadašnja vertikalna povezanost (proizvodnja, prijenos i distribucija) pretvori u horizontalnu. Taj se postupak naziva deregulacijom. Ukidaju se ekskluzivna prava elektroprivrednih poduzeća na pojedini dio teritorija ili čitavu državu, a svi velepotrošači i neovisni proizvođači, kao i trgovci električnom energijom, imat će pristup prijenosnoj i (ili) distributivnoj mreži. Po takvoj koncepciji, proizvođači i dobavljači električne energije bit će na tržištu izloženom konkurenciji, a međusobno povezani monopolom prijenosa, jer izgradnja paralelnih prijenosnih sustava nije ekonomski opravdana.

U takvom ozračju proizvođači i prijenosnici električne energije moraju, među ostalim, modernizirati postrojenja kako bi, uz povećanu pouzdanost i kakvoću, snizili cijenu.

U opremu koju valja modernizirati nalaze se strujni i naponski transformatori kao važne sastavnice svakog elektroenergetskog postrojenja.

Opremu u transformatorskim stanicama možemo razvrstati u primarnu i sekundarnu. Primarna oprema su npr. rastavljači, sklopke, naponski i strujni transformatori itd., a sekundarna ona koja služe za zaštitu, nadzor i mjerenje je npr. releji, mjerni instrumenti itd.

Tradicionalno se primarna i sekundarna oprema promatrala i razvijala odvojeno. Električna veza između njih ostvarivala se, i još uvijek ostvaruje, galvanski (bakrenim vodičima). U težnji da se smanje troškovi i poveća pouzdanost nastoji se ta dva sustava spojiti. Tako se npr. u dosadašnjim, tzv. konvencionalnim sustavima, izoliranim sumpornim heksafluoridom (SF₆), veza između primarne i sekundarne opreme ostvarivala galvanski [5]. U bližoj budućnosti takva će postrojenja koristiti elektroničke sklopove za zaštitu i mjerenje, koji će biti međusobno povezani svjetlovodima i upravljani računalom tako, da će samo dio sekundarne i primarne opreme biti galvanski povezan. U daljnjoj budućnosti u tzv. inteligentnim sustavima koristit će se digitalni (numerički) releji, a preostale žičane veze zamijenit će se svjetlovodima [5]. Time će se srušiti granice između primarnog i sekundarnog dijela, a A/D (analogno digitalni) pretvornici, fizički će se integrirati s primarnim sastavnicama sustava.

Svjetlovodi se, u usporedbi s vodičima, odlikuju malim dimenzijama i masom, vrsnim dielektričkim značajkama, velikim kapacitetom prijenosa informacija i neosjetljivošću na elektromagnetske smetnje. Njihova primjena je od velikog značaja, jer se u postrojenjima treba pratiti veliki broj parametara pri visokoj razini elektromagnetskih smetnji. Stoga se već dulje vrijeme svjetlovodi u elektroenergetskim postrojenjima koriste za informatičku podršku. Postojeći strujni i naponski transformatori s feromagnetskom jezgrom, koji se nazivaju i konvencionalnim, niz go-

dina nisu sukladni (kompatibilni) s elektroničkim instrumentima i ostalim suvremenim sustavima koji se koriste. Naime, nazivne su sekundarne veličine (struja, napon) kao i nazivna snaga konvencionalnih transformatora značajno veće od onih iznosa koje zahtijeva suvremena mjerna i zaštitna oprema. Unatoč tomu danas je u praksi uobičajeno da se elektronički mjerni i zaštitni uređaji priključuju na konvencionalne transformatore.

2. KONVENCIONALNI STRUJNI I NAPONSKI TRANSFORMATORI

Strujni i naponski transformatori s feromagnetskom jezgrom rabe se od vremena kada se počeo koristiti visoki napon u prijenosnim sustavima, a tomu je, jamačno, jedno stoljeće. Tijekom desetljeća ti su se transformatori usavršavali tako da su prije desetak godina dosegli svoj vrhunac, pa se posljednjih godina nisu bitno mijenjali. Temeljne su im značajke: pouzdanost, stalni prijenosni omjer i neovisnost o pomoćnom napajanju. Međutim, imaju isto tako i niz nedostataka, posebice oni za više napone punjeni uljem: podložnost eksplozijama, s požarom koji mogu oštetiti susjednu opremu i onečišćiti okoliš uljem, relativno mali dinamički opseg struje zbog zasićenja jezgre, ferorezonancija, utjecaj smetnji u vodovima sekundarnog kruga, uski frekvencijski pojas, itd.

Najveći od ovih nedostataka je zasićenje jezgre strujnog transformatora istosmjernom sastavnicom struje pri kratkim spojevima. Ako transformator nije izabran prema propisima (IEC norma 44-6 odnosno 60044-6), mogu nastati problemi u radu relejne zaštite. Zasićenje jezgre nastoji se smanjiti različitim konstruktivnim zahvatima, npr. zračnim rasporedom u jezgri [6]. Ferorezonancija, pak uzrokuje prenapone, koji mogu biti opasni za visokonaponsku prijenosnu opremu.

Nadalje, povećanjem nazivnih napona prijenosnih mreža, povećava se obujam, masa, a s time i cijena strujnih i naponskih transformatora s feromagnetskom jezgrom. Stoga se već preko trideset godina nastoji naći prikladna zamjena za te transformatore. Ta nastojanja su pojačana sve većom uporabom elektroničkih instrumenata i sustava za mjerenje, zaštitu i nadzor u elektroenergetskim postrojenjima. Naime, temeljna je značajka elektroničkih sklopova mala ulazna snaga signala (reda veličine 0,1 VA ili manja) potrebna za njihov ispravan rad, što je desetrostruko ili čak stotruko manja od one potrebne za rad elektromehaničkih sustava za zaštitu i mjerenje.

Normirane izlazne razine signala konvencionalnih transformatora su npr. 100/(3 V kod naponskih, odn. 1 A, 2 A i 5 A kod strujnih, a nazivne snage reda veličine od voltampera do deset voltampera. Ta razina signala previsoka je za elektroničke sklopove suvremenih instrumenata, npr. vatmetara i brojila električne energije, pa su se u njih ugrađuju transformatori za prilagođenje, što povećava obujam i cijenu instrumenata.

Tijekom proteklih desetljeća razmatrana su mnoga načela i izvedbe novih, tzv. nekonvencionalnih, transformatora, kako aktivnih, koji trebaju pomoćno napajanje na visokonaponskoj strani, tako i pasivnih, bez pomoćnog napajanja (6). Neka načela i izvedbe pokazali su se manje prikladnim od drugih, ili su u međuvremenu tehnološki zastarjeli, pa su zato odbačeni. Za novije izvedbe, osim

naziva "nekonvencionalni transformator" često se koriste nazivi "pretvornik" (converter, transducer) ili "osjetilo" (sensor), jer se njima pridružuje elektronički sklop (A/D pretvornik) koji mjereni analogni signal pretvaraju u digitalni. Rabićemo naziv "pretvornik", jer većina nekonvencionalnih izvedbi nema transformatora u klasičnom smislu te riječi. Razvoj tih izvedbi odvija se paralelno u više zemalja od SAD, Europe do Japana. Može se očekivati njihova komercijalna proizvodnja u bližoj budućnosti. Nije odbačena niti mogućnost korištenja konvencionalnih mjernih strujnih transformatora. Samo bi trebalo da se nalaze na visokom potencijalu skupa s pretvornikom (osjetilom) signala u svjetlost, koja se svjetlovodom vodi do prijarnika na potencijalu zemlje. Takvi transformatori bili bi manjeg obujma i mase, a time i jeftiniji.

3. PRETVORNICI STRUJE I NAPONA

Pretvornici novije generacije, koji su u postupku ispitivanja, mogu se podijeliti u: hibridne (semikonvencionalne) i optičke. Hibridni se temelje na konvencionalnim, tj. poznatim i prije korištenim elektromagnetskim mjernim postupcima i tehnikama, a optički se temelje na promjeni optičkih značajki pojedinih kristala i drugih materijala u magnetskom i električnom polju. Istraživanja i pokusi s ovim pretvornicima obavljaju se u nizu zemalja [7] [8].

3.1. Hibridni pretvornici

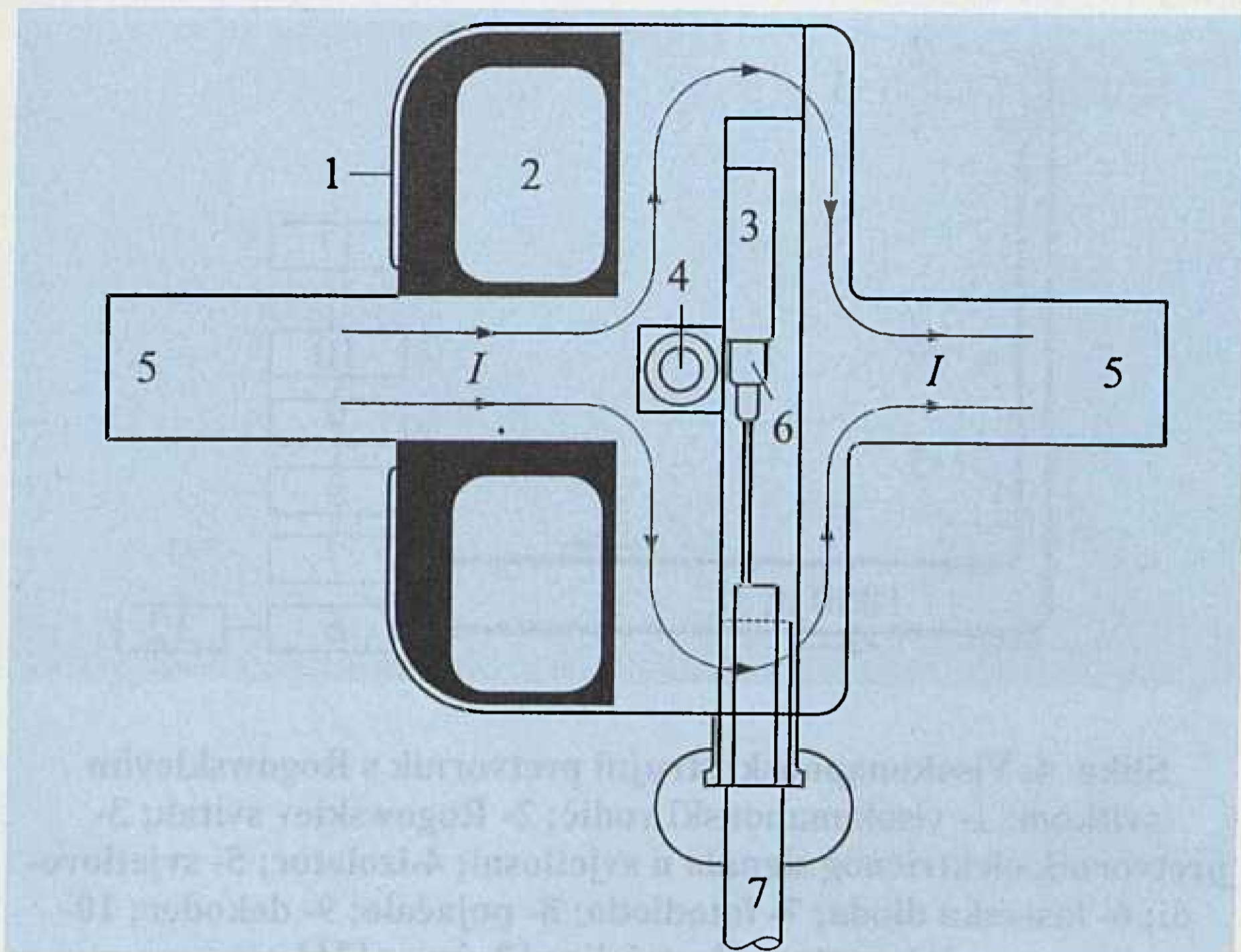
Ovi se strujni i naponski pretvornici temelje na klasičnim induktivnim i kapacitivnim elementima (osjetilima). Oni nude optimalno rješenje u slučajevima kad postoje mali izolacijski razmaci između višenaponskih i uzemljenih dijelova, kao npr. u postrojenjima sa SF6 i postrojenjima srednjeg napona. No, postoje prikladna rješenja i za postrojenja visokog napona. Ovi su pretvornici vrlo jednostavne konstrukcije i mnogo manjeg obujma u usporedbi s odgovarajućim konvencionalnim transformatorima. Neki od njih istodobno zamjenjuju strujni i naponski transformator, tj. u istom kućištu nalaze se oba pretvornika, što je svrhovito.

3.1.1. Strujni pretvornik s konvencionalnim transformatorom

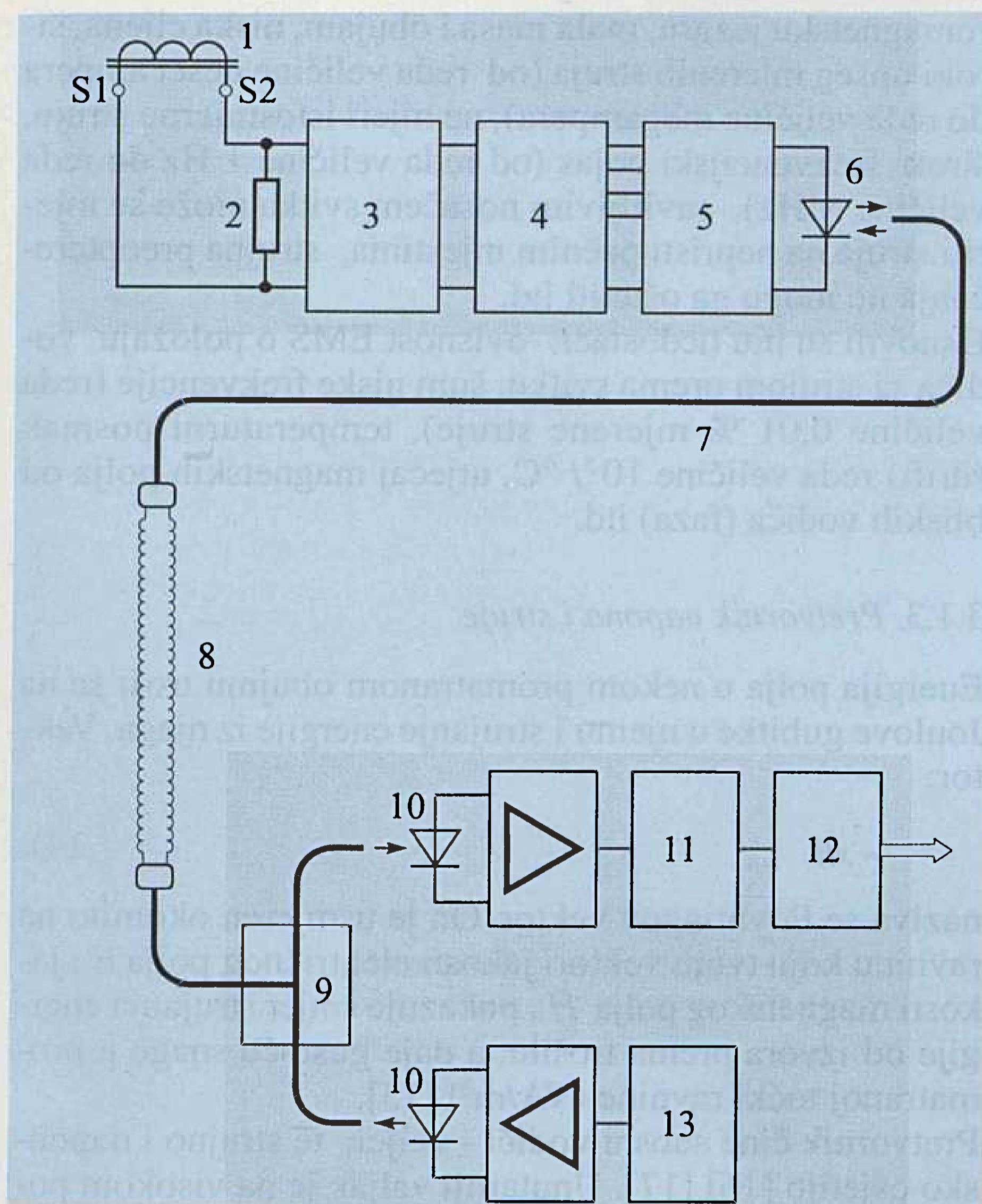
U ovom pretvorniku struja se mjeri pomoću toroidnog konvencionalnog strujnog transformatora, smještenog susosno (koaksijalno) visokonaponskom vodiču, kao primaru [7]. Sekundarni je teret precizni djelatni otpornik na kojem se stvara nazivni pad napona 1 V (sl. 1). Najveća struja, koja se može mjeriti takvim transformatorom, ograničena je korištenom feromagnetskom jezgrom. Značajno je da nije potrebna visokonaponska izolacija između primara i sekundara, jer se čitav sklop nalazi na visokom potencijalu.

Teret transformatora je stalan i vrlo male nazivne snage, što omogućuje veliku slobodu u odabiru veličine zračnog rasporeda u feromagnetskoj jezgri, kako bi se postigle dobre značajke pri pijenosu prijelaznih pojava.

Signal se s otpornika, preko niskog propusta dovodi na djelilo, logički sklop i A/D pretvornik. Djelilo ima četiri stupnja, koji se automatski biraju, a načinjeno je u tehnici tankog filma, dok je elektronički dio u CMOS tehnici niskog napona i male snage (sl. 2). Sve elektroničke sastav-



Slika 1. Pretvornik s konvencionalnim strujnim transformatorom: 1- oklop; 2- feromagnetska jezgra strujnog transformatora; 3- elektronički sklopovi; 4- sekundarni teret (otpornik); 5- primarni spojni vodiči; 6- svjetlovodna priključnica; 7- svjetlovod [7] [8]



Slika 2. Elektronički sklopovi pretvornika s konvencionalnim strujnim transformatorom: 1- strujni transformator; 2- sekundarni teret; 3- niski propust; 4- naponsko djelilo; 5- pretvornik; 6- fotoluminiscentna dioda; 7- svjetlovod; 8- visokonaponski izolator; 9- vezni član; 10- dioda; 11- dekodler; 12- izlazno pojačalo; 13- izvor napajanja (impulsni generator) [8]

nice nalaze se na nosaču promjera 35 mm u kućištu napunjenog silikonskom gumom. Potrebna snaga za rad sustava približno je 150 (W. Stoga se elektronički sklop može napajati preko jednog svjetlovoda, koji istodobno služi za prijenos svjetlosnih impulsa prijammiku na niskom potencijalu (zemlji).

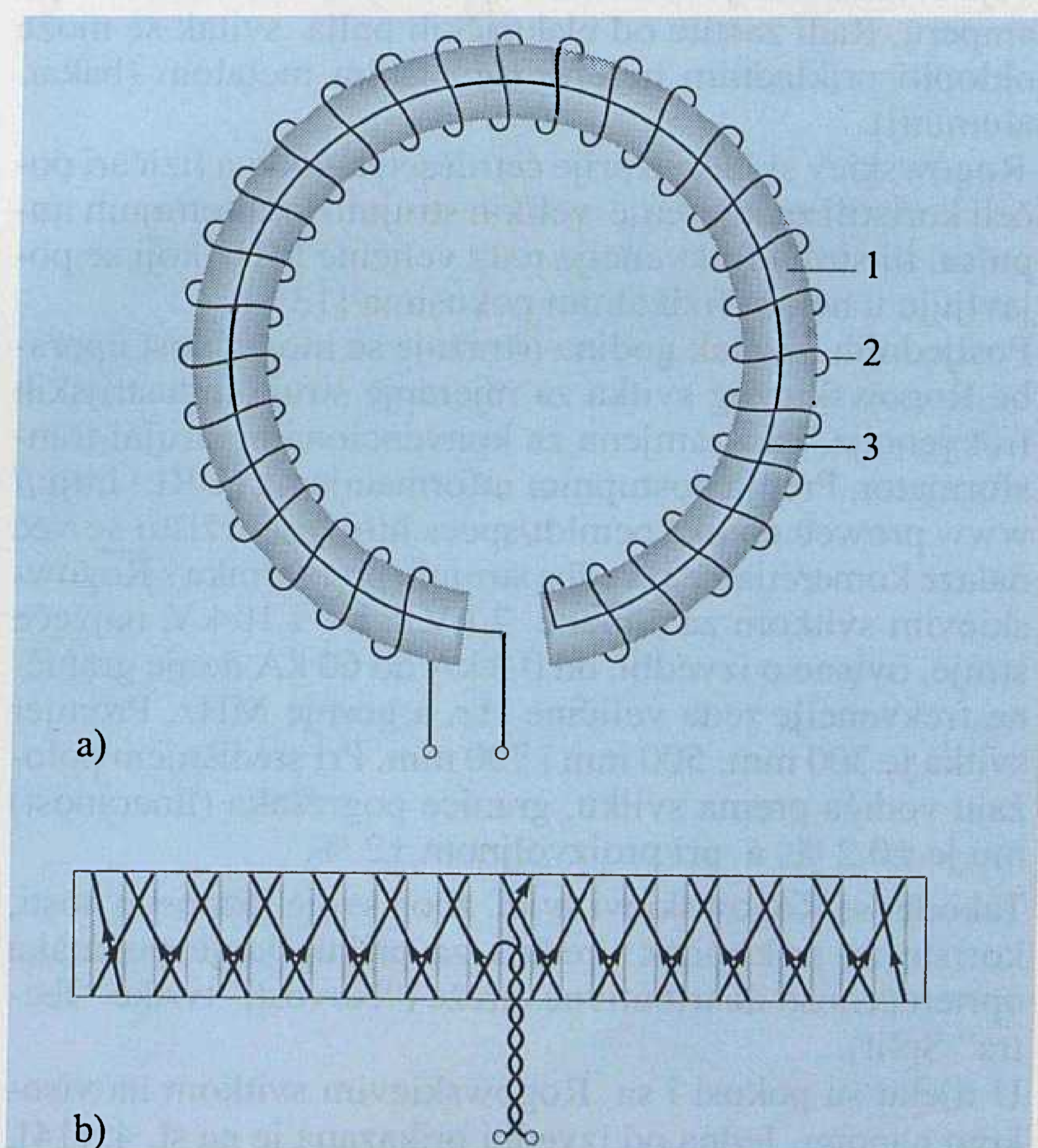
Spomenuti pretvornik je predviđen za radnu temperaturu od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ i napone do 800 kV. Ovisno o izvedbi, strujni opseg može biti od 4 A do 640 A, ili od 200 A do 32 kA. Unutar tih područja prijenosna pogreška im je manja od (1 % od mjerene struje, dovoljno mala za priključak zaštite. Pretpostavlja se da se tom tehnikom može postići prijenosna pogreška do (0,2 %. Masa pretvornika za nazivni napon 500 kV približno je 100 kg, što je višestruko manje nego kod konvencionalnih transformatora za istu nazivnu struju i napon.

3.1.2. Strujni pretvornik sa Rogovskievim svitkom

Svitak prvotno namijenjen za mjerenje magnetskog napona (razlika skalarnog magnetskog potencijala) između dviju točaka magnetskog polja, naziva se po Rogovskom koji ga je opisao 1912. god. [9]. Taj se svitak još uvijek koristi u magnetskim mjerenjima, najčešće za određivanje jakosti magnetskog polja štapastih uzoraka i permanentnih magneta.

Rogovskiev svitak namata se **jednoliko** izoliranom bakrenom žicom, najčešće jednoslojno, na izolacijski savitljivo (koža, plastika i sl.), polukruto ili kruto neferomagnetsko tijelo **stalne** površine presjeka (sl. 3.a). Presjek tijela može biti kružni ili pravokutni. Da bi se izbjegli utjecaji stranih magnetskih polja oba završetka moraju se nalaziti na istom kraju svitka. To se postiže tako da se povratni vodič povlači sredinom svitka. Može se namatati i od sredine tijela prema jednom kraju, natrag prema drugom kraju, pa do sredine svitka (sl. 3.b). Time se dobiva dvoslojni svitak. Postoje i drugi načini namatanja kojim se postiže isti rezultat [10].

Kakvoća svitka kao pretvornika ovisi o **stalnosti gustoće** zavoja n po jedinici duljine tijela, te stalnoj i poznatoj



Slika 3. Načini namatanja Rogovskievog svitka: a) jednoslojno: 1- tijelo svitka; 2 - namot; 3- povratni vodič; b) dvoslojno (svitak je namotan na savitljivo tijelo)

površini A zavoja koji trebaju biti okomiti na središnju liniju svitka. Stoga se bolja preciznost postiže namatanjem na kruta tijela, jer savijanjem svitka nastaju odstupanja od tih uvjeta. Međutim, svitkom na savitljivom tijelu, pri mjerenju struje, može se doći do teško pristupačnih dijelova postrojenja.

Ako se Rogovskiev svitak stavi oko vodiča kojim teče izmjenična struja $i(t)$ tako da mu je ravnina okomita na vodič, u njemu će se inducirati elektromotorna sila (EMS). Neka je svitak namotan na pravokutno tijelo male debljine ili kružno tijelo (torus) čiji je polumjer mali prema promjeru samog svitka. Inducirana EMS u svitku je [10] [11]

$$e(t) = -\mu_0 n A \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

Da bi se odredila struja valja tu EMS integrirati prikladnim integratorom. Kad je inducirana EMS visoka mogu se koristiti pasivni LR ili RC integratori, gdje je L induktivitet samog Rogovskievog svitka, a R otpor kojim je zaključan [12]. Kod nižih EMS koristi se aktivni integrator (integrirajuće pojačalo).

Ako je mjerena struja sinusna, nije potrebno integriranje, jer se deriviranjem dobije sinusoida pomaknuta za $\pi/2$. Dakle, neka je:

$$i(t) = I_1 \sin(\omega t) \quad (2)$$

Iz (1) slijedi efektivna vrijednost EMS:

$$E = \mu_0 n A \omega I \quad (3)$$

gdje je I_1 tjemena, a I efektivna vrijednost struje.

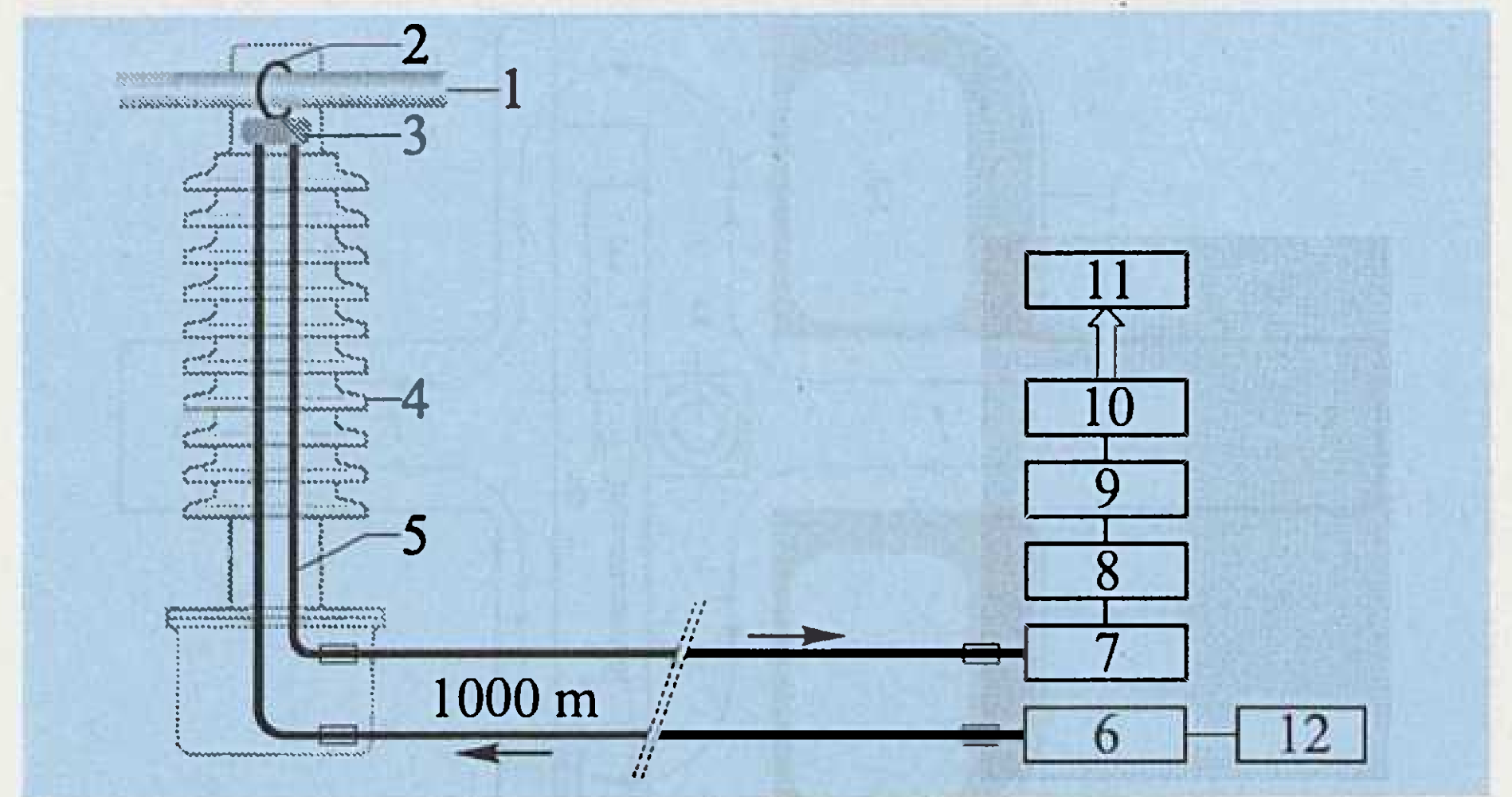
Osjetljivost pretvornika, ovisno o dimenzijama i broju zavoja svitka, reda je veličine od mikrovolta do milivolta po amperu. Radi zaštite od električkih polja svitak se može oklopiti prikladnim neferomagnetskim metalom (bakar, aluminij).

Rogovskiev svitak su prije četrdesetak godina fizičari počeli koristiti za mjerenje velikih strujnih kratkotrajnih impulsa, ili struja frekvencije reda veličine MHz koji se pojavljuju u nekim fizikalnim pokusima [13].

Posljednjih desetak godina istražuje se mogućnost uporabe Rogovskievog svitka za mjerenje struja industrijskih frekvencija, kao zamjena za konvencionalni strujni transformator. Prema dostupnim informacijama (URL: [http://www.proweb.co.uk/\(pemldt/specs.htm\)](http://www.proweb.co.uk/(pemldt/specs.htm))), na tržištu se već nalaze komercijalne izvedbe strujnih pretvornika s Rogovskievim svitkom za napone 2 kV, 5 kV i 10 kV, najveće struje, ovisno o izvedbi, od 0,3 kA do 60 kA donje granične frekvencije reda veličine Hz, a gornje MHz. Promjer svitka je 300 mm, 500 mm i 700 mm. Pri središnjem položaju vodiča prema svitku, granice pogrešaka (lineranost) mu je $\pm 0,2\%$, a pri proizvoljnom $\pm 2\%$.

Također se Rogovskievi svici, zbog svoje jednostavnosti, koriste za priključak uređaja za prikupljanje podataka opterećenosti distributivne mreže ("Novosti" tvrtke "Tetra" Split).

U tijeku su pokusi i sa Rogovskievim svitkom na visokom naponu. Jedna od izvedbi prikazana je na sl. 4. [14]. Na svitak je priključen elektronički sklop koji mjereni analogni signal pretvara u digitalni i svjetlost. Taj sklop, kojemu treba snaga od 9 mW za ispravan rad, napaja se jednim svjetlovodom, a drugim se svjetlosni signali dovo-



Slika 4. Visokonaponski strujni pretvornik s Rogovskievim svitkom: 1- visokonaponski vodič; 2- Rogovskiev svitak; 3- pretvornik električnog signala u svjetlosni; 4- izolator; 5- svjetlovod; 6- laserska dioda; 7- fotodioda; 8- pojačalo; 9- dekodeo; 10- integrator; 11- sučelje; 12- izvor [21]

de u sklop za obradu podataka na potencijalu zemlje. Dužina pojedinog svjetlovoda može biti čak 1 km.

Pretvornik s Rogovskievim svitkom ima niz prednosti prema konvencionalnim strujnim transformatorima: nema feromagnetsku jezgru, mala masa i obujam, niska cijena, široki opseg mjerenih struja (od reda veličine deset ampera do reda veličine megampera), ne mjeri istosmjernu struju, široki frekvencijski pojas (od reda veličine 1 Hz do reda veličine MHz), savitljivim nosačem svitka može se mjeriti struja na nepristupačnim mjestima, strujna preopterećenja ne mogu ga oštetiti itd.

Osnovni su mu nedostaci: ovisnost EMS o položaju vodiča sa strujom prema svitku, šum niske frekvencije (reda veličine 0,01 % mjerene struje), temperaturni posmak (drift) reda veličine $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, utjecaj magnetskih polja od bliskih vodiča (faza) itd.

3.1.3. Pretvornik napona i struje

Energija polja u nekom promatranom obujmu troši se na Joulove gubitke u njemu i strujanje energije iz njega. Vektor:

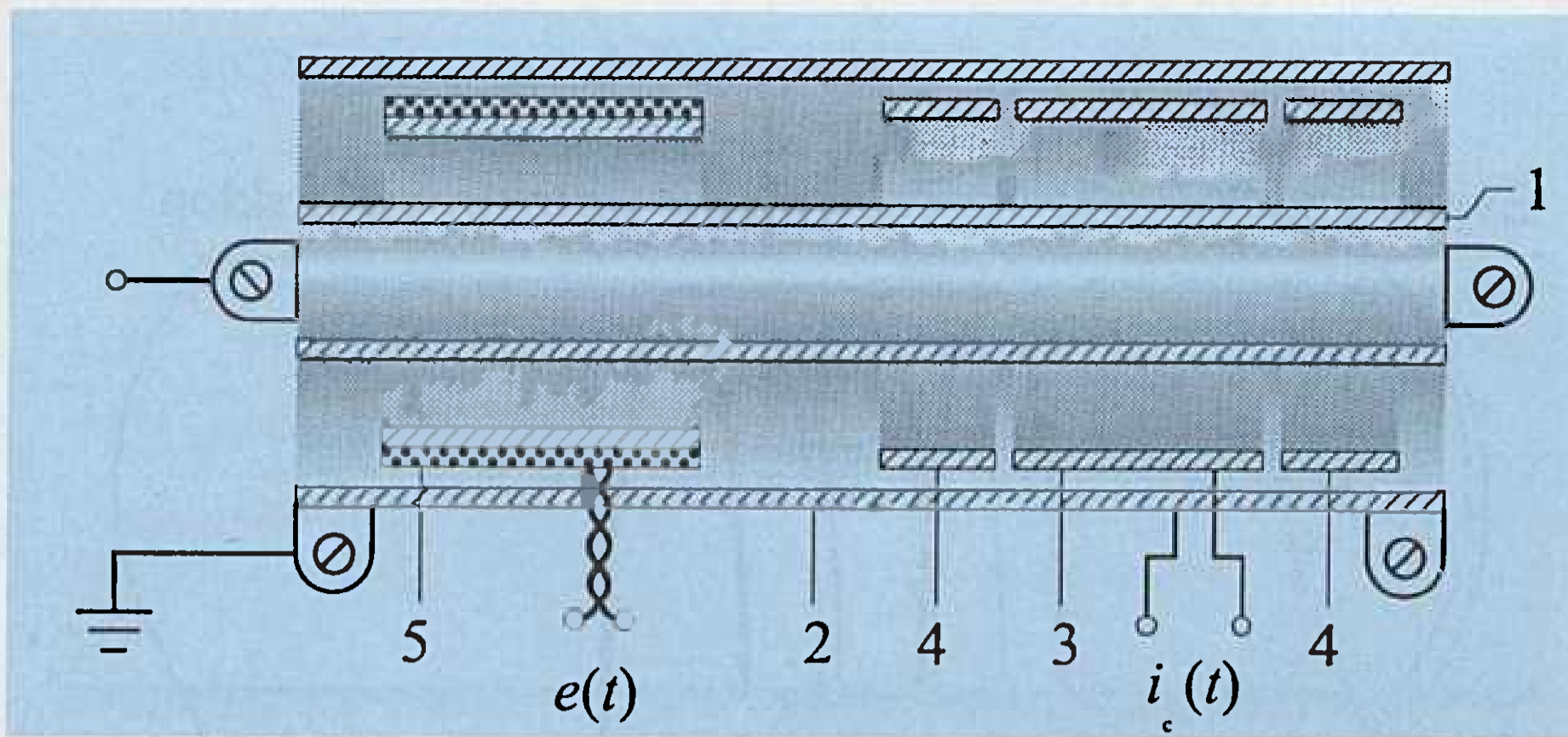
$$= \mathbf{x}H \quad (4)$$

naziva se Poyntingov vektor. On je usmjeren okomito na ravninu koju tvore vektori jakosti električnog polja E i jakosti magnetskog polja H , pokazuje smjer strujanja energije od izvora prema trošilu, a daje gustoću snage u promatranj točki ravnine (VA/m^2) [15].

Pretvornik čine suosni vodiči - valjci, te strujno i naponsko osjetilo [16] [17]. Unutarnji valjak je na visokom potencijalu, a vanjski na potencijalu zemlje (sl. 5). Struja se određuje mjerenjem tangencijalne sastavnice jakosti magnetskog polja H_t , a napon mjerenjem radijalne sastavnice jakosti električnog polja E_r .

Tangencijalna sastavnica H_t jakosti magnetskog polja H mjeri se svitkom, sličan Rogovskievom, iako to nije izričito spomenuto. Svitak je namotan na izolacijsko tijelo pravokutna presjeka male debljine. On je smješten susono u prostoru između unutarnjeg i vanjskog valjka. Tangencijalna sastavnica jakosti magnetskog polja, u bilo kojoj točki na polumjeru r između središnjeg vodiča i svitka, zavisna je o struji $i(t)$ trošila:

$$H_t(t) = \frac{i(t)}{2\pi r} \quad (5)$$



Slika 5. Strujno i naponski pretvornik: 1- unutarnji vodič; 2- vanjski vodič; 3- naponsko osjetilo; 4- zaštitne elektrode; 5- strujno osjetilo (Rogowski svitak) [17]

Promjena ulančenog magnetskog toka $\Phi = BAN = \mu_0 Ht A N$ u svitku sa N zavoja inducira EMS (1).

Osjetilo za mjerenje radialne sastavnice E_r jakosti električnog polja je metalni šuplji valjak unutarnjeg polumjera r_v i duljine l_c . Smješten je suosno s unutarnjim i vanjskim valjkom (vodičem), pa čini valjkasti (cilindrični) kondenzator kapaciteta [18]:

$$C = \frac{2\pi l_c \epsilon_0}{\ln \frac{r_v}{r_u}} \quad (6)$$

Radialna sastavnica E_r jakosti električnog polja u točki na polumjeru r između središnjeg vodiča i šupljeg valjka osjetila je:

$$E_r(t) = \frac{u(t)}{\ln \frac{r_v}{r_u}} \quad (7)$$

Sa $u(t)$ označena je trenutna vrijednost priključenog napona, a sa r_u polumjer unutarnjeg vodiča (valjka). Trenutna vrijednost struje u tom osjetilu (kapacitivna struja) razmjerna je vremenskoj promjeni radialne sastavnice električnog polja:

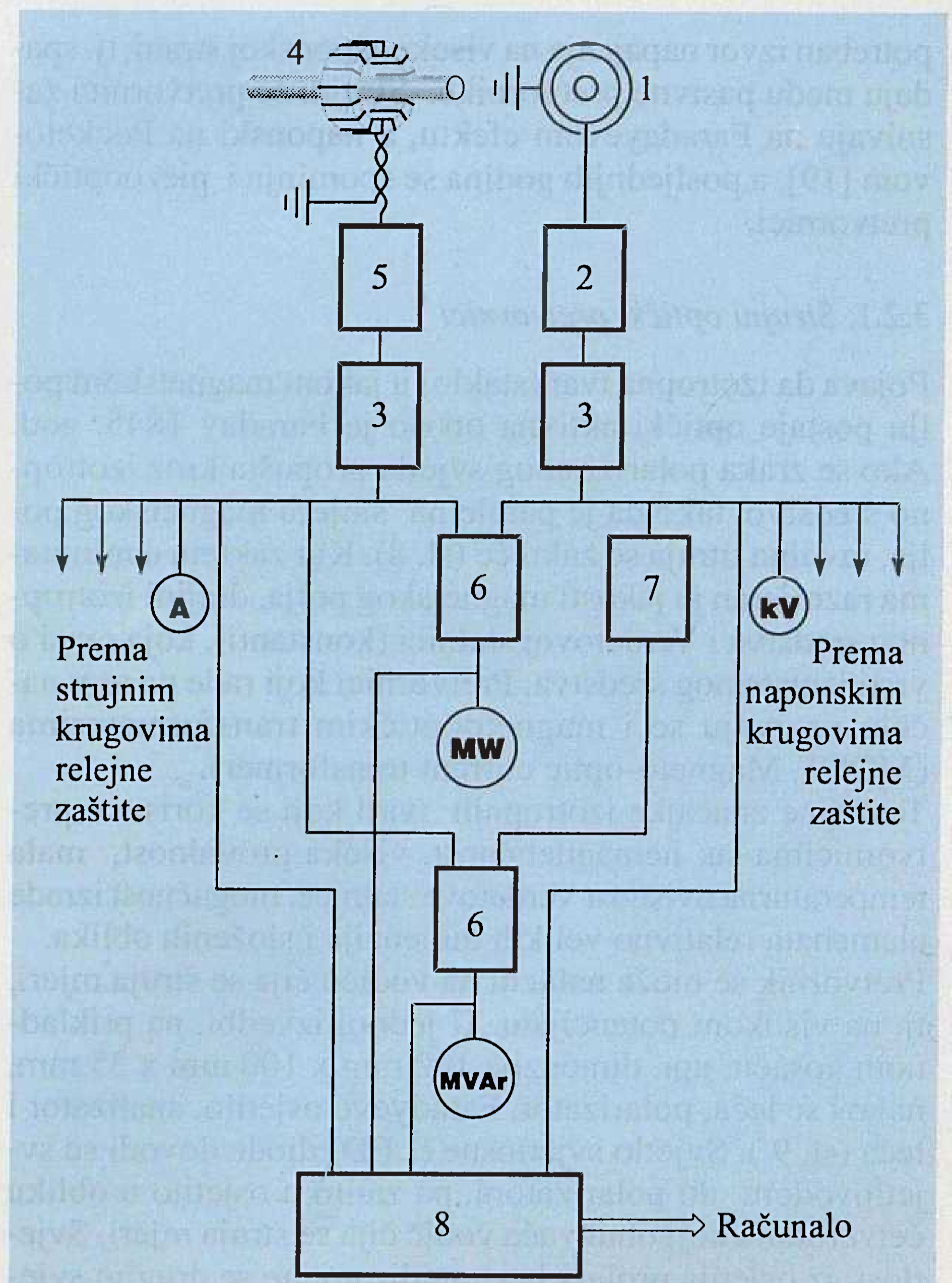
$$i_c(t) = A_c \epsilon_0 \frac{dE_r(t)}{dt} \quad (8)$$

gdje je $A_c = 2\pi r_v l_c$ površina elektrode, a $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$ As/Vm električna permitivnost (dielektrična stalnica) vakuumu, praktički i zraka. Uvrštenjem (7) u (8) uz $r = r_v$ dobiva se ovisnost trenutne vrijednosti kapacitivne struje o priključenom naponu $u(t)$ na osjetilo [17]:

$$i_c(t) = \frac{2\pi l_c \epsilon_0}{\ln \frac{r_v}{r_u}} \frac{du(t)}{dt} \quad (9)$$

Napon dobiven iz osjetila jakosti magnetskog polja pojačava se i zatim integrira, a kapacitivna struja iz naponskog osjetila se pretvara u napon i zatim integrira. Ti se signali mogu voditi na sklopove za zaštitu, voltmetar i ampermetar, te na množilo. Množenjem dvaju signala prikladnim množilom, dobije se djelatna snaga trošila spojenog na suosni pretvornik. Zakretanjem faze jedne od mjerenih veličina za 90° i zatim množenjem s drugom veličinom može se mjeriti i jalova snaga (sl. 6).

Znakovito je da se taj pretvornik može istodobno koristiti za mjerenje i relejnu zaštitu. Potrebna karakteristika mjernog dijela (ograničenje rasta struje kroz instrumente pri kratkom spoju) može se postići elektroničkim sklopovima. Prototip tog pretvornika, za nazivni napon 10 kV i nazivnu struju 200 A, duljine je 38 cm i vanjskog promjera 12,5



Slika 6. Elektronički sklop strujno i naponskog pretvornika: 1- naponsko osjetilo; 2- pretvornik strujne u napon; 3- integrator; 4- strujni pretvornik; 5- pojačalo; 6- množilo; 7- zakretnik faze za 90° ; 8- analogno-digitalni pretvornik [17]

cm. Osjetilo jakosti magnetskog polja promjera je 10,75 cm, debljine 5 mm, a namotan je sa 1000 zavoja. Valjak za mjerenje jakosti električnog polja, promjera jednak srednjem promjeru osjetila jakosti magnetskog polja, duljine je 10 cm. Inducirani napon u osjetilu jakosti magnetskog polja je 140,38 mV za struju 200 A frekvencije 60 Hz, a struja osjetila električnog polja je 19,93 (A za napon 10 kV frekvencije 60 Hz).

Značajno je da ukupna fazna pogreška pretvornika, integratora, pojačala i množila iznosi približno 150 mikroradijana, tj. 0,5 minuta. Stoga je prikladan i za mjerenje snaga i energije trošila vrlo malih $\cos \phi$, što inače stvara probleme pri uporabi konvencionalnih transformatora.

Tvrtka ABB, za buduću uporabu u inteligentnim postrojenjima sa SF6, gdje su osjetila za mjerenje i zaštitu zajednička, predviđa sličan UI pretvornik, samo, čini se, manji i kompaktniji (sl.7) [5]. Na izlazima iz pretvornika, pridonanim elektroničkim sklopovima, tzv. PISA (Process Interface for Sensors and Actuators), analogni signali pretvaraju se u digitalne i svjetlovodom se vode dalje prema sklopovima za mjerenje i zaštitu (sl.7). U PISA-i nalaze se: analogni niski propust, A/D pretvornik, sklopovi za obradu signala, mikroprocesor s programskom podrškom, te sučelje za priključak svjetlovoda.

3.2. Optički pretvornici

Razvoj optoelektronike posljednjeg desetljeća učinio je vrlo zanimljivim optičke pretvornike, kojima za rad nije

potreban izvor napajanja na visokonaponskoj strani, tj. spadaju među pasivne pretvornike. Strujni se pretvornici zasnivaju na Faradayevom efektu, a naponski na Pockelovom [19], a posljednjih godina se spominju i piezooptički pretvornici.

3.2.1. Strujni optički pretvornici

Pojava da izotropna tvar (staklo) u jakom magnetskom polju postaje optički aktivna otkrio je Faraday 1845. god. Ako se zraka polariziranog svjetla propušta kroz izotropno sredstvo, tako da je paralelna smjeru magnetskog polja, ravnina titraja se zakreće (sl. 8). Kut zakreta u minutama razmjernan je jakosti magnetskog polja, duljini izotropnog sredstva i Verdetovoj stalnici (konstanti), koja ovisi o vrsti izotropnog sredstva. Pretvornici koji rade na tom načelu nazivaju se i magnetooptičkim transformatorima (MOCT, Magneto-optic current transformer).

Temeljne značajke izotropnih tvari koji se koriste u pretvornicima su: nemagnetičnost, visoka providnost, mala temperaturna ovisnost Verdetove stalnice, mogućnost izrade elemenata relativno velikih dimenzija i složenih oblika.

Pretvornik se može nalaziti na vodiču čija se struja mjeri, tj. na visokom potencijalu. U jednoj izvedbi, na prikladnom nosaču, npr. dimenzija 100 mm x 100 mm x 35 mm, nalazi se leća, polarizator, Faradyevo osjetilo, analizator i leća (sl. 9). Svjetlo svjetlosne (LED) diode dovodi se svjetlovodom do polarizatora, pa zatim u osjetilo u obliku četverokuta koji obuhvaća vodič čija se struja mjeri. Svjetlost iz osjetila prolazi kroz analizator, te se drugim svjetlovodom dovodi do diode za demodulaciju. Analizator je polarizator koji zakreće ravninu polarizacije za 45° prema onom ulaznom. Na njegovom izlazu svjetlost je amplitudno modulirana ovisno o Verdetovoj stalnici V_e i amplitudi mjerene struje I . Dubina modulacije je:

$$m_i = 2V_e I \quad (10)$$

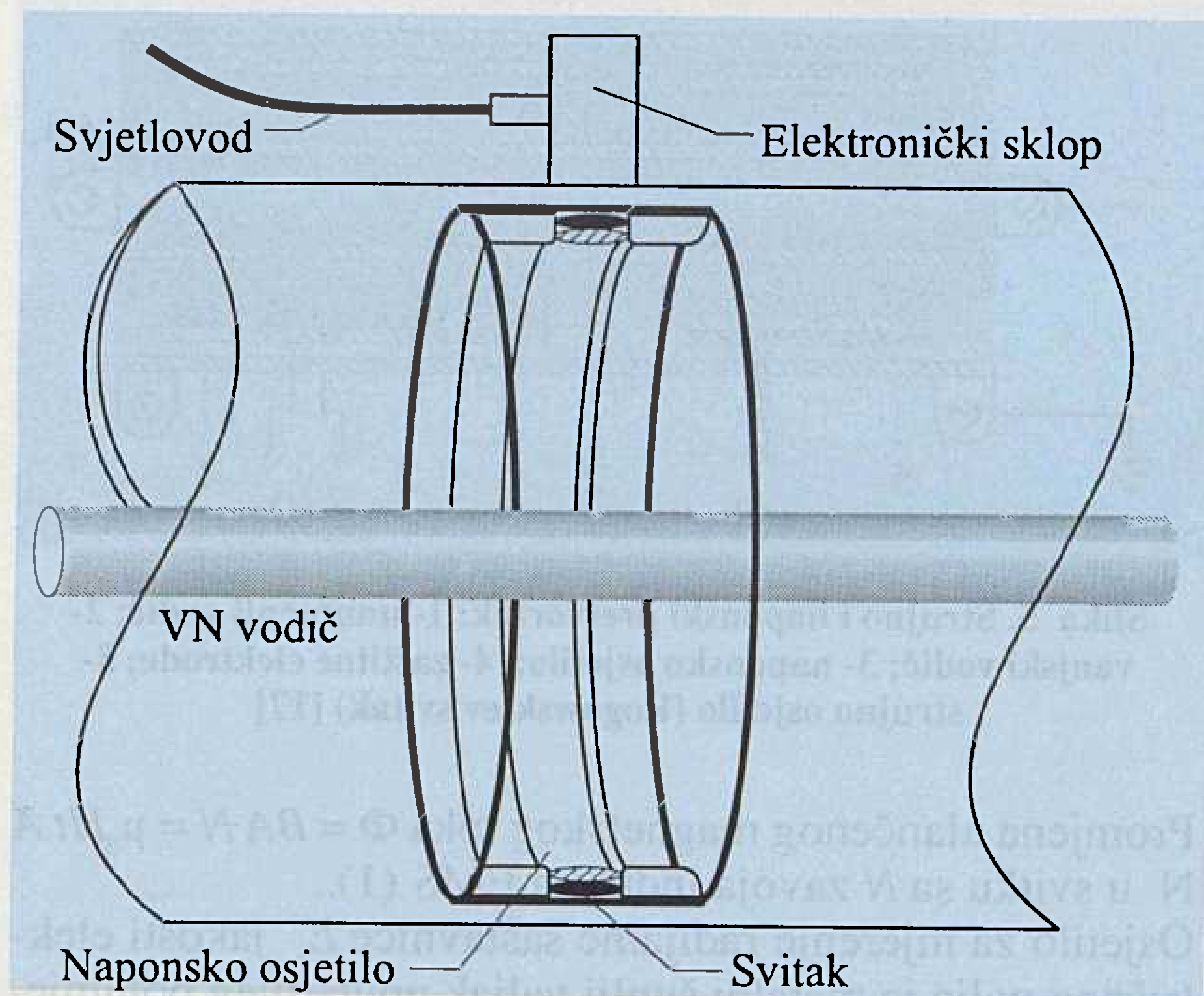
Izlazni napon iz demodulacijskog pojačala razmjernan je struji kroz vodič, jer je Verdetova stalnica nepromjenljiva za pojedinu izotropnu tvar u pretvorniku. Jedino ograničenje takvog pretvornika je mogućnost elektronike da reproducira amplitudu i frekvenciju informacije koja je sadržana u optičkom signalu. Red veličine izlaznog napona je 1 V/kA. Postoje i izvedbe sa faznom modulacijom.

Za izotropnu tvar koristi se kvarcno staklo visoke kakvoće, a čitav pretvornik za nazivnu struju 2 kA i struju kratkog spoja 80 kA može se smjestiti u polikarbonatno kućište promjera dvadesetak centimetara.

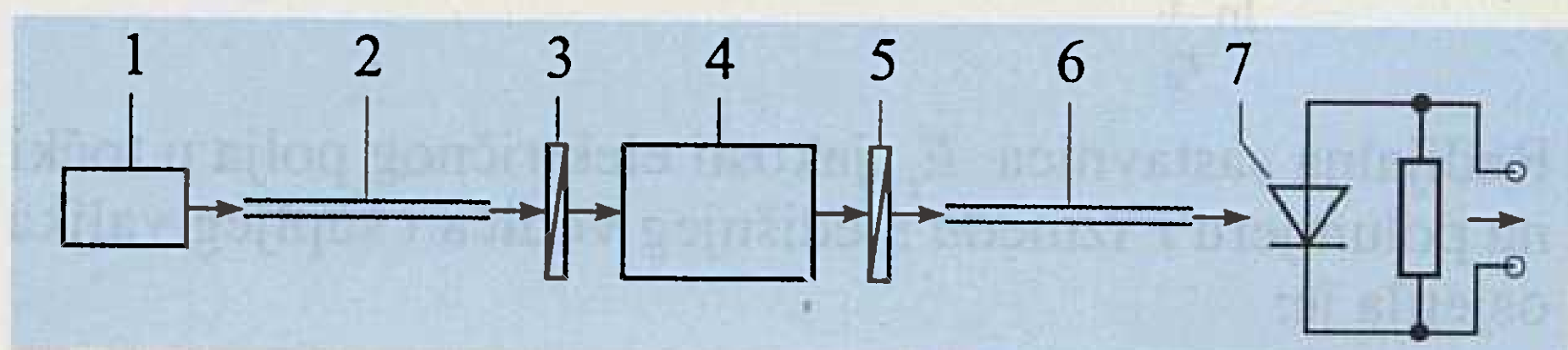
Zanimljivo je da je razvijena izvedba i strujnih kliješta zasnovanoj na Faradyevom efektu. Nazivne struje tih kliješta su: za mjerenje 1 kA, za zaštitu 20 kA. Prijenosna (strujna) pogreška dijela za mjerenje je 0,5 % pri strujama 0,1 I_n do 1,2 I_n , a dijela za zaštitu manja od 3 % pri strujama od 0,1 I_n do I_n [20].

3.2.2. Naponski optički pretvornici

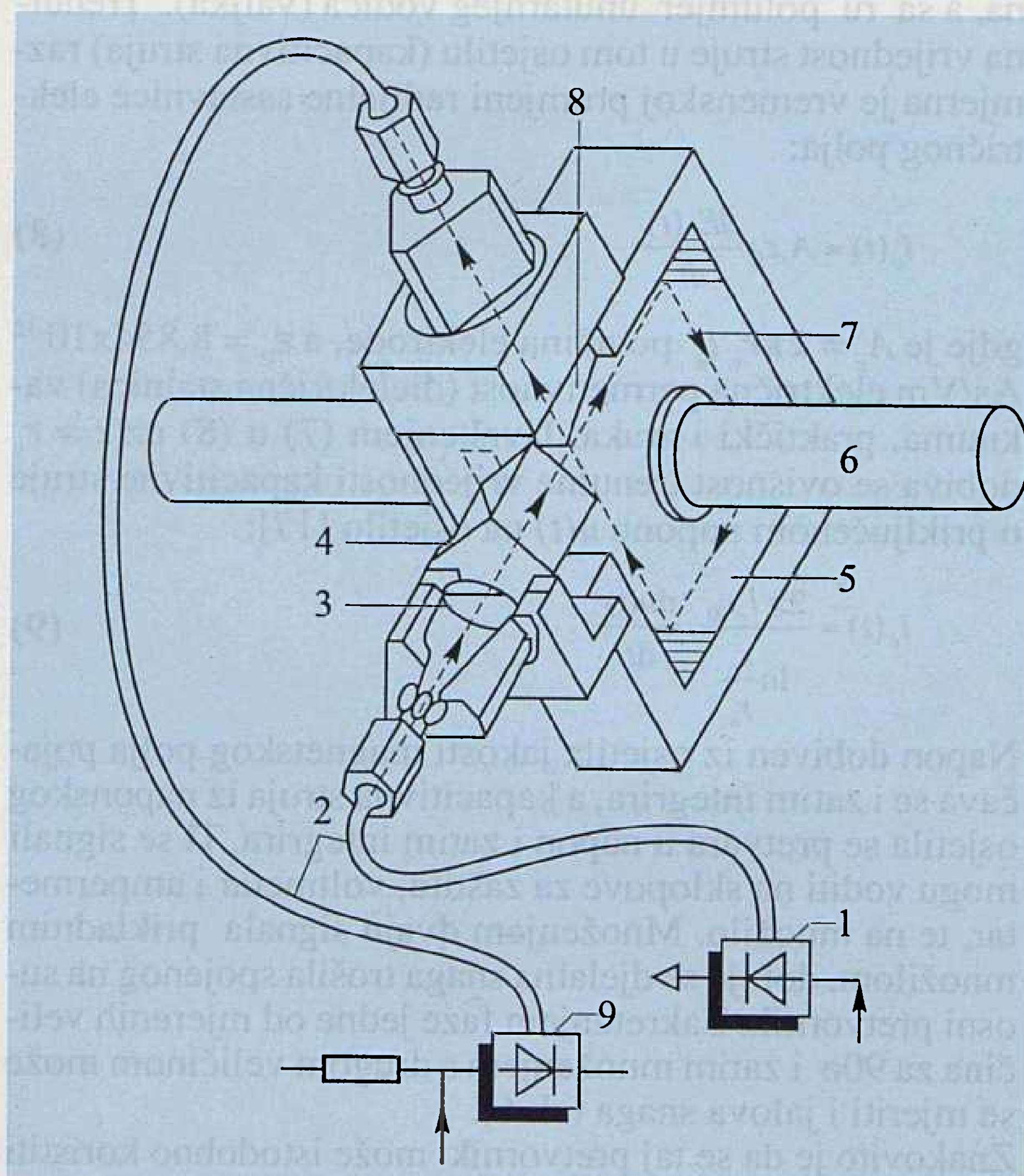
Kao osjetila u ovim pretvornicima koriste se kristali, tzv. Pockelova ćelija, npr. bizmutovog silikata (skraćeno BSO), bizmuto-germanijevog oksida (skraćeno BGO) i sl. Osjetila su malih dimenzija, obujma reda veličine kubičnog centimetra. Za priključak mjenog napona koriste se na njima napareni tanki metalni slojevi.



Slika 7. Strujni i naponski pretvornik sa plinom SF₆ izolirana sklopna postrojenja tvrtke ABB [5]



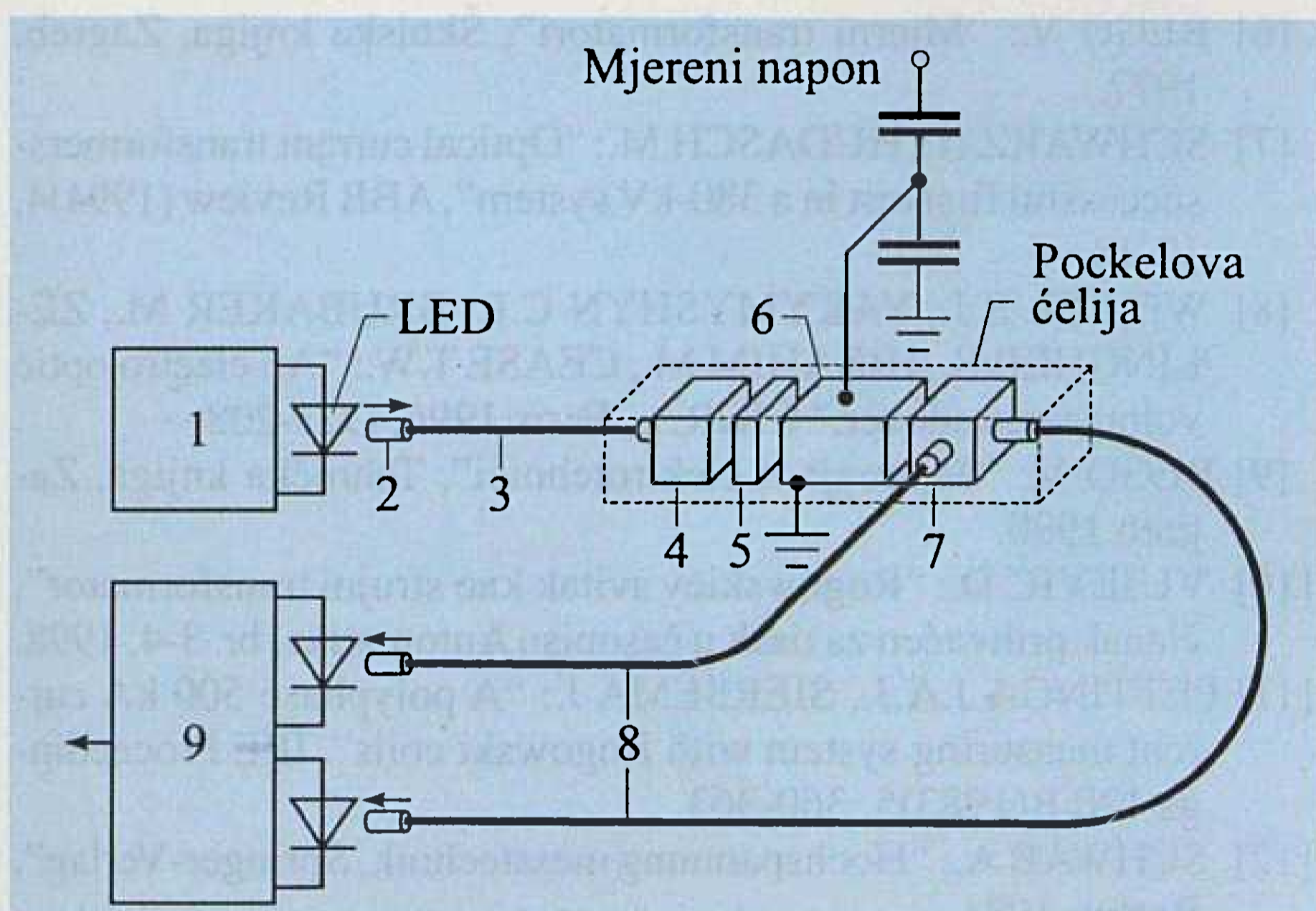
Slika 8. Načelo strujnog optičkog pretvornika: 1-svjetlosni izvor; 2- svjetlovod; 3- polarizator; 4- Faradayeva ćelija; 5- analizator; 6- svjetlovod; 7- fotodiode [19]



Slika 9. Izvedba strujnog optičkog pretvornika: 1- svjetlosni izvor; 2- svjetlovodi; 3- leća; 4- polarizator; 5- Faradayev rotator; 6- primarni (visokonaponski) vodič; 7- svjetlosna staza; 8- analizator; 9- fotodiode [7]

Pockelov efekt se temelji na pojavi da neki kristali, ako se nalaze u električnom polju, mijenjaju stanje polarizirane svjetlosti pri njezinom prolasku. Ako se mijenja amplituda i smjer priključenog električnog polja mijenja se i jakost efekta. To se naziva retardacija polarizacije, jer dovodi do relativnog faznog zaostajanja dvaju međusobno okomitih polariziranih vektora s promjenom jakosti električnog polja u kristalu.

Svjetlost iz LED diode dovodi se svjetlovodom do leće za kolimaciju, pa se linearno polarizira ulaznim polarizatorom (sl. 10). Zatim se tako linearno polarizirana svjetlost slijedećim polarizatorom kružno polarizira. Svjetlost se prolaskom kroz Pockelovu ćeliju eliptički polarizira, tako da je omjer između velike i male osi razmjernan amplitudi priključenog napona. U analizatoru se svjetlosna zraka razdvaja u dvije sastavnice, polarizirane okomito jedna na drugu, koje se svjetlovodom dovode do odgovarajućih osjetila (dioda) i elektroničkog sklopa, čiji je izlazni napon razmjernan amplitudi mjerenog [21].



Slika 10. Načelo naponskog optičkog pretvornika: 1- izvor; 2- leća; 3- svjetlovod; 4- linearni polarizator; 5- kružni polarizator; 6. Pockelova ćelija; 7- analizator; 8- svjetlovod; 9- obrada signala [21]

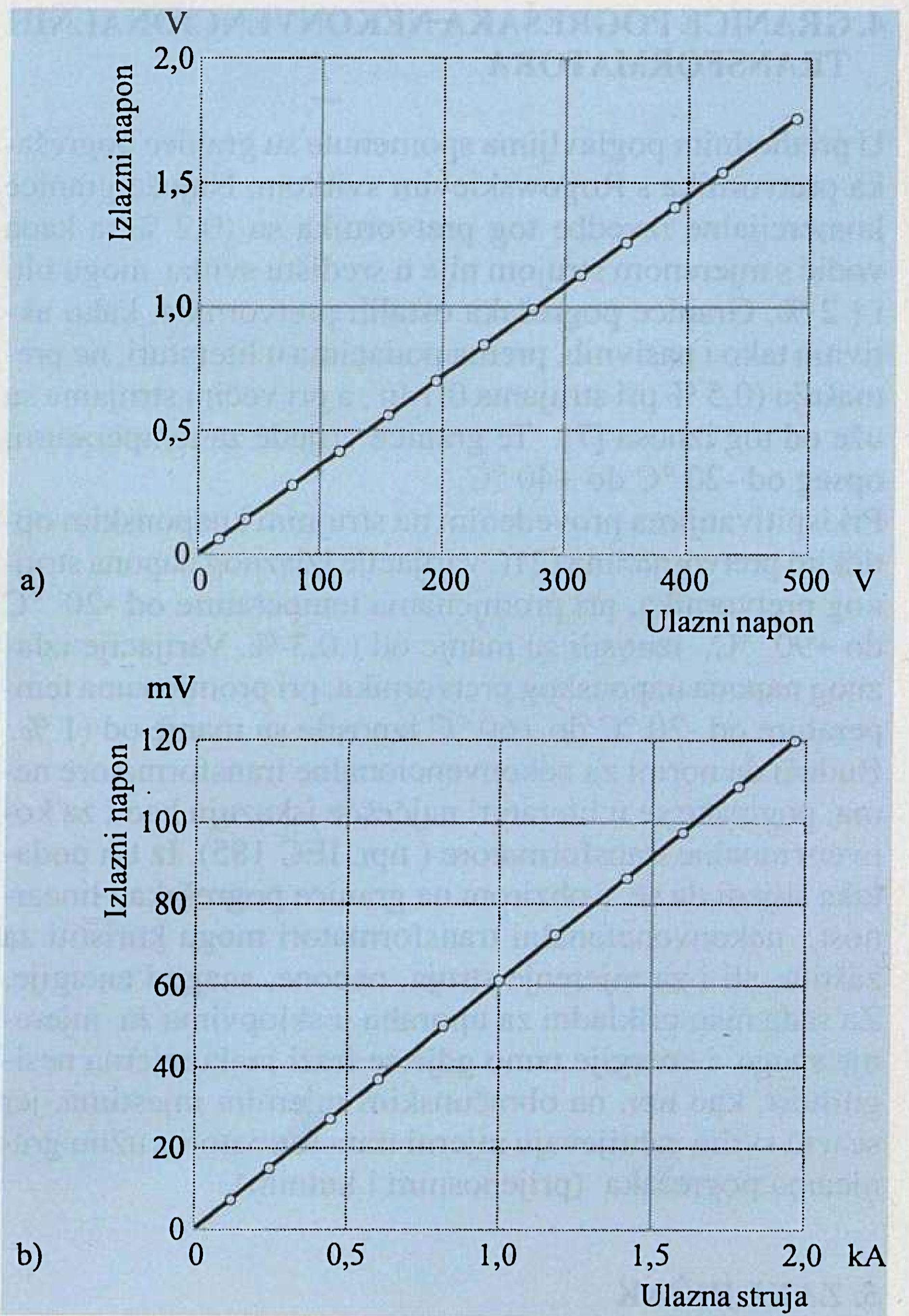
Dubina modulacije m_v razmjerna je indeksu loma n_0 Pockelove ćelije bez priključenog napona, elektrooptičkog koeficijenta tvari γ , duljini optičke osi kristala l , amplitudi mjerenog napona U okomitog na optičku os, a obrnuto razmjerna valnoj duljini (korištene svjetlosti i razmaku d između elektroda:

$$m_v = \frac{2\pi n_0^3 \gamma l U}{\lambda d} \quad (11)$$

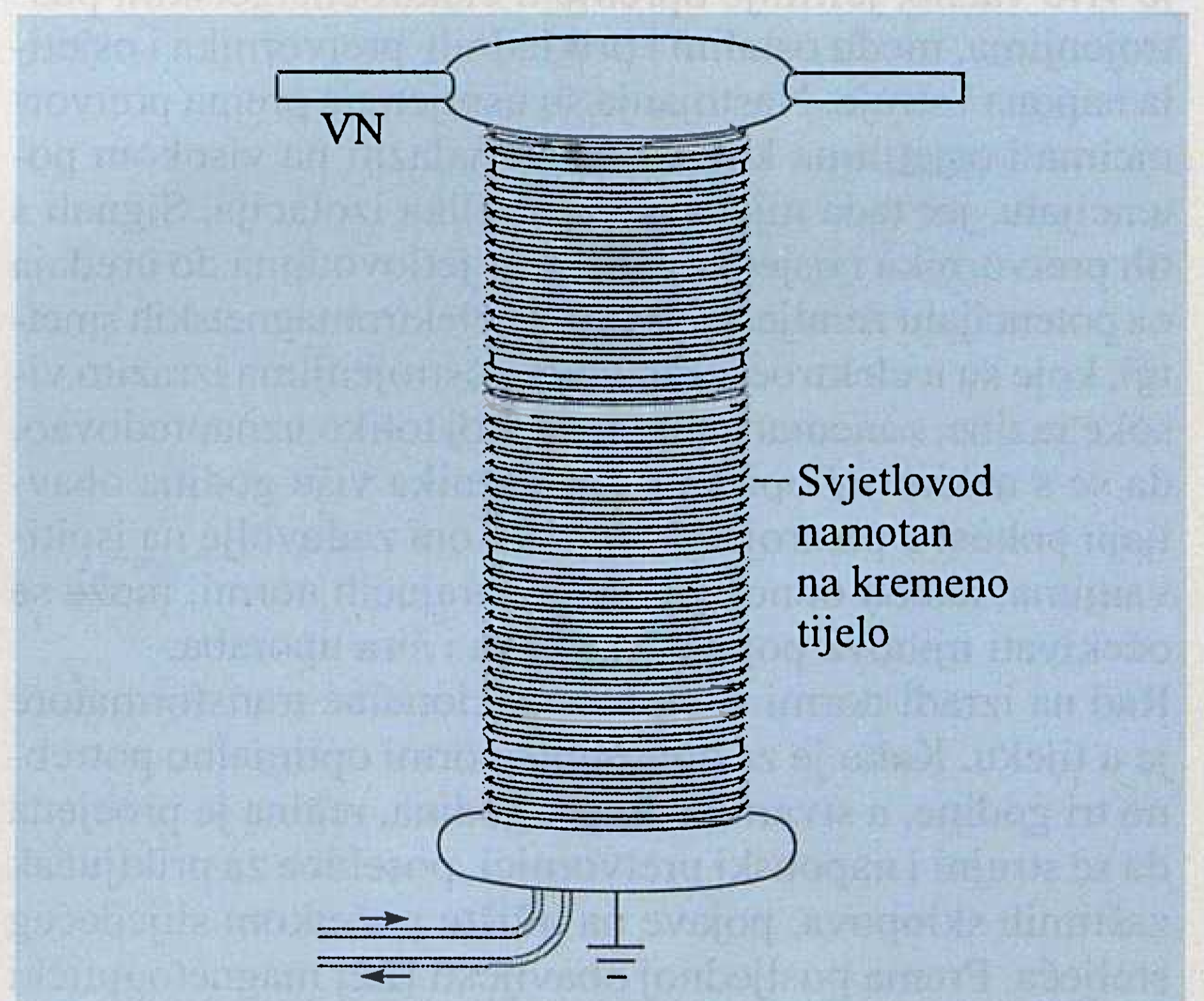
Kako su sve sastavnice, osim napona, u (11) stalnice za pojedino osjetilo, dubina modulacije ovisna je o amplitudi napona. Najviši napon koji se može priključiti na Pockelovu ćeliju je reda veličine kilovolta, pa se pri višim naponima trebaju koristiti prikladna kapacitivna djelila za snižavanje napona (sl. 10).

Ovisnost izlazne efektivne vrijednosti napona o ulaznoj efektivnoj vrijednosti, kao i izlazne efektivne vrijednosti napona o ulaznoj efektivnoj vrijednosti struje, naponskog i strujnog optičkog pretvornika prikazani su na sl. 11 [21].

Piezooptički pretvornici su novijeg datuma i o njima ne postoje detaljniji podaci (5). Sastoje se od kristala kremen (kvarca) oko kojeg je namotan svjetlovod (sl. 12). Na baze valjkastog kristala naparene su elektrode, koje se



Slika 11. Ulazno - izlazne karakteristike optičkih pretvornika: a) naponskog; b) strujnog [21]



Slika 12. Piezooptički naponski pretvornik [5]

priključuje na mjereni napon. Kako nema podataka o načinu rada tog pretvornika, pretpostavlja se da priključeni napon prouzroči mehaničku deformaciju kristala razmjernu svojoj amplitudi. Uslijed toga nastaju naprezanja u svjetlovodu, što uzrokuje moduliranje svjetlosne zrake u njemu.

4. GRANICE POGREŠAKA NEKONVENCIONALNIH TRANSFORMATORA

U prethodnim poglavljima spomenute su granice pogreška pretvornika s Rogowskievim svitkom. Najuže granice komercijalne izvedbe tog pretvornika su (0,2 %, a kada vodič s mjerenom strujom nije u središtu svitka mogu biti i (2 %. Granice pogreška ostalih pretvornika, kako aktivnih tako i pasivnih, prema podacima u literaturi, ne premašuju (0,5 % pri strujama 0,1 In , a pri većim strujama su uže od tog iznosa [7]. Te granice vrijede za temperaturni opseg od -20 °C do +40 °C.

Pri ispitivanjima provedenim na strujnim i naponskim optičkim pretvornicima (21(, varijacije izlaznog napona strujnog pretvornika, pri promjenama temperature od -20 °C do +90 °C, iznosili su manje od (0,3 %. Varijacije izlaznog napona naponskog pretvornika, pri promjenama temperature od -20 °C do +60 °C iznosile su manje od (1 %. Budući da normi za nekonvencionalne transformatore nema, pogreške se u literaturi najčešće iskazuju kao i za konvencionalne transformatore (npr. IEC 185). Iz tih podataka slijedi da se, s obzirom na granice pogrešaka i linearost, nekonvencionalni transformatori mogu koristiti za zaštitu, ali i za mjerenje struja, napona, snage i energije. Za sada nisu prikladni za uporabu u sklopovima za mjerenje snage i energije tamo gdje se traži mala mjerna nesigurnost, kao npr. na obračunskim mjernim mjestima, jer se u tu svrhu zahtijevaju mjerni transformatori s užim granicama pogrešaka (prijenosnim i kutnim).

5. ZAKLJUČAK

Stalno natjecanje na tržištu, koje će u budućnosti biti sve žešće, uvjetuje razvoj što jednostavnije, pouzdanije i, što je vrlo važno, jeftinije opreme u elektroenergetskim postrojenjima, među ostalim i prikladnih pretvornika i osjetila napona i struje. Nastojanja su usmjerena prema pretvornicima i osjetilima koji se mogu nalaziti na visokom potencijalu, jer tada nije potrebna velika izolacija. Signali s tih pretvornika i osjetila vode se svjetlovodima do uređaja na potencijalu zemlje, pa je utjecaj elektromagnetskih smetnji, koje su u elektroenergetskim postrojenjima izrazito visoke razine, zanemariv. Taj je razvoj toliko uznapredovao, da se s nekim od opisanih pretvornika više godina obavljaju pokusi u postrojenjima. Ako oni zadovolje na ispitivanjima, nakon donošenja odgovarajućih normi, može se očekivati njihova pojava na tržištu i šira uporaba.

Rad na izradi normi za nekonvencionalne transformatore je u tijeku. Kako je za donošenje normi optimalno potrebno tri godine, a stvarno i do pet godina, realna je procjena da se strujni i naponski pretvornici, posebice za priključak zaštitnih sklopova, pojave na tržištu početkom slijedećeg stoljeća. Prema posljednoj obavijesti [22] magnetooptički strujni transformatori (pretvornici) uspješno su iskušani u postrojenjima i spremni su za široku uporabu.

Budući da se po Moorovom zakonu svakih 18 mjeseci udvostručava gustoća tranzistora u procesorima i memorijama, a s time i broj operacija koje mogu obaviti, moguće su različite inovacije u području instrumentacije, što će potaknuti bržu uporabu spomenutih pretvornika. Nije isključena ni mogućnost, da se u međuvremenu pojave i pre-

tvornici na drugim osnovama, odnosno da se poboljšaju značajke prije opisanih.

LITERATURA

- [1] BILLINTON R., SALVADERI L., MC CALLEZ J.D., CHAO H., ALLAN R.N., ODOM J., FALLON C.: "Reliability Issues In Today's Electric Power Utility Environment", IEEE Trans. on Power Systems 12 (1997)4, 1708-1714
- [2] WINJE D.: "Electric Power Turns Into a Commodity: A Change of Paradigm in the Power Industry", IEEE Power Engineering Review 17(1997)11, 7-8
- [3] KLAPPA G.: "Brave New World of Consumer Satisfaction", IEEE Power Engineering Review 17(1997)11, 9-10
- [4] DENTON H.D.: "Deregulation Risk and Opportunities", IEEE Power Engineering Review 17(1997)11, 10-15
- [5] SCHETT G., ENGLER F., JAUSSE A., PETTERSSON K., KACZINOVSKI A.: "Intelligent GIS a fundamental change in the way primary and secondary equipment is combined", ABB Review (1996)8, 4-14
- [6] BEGO V.: "Mjerni transformatori", Školska knjiga, Zagreb, 1977.
- [7] SCHWARZ H., HUDASCH M.: "Optical current transformers-successful first test in a 380-kV system", ABB Review (1994)4, 12-18
- [8] WEIKEL S.J., YAKYMYSHYN C.P., BRUBAKER M., ZELINGHER S., IBRAHIM M., CEASE T.W.: "An electro optic voltage transducer," CIGR..., Paris 1996, O23-208
- [9] BEGO V.: "Mjerenja u elektrotehnici", Tehnička knjiga, Zagreb 1990.
- [10] VUJEVIĆ D.: "Rogowskiev svitak kao strujni transformator", članak prihvaćen za tisak u časopisu Automatika, br. 3-4, 1998.
- [11] PETTINGA J.A.J., SIERSEMA J.: "A polyphase 500 kA current measuring system with Rogowski coils", IEE Proceedings 130 B(1983)5, 360-363
- [12] SCHWAB A.: "Hochspannung messtechnik, Springer-Verlag", Berlin, 1981.
- [13] PELLINEN D.G., DI CAUPA M.S., SAMPAYAN S.E., GERBACHT H. WANG M.: "Rogowski coil for measuring fast, high-level pulsed currents", Rev. Sci. Instruments 51(1980)11, 1535-1540
- [14] TARDY A., DEROSSIS A., DUPRAZ J.P.: "A Current Sensor Remotely Powered and Monitored through an Optical Fiber Link", Optical Fiber Technology, (1995)1, 181-185
- [15] HAZNADAR Z., ŠTIH Ž.: "Elektromagnetizam, I i II dio", Školska knjiga, Zagreb 1997.
- [16] FAMM W.Z.: "Poynting vector probe for measuring electrical power", US Patent 4 810 954, March 1989.
- [17] FAMM W.Z.: "A Novel Transducer to Replace Current and Voltage Transformers in High-Voltage Measurements", IEEE Trans. on Instrumentation and Measurements 45(1996)1, 190-194
- [18] BOSANAC T.: "Teoretska elektrotehnika", Tehnička knjiga, Zagreb 1977.
- [19] SAWA T., KUROSAWA K., KAMINISHI T., YOKOTA T.: "Development of Optical Instrument Transformers", IEEE Trans. on Power Delivery 5(1990)2, 884-891
- [20] SONG J., MCLAREN P.G., THOMSON D.J., MIDDLETON R.L.: "A Prototype Clamp-on Magneto-optical Current Transducer for Power System Metering and Relaying", IEEE Trans. on Power Delivery 10(1995)4, 1764-1770
- [21] KANOI M., TAKASHI G., SATO T., HIGAKI M., MORI E., OKUMURA K.: "Optical voltage and current measuring system for electric power system", IEEE Trans. on Power Delivery 1(1986)1, 91-97
- [22] DENNY I. F.: "Instrumentation and Measurement", IEEE Computer Applications in Power 11(1998)2, 17-23

CONVERTERS INSTEAD OF CURRENT AND VOLTAGE TRANSFORMERS

In the past decades electronic equipment is being increasingly used for measurement, protection and control in energy plants. Current and voltage transformers with a ferromagnetic nucleus suitable for electric and mechanical equipment have considerably greater normative values of nominal output and secondary values (current, voltage) than the values demanded by modern electronic equipment. Therefore new non-conventional transformers are being developed without ferromagnetic nucleus. They are called converters, in accordance with the electronic equipment. Converters that showed the best qualities are already being used in practice and their wider use can be expected in the future after the establishment of new standards. These trends are stimulated by changes in the organisation of production, transmission and distribution of electric energy in the industrialised countries.

schon in der Praxis geprüft und man kann, nach dem Herbeischaffen entsprechender Normen, ihre größere Anwendung in den Anlagen erwarten. Die spezifische Umgestaltung der Erzeugung, Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie -sogenannte Deregulierung- hat eine solche Entwicklung in den fortgeschrittenen Industrieländern besonders angeregt.

UMFORMER STATT STROM- UND SPANNUNGSWANDLER

In den letzten Jahrzehnten wird zwecks Messung, Schutz und Überwachung immer mehr von der elektronischen Ausrüstung Gebrauch gemacht. Strom- und Spannungswandler mit ferromagnetischem Kern geeignet für die elektromechanische Ausrüstung haben wesentlich höhere normierte Beträge der Nennleistung und der sekundären Größen (Strom, Spannung) im Vergleich mit jenen der zeitgemässen elektronischen Geräten. Neue sog. unkonventionelle kernlose Wandler passend zu den elektronischen Geräten, auch Umformer genannt, werden deshalb seit langem entwickelt. Jene Umformer welche sich als die besten erwiesen haben, werden

Naslov pisca:

**Dr. sc. Dušan Vujević, dipl. ing,
Cankarova 2 a
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1998-02-27.

NOVI ZAKON O USTUPANJU RADOVA

Krajem 1997. godine donesen je novi Zakon o nabavi roba, usluga i ustupanju radova, koji je objavljen u Narodnim novinama broj 142 od 31. prosinca. Stupanjem na snagu ovog zakona odnosno danom njegove primjene, tj. 9. ožujka ove godine prestaje vrijediti Uredba o postupku nabave roba i usluga i ustupanju radova (Narodne novine broj 33/97.). Zakonom se reguliraju javne nabave, tj. nabave za državne institucije, za poduzeća većinom u vlasništvu države, nabave na podlozi državnih jamstava i iz proračunskih izvora. Zakonom se reguliraju:

- načini nabave i uvjeti provedbe nadmetanja
- postupak nadmetanja
- podnošenje ponuda
- ocjenjivanje i usporedba ponuda
- nabava usluga
- postupci za ograničene načine nabave, te
- provedba i nadzor.

Osnovni način nabave je javno nadmetanje. U svrhu prethodnog utvrđivanja sposobnosti ponuđača može se primijeniti i prednadmetanje. Ostalo su ograničeni načini nabave roba i radova kao i usluga. Za ukupnu predračunsku vrijednost veću od 12.000.000,00 kn za robe i radove, te 6.000.000,00 kn za usluge mora se provesti međunarodno javno nadmetanje. Kod prikupljanja ponuda s cijenom potrebno je prikupiti najmanje tri ponude u slučaju kada se nabavlja potrošna roba ili uobičajene usluge i radovi za proračunske vrijednosti do 400.000,00 kn.

Za postupak nadmetanja utvrđuju se nadmetanja za domaće ponuđače, objavljivanje i sadržaj nadmetanja i prednadmetanja, potrebna dokumentacija i njen sadržaj.

Za podnošenje ponuda utvrđuju se rok, koji ne može biti kraći od 15 dana kod javnog nadmetanja i nadmetanja po pozivu. Kod međunarodnog nadmetanja rok je 45 dana od dana dostave poziva za podnošenje ponuda. Osim toga utvrđuje se rok valjanosti ponuda, izmjena i povlačenje ponuda kao i jamstvo za ponudu ukoliko to naručitelj zahtijeva.

Svim ponuđačima ili njihovim ovlaštenim predstavnicima naručitelj će dopustiti nazočnost pri otvaranju ponuda. Nadalje, detaljno je regulirano ispitivanje, ocjenjivanje i usporedba ponuda. Nakon toga slijedi prihvaćanje ponuda i sklapanje ugovora o nabavi. Osim toga, posebno je regulirana procedura, te postupci za nabavu usluga, kao i za ograničene načine nabave.

U Ministarstvu financija posebna jedinica nadzire nabavu, koja u slučaju utvrđene nepravilnosti podnosi kaznenu prijavu.

Sb

ZAKON O IZMJENAMA I DOPUNAMA ZAKONA O PROSTORNOM UREĐENJU

Zakon o prostornom uređenju donesen je 1994. godine i objavljen u Narodnim novinama broj 30 od 15. travnja. U međuvremenu se ukazala potreba za njegovim terminološkim usuglašavanjem, promjenama u organizacijskoj strukturi i nazivu državnih tijela te preciznijim definiranjem pojedinih postupaka i ovlasti. Donesen je Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o prostornom uređenju koji je objavljen u Narodnim novinama broj 68 od 12. svibnja ove godine.

Odredbe Zakona sadržane su u poglavljima:

- I. Opće odredbe
- II. Ustrojstvo sustava prostornog uređenja
- III. Dokumenti prostornog uređenja
- IV. Provođenje dokumenata prostornog uređenja

V. Nadzor

VI. Kaznene odredbe.

U izmjenama i dopunama Zakona tekst je dopunjen novim poglavljem pod nazivom "Dokumenti praćenja stanja u prostoru" kao poglavlje III, a pojedina poglavlja dopunjenim ili promijenjenim odredbama pojedinih članaka.

U prvom poglavlju definira se svrha ovog zakona, te u izmijenjenom obliku glasi:

"Ovim se Zakonom uređuje sustav prostornog uređenja, uvjeti i način izrade, donošenja i provođenja dokumenata prostornog uređenja te nadležnost tijela državne uprave i tijela jedinica lokalne samouprave i uprave u provedbi mjera i aktivnosti kojima se osigurava planiranje i uređivanje prostora Republike Hrvatske" Prostornim uređenjem osiguravaju se uvjeti za gospodarenje, zaštitu i upravljanje prostorom Države kao osobito vrijednim i ograničenim nacionalnim dobrom."

Prema izmjeni Županijski ili Gradski zavod može izrađivati prostorni plan uređenja općine i grada ili urbanistički plan i obavljati neke stručne poslove ako mu to povjeri Ministarstvo, županijsko ili gradsko poglavarstvo. Prostorne planove može izrađivati pravna osoba registrirana za stručne poslove prostornog uređenja ako ispunjava uvjete navedene u ovoj dopuni.

U poglavlju Dokumenti praćenja stanja u prostoru osim već utvrđenog sadržaja Programa mjera utvrđuje se i obveza županijskog ili Gradskog zavoda da dostavljaju Ministarstvu, županijskom ili Gradskom uredu Izvješća i Program mjera u roku od 15 dana nakon objavljivanja.

U poglavlju Dokumenti prostornog uređenja uz već navedene dokumente dodaje se i Urbanistički plan uređenja, te utvrđuje njegov sadržaj i uvjeti za njegovu izradu te nadležna tijela za njegovu donošenje. Generalni plan uređenja preimenuje se u Generalni urbanistički plan.

Poglavljem Provođenje dokumenata prostornog uređenja precizira se da se lokacijska dozvola ne izdaje za zahvate u prostoru:

- na području za koje je izdan detaljni plan uređenja i
- određene propisom koji donosi ministar.

U postupku donošenja odluke o koncesiji prema posebnom propisu na području za koje nije donijet detaljni plan uređenja mora se ishoditi lokacijska dozvola. U izmjeni se utvrđuje da se zahtjevu za izdavanje lokacijske dozvole prilaže izvadak iz katastarskog plana, opis i idejno rješenje. Prema ovom zakonu idejnim rješenjem se smatra grafički prikaz prostornih, funkcionalnih, oblikovnih i po potrebi tehničko-tehnoloških obilježja zahvata u prostoru. Također se izrađuje i stručna podloga za izdavanje lokacijske dozvole, koja sadrži elemente zahvata u prostoru i moguće utjecaje tog zahvata na okoliš.

U Kaznenim odredbama novčane kazne su iskazane u kunama umjesto u njemačkim markama.

Sb

ODLUKA MINISTARSTVA PROMETA O CESTAMA ZA PRIJEVOZ OPASNE TVARI

Godine 1993. donesen je Zakon o prijevozu opasnih tvari. Objavljen je u Narodnim novinama broj 97 od 26. listopada. Ovim zakonom se uređuju prijevoz opasnih tvari, uvjeti i radnje koje su u svezi s tim prijevozom te nadzor nad obavljanjem prijevoza.

Stupanjem na snagu ovog Zakona prestao je vrijediti stari Zakon o prijevozu opasnih tvari iz 1991 (NN 53/91.) i 1993. (NN 26/93.). Osim ovog Zakona za reguliranje prijevoza opasnih tvari primjenjuju se i:

- Europski sporazum o cestovnom prijevozu roba u međunarodnom prometu (ADR)
- propisi koji se odnose na međunarodni prijevoz opasnih roba željeznicom (RID)
- Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS) - glava 7 - prijevoz opasne robe
- kodeks opasnih tereta Međunarodne pomorske organizacije (IMCO)
- Pravila europskih odredbi o međunarodnom prijevozu opasnog tereta na unutarnjim plovnim putovima (ADN)
- Međunarodna konvencija o civilnoj zračnoj plovidbi
- Tehničke instrukcije za siguran transport opasnih tvari zračnim putem (ICAO) te
- Tehnička pravila o prijevozu opasnih tvari zrakoplovima (IAT) i akti
- Svjetskog poštanskog saveza (UPU).

Prema ovom Zakonu Ministar unutarnjih poslova u suglasnosti s Ministrom pomorstva, prometa i veza treba donijeti propise o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu. To je učinjeno u svibnju ove godine donošenjem Odluke o određivanju cesta po kojima smiju motorna vozila prevoziti opasne tvari i o određivanju mjesta za parkiranje motornih vozila s opasnim tvarima. Odluka je objavljena u Narodnim novinama broj 68 od 12. svibnja ove godine. Odluka se odnosi na motorna vozila koja prevoze eksplozivne tvari, otrovne tvari i radioaktivne tvari. Odlukom su utvrđene ceste na državnoj i županijskoj razini kojima se smiju prevoziti navedene tvari. Također su utvrđene stanice za tehnički pregled vozila koje su ovlaštene za ispitivanje vozila koja prevoze opasne tvari.

Osim toga utvrđena je količina opasnih tvari prema tablici 1. kada se vozilo mora parkirati samo na propisanim parkiralištima. Ova parkirališta su označena odgovarajućom prometnom signalizacijom.

Tablica 1.

Klasa opasne tvari	Tvar i stupanj	Količina veća od (kg)
I	II	III
1	sve opasne tvari	50
2	komprimirani plinovi: 1° izuzevši 1°A, 1°O i 1°F; ukapljeni plinovi 20 izuzevši 2°A, 2°O i 2°F plinovi 2°F, 3°A i 3°O	1000 10000
3	zapaljive tekućine od 1° do 5° (a) i (b), 7°(b), od 21° do 26° i slabo otrovne 41°	
4.1.	zapaljive krute tvari: tvari od 21° do 25 tvari od 26° tvari od 31°, 32°, 43° i 44° tvari od 33°, 34°, 45° i 46° tvari od 35°, 36°, 47° i 48° tvari od 41° i 42°	1000 100 1000 2000 5000 500
4.2.	samozapaljive tvari: tvari s oznakom (a) raznih stupnjeva i tvari od 220	10000
4.3.	tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom: tvari s oznakom (a) raznih stupnjeva	10000
5.1.	oksidirajuće tvari: tvari od 50 i tvari s oznakom (a) svih ostalih stupnjeva	10000
5.2.	organski peroksidi: tvari od 1°, 2°, 13° i 14° tvari od 3°, 4°, 15° i 16° tvari od 5°, 6°, 17° i 18° tvari od 11° i 12°	1000 2000 5000 500

6.1.	otrovne tvari: tvari od 1° do 5° i tvari s oznakom (a) svih stupnjeva tvari s oznakom (b) svih stupnjeva	1000 500
6.2.	infektivne tvari: tvari od 1° tvari od 2°	bilo koja količina 100
7.	sve radioaktivne tvari	bilo koja količina
8.	korozivne tvari: tvari s oznakom (a) svih stupnjeva brom od 14°	10000 1000
9.	ostale opasne tvari: tvari s oznakom (b) svih stupnjeva tvari od 13°(b)	5000 1000

Sb

PRAVILNIK O TEHNIČKOM NADZORU ELEKTRIČNIH POSTROJENJA, INSTALACIJA I UREĐAJA NAMIJENJENIH ZA RAD U PROSTORIMA UGROŽENIM EKSPLOZIVNOM ATMOSFEROM

Pravilnik o tehničkom nadzoru električnih postrojenja, instalacija i uređaja namijenjenih za rad u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom objavljen je u Narodnim novinama broj 69 od 14. svibnja ove godine.

Ovim pravilnikom propisuje se način obavljanja tehničkog nadzora nad postrojenjima, uređajima, opremom i drugim sredstvima za rad u građevinama i prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom plinova, para, maglica i prašine sa zrakom te instalacijama koje postrojenja, uređaje, opremu i druga sredstva rada povezuju u funkcionalnu cjelinu, a nalaze se u ugroženom prostoru ili imaju utjecaj na instalacije u ugroženom prostoru.

Tehnički nadzor obuhvaća:

- pregled i ocjenu dokumentacije na temelju koje se izrađuje postrojenje s posebnom opremom
- pregled i ocjenu postrojenja prije puštanja u pogon
- nadzor nad posebnom opremom u uporabi kod korisnika
- nadzor nad pravnim i fizičkim osobama za proizvodnju posebne opreme
- nadzor nad pravnim i fizičkim osobama koje obavljaju popravke, obnovu i/ili pregradnju posebne opreme.

Međutim, odredbe ovog pravilnika ne primjenjuju se na:

- uređaje i opremu iz područja medicine koji služe za neposrednu obradu pacijenata
- uređaje za uporabu plina u domaćinstvima instalirane snage ispod 50 kW
- uporabu prijevoznih sredstava pomorskog, riječnog, šinskog i zračnog prometa kada se ne nalaze u ugroženom prostoru
- na uređaje i opremu koju upotrebljava vojska i policija
- uređaje i opremu namijenjenu za zaštitu zdravlja.

Tehnički nadzor posebne opreme obuhvaća osnovni, redovni, kontrolni i izvanredni pregled. Prema ovom pravilniku o tehničkom nadzoru sastavlja se zapisnik u koji se unose sve činjenice koje se utvrđuju prilikom tehničkog nadzora, po formi i sadržaju u skladu s Zakonom o općem upravnom postupku.

Tehnički nadzor dokumentacije provodi se kao osnovni pregled, a obavlja se na zahtjev investitora ili projektanta. Javna ustanova koja obavlja ovaj pregled izdaje mišljenje ili nalaz.

Tehnički nadzor postrojenja prije puštanja u pogon provodi se kao osnovni pregled. Ustanova koja obavlja pregled izdaje mišljenje ili nalaz.

Tehnički nadzor posebne opreme u uporabi kod korisnika obavlja se kao redovni tehnički nadzor.

Tehnički nadzor proizvodnje posebne opreme je ocjena proizvođača radi postizanja propisane razine kakvoće i pouzdanosti proizvedene posebne opreme te udovoljenja zahtjevima iz potvrde tipa proizvoda.

Tehnički nadzor popravka, obnove i pregradnje obavlja se nad pravnim i fizičkim osobama koje navedene poslove obavljaju nad posebnom opremom. Za proizvođača opreme koji obavlja i radnje popravka, obnove i pregradnje proizvoda koje sam proizvodi ne vrijedi ova odredba.

Sb

PRAVILNIK O TEMELJNIM ZAHTJEVIMA ZA OPREMU, ZAŠTITNE SUSTAVE I KOMPONENTE NAMIJENJENE EKSPLOZIVNOJ ATMOSFERI

Stupanjem na snagu Pravilnika o temeljnim zahtjevima za opremu, zaštitne sustave i komponente namijenjene eksplozivnoj atmosferi plinova, para, maglica i prašina prestaje vrijediti Naredba o obveznom atestiranju protueksplozijski zaštićenih električnih uređaja koji su namijenjeni za uporabu u prostorima ugroženim od eksplozivnih smjesa (NN 53/91.). Ovim pravilnikom propisuju se temeljni zahtjevi, način ocjenjivanja sukladnosti, postupci i metode ispitivanja, nadzor proizvoda i proizvodnje te dobavljačeva izjava o sukladnosti za:

- opremu i zaštitne sustave namijenjene eksplozivnoj atmosferi plinova, para, maglica i prašina i
- sigurnosne uređaje, uređaje za upravljanje i regulaciju namijenjene uporabi izvan ugroženog prostora, ali neophodne za sigurnost ili za sigurno djelovanje opreme i zaštitnih sustava s obzirom na opasnost od eksplozije.

Međutim, odredbe ovog pravilnika ne primjenjuju se na:

- medicinske uređaje koji se koriste u medicinskim ustanovama
- opremu i zaštitne sustave u kojima opasnost od eksplozije proizlazi isključivo iz postojećih eksplozivnih materijala ili nestabilnih kemikalija
- opremu namijenjenu uporabi u kućanstvu i nekomercijalnim prostorima, gdje ugroženost od eksplozije može nastati rijetko, samo kao rezultat gubitka goriva ili plina ili zbog kvara
- osobnu zaštitnu opremu obuhvaćenu drugim propisima
- brodove i plovne jedinice obuhvaćene posebnim zakonom
- transportna sredstva i njihove prikolice namijenjene prijevozu putnika.

Temeljem postupka ocjenjivanja sukladnosti izdaje se potvrda ili certifikat o sukladnosti za ispitani tip opreme koja vrijedi tri godine, nakon čega će se provesti postupak ocjene sukladnosti tipa s temeljnim zahtjevima. Zakonom i posebnim propisima utvrđeni su zahtjevi kojima mora udovoljiti ustanova za tehnički nadzor. Označivanje sukladnosti obavlja se stavljanjem propisanog znaka sukladnosti.

Sastavni dio pravilnika čine prilozi:

1. Kriteriji određivanja klasifikacije skupina opreme u kategorije
2. Temeljni zahtjevi zdravlja i sigurnosti za konstrukciju i izradu opreme i zaštitnih sustava namijenjenih uporabi u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom
3. Tipsko ispitivanje
4. Osiguranje kakvoće u proizvodnji
5. Provjera (verifikacija) proizvoda
6. Sukladnost tipu
7. Osiguranje kakvoće proizvoda
8. Unutrašnja kontrola proizvodnje
9. Pojedinačna provjera
10. Označivanje

11. Najniži kriteriji koji se moraju uzeti u obzir za imenovanje ovlaštene pravne osobe

Za provedbu ovog pravilnika raspoložive su slijedeće hrvatske norme:

1. Za opremu, zaštitne sustave i komponente
HRN EN 50014 DO HRN EN 50020
HRN EN 50028
HRN EN 50033
HRN EN 50039
HRN EN 50050
HRN EN 50053
HRN EN 50054 DO 50059
HRN EN 50021 (a do njene objave HRN IEC 79-15)
2. Za ocjenu opasnog prostora
HRN EN 60079-10
3. Za elemente električne instalacije
HRN IEC 79-14
4. Za održavanje i popravak, obnovu i pregradnju
HRN IEC 79-19
HRN IEC 79-19.

Sb

IZMJENA VISINE NADOKNADE ZA PROSTORE KOJE KORISTE OBJEKTI ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

U svibnju ove godine donesena je Odluka o izmjeni visine nadoknade za prostore koje koriste objekti za proizvodnju električne energije za HE Čakovec, RHE Velebit, HE Peruča, HE Orlovac, HE Đale i HE Zakućac. Naime, ranije odluke objavljene u Narodnim novinama broj 24/95, 28/95, 58/97, 132/97 i 24/98 mijenjaju se u dijelu koji se odnosi na popis elektrana, odnosno jedinični iznos naknada, popis gradova i općina na čijem su područjima elektrane smještene. Prema novoj odluci vrijedi slijedeće:

1. Kod **HE Čakovec**
Briše se Mala Subotica, a upisuje Orehovica
2. Kod **RHE Velebit**
 - a) Utvrđuje se nova raspodjela po općinama:
 - Obrovac - 39 %
 - Gračac - 8 %
 - Lovinac - 41 %
 - b) Dodaje se općina Jesenice s iznosom raspodjele 12 %
3. Kod **HE Peruča**
 - a) Utvrđuje se nova raspodjela po općinama:
 - Vrlika - 60 %
 - Hrvace - 40 %
 - b) Briše se općina Sinj
4. Kod **HE Orlovac**
 - a) Utvrđuje se nova raspodjela za općinu Otok od 67 %
 - b) Dodaje se općina Trilj s iznosom raspodjele od 33 %
5. Kod **HE Đale**
 - a) Utvrđuje nova raspodjela po općinama:
 - Trilj - 26 %
 - Vrlika - 29 %
 - Hrvace - 20 %
 - Otok - 25 %
6. Kod **HE Zakućac**
 - a) Utvrđuje se nova raspodjela po općinama:
 - Vrlika - 22 %
 - Hrvace - 14 %
 - Otok - 19 %
 - Omiš - 21 %
 - Trilj - 24 %.

Sb

ODLUKE O DAVANJU KONCESIJE ZA KORIŠTENJE VODNE SNAGE RADI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Na temelju Zakona o vodama (NN 107/95) Zastupnički dom Hrvatskog državnog sabora donio je odluke o davanju koncesije za korištenje vodne snage radi proizvodnje električne energije Hrvatskoj elektroprivredi za hidroelektrane:

- HE Dubrovnik, snage 216 MW
- HE Zakućac, snage 486 MW
- HE Peruća, snage 41,6 MW
- Hidroenergetski sustav HE Orlovac, snage 237 MW
- HE Kraljevac, snage 59,2 MW
- Hidroenergetski sustav HE Sklope i HE Senj, snage 216 MW
- RHE Velebit, snage 276 MW
- HE Gojak, snage 48 MW
- HE Čakovec, snage 75,9 MW
- HE Varaždin, snage 86 MW
- Hidroenergetski sustav HE Vinodol, snage 84 MW
- HE Dale, snage 40,8 MW
- HE Rijeka, snage 36 MW
- HE Miljacka, snage 24 MW i
- HE Dubrava, snage 75 MW.

Prema ovim odlukama korisnik je dužan zahvaćati vodu na određenim mjestima, koristiti je radi proizvodnje električne energije sukladno Zakonu o vodama, posebnim propisima i vodoprivrednim dozvolama. Koncesija se daje za razdoblje od 33 godine. Korisnik koncesije dužan je plaćati godišnju naknadu u iznosu od 1 % ostvarene prosječne cijene proizvedene električne energije na pragu elektrane. Međusobni odnosi se detaljnije utvrđuju ugovorom o koncesiji.

Sb

POSTUPAK ZA POGON BLOK-TOPLANE

Kod Centra za patente u Zagrebu prijavljen je patent pod nazivom "Postupak za pogon blok toplane kao i uređaj za provedbu postupka" pod brojem P970183A u travnju ove godine. Podnositelj prijave je Siemens AG iz Minhena. Ukratko, evo o čemu se radi.

Blok toplane proizvode korisnu energiju, ovisno o potrebama, naročito struju kao električnu energiju s jedne strane i/ili toplinu, odnosno hlađenje kao toplinsku energiju s druge strane. Prema patentu se pomoću stvarno postojećih različitih kriterija provodi predvidljiv proračun potrebne struje i topline barem za slijedeća 24 sata kao i utvrđivanje i izračunavanje integrala potroška koji se iz toga mogu izvesti. Iz toga se izvodi pogon uređaja ponajprije u visokotarifnoj fazi struje uz optimalnu procjenu dovedenih i odvedenih energija. Pripadni uređaj obuhvaća procesorsku jedinicu uređaja za automatizaciju, koja naročito može biti procesorska jedinica već prisutna u uređaju, izrađena za prikladnu programsku podršku. S postojećim podacima može se ostvariti program optimiranja energije za blok toplane.

Sb

ROTOR ELEKTRIČNOG STROJA

Pod navedenim nazivom je objavljen patent firme ABB Management AG iz Badena. Govori se o rotoru električnog stroja s plinom hlađenim rotorskim namotom. Vod namota položen je u utore tijela rotora i prema ovom izoliran i osiguran klinovima utora. Pri tome je vod namota sastavljen od po dva razdjelna voda oblika slova U ili E, koji su sa svojim krakovima tako jedan preko drugog položeni da tvore uzdužne kanale između razdjelnih vodova. Ovi se kanali protežu po čitavoj dužini rotora u uzdužnom smjeru. Rotor je karakteriziran time što su oba razdjelna

voda na svojim krakovima barem djelomično međusobno zakovani, linijski ili točkasto, pri čemu se zakovični elementi stavlja u izreze, samo u krakove razdjelnog voda, bez zarezivanja površine voda namota.

Sb

POTPISAN SPORAZUM S ELEKTROPRIVREDOM BiH O ISPORUCI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Sredinom travnja ove godine potpisan je sporazum s Elektroprivredom BiH o isporuci 500 GWh električne energije Hrvatskoj elektroprivredi do kraja ove godine. Vrijednost ove isporuke je 20 milijuna američkih dolara. Za sada isporuka će se realizirati preko 220 kV dalekovoda Đakovo - Tuzla, koji je stavljen u pogon. Do kraja godine trebao bi biti stavljen u pogon i 220 kV dalekovod Međurić - Prijedor.

I dalje ostaje otvoreno pitanje ugovora o ulaganju Hrvatske elektroprivrede u objekte Elektroprivrede BiH, termoelektrane Tuzla i Kakanj. Prema tim ugovorima Hrvatska elektroprivreda ima pravo na zakup snage i dobave električne energije.

Sb

HEP DOBIO KREDIT OD 160 MILJUNA NJEMAČKIH MARAKA

Sredinom svibnja ove godine Hrvatska elektroprivreda je potpisala ugovor o novom kreditu od 160 milijuna njemačkih maraka s konzorcijem 19 europskih i svjetskih banaka. Temeljem povoljnog kreditnog rejtinga Hrvatska elektroprivreda je dobila ovaj namjenski kredit s višegodišnjim rokovima otplate. Otplaćivat će se uz ugovorenu kamatnu stopu libor povišenu za 0,85 % godišnje u jednoj kreditnoj liniji i 0,9 % godišnje u drugoj kreditnoj liniji.

Ovaj kredit je namijenjen za financiranje zamjene i rekonstrukcije kombi kogeneracijskog postrojenja u TE-TO Zagreb u iznosu oko 100 milijuna njemačkih maraka, zatim za financiranje izgradnje 400 kV dalekovoda Žerjavinec - Heviz (Mađarska) s 50 milijuna, a s ostatkom će se pokriti troškovi preseljenja plinske elektrane Dujmovača na lokaciju EL-TO Zagreb.

Sb

OBNOVLJENA HIDROELEKTRANA ROŠKI SLAP

U travnju ove godine ponovno je stavljena u pogon obnovljena hidroelektrana Roški slap. Ova hidroelektrana izgrađena je 1910. godine. Izgradila su je ugljenokopna društva iz Siverića i Velušića uz pomoć talijanskog kapitala. Hidroelektrana koristi dio vode Roškog slapa Krke s padom od 19,20 m (ukupna visina je 26,10 m). Umjesto starih vodnih turbina snage po 660 KS i generatora po 500 kVA ugrađene su novi agregati ukupne snage 1,8 MW. Ugrađena je suvremena oprema za upravljanje, regulaciju i zaštitu, koja omogućava upravljanje i kontrolu s jednog mjesta. Kanadsko-hrvatska tvrtka Hydro Wat osigurala je financijska sredstva u iznosu oko 3 milijuna njemačkih maraka za obnovu i ujedno zakupila ovu hidroelektranu.

Sb

MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE "ELEKTROENERGETIKA-UGLJEN-OKOLIŠ"

Sredinom svibnja održano je trodnevno međunarodno savjetovanje pod nazivom Elektroenergetika-ugljen-okoliš pod pokroviteljstvom Ministarstva znanosti i tehnologije, prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja, te turizma i Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša, a u organizaciji Hrvatskog komiteta CI-

GRE, Hrvatske elektroprivrede, Elektroprojekta, Ekonerga i Agencije za posebni otpad (APO). Savjetovanje je održano u Mošćeničkoj Dragi. Skup je okupio preko stotinu znanstvenika i stručnjaka iz Hrvatske, europskih zemalja i Amerike.

Sb

NACIONALNI ENERGETSKI PROGRAMI

Početak prošle godine Vlada je donijela odluku o pokretanju nacionalnih energetske programa energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije (Vidjeti: Energija, god.46(1997), br. 3). Pokrenuti su slijedeći programi:

- PLINCRO - program plinifikacije Hrvatske
- KOGEN - program kogeneracije
- MIEE - mreža industrijske energetske efikasnosti
- MAHE - program izgradnje malih hidroelektrana
- SUNEN - program korištenja energije sunca
- BIOEN - program korištenja biomase i otpada
- ENWIND - program korištenja energije vjetra
- GEOEN - program korištenja geotermalne energije
- KUEN_{zgrada} - program energetske efikasnosti u zgradarstvu
- KUEN_{cts} - program energetske efikasnosti centraliziranih toplinskih sustava.

Rezultati istraživanja prve faze nacionalnih programa prikazani su u deset pojedinačnih knjiga, dok se u jedanaestoj knjizi daje kratki prikaz svih rezultata istraživanja i obrađuju pitanja od zajedničkog interesa. Prezentacija ovih programa održana je 12. svibnja u Sveučilišnoj biblioteci.

Rezultati ovih istraživanja, kao i ranijih istraživanja kvalitetna su podloga za početak redizajna energetskega sektora. Aktivnosti koje bi trebalo provesti sadržane su u preporukama koje se u cijelosti prenose (Uvodna knjiga, str. 245-246).

Istraživanja provedena u nacionalnim energetskega programima, uz rezultate istraživanja razvitka elektroenergetskog sustava i tržišta naftnih derivata, omogućavaju izgradnju novog sustava gospodarenja energijom u Republici Hrvatskoj. Stvaranje novih odnosa u energetskega sektoru pretpostavlja niz aktivnosti, koje se u određenoj dinamici trebaju obaviti u neposrednoj budućnosti, kao i niz aktivnosti koje će se obavljati dugoročno i kontinuirano. Preoblikovanje energetskega sektora znači promjene u ekonomskim odnosima u energetskega sektoru, kao i koncipiranje energetskega sektora sukladno promjenama u zemljama Europske unije i ostalim zemljama zapadne Europe.

Izradi ovih dokumenata koji se odnose na uspostavu novog sustava gospodarenja, treba prethoditi odluka o konceptu razvitka tržišta električne energije i plina, što je od velike važnosti za proces restrukturiranja i privatizacije HEP-a i INE. Potrebne se aktivnosti mogu grupirati prema karakteru dokumenata i nosiocima izrade:

- I) Izrada strateških dokumenata na državnoj razini i u jedinicama lokalnih zajednica, kojima se određuju strateški ciljevi i mjere za postavljanje i provođenje energetske politike:

- *Strategija razvitka energetskega sustava*
- *Program provedbe energetskega strategije*
- *Program provedbe energetskega politike u županijama i gradovima.*

Nositelj poslova: Ministarstvo gospodarstva.

- II) Izrada novih zakona koji se odnose izravno na energetskega sektor:

- *Zakon o energetici*
- *Zakon o tržištu električne energije*
- *Zakon o tržištu plina*
- *Zakon o tržištu derivata nafte*
- *Izgradnja tarifnih sustava za prodaju plina, električne i toplinske energije*
- *Izgradnja sustava regulacije umreženih sustava (plina, električne i toplinske energije).*

Nositelj poslova: Ministarstvo gospodarstva i Ured za ekonomiku i restrukturiranje javnih poduzeća.

- III) Izmjene i dopune postojećeg zakonodavstva koje se odnose na dobivanje potrebnih dozvola, normi i standarda za građenje, korištenje voda i prostora, a radi poticanja energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora energije

Nositelj poslova: Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja, Ministarstvo gospodarstva, Državna uprava za vode.

- IV) Izmjene i dopune zakona koji se odnose na ekonomsko-financijsku problematiku poticanja energetske efikasnosti i obnovljivih izvora:

- *osnivanje posebnog Fonda za NEP za financiranje programa*
- *izmjene i dopune zakona o porezima i carinama*
- *izmjene i dopune zakona za poticanje tehnološkog razvitka i malog poduzetništva.*

Nositelj poslova: Ministarstvo gospodarstva, Ministarstvo financija i Ministarstvo znanosti i tehnologije.

- V) Izmjene i dopune zakona o lokalnoj upravi i samoupravi u pravcu određivanja obveze poticanja energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora.

Nositelj poslova: Ministarstvo uprave, Ministarstvo gospodarstva.

- VI) Izmjene i dopune programa obrazovanja koji se odnose na gospodarenje energijom, energetskega efikasnost i obnovljive izvore:

- *u osnovnoj školi*
- *u srednjoj školi*
- *pokrenuti studij energetike i na ostalim tehničkim fakultetima ujednačiti i unaprijediti razinu obrazovanja*
- *pokrenuti i poslijediplomski studij energetike*
- *trajno raditi na obrazovanju postojećih kadrova u energetici.*

Nositelj poslova: Ministarstvo prosvjete i športa, Ministarstvo znanosti i tehnologije i Ministarstvo gospodarstva.

- VII) Izgradnja sustava promocije, informiranja i savjetovanja radi poticanja energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora.

- VIII) Izvedba pilot-projekata za sve nacionalne energetske programe, na kojima bi se provjerio nov pristup gospodarenja energijom.

Nositelj poslova: Ministarstvo gospodarstva u suradnji s ostalim ministarstvima.

Vrlo je važno što prije početi izradu strateških dokumenata i osnovnog zakonodavstva u energetskega sektoru, kao i provođenje izmjena i dopuna ostalih zakona. Iako su aktivnosti na uspostavi organiziranog sustava gospodarenja trajne, izrada strateških dokumenata i potrebnog zakonodavstva, te uspostava fonda za financiranje nacionalnih energetskega programa može se izraditi i prihvatiti na razini Vlade Republike Hrvatske i Hrvatskog državnog sabora, najkasnije u razdoblju od dvije godine. Kao prioritet se može istaknuti strategija razvitka energetike i provedbeni programi koji bi se trebali usvojiti do kraja 1998. godine.

U pripremi implementacije važno je početi s pilot projektima u svim nacionalnim energetskega programima, kao i uspostaviti fond za financiranje, a što bi također trebalo učiniti do kraja 1998. godine.

Budući da izgradnja sustava gospodarenja energijom obuhvaća energetske, tehnološke, ekonomsko-financijske i prostorne mjere, kao i mjere zaštite okoliša, konačan uspjeh ovisi o usklađenosti ovih mjera kao i o pripadajućim aktivnostima. Stoga se predlaže osnivanje savjetodavnog tijela: Nacionalnog energetskega vijeća (NEV-a), čiji bi zadatak bio usklađivanje odluka iz područja energetike.

Sb

HRVATSKA POTPISALA KONVENCIJU O ZBRINJAVANJU RADIOAKTIVNOG OTPADA

U rujnu prošle godine u sjedištu Međunarodne organizacije za atomsku energiju usvojen je tekst Zajedničke konvencije o sigurnosti zbrinjavanja istrošenog goriva i sigurnosti zbrinjavanja radioaktivnog otpada (Vidjeti: Energija, god.46(1997), br.6). Ministar gospodarstva kao predstavnik Vlade Republike Hrvatske potpisao je ovu zajedničku konvenciju u Beču 9. travnja ove godine. Konvencija stupa na snagu nakon potpisivanja vlada 25 država od kojih 15 moraju biti vlasnici nuklearnih elektrana.

Međunarodna konvencija obvezuje svaku zemlju na poduzimanje mjera kako bi osigurala sigurno i ekološki neškodljivo upravljanje istrošenim gorivom i radioaktivnim otpadom. Te mjere obuhvaćaju odgovarajuće zakonodavstvo, adekvatne financijske i ljudske resurse, te primjenu odgovarajućih programa u području zaštite od zračenja i pripravnosti za hitne slučajeve. O poduzetim mjerama zemlje potpisnice će se uzajamno informirati na periodičnim sastancima koji će biti ključni mehanizam za promicanje visoke razine nuklearne sigurnosti u svijetu. Međunarodna mjera daju svim zemljama potpisnicama sigurnost i mogućnost da se upoznaju sa stanjem nuklearnih pogona i zbrinjavanjem otpada u susjednim zemljama.

Agencija za posebni otpad u svrhu informiranja javnosti tiskala je knjižicu u kojoj se osim prijevoda konvencije nalaze i :

- Odluka Vlade o pokretanju postupka za potpisivanje zajedničke konvencije
- Podloge za rad izaslanstva RH na diplomatskoj konferenciji za usvajanje konvencije
- Podloge za mjere jačanja međunarodne suradnje na području nuklearne sigurnosti, sigurnosti od zračenja i sigurnom postupku s otpadom.

Sb

ODRŽIVO GOSPODARSKO KORIŠTENJE NIZINSKIH RIJEKA I ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

Pod gornjim nazivom održana je međunarodna konferencija 27. i 28. svibnja ove godine u Zagrebu. Pod pokroviteljstvom Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša Republike Hrvatske organizatori su bili Hrvatsko šumarsko društvo, Hrvatsko energetska društvo i Stiftung Europäische Naturerbe EURONATUR. Pronalazjenje mogućnosti održivog energetskeg korištenja nizinskih rijeka u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na zaštitu šuma, bilo je cilj konferencije.

Teme o kojima se raspravljalo svrstane su u četiri grupe:

- strategija razvoja
 - Bergman B.: *Održivo gospodarsko korištenje nizinskih rijeka i zaštita prirode i okoliša*
 - Granić G. - Zeljko M. - Bašić H.: *Razvoj elektroenergetskog sustava s naglaskom na izgradnju hidroelektrana*
 - Prpić B.: *Uloga šumskih ekosustava u održivom razvoju Podravine*
 - Beraković B.: - Mahmutović Z.: *Hidroelektrane i održivi razvoj*
- stanje prostora
 - Jović V. - Pletikapić Z. - Borović D - Kereković A.: *Stanje podzemnih voda na području HE Novo Virje*
 - Sečen V.: *Podzemne vode i nizinske šume*
 - Vukelić J.: *Utjecaj hidroloških promjena na vegetacijski sastav nizinskih šuma i posljedice tih promjena*
 - Seletković Z. - Tikvić I.: *Klimatska i hidrološka funkcija nizinskih šumskih ekosustava*
 - Meštrović Š.: *Značenje sirovinske i energetske funkcije podravskih nizinskih šuma*
 - Aleksić Lj. - Petrićec M.: *Praćenje stanja voda na području HE Novo Virje*
- mogućnosti razvoja
 - Prpić B. - Jakovac H.: *Značenje općekorisnih funkcija*

nizinskih šuma u usporedbi s planiranim energetskeg koristima HE ovo Virje

- Brunner R.: *Hidroelektrana ili nacionalni park, ekonomska analiza prihoda i troškova u Austriji*
- Schneider-Jacoby M.: *Održivi razvitak Pomurja i Podravine kao šansa unapređenja graničnog prostora između Austrije, Slovenije, Hrvatske i Mađarske*
- utjecaji
 - Matić S. - Oršanić M. - Anić I.: *Utjecaj promjene stanišnih prilika na strukturu, razvoj i proizvodnju nizinskih šumskih ekosustava*
 - Jović V. - Franković B. - Pletikapić Z.: *Utjecaj dravskih hidroelektrana na podzemne vode*
 - Biondić D.: *Povijesni slijed i uzroci dosadašnjih morfoloških promjena na donjem toku Drave*
 - Liška M.: *O rješenju zaštite okoliša uz HE Gabčikovo u Republici Slovačkoj*
 - Zinke A.: *O utjecaju vodne stube Gabčikovo na vodeni ekosustav*
 - Mišetić S. - Mamutović Z. - Hatić Đ.: *Utjecaj HE Novo Virje na okoliš*
 - Kerovac M.: *Ekosustav rijeke Drave i utjecaj planirane HE Novo Virje na okoliš*
 - Rast G.: *Utjecaj vodnih stuba na riječni ekosustav i kopnene ekosustave u dolini rijeke Rajen*
 - Klimo E.: *Ekološke posljedice u nizinskim šumama poslije izmjene vodnog režima u području Južne Moravske*
 - Mohl - Schwarz: *Utjecaj vodotehničkih zahvata na riječni tok Drave između Botova i Ferdinandovca.*

Sb

ELEKTROENERGETSKA BILANCA ZA 1997. GODINU

U tablicama 1 do 3 prikazani su podaci za 1996. i 1997. godinu. Promjena u postocima je utvrđena kao omjer razlike (1997- 1996) i iznosa za 1996. godinu pomnoženog sa 100.

Dobava iz TE izvan Hrvatske je dobava temeljem zakupa snage i energije i zajedničke izgradnje TE u drugim republikama bivše Jugoslavije (TE Obrenovac, TE Tuzla, TE Kakanj i TE Gacko). Iz tablice 1 je vidljivo da je proizvodnja u hidroelektranama (5260,3 GWh) u 1997. godini bila 26,8 % manja od ostvarene proizvodnje (7189,6 GWh) u 1996. godini. Kod termoelektrana proizvodnja u 1997. godini (5970,9 GWh) je bila veća za 27 % od ostvarene proizvodnje (4702,5 GWh) u 1996. godini. Ukupna potrošnja (12793,0 GWh) u 1997. godini je za 6,1 % veća od ostvarene potrošnje (12057,9 GWh) u 1996. godini.

Tablica 1. - Energetska bilanca za 1997. godinu

	1996 GWh	1997 GWh	Promjena a (%)
Proizvodnja HE:			
- protočnih HE	1694,6	1361,4	-19,7
- akumulacijskih HE	5418,6	3841,5	-29,1
- malih HE	76,4	57,4	-24,9
Ukupno HE	7189,6	5260,3	-26,8
Proizvodnja konvencionalnih TE	2521,4	3561,6	41,3
Proizvodnja NE (HEP)	2179,6	2392,7	9,8
Proizvodnja DE	1,5	16,6	1006,7
Ukupno TE	4702,5	5970,9	27,0
Dobava iz TE izvan RH	0,0	0,0	0,0
Uvoz	1795,6	2222,2	23,8
Ukupno raspoloživo	13687,7	13453,4	-1,7
Isporuca distribuciji	11102,1	11706,4	5,4
Isporuca direktnim potrošačima	511,6	642,4	25,6
Gubici prijenosa	444,2	444,2	0,0
Ukupna potrošnja	12057,9	12793,0	6,1
Izvoz	1629,8	660,4	-59,5
Ukupno isporučeno	13687,7	13453,4	-1,7

U tablici 2 prikazana je pojedinačna proizvodnja u hidroelektranama u 1997. i 1996. godini, dok je u tablici 3 prikazana pojedinačna proizvodnja u termoelektranama.

Tablica 2. - Proizvodnja hidroelektrana u 1997. godini

	1996	1997	Promjena a (%)
HE Senj	1141,5	904,3	-20,8
HE Sklope	97,9	72,2	-26,3
HE Vinodol	157,1	130,8	-16,7
HE Peruča	153,3	97,7	-36,3
HE Orlovac	513,7	356,7	-30,6
HE Zakučac	2021,8	1235,6	-38,9
RHE Obrovac	449,6	301,7	-32,9
HE Dubrovnik	659,5	596,3	-9,6
HE Đale	173,1	110,2	-36,3
HE Kraljevac	51,1	36,0	-29,5
Ukupno akumul. HE	5418,6	3841,5	-29,1
HE Rijeka	106,7	69,6	-34,8
HE Manojlovac	129,7	100,5	-22,5
HE Golubić	28,7	19,7	-31,4
HE Gojak	213,0	178,0	-16,4
HE Varaždin	484,2	395,7	-18,3
HE Čakovec	368,8	298,7	-19,0
HE Dubrava	363,5	299,2	-17,7
Ukupno protočne HE	1694,6	1361,4	-19,7
HE Zeleni Vir	8,0	7,1	-11,3
HE Jaruga	33,5	0,8	-97,6
HE Ozalj	27,0	23,5	-13,0
HR Zavrle	7,0	3,8	-45,7
HR Krčić	0,9	22,2	-
Ukupno male HE	76,4	57,4	-24,9
UKUPNO HE	7189,6	5260,3	-26,8

Tablica 3. - Proizvodnja termoelektrana u 1997. godini

	1996 (GWh)	1997 (GWh)	Promjena a (%)
TE Plomin	99,5	456,1	358,4
TE Rijeka	627,2	917,5	46,3
TE Sisak	1083,2	1358,0	25,4
TE-TO Zagreb	333,5	395,4	18,6
EL-TO Zagreb	162,5	167,6	3,1
KTE Jertovec	13,0	23,3	79,2
PTE Jertovec	4,1	4,5	9,8
PTE Osijek	63,2	121,2	91,8
TE-TO Osijek	134,3	117,7	-12,4
PTE Dujmovača	0,3	0,1	-66,7
PTE Slavonski Brod	0,6	0,2	-66,7
Ukupno konvencionalne	2521,4	3561,6	41,3
NE Krško (50%)	2179,6	2392,7	9,8
Ukupno TE + NE	4701,0	5954,3	26,7
Ukupno DE	1,5	16,6	1006,7
Ukupno TE	4702,5	5970,9	27,0

NUKLEARNA OPCIJA U ZEMLJAMA S MALIM I SREDNJIM ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVIMA

Pod ovim nazivom održava se već druga međunarodna konferencija koju organizira Hrvatsko nuklearno društvo u suradnji s Europskim nuklearnim društvom i Međunarodnom agencijom za atomsku energiju iz Beča. Konferencija je održana u Dubrovniku sredinom lipnja ove godine. Na konferenciji se raspravljalo o perspektivama nuklearne energetike u svijetu, metodama za usporedbu nuklearne opcije s drugim energetskim alternativama (termoelektrane na ugljen i plin) sa stanovišta ekonomičnosti i utjecaja na okoliš, pitanjima razvoja novijih i sigurnijih nuklearnih reaktora, posebno manjih jedinica, stanju znanosti na analizama nuklearne sigurnosti determinističkim i probabilističkim metodama, pitanju nuklearnog gorivog ciklusa i odlaganja nuklearnog otpada, pitanjima nuklearne regulative i osiguranja protiv nuklearnih šteta, te o pitanjima odnosa s javnošću.

Zemlje s malim i srednjim nuklearnim sustavima, u koje spada i naša zemlja, najčešće su i zemlje s ograničenim ljudskim i materijalnim mogućnostima. Da bi se dostigli najveći standardi sigurnosti, pouzdanosti i ekonomičnosti rada nuklearnih elektrana uz ograničene resurse, potrebno je njihovo što racionalnije korištenje. Od velike je važnosti pravi izbor tehnologije, gorivog ciklusa, strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada i raspremanja elektrane. Sve to upućuje na veliku važnost i korisnost što šire izmjene iskustva i na suradnji u toj grupi zemalja. Zato je posebna pozornost na konferenciji poklonjena međunarodnoj suradnji naše zemlje u korištenju nuklearne energije.

Postoje dragocjena iskustva stjecana kroz dugogodišnji nuklearni razvoj u nizu malih i srednjih zemalja (Mađarska, Bugarska, Češka, Slovačka, Švicarska, Švedska, Finska i dr.). Ona omogućuju izbjegavanje pogrešnih odluka i racionalno i smišljeno rješavanje svih pitanja koja proizlaze, kako iz pogona nuklearne elektrane, tako i zbrinjavanja radioaktivnog otpada te priprema za spremanje elektrana.

Iskustva spomenutih zemalja pokazuju da su male i srednje zemlje sposobne sigurno i ekonomično koristiti nuklearnu energiju s obzirom na manje ljudske i materijalne potencijale. One to ponekad provode racionalnije od velikih nuklearnih zemalja, pa je i njihovo iskustvo vrlo relevantno za zemlje sličnih potencijala.

Sb

NJEMAČKI POTROŠAČI ELEKTRIČNE ENERGIJE ZADOVOLJNI SVOJIM DOBAVLJAČIMA

Udruga njemačkih elektrana (VDEW) naručila je kod Instituta za socijalna istraživanja provedbu reprezentativne ankete među potrošačima električne energije. Anketa je pokazala, rečeno ukratko, da je devet od deset potrošača zadovoljno svojim dobavljačima električne energije. Gledajući pak odgovore na pojedina pitanja 81% ispitanika je izjavilo da sadašnje dobavljače smatra sposobnim i učinkovitim poduzećima, 71 % su uvjereni u njihovu uslužnost, a 55 % njih potvrđuje da njihov dobavljač u svom radu pazi na očuvanje okoliša. Nadalje, 45 % anketiranih smatra da njihovi dobavljači vode vrlo odgovornu tarifinu politiku, a 35 % vjeruje da proizvođači i isporučioци električne energije podupiru uporabu obnovljive energije.

Elektrizitätswirtschaft god. 97 (1998), br. 5

Mrk

KOMUNIKACIJE I SLOBODNO TRŽIŠTE

Brze promjene na tržištu, promjene cijena, želje potrošača i proizvodi traže brze obavijesti, kao i donošenje odluke u najkraćem vremenu. Da bi se to postiglo potrebna je moderna informatička tehnika. Ovakve su obavijesti nužne u natjecateljskoj trgovini i treba ih prenositi online. Da bi se mogla iskoristiti pružena prilika i otkloniti nastale rizike, informacije moraju biti brzo raspoložive.

Najkasnije do početka 1999. godine treba razjasniti sva energetska-gospodarska pitanja u tijeku nacionalnog uvođenja smjernica EU. To isto vrijedi i za tehnička pitanja, gledajući tržišne uvjete, kako bi se mogle svladati tržišne transakcije, treba osigurati tehnička sredstva za vođenje zapadnoeuropskog vezanog prijenosnog sustava i time postići njegovu sigurnost, pouzdanost i stabilnost. No, zbog toga ne treba zapostaviti komunikacije dereguliranog strujnog tržišta dok svi zahtjevi ne budu razjašnjeni, jer se na tom području ne mogu očekivati rezultati pritiskom na dugme. Razmišljanja o komunikacijama treba početi već danas. Treba početi od toga da je deregulirano tržište električne energije tek na početku i da će se razvijati. Traži se prilagođavanje zahtjevima tržišta, tehnike i sigurnosti mreže.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 5

Mrk

UTJECAJ PRIKLJUČKA FOTOVOLTAIČKIH UREĐAJA

Stalnim porastom udjela fotovoltaičkih generatora u niskonaponskim i srednjonaponskim električnim mrežama dolaze do znatnog izražaja, ne samo troškovi, već također treba očekivati utjecaj na pouzdanost, stabilnost i kvalitetu dobave električne energije. U Njemačkoj su stoga provedena istraživanja da se vidi kakva pogoršanja u mreži mogu izazvati solarni uređaji, naročito u pogledu nadvalova.

Istraživanja su pokazala potrebu detaljnije studije parametara za priključak fotovoltaičkih uređaja koji su u paralelnom pogonu sa sadašnjim sustavom elektroenergetske dobave.

Zaključak je da priključak samovođenog izmjenjivača (pretvarača istosmjerne struje fotovoltaičkog generatora u trofaznu struju) nije rješenje bez problema.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 5

Mrk

NOVA ORGANIZACIJA ELEKTROPRIVREDNOG PODUZEĆA BAYERNWERK

Veliko bavarsko elektroprivredno poduzeće Bayernwerk organizirano je od početka godine 1998. u holding - strukturi, prilagođenoj potrebi natjecanja na slobodnom tržištu električnom energijom, u tri proizvodna i jedno prijenosno poduzeće.

Poduzeće Bayernwerk Konventionelle Wärmekraftwerke GmbH (BKW) obuhvaća sve termoelektrane na fosilna goriva ukupne snage 5500 Mw. Zatim poduzeće Bayernwerk Kernenergie GmbH upravlja nuklearnim elektranama, a Bayernwerk Wasserkraft AG hidroelektranama. Također početkom 1998. godine osnovano je prijenosno poduzeće Bayernwer Hochspannungsnetze GmbH koje je nadležno za transport električne energije. Broj poduzeća koja obavljaju razdiobu ostao je nepromijenjen. Treba napomenuti da BKW ima također udio u nekim termoelektranama izvan Bavarske. Sve elektrane na kamenu ili smeđi ugljen ili naftu imaju ugrađene uređaje za pročišćivanje dimnih plinova. Modernom se tehnikom dušični oksidi reduciraju 85 %, sumporni oksid 90 %, a prašina blizu 100 %.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 5

Mrk

DJELATNOSTI TVRTKE SIEMENS NA VELIKIM PRIJENOSNIM POSTROJENJIMA

Tvrtka Siemens, između ostalog, vrlo je aktivna u gradnji velikih električnih prijenosnih postrojenja u svijetu.

Kao vodeća u međunarodnom konzorciju u Turskoj gradi treći nadzemni vod preko Bospora. Potrebe prijenosa električne energije iz europske na azijsku stranu prerasle su prijenosne mogućnosti postojećih dvaju nadzemnih vodova. Drugi vod izgradila je ista tvrtka 1993. godine. Novo prijenosno postrojenje građeno je za napon 800 kV što za graditelje predstavlja tehnički izazov. Posebno treba istaknuti konstrukciju zaštitnog užeta, koje će imati integrirane svjetlovodne niti za telekomunikacijske uređaje. Montažu, stupove i dovodne vodove preuzela su turska poduzeća. Ulažak u pogon predviđa se 1999. godine.

U Kini Siemens gradi istosmjerni visokonaponski prijenos 500 kV, za prijenos 1800 MW, na udaljenost od 960 km. Osim toga, prema daljnjem projektu Siemens bi bio dobavljač istosmjernog visokonaponskog prijenosnog postrojenja za vezu Tajlanda i Malezije. Ispitivanja ventila za navedene uređaje u tijeku su na tehničkom fakultetu u Karlsruhe.

ETZ, god. 119 (1998), br. 3/4

Mrk

NAPREDAK U IZRADI SUPRAVODLJIVIH KABELA

Tvrtka Siemens planira da će u slijedećem tisućljeću serijski proizvoditi supravodljive kabele. Do kraja godine 1998. izradit će se prototip takvog kabela za napon od 110 kV, duljine 50 m. Kratko nakon otkrića visokotemperaturnih supravodiča u tvrtki se od 1986. godine počelo intenzivno raditi na njihovoj praktičnoj primjeni. Početkom devedesetih razvijeni su supravodiči za energetske kabele i način njihove proizvodnje. Postignuto je da vodiči podnose gustoću struje od 100 kA/cm² pri temperaturi od 77 K. Godine 1996. izrađen je prvi funkcionalni vodič duljine 10 m, no njegova podnosiva struja od 1090 A nije još ispunila očekivanja. Zatim je godine 1997. izrađen drugi funkcionalni model, pod-

nosive struje od 5000 A. Prilikom ispitivanja se pokazalo da su gubici u kabelu, pri struji od 2,1 kA 0,8 W/m, što je svakako nužna pretpostavka za ekonomičnost takvog kabela planiranog za 110 kV. No, na razvoju supravodljivih kabela ne radi samo Siemens, već su u svijetu i mnoge druge institucije i tvrtke vrlo aktivne na tom polju. U SAD radi Electric power Research Institute's American Superconductor (ASC) uz potporu Department of Energy, u Japanu tvrtke Sumitomo i Furukawa, a u Italiji Pirelli. Japanci planiraju ugradnju supravodljivih kabela u gradska područja Tokija i Osake. Kabeli bi bili trofazni, vanjskog promjera 130 mm, a iskoristile bi se trase postojećih kabela. Prenosilo bi se oko 1000 MVA, pod naponom od 66 kV. Kao što se vidi, mogućnosti prijenosa vrlo su velike, a poteškoće vezane za nove trase mogu se izbjeći, ako se postojeći kabeli, mnogo manjih prijenosnih mogućnosti, zamijene supravodljivim kabelima. Treba istaknuti i da su gubici pri tome znatno manji. Magnetska polja izvan kabela mogu se izbjeći koaksijalno smještenim vodičima u povratnoj vezi. Na koncu treba reći da se rade studije i ispitivanja kako bi se visokotemperaturni supravodiči mogli koristiti u gradnji transformatora, uređaja za ograničenje struje i energetskih akumulatora.

ETZ, god. 119 (1998), br. 5

Mrk

GORIVE ČELIJE ZA STACIONARNU PRIMJENU

Tvrtka GEC Alstom razvija PEM* gorive ćelije, snage 250 kW za necentraliziranu proizvodnju električne energije. To bi trebao biti prvi takav uređaj tolike snage. Uređaj je smješten u kontejner. U njemu su ugrađene gorive ćelije, presmjerivač, sustav za grijanje i hlađenje i jedinica za upravljanje. Električna energija u PEM ćelijama direktno se proizvodi elektrokemijskim putem iz vodika koji se dobiva iz zemnog plina. Toplinska energija koja pri tome nastaje koristi se za grijanje i pripremu tople vode. Iskorištenje energije u uređaju je visoko, a vrlo su niske štetne emisije.

ETZ god. 119 (1998), br. 6

Mrk

BRIGA ZA ELEKTROTEHNIČKI PODMLADAK U NJEMAČKOJ

Danas u elektrotehnici, elektronici i informatičkoj tehnici stalno rastu zadaće iz područja rada elektroinženjera. Primjer za to su telekomunikacije, promet, medicinska tehnika kao i nova polja mikrosistematske tehnike. Dok mi u zemlji stalno pratimo svjetski napredak tehnologije, pada interes naših mladih ljudi za tehničke studije. To je već dovelo do takvog stanja da se može očekivati, za nekoliko godina, znatan manjak elektroinženjera. U Njemačkoj je broj upisanih bruceša ne elektrotehniku pao od 25.000 u 1990. godini na 10.000. Tome je kriv neodgovarajući školski sustav. Osnove prirodnih znanosti, kao matematika i fizika više nisu u modi. U nekim savezima pokrajinama nije postignut niti europski prosjek (vidi Energija br. 5/6 1995. i br. 1 1997.) Tako dalje ne može ići, napisao je predsjednik VDE dipl. ing. H. Wolters u uvodnom članku prvog broja za 1998., časopisa ETZ. Samo odlično školovani tehnički podmladak može svladati promjene izazvane inovacijama. U njemačkom društvu elektrotehničara ovaj je problem vrlo ozbiljno shvaćen pa je osnovan tehnički klub (VDE-Technik-Club) kojemu je zadatak da kod mladih ljudi na vrijeme razvije zanimanje za tehniku i potakne studij elektrotehnike, elektronike ili informatičke tehnike. Nadalje, da otkriva talente i individualno ih potiče i ukazuje na perspektive u zvanju, pomažu studij i planiranje zvanja.

* O PEM gorivim ćelijama vidi Energija 46 (1997), br. 5

Pisac članka apelira na čitatelje stručnjake da potpomognu ova nastojanja, jer su kompetentni uputiti mlade ljude u njihove mogućnosti. Tome će pridonijeti razgovor s ministrom za obrazovanje, znanost, unapređenje i tehnologiju kao i kongres VDE koji će se ujesen održati u Stuttgartu.

ETZ, god. 119 (1998), br. 1/2

Mrk

RECIKLAŽA ELEKTRIČNIH OSIGURAČA

Okoliš ima za nas sve veću važnost. Industrija ne mora samo proizvoditi na način da štiti okoliš, već mora optimalno zbrinuti stari i istrošeni proizvod. Pri tome se stari materijal ne baca jednostavno na deponij, već je potrebno iskoristiti sve što je moguće. Osnovna razmatranja moraju pokazati da li je za okoliš i sigurnost najpovoljnije odlaganje na deponij, razvrstavanje ili reciklaža. Kao primjer takvih nastojanja je inicijativa njemačkih proizvođača rastalnih osigurača velike snage (kod nas poznati prema VDE kao NH niskonaponski i HH visokonaponski osigurači velike snage) da preuzmu ovakav odbačeni materijal zbog reciklaže. Da se može ova ideja provesti osnovala je 1995. godine grupa proizvođača osigurača najprije radnu grupu, a zatim udruhu koja će brinuti o reciklaži.

Rastalni osigurači, ako nije došlo do kvara na mreži, mogu trajati do 20 godina. Prema tome, danas traže zbrinjavanje osigurači proizvedeni tada prema ondašnjoj tehnologiji. Iz stranih se osigurača može izvaditi npr. bakar i srebro, ali demontaža nije jeftina pa vrijednost dobivenog metala ne može pokriti troškove. Poteškoća je još u tome što se tada kao zaptivni materijal upotrebjavao štetni azbest, koji je danas zabranjen.

Postotne udjele pojedinih materijala npr. u NH ulošku osigurača daje slijedeći pregled:

keramika	40,3 %
kvarcni pijesak	20,8 %
umjetni materijali	3,3 %
bakar	25,9 %
željezo, čelik	4,3 %
srebro	0,1 %
ostali metali	6,3 %

Zbog iznesenih poteškoća provedena su mnoga ispitivanja da se utvrdi najpovoljniji način reciklaže. Pokazalo se da je moguće reciklirati stare osigurače bez pregradnji i demontaže, u bakrenom konverteru. Pri tome se koristi i otpadna šljaka sastavljena od keramika kvarcnog pijeska i vezanog azbesta, za građevinske svrhe. U Njemačkoj je godine 1996. već sakupljeno 70 t uložaka osigurača, a godinu dana kasnije 91 t. predviđa se da bi se u cijeloj Njemačkoj moglo godišnje sakupiti do 300 t. Za ovakav način reciklaže zanima se i inozemstvo. Spomenuta udruga za reciklažu već je proširila svoje djelovanje na 28 država.

ETZ, god. 119. (1998), br. 1/2

Mrk

EU POMAŽE RAZVOJNE PROJEKTE

Europska unija (EU) već od početka osamdesetih godina pomaže tehnološki razvoj u okviru programa "Framework Programs for Research and Technology Development". Do 1998. primljeno je oko 7000 prijedloga. Četvrti okvirni program u vrijednosti od 13,1 milijarda ECU započeo je 1994. godine i traje 4 godine. Područje koje obuhvaća program je industrijska tehnologija s težištem na novim postupcima i materijalima u proizvodnji. Isto tako postoje programi za promet i informatičku tehniku. Peti će okvirni program početi teći u 1998/99. godini, a ima tri osnovne teme: prirodni izvori eko sustava, informatičko društvo i rast u tržišnoj utakmici. Za organizacije, odnosno poduzeća koja se bave elektrotehnikom i elektronikom zanimljive su druga i treća tema. Za

navedene projekte predviđena je svota od 16,3 milijardi ECU-a. Program se želi poduprijeti mala i srednja poduzeća u traženju novih tehnika, procesa i proizvoda kao i razvojnih i primijenjenih projekata. Treba još istaknuti da sve potrebne informacije mogu zainteresirani dobiti preko interneta.

ETZ, god. 119 (1998), br. 6

Mrk

TEHNIČKA KERAMIKA U PRAKSI

Važno mjesto u tehnici zauzeli su keramički materijali. Njihova odlična svojstva otvorila su im vrata vrlo zahtjevnim zadacima, ne samo u elektrotehnici, već i u strojarstvu i gradnji uređaja. Keramički konstruktivni dijelovi moraju imati posebne osobine. Oni imaju prednosti u trajnosti, sigurnosti i pouzdanosti. Proizvođači keramičkih materijala vide iz dnevnih iskustava da nisu dovoljno poznate mogućnosti primjene i povoljne cijene njihovih proizvoda. Zbog te neinformiranosti proizvođači su u Njemačkoj organizirali posebne seminare za konstruktore, razvojne inženjere, tehničke voditelje, trgovce i vlasnike tvrtki, gdje specijalisti iznose mogućnosti primjene keramike, a posjetitelji seminara u diskusijama razmjenjuju iskustva.

ETZ, god. 119 (1998), br. 6

Mrk

ŽENE SU JOŠ UVIJEK RIJETKO NA VODEĆIM POLOŽAJIMA

Prema njemačkim statistikama na vodećim položajima u proizvodnji, trgovini, kreditnim i osiguravajućim zavodima na istaknutim položajima tek je 8 % žena. Više od 76 % njih je slobodno, neudato ili su udate, ali bez djece. Naprotiv, njihovi muške kolege u 88 % slučajeva su oženjeni, u 55 % imaju djecu, a samo 11 % muškaraca na istaknutim položajima su samci.

ETZ, god. 119 (1998), br. 6

Mrk

LSR - NOVI MATERIJAL ZA VISOKONAPONSKI KABELSKI PRIBOR

Prije 25 godina počela je uporaba umreženog polietilena (UPE) za izolaciju sredjonaponskih kabela. Razvoj je toliko uznapredovao da se danas takva izolacija koristi do napona od 500 kV. Takva tehnika izolacije tražila je i kabelski pribor od odgovarajućeg materijala određenih električnih, mehaničkih i termičkih osobina. Samo su tako mogle prednosti navedene izolacije doći do punog izražaja. U Njemačkoj se upotrebljava silikonski kaučuk (silikon rubber SIR) kao materijal za kabelski pribor, vrlo pogodan u homogenoj masi s UPE. Sada je proizveden, također na bazi silikona LSR (Liquid Silicone Rubber) pogodan za štrcanje i proizvodnju voluminoznih garnitura za visokonaponske kabelske uređaje. LSR predstavlja znatno poboljšanje prema do sada korištenim materijalima. Omogućuje veća mehanička i termička naprezanja pri montaži i pogonu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998) br. 7

Mrk

PARK VJETROELEKTRANA U AUSTRIJI

Austrijska pokrajina Burgenland vrlo je pogodna za vjetroelektrane, a naročito područje Zurndorf, gdje je u prosincu 1997. stav-

ljen u pogon park vjetroelektrana ukupne instalirane snage 3 MW, u 6 jedinica po 500 kW. Investicije za cijelo postrojenje iznose okruglo 60 milijuna šilinga, koje će se amortizirati za 15 godina. Računa se da će godišnja proizvodnja iznositi oko 5,5 milijuna kWh, čime će uštedjeti 1.800.000 l nafte, a smanjiti emisija od 3700 t ugljičnog dioksida.

VEÖ Journal, 1998, br. 1/2

Mrk

PAD DOBITI ELEKTROPRIVREDNOG PODUZEĆA EdF

Francusko državno elektroprivredno poduzeće EdF imalo je u usporedbi s 1996. godinom, u 1997. smanjenu dobit od 21 %, tj. od 1,9 milijardi FF na 1,5 milijardi FF. Ovakav značajan pad posljedica je povećanih davanja državi od 4 milijarde FF (1996) na 5,5 milijardi FF (1997). Ako se pak računa bruto dobit ona je povećana za 18,6 %.

VEÖ Journal, god. 1998, br. 3

Mrk

ŠVICARSKA I TRŽIŠNA UTAKMICA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

U predstojećoj liberizaciji energetske tržišta, Švicarska sa svojim središnjim položajem u Europi mora prihvatiti nove odnose potrošača i dobavljača. Otvoreno tržište stvara nadu kod potrošača da će se troškovi za energiju sniziti, ali i bojazan da će se smanjiti sigurnost dobave i ekološka kvaliteta švicarske proizvodnje električne energije. U Švicarskoj se intenzivno radi na pripremama za slobodno tržište. Očekuje se da će savezni parlament godine 2000. donijeti posebni zakon o slobodnom tržištu električne energije. Elektroprivreda je spremna da se prilagodi standardima EU i susjednih zemalja i da se slobodno tržište protegne do potrošača u kućanstvu. Iz tehničkih i gospodarskih razloga prijelaz na slobodno tržište proveo bi se postupno u tijeku 10 godina. U prvom koraku dolaze u obzir veliki potrošači (kao prema EU, s potrošnjom većom od 20 GWh) zatim distributivna poduzeća i na koncu nakon 10 godina mali potrošači. Slobodno tržište cilj je potrošača i dobavljača pa u ovom evolucionom procesu nužna je njihova suradnja.

VEÖ Journal, god. 1998, br. 3

Mrk

BEČKA ENERGETSKA POLITIKA NA PRIJELAZU STOLJEĆA

Bečki su si energetičari uzeli kao cilj smanjenje emisije ugljičnog dioksida u odnosu na 1987. godinu na polovicu u 2005. godini. Energetska je politika vrlo odgovorna za odnose ekologije i ekonomije, u njoj trebaju sudjelovati proizvođači kao i potrošači energije. Zacrtae su slijedeće mjere koje treba poduzeti da se cilj ostvari:

- treba povećati daljinsko grijanje i uporabu zemnog plina
- povećati stupanj djelovanja bečkih termoelektrana od 60 % (1996) na 80 % (2005) u razdoblju grijanja
- povećati proizvodnju električne energije u hidroelektranama od godišnje 300 GWh na 450 GWh.
- povećati proizvodnju iz alternativnih energenata (plin iz depozicija, fotonaponsku energiju i energiju vjetra) od 42 GWh na 60 GWh.
- udvostručiti korištenje toplinske energije sunca
- povećati udio javnog prometa od 37 % (1990) na 45 % (2005)

VEÖ Journal, god. 1998, br. 3

Mrk

VIŠE SVJETLA UZ MANJE ENERGIJE

Industrija već godinama proizvodi sve štedljivije izvore svjetlosti. Njihova primjena u industriji i obrtu donosi znatne energetske uštede. Nove tehnologije imaju prednosti i u rasvjeti stanova, premda kod njih potrošak rasvjete iznosi tek 20 % ukupnog potroška električne energije. izračunato je da bi na primjer u Njemačkoj kod 35,3 milijuna kućanstava zamjenom žarulje od 75 W, štednom svjetiljkom istog svjetlosnog toka, koja troši 15 W, godišnja energetska ušteda iznosila 21.180 GWh.

Štedne svjetiljke imaju svjetlosno iskorištenje od 66 lm/W, prema 14 lm/w koliko imaju žarulje. Osim toga trajnost im je 10000 sati prema 1000 sati kod žarulja.

Svjetlosno iskorištenje (lm/W) različitih svjetiljki dano je u slijedećem pregledu:

žarulja s metalnom niti	14 lm/W
žarulja halogena 230 V	24 “
štedna svjetiljka	66 “
kompaktna fluorescentna svjetiljka s utičnim podloškom	88 “
cijevna (tropojasna) fluorescentna svjetiljka	93 lm/W
natrijeva visokotlačna svjetiljka	150 lm/W

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 6

Mrk

50 GODINA ENERGIJE ZA IZRAEL

Država Izrael osnovana je 1948. godine i tada je imala oko 650000 stanovnika. Nakon 50 godina postojanja taj se broj povećao na oko 6 milijuna. Porastom stanovnika i industrijalizacijom vrlo su brzo rastle potrebe za električnom energijom. Godine 1950. instalirana snaga elektrana iznosila je samo 100 MW s godišnjom proizvodnjom od 543 GWh, a 1996. godine 7736 MW s proizvodnjom od 32497 GWh. Zemlja je siromašna energentima pa je upućena na uvoz. U ukupnoj primarnoj energiji najveći udio ima nafta, premda se njen udio smanjuje. Danas znatan udio u primarnoj energiji ima ugljen, no u planu je da do godine 2000. znatnu ulogu preuzme zemni plin. Udjeli pojedinih energenata po godinama vide se iz slijedećeg pregleda:

Godina	Nafta	Alternativni i domaći izvori	Ugljen	Zemni plin
1980.	96,7	3,3	-	-
1990.	74,5	3,5	22,0	-
1995.	62,3	4,4	33,3	-
2000.	57,0	6,0	25,0	18,0

Pod alternativnim i domaćim izvorima obuhvaćeni su vjetar i biomasa (9 %) voda i geotermija (9 %), uljni škriljci 22 % i sunce (60 %).

Prijenosna je mreža većim dijelom radila pod naponom 161 kV, a od 1990. godine uvodi se napon 400 kV. Planira se da se cijela postojeća mreža 161 kV pregradi na 400 kV i poveže sa susjednim zemljama, jer je danas izraelski elektroenergetski sustav izoliran. U daljnjem je planu potpomaganje inovativnih projekata i privatizacija elektroprivrede.

Zemni uvozni plin imat će daleko veći udio u primarnoj energiji, što se vidi iz danog pregleda energenata.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 7

Mrk

NAJMANJI INDUSTRIJSKI PROIZVEDENI ELEKTROMOTOR

Najmanji industrijski proizvedeni elektromotor, mikromotor, zove se Smoovy. promjer mu je 3 mm i 5 mm, komutiran elektronički,

bez četkica, za istosmjernu struju. Može se primjeniti u medicini, procesnoj tehnici kao i u automobilskoj industriji.

ETZ, god. 119, (1998), br. 7/8

Mrk

FOTONAPONSKA TEHNIKA I TRŽIŠTE

Činjenica je da je u Njemačkoj 1996. godine u solarnim elektranama proizvedeno 6 milijuna kWh, a to je samo 0.001 % ukupnih potreba zemlje. Unatoč tome što takvi izvori energije ne će imati značajnijeg udjela u proizvodnji električne energije ni u budućnosti, njihovo je tržište danas vrlo dinamično.

Japanci npr. pomažu velike nade u iskorištavanje solarne energije. Ministarstvo industrije MITI mnogo investira u fotonaponsku branšu. U Japanu je razvoj fotonaponskih uređaja počeo odmah nakon naftne krize sedamdesetih godina. Do 1997. godine MITI je uložio oko 300 milijuna (preračunano) DM. Od toga oko 120 milijuna DM na istraživanja, a oko 180 milijuna DM na instalacije fotonaponskih uređaja. Planovi su neobično veliki, ako se uzme da je Japan do godine 1995. imao 35 MW instalirane snage u solarnim elektranama, a planira se da se ta snaga do 2010. godine poveća na 4600 MW. Solarni program pomagala je država u Njemačkoj između 1990. i 1993. godine, ali je zatim savezno ministarstvo odustalo od daljnje potpore i sav daljnji razvoj sveo na regionalnu razinu. Svoju budućnost nisu vidjeli ni proizvođači solarne tehnike. No u jesen 1997. nastalo je uzbuđenje kad se obznanilo da Shell osniva trgovačko područje za obnovljivu energiju uz investicije od 500 milijuna DM u roku od 5 godina. Tu će svotu ova britansko-nizozemska tvrtka investirati u tvrtku Shell International Renewables koja će se baviti solarnom energijom, energijom biomase i šumskim gospodarstvom. Kratko nakon toga Shell je u svojoj nizozemskoj tvornici Helmond proširio proizvodnju solarnih ćelija i planira da će 2005. godine osvojiti 10 % svjetskog tržišta solarne tehnike. Sada se gradi u Njemačkoj, u Gelsenkirchenu, tvornica solarnih ćelija (također Shell) koja će proraditi 1999. godine s kapacitetom od 25 MW solarnih ćelija. Nadalje, u bavarskom mjestu Alzenau u gradnji je tvornica koja će od 1998/99 izrađivati godišnje 13 MW solarnih ćelija, a planira se povećanje na 25 MW.

Za proizvodnju solarnih ćelija na bazi kadmijtelurida u tankim slojevima izgrađuje se postrojenje kraj Erfurta, koje bi od 2000. godine proizvodilo ćelije ukupne vršne snage oko 10 MW.

Značajan je korak učinjen u izradi kristaliničkih modula i modula u tankom filmu. Povećan je stupanj djelovanja i snižena cijena solarnih uređaja. Povećan je također broj uređaja s priključkom na električnu mrežu.

Vodeći proizvođači u Europi, koji zauzimaju 53 % tržišta su Siemens Solar, BP Solar, Solarex i Eurosolare.

Smatra se da će na pad cijena solarnih uređaja utjecati jaka konkurencija, povećana proizvodnja i tehnička poboljšanja.

ETZ, god. 119 (1998), br. 7/8

Mrk

ELEKTRANA NA DEPONIJSKI PLIN

Prije tri godine izgrađena je elektrana na deponijski plin na ljubljanskom smetlištu Barje. Snaga elektrane je 1,2 MW i jedina je te vrste u Sloveniji. Lokacija Barje koristila se kao smetlište 35 godina. Nakon toga je kultivirano, djelomično zasađeno travom i pošumljeno. Na ostalom dijelu su smješteni komercijalni objekti.

Prema sastavu otpada oko 40% je organskog podrijetla. Takav otpad se u posebnom uređaju stlači, što omogućava razgradnju

bez kisika, odnosno stvaranje bioplina. To je smjesa metana, CO₂ i drugih plinova. Bioplin sadrži u prosjeku oko 50% metana, ovisno od vrste i starosti otpada. Po deponiji su postavljene posebne sonde povezane u plinsku mrežu kojom se plin vakuumom isisava iz deponija i doprema u elektranu.

Godine 1995. postavljene su dvije jedinice po 600 kW. Sa prikupljenih 4 milijuna m³ bioplina elektrana proizvede više od 7 milijuna kWh električne energije na godinu. Deset posto ove energije se koristi za vlastite potrebe elektrane, dok se preostali dio prodaje elektroprivrednom poduzeću u Ljubljani. Elektranu radi konstantno punom snagom. Upravljana je procesnim kompjutorskim sustavom. Zbog sigurnosti okoline elektrana je opremljena i bakljom za izgaranje plina, kapaciteta 1000 m³ plina na sat.

Što se tiče visine investicije, potrebno je bilo osigurati sredstva za plinsku mrežu, dok je bioplin ustvari besplatan. Za postavljanje prve dvije energetske jedinice potrošeno je oko 3 milijuna njemačkih maraka. Prodajom električne energije ova sredstva će se vratiti za 5 godina. Vlasnik elektrane poduzeće Snaga planira postavljanje još jedne energetske jedinice.

Naš stik, 4/98.

DK

TRI KLISURE U SVJETSKIM RAZMJERIMA

O objektu u izgradnji Tri klisure u Kini često se govori kao najvećem svjetskom objektu. Je li to uistinu tako pokazat će usporedba s 25 najvećih svjetskih brana.

Uspoređujući i rangirajući Tri klisure s 25 najvećih svjetskih brana, uvjerljivo vodi s jednog aspekta, a to je instalirani kapacitet elektrane koji iznosi 18.200 MW. Prosječni kapacitet 25 najvećih svjetskih pribranskih elektrana je 4.962 MW. Drugo mjesto zauzima Itaipu na granici Brazila i Paragvaja s kapacitetom od 12.600 MW, dok pribranska elektrana Alpe-Gera u Lombardiji u Italiji ima kapacitet od 3.500 MW.

Po volumenu brane od 115 milijuna m³ tek je nešto iznad prosjeka 25 najvećih svjetskih brana, odnosno treća. Najveća je Syucruide Tailings u Kanadi s 540 milijuna m³, a zatim New Cornelia Tailings iz Amerike s 209 milijuna m³.

Po kapacitetu akumulacije s 39 milijardi m³. Tri klisure zauzima 24. mjesto. Prvo mjesto zauzima Owe Falls u Ugandi s 270 milijardi m³, dok je prosječni kapacitet 25 najvećih 191,5 milijardi m³.

Visina brane Tri klisure je 175 m, te zauzima 63. mjesto. Prosječna visina 25 najvećih je 243 m. Najviša je brana Rogum u Tadžikistanu s 335 m, druga je brana Nuek, također u Tadžikistanu s 300 m. U Europi (Švicarska, Italija i Austrija) ima još 8 brana viših od brane Tri klisure.

Dužina brane Tri klisure iznosi 2.335 m, pa zauzima 69. mjesto na svjetskoj rang listi. Prosječna dužina 25 najvećih je 12.901 m. Najduža brana se nalazi kraj Kijeva u Ukrajini s 41.185 m.

Iz navedenih podataka slijedi da je odnos troškova i dobiti značajno bolji nego kod 25 najvećih pribranskih elektrana. Iako je volumen brane nešto malo iznad prosjeka 25 najvećih, kapacitet elektrane Tri klisure je oko 4 puta veći. Pri četverostrukom kapacitetu, kapacitet akumulacije je samo jedna petina prosječnog kapaciteta 25 najvećih.

Prema kriterijima Svjetske banke o zaštiti okoliša Tri klisure je dobila pozitivnu ocjenu. Kriteriji su definirani s 5 kW po hektaru plavljenog zemljišta i 7 kW po povratniku na plavljeno područje. Tri klisure postiže 288 kW po hektaru i 14 kW po povratniku s oko 1,1 milijun povratnika.

Power Technology International, Spring, 1998.

DK

POSLJEDICE LEDENE OLUJE U SJEVERNOJ AMERICI

Nevolje su počele 5. siječnja ove godine na granici Kanade i Amerike. U Quebecu i Ontariou palo je 25 mm ledene kiše. Bez struje je ostalo oko 700.000 potrošača koje je opskrbljivala kompanija Hydro-Quebec. Ledena kiša je padala i dalje, pa se na vodičima električne mreže nahvatalo toliko leda da su postali debeli kao boce coca-cole. Na nekim područjima debljina leda na vodičima iznosila je i 100 mm. Dalekovodni stupovi 735 kV-ne prijenosne mreže na području Hydro-Quebeca, Montreala i Que u Kanadi bili su dimenzionirani za debljinu leda od 43 mm. Ovo se smatralo dovoljnim, jer su meteorolozi smatrali da se ekscelentna situacija s ledenom kišom može pojaviti samo jedanput u svakih 50 do 150 godina. U ovom slučaju to nije bilo dovoljno, pa je stotine stupova (rešetkastih i drvenih) bilo porušeno. To je bilo najveći prekid opskrbe električnom energijom ikad zabilježen u Sjevernoj Americi. Bez struje se smrzavalo u mraku oko 1,37 milijuna ljudi. Kanadski meteorolozi misle da je to posljedica globalnog zagrijavanja.

Naime, područje oko južnog Quebeca doživljava periodički jake ledene oluje (1942., 1961., 1983.), ali nijedna nije bila tako jaka kao ove godine.

Ova ledena kiša posljedica je dolaska triju masa toplog vlažnog zraka koji je došao iz Meksičkog zaljeva, širio se iz Alabame do Nove Škotske, gdje se susreo s masom hladnog zraka. Kada se masa toplog i vlažnog zraka srela s frontom vrlo hladnog zraka, topli zrak se dizao prema gore i pri tom se počeo brzo hladiti formirajući oblake. Vodena para se tada kondenzirala u ledene kristale koji su lebdjeli unutar oblaka, ali su zbog težine počeli padati dolje. Pri tom su prolazili kroz niže slojeve toplog zraka i topili se te je nastala kiša. Padajući dolje kroz hladni zrak ove kapljice su se još hladile i kad su pale na površinu odmah su se zaledile formirajući na površini ledenu glazuru.

Većina analitičara ove jake ledene oluje smatra da elektroprivredne kompanije moraju izvesti zaključak iz ovog iskustva radi bolje pripreme za slične velike nepogode u budućnosti.

New & Market Report, January/February, 1998.

Electric Power International, Spring, 1998.

DK

RWE GUBI SUDSKI SPOR PO TREĆI PUT

Savezni administrativni sud u Berlinu potvrdio je odluku suda u Koblenzu da se nuklearnoj elektrani Mulheim-Kärlich ne izda licenca za rad zbog nedovoljne sigurnosti u slučaju potresa. RWE-u ostaje nekoliko mogućnosti. Jedan je da ponovi proces za dobivanje radne licence. Druga mogućnost je da se uklone nedostaci i udovolji zahtjevima sigurnosti za što je potrebno utrošiti oko 1,6 milijarde američkih dolara. Treća mogućnost je da traži kompenzaciju za ovu investiciju tešku 6 milijardi američkih dolara.

Electricity International, March, 1998.

DK

ODABRANI ISPORUČITELJI ELEKTROMEHANIČKE OPREME ZA PROJEKT DUNAV

Bugarska elektroprivredna kompanija izabrala je kao isporučitelje elektromehaničke opreme kompaniju Sulzer AG iz Švicarske i švicarsko-švedsku kompaniju ABB za rekonstrukciju, zamjenu i proširenje svog dijela hidroenergetskog objekta Iron Gates 1 i 2, snage 2100 MW na rijeci Dunav. Ovaj objekt je u pogonu od 1973. godine. Ugradit će se nova jedinica snage 190 MW, a na postojećih šest 175 kW-nih jedinica snage će se povećati na 190 MW.

HRW, March, 1998.

DK

SURADNJA KINE I RUSIJE NA ENERGETSKOM PLANU

Kina i Rusija potpisale su ugovor težak 3 milijarde američkih dolara. Rusija će isporučiti Kini dva 1000 MW-na reaktora za nuklearnu elektranu Lianyngang u provinciji Jiangsu. Reaktori bi trebali biti isporučeni i stavljeni u pogon 2004. i 2005. godine. Krajem prošle godine isto tako su potpisale ugovor vrijedan 12 milijardi američkih dolara za plinovod za isporuku tekućeg plina iz Sibira do pacifičke obale Kine.

Očekuje se da će razina razmjene dostići 20 milijardi američkih dolara do 2000. godine.

Electricity International, February, 1998.

DK

GORIVE ČELIJE ZA POGON AUTOMOBILA

Kompanija Ford iz Detroita odlučila je do 2004. godine proizvesti automobil pogonjen gorivim ćelijama. Konkurencija japanskih i njemačkih proizvođača automobila je žestoka i onaj koji prvi napravi takav automobil osvojiti će svjetsko tržište.

U Fordu su krenuli od slijedećih činjenica:

1. Najefikasnije gorivo je vodik.
2. Vodik kao gorivo uzeto na crpki ne dolazi u obzir iz dva razloga:
 - automobilski rezervoar napunjen vodikom je bomba (goleme snage)
 - izgradnja novih crpnih stanica za vodik uz ceste stajala bi goleme svote.
3. Prototip automobila na gorive ćelije, proizveden u General Motors prije 10 godina stajao je 20 milijuna američkih dolara.
4. Sadašnji nikal-metal-hibridne baterije, teške 227 kg stoje 20 tisuća američkih dolara, što je neprihvatljivo.
5. Snaga uređaja treba biti oko 80 kW.
6. Cijena automobila s obzirom na današnji razvoj iznosila bi oko 200 tisuća američkih dolara, što je također neprihvatljivo. Morala bi biti deset puta niža.
7. Postojećim današnjim gorivim ćelijama potrebno je 10 minuta rada da postignu pogonsku spremnost. To vrijeme mora biti ispod jedne minute.

U Fordu su uvjereni da će sve ove probleme riješiti do 2004. godine i tržištu ponuditi automobil s pogonom na gorive ćelije. Konceptija Fordovog pogona je slijedeća:

1. Automobil kao gorivo kojim se puni rezervoar koristi benzin ili metanol.
2. Cjevovodom se gorivo iz rezervoara dovodi u isparivač gdje iz tekućeg prelazi u plinovito stanje.
3. Iz isparivača plinovito se gorivo vodi u POX - mjesto gdje se obavlja parcijalna oksidacija plinskog goriva sa zrakom proizvodeći vodik i ugljični monoksid.
4. Ova smjesa prelazi u katalitičku vodenu komoru u kojoj se uz pomoć katalizatora veći dio ugljičnog monoksida pretvara u ugljični dioksid i povećava količinu vodika u smjesi.
5. Zatim smjesa prelazi u POX. Ovdje se obavlja prioritarna oksidacija injektiranjem zraka te pretvaranjem preostalog ugljičnog monoksida u ugljični dioksid, kao i njegovo razdvajanje od bogate plinske faze vodika.
6. Plinsku fazu vodika vodi se u sustav gorivih ćelija, gdje se vodik kemijski spaja s kisikom proizvodeći električnu energiju za motor koji pokreće automobil.
7. Elektromotor je smješten direktno na samim kotačima. Baterija nikal-metal-hibrid služi za pogon, dok gorivo ćelije ne postignu radnu temperaturu.

Business Week, March 2, 1998.

DK

SIEMENS I LANDIS & GYR SE UDRUŽUJU

Pod vodstvom Siemensa nastaje združena kompanija dijela Siemensa i Landis & Gyra na poslovima mjerenja. Nova kompanija će ponuditi tržištu opsežan program mjernih sustava koji će dugoročno pridonijeti povećanju efikasnosti i profitabilnosti u distribuciji i opskrbi električnom energijom na energetskom tržištu. Održavanje do sada prodanih mjernih sustava i uređaja obiju kompanija će biti i dalje osigurano.

Nova kompanija imat će sjedište u Zugu u Švicarskoj. Planira se godišnji prihod od 1,2 milijarde njemačkih maraka.

Metering International, 1/1998.

DK

VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI POVEĆAVAJU SNAGU TRANSFORMATORA

Fenomen supravodljivosti otkriven je početkom ovog stoljeća, no tek je 1960. godine načinjen supravodljivi vodič od slitine niobija. Praktična vrijednost nije bila značajna, jer je taj materijal pokazivao svojstva supravodljivosti na temperaturama blizu 0° Kelvina.

Interes je ponovno oživio 1986. godine, kada je pronađen novi materijal s kojim je supravodljivost postignuta na 35° K. Godinu dana kasnije na Sveučilištu u Houstonu otkriven je materijal sličan keramici, koji postaje supravodljiv na 91° K. To je značajan korak naprijed jer se ove slitine bakrenog oksida mogu hladiti tekućim dušikom na 77° K koji nije skup. Ovaj novi materijal nazvan je visokotemperaturni supravodič HTS (heightemperature superconductor).

Danas postoji oko stotinu raznih materijala svrstanih u grupu HTS. Neki od njih postaju supravodljivi već na 135° K. Najveći interes je za dvije vrste materijala:

- itrij-barij-bakar oksid (YBCO)
- bizmut-stroncij-kalcij-bakar oksid (BSCCO).

Primjenom HTS materijala očekuje se smanjenje gubitaka električne energije u vodičima. Prva primjena ovih materijala sigurno će biti u gradnji transformatora, jer će se ugradnjom tih materijala postići:

1. Smanjenje gubitaka električne energije u odnosu na današnje transformatore za 50%. Ovaj cilj će se postići eliminiranjem gubitaka otpora u bakrenim vodičima i smanjenju gubitaka indukcije u željeznoj jezgri.
2. Smanjenje veličine i težine za oko 50% zbog visokog električnog kapaciteta HTS vodiča.
3. Potreba za manje vodiča i čelika, jer HTS vodiči imaju veći kapacitet od bakra.
4. Uporaba tekućeg dušika, nezapaljivog i bez opasnosti od zagađenja okoliša, koji je i rahladno sredstvo i dielektrik, značajno eliminira mnoge opasnosti koje imaju uljem hladeni transformatori.

Mnoge velika kompanije (ABB, EdF, Westborough i dr.) žurno razvijaju prve komercijalne transformatore za široku uporabu. EdF (opredijeljeni za materijal BSCCO-2223) planira uz trošak od 15 milijuna američkih dolara do 2000. godine napraviti transformator od 30 MVA.

Electric Power International, Spring, 1998.

DK

HIDROELEKTRANA BIEUDRON U ŠVICARSKOJ S NAJVEĆIM PADOM U SVIJETU

Nova podzmena hidroelektrana u Bieudronu bilježi nekoliko svjetskih rekorda:

- najveći pad na svijetu od 1883 m
- 423 MW - najsnažnije ikad napravljene Pelton turbine

Tehnički podaci elektrane:

- maksimalni pad - 1883 m
- protok vode - 73 m³/s
- izlazna snaga - 1180 MW
- trajanje gradnje - 6 godina
- 3 petomlazne Pelton turbine od 420 MW, promjer kola 4,65 m, težina kola 28 t, brzina vode u sapnici 600 km/h
- 3 trofazna sinhrona generatora, snage 465 MVA sa 428 o/min, vodom hlađeni, težine 800 t svaki
- 3 trofazna energetska transformatora od 465 MVA, 21/410 kV.

Tehnički podaci generatora:

- izlazna snaga - 465 MVA
- snaga po polu - 33,2 MVA
- nazivna snaga - 500 MVA
- radna struja - 12.784 A
- radni napon - 21 ± 10 5
- faktor snage - 0,9/0,84
- frekvencija - 50 Hz ± 2%
- broj okretaja - 428,6 o/min
- brzina pobjega - 88 o/min
- moment inercije - 1.500 t
- težina statora - 281 t
- težina rotora - 454 t
- aksijalna sila na ležaj - 5.198 kN
- pogon - Pelton turbina
- rashladni sustav: statorski namot - deionizirana voda
staorski paket - voda
rotorski namot - deionizirana voda.

Nova hidroelektrana nalazi se u sklopu hidroenergetskog sustava Grande-Dixence SA, čija brana visoka 285 m akumulira do 400 milijuna m³ vode alpskih ledenjaka. Početak rada planiran je za kraj ljeta ove godine.

ABB je isporučio generator kao i vodeći i kombinirani ležaj, a turbine je izradio konzorcij Sulzer Hydro / Hydro Vevey.

U konstrukciji postrojenja primijenjena su mnoga najnovija dostignuća. Posebno treba istaći da je elektrana tunelskog tipa što je bio izazov za projektante. Osim toga treba istaći slijedeće:

- stator je dopremljen u tri dijela i zavaren na licu mjesta
- rotor je opremljen posebnim bandažnim prstenovima koji osiguravaju dovoljnu kompaktnost rotora, te se i kod brzine pobjega ne može dogoditi dodir rotora i statora
- za izolaciju vodiča korištena je posebna izolacija epoksidnih materijala u vakuumskoj impregnaciji
- donji vodeći ležaj montiran je istodobno s turbinskom osovinom/kolom.

ABB Review, 1/1998.

DK

OSNOVANA SVJETSKA KOMISIJA ZA BRANE

Svjetska komisija za brane (WCD - World Commission on Dams), kao nezavisno tijelo, osnovana je s ciljem da razvije standarde i smjernice za izgradnju velikih brana. Komisija ima 12 članova, koji zastupaju vlade, industriju, ekološke grupe, energetske stručnjake i sl. Predsjedavao joj ministar Južnoafričke Unije zadužen za gospodarenje vodama.

Inicijativa za osnivanje ovakve komisije potječe s međunarodne konferencije za brane održane u Brazilu 1997. godine. Osnivači komisije su svjetska banka World Bank i svjetska unija World Conservation Union (IUCN). World Bank je najveći konzultant, financijski i tehnički, pri gradnji velikih brana u zemljama u razvoju. Dosada je sudjelovala u sufinanciranju oko 600 projekata velikih brana. Kao važan partner u izgradnji bila je izložena pri-

tisku od strane ekoloških grupa i grupa za ljudska prava, što je potaklo na osnivanje ove komisije.

Power Economics, April, 1998.

DK

ŠVEDSKA POČINJE PRVU DEKOMISIJU SVOJIH NUKLEARKI

Švedska vlada formalno je odobrila zatvaranje nuklearke Barsebäck, najstarije u Švedskoj. To je u skladu s planovima reforme švedskog energetskog sektora iz 1997. godine. Naime, na referendumu 1980. godine Šveđani su se izjasnili za moratorij na nuklearnu izgradnju do 2010. godine.

Dekomisija prvog reaktora počinje serdinom ove godine, a do 2001. godine zatvorit će se i drugi reaktor u ovoj nuklearki. Ovog časa nema još planova dekomisije preostalih nuklearnih elektrana u Švedskoj. Međutim, u sklopu vladinog programa osigurana su financijska sredstva za ovu namjenu u iznosu od 1,2 milijarde američkih dolara tijekom slijedećih 7 godina.

Nuklearna elektrana Barsebäck je vlasništvo elektroprivredne kompanije Sydkraft. Ona nije zadovoljna odlukom vlade pa je pokrenula žalbu na ovu odluku nadležnom sudu, tvrdeći da se to protivi direktivama Europske unije o tržišnoj konkurenciji, jačajući dominantnu poziciju elektroprivredne kompanije Vattenfall u vlasništvu države. Sydkraft smatra da je zatvaranje trebalo početi s nuklearkom kompanije Vattenfall.

Švedski ministar industrije izjavljuje žaljenje zbog Sydkraftovog odbijanja odluke parlamenta, spominjući neuspješne pregovore između vlade i Sydkrafta u vezi kompenzacije za zatvaranje nuklearke Barsebäck.

Isto tako Sydkraft je uputila prigovor Europskoj komisiji, koja je već ranije uspješno intervenirala u sličnim slučajevima.

Power Economics, April, 1998.

DK

MANJE CO₂ IZ ELEKTRANA

Ispuštanje ugljičnog dioksida (CO₂) iz njemačkih elektrana smanjeno je za više od 5% (sa 289 na 274 tone) u periodu od 1990. do 1996. godine. O tom izvještava Udruženje njemačkih elektrana (VDEW). A da nije bilo razmjene električne energije s udruženim zemljama Europe i oštih zima proteklih godina s ekstremno dugim periodima loženja i odgovarajućim velikim potrošnjama električne energije u industriji i u kućanstvu, bilo je moguće smanjenje ispuštanja CO₂ za oko 7%. Usprkos svemu kako VDEW tako i struka su se velikim koracima približili zaključcima Klimatske konvencije održane 1995. godine u Berlinu, kojom su utvrđene vrijednosti CO₂ koje bi se do 2005. godine trebale smanjiti za 8%, a do 2015. godine za 12%.

Siemens "Standpunkt", 1/98.

E. H.

ENERGIJA IZ ULJANE REPICE, SLAME, BIO-PLINA I DRVETA

U skorijoj budućnosti bi preko 8% ukupnih potreba za energijom moglo biti pokriveno iz biomase, kako je to izračunalo Njemačko seljačko udruženje. Intenzivnim korištenjem novih sirovina u proizvodnji energije u odnosu na fosilna goriva godišnje bi se moglo uštedjeti do 60 milijuna tona CO₂. Energija iz uljane repice, slame, bio-plina ili ostataka drveta u Njemačkoj sada pokriva samo 1,3% potrošnje. Susjedne zemlje Ujedinjene Europe, kao i udruženje (VDEW), spoznali su već davno znak vremena te nastoje taj udio povećati na preko 10%.

Siemens "Standpunkt" 1/98.

E. H.

NEMA POVEĆANE OPASNOSTI OD LEUKEMIJE

Prema studiji prof. Michaelis-a s univerziteta u Mainz-u njemačke nuklearne elektrane ne predstavljaju povećanu opasnost od raka za djecu koja žive u blizini. Epidemiološka istraživanja na preko 2500 oboljelih u vremenskom razdoblju od 16 godina obrađena su te je utvrđeno da u okolini nuklearnih postrojenja nema pojava nadprosječnih oboljenja od raka, odnosno leukemije kod djece mlađe od 15 godina. Iznimka od toga je Elbmarsch pokraj Hamburga, gdje dvanaest slučajeva leukemije ispada iz okvira (osam u blizini elektrane) ali nisu ni u kakvoj vezi s blazinom tamošnje nuklearne elektrane. Dok Savezno ministarstvo okoliša smatra ovu studiju korakom u otvaranju diskusije, vlada Schleswig-Holstein-a izražava sumnju u rezultate te smatra da i nadalje treba raditi na obradi zaključaka o biološkim zračenjima.

Prema najnovijim saznanjima jedne njemačko-britanske grupe za razvoj ok profesora medicine Lampert-a iz Giessen-a limfoblastička leukemija počinje već prije poroda u majčinom tijelu, uzrokovana spontanom - nenaslijedivim - promjenama naslijeđa. Prema tom mnogi ljudi nose u sebi "uspavane ćelije leukemije", a da od nje nikada ne obole. Leukemija je najraširenija vrsta raka kod djece u industrijskim zemljama; u prosjeku od nje boluje četvero od 100.000.

Siemens "Standpunkt", 1/98.

E. H.

ŠTETNA ISPUŠTANJA U CESTOVNOM PROMETU

Iako se broj vozila iz godine u godinu povećava, a također se kontinuirano povećava snaga, s tim povezano ispuštanje štetnih materija opada. Prema mjerenjima Saveznog ureda za okoliš od 1990. do 1996. godine je u zrak ispušteno 60% manje bezola i ugljičnih vodika, 50% manje ugljičnog monoksida i 20% manje dušičnih oksida. Samo je u tom vremenskom razdoblju povećano ispuštanje ugljičnog dioksida za 11%, što odgovara povećanoj snazi vozila. Do 2010. godine Savezni ured za okoliš prognozira daljnje smanjivanje ispuštanja štetnih tvari po zdravlje: kod benzola još jednom za 60% i kod dušičnih oksida za više od 20% usprkos i nadalje stalnom rastu prometa.

Siemens "Standpunkt", 1/98.

E. H.

KRETANJE CIJENA ELEKTRIČNE STRUJE

Dok je industrijski radnik u Njemačkoj 1913. godine morao raditi osam sati i 29 minuta, da bi mogao platiti desetak kilowatsati električne struje, danas, tri generacije kasnije, za isto mora raditi samo sedam minuta. Razlozi: Plaće su se drugačije kretale nego cijene električne struje. Tako je radnik u industriji 1949. godine zarađivao bruto 1,20 DM na sat; za jedan kilowatsat morao je u prosjeku platiti 17 pfeniga. Do 1995. satnica je porasla 22 puta na 26 DM. S nepunih 29 pfeniga jedan kilowatsat nije bio dvostruko skup kao 1949. godine.

Siemens "Standpunkt", 1/98.

E. H.

OČEKIVANO TRAJANJE LJUDSKOG ŽIVOTA I DALJE SE POVEĆAVA

"Jeans - generacija" se može veseliti. Prema podacima Saveznog zavoda za statistiku iz Wiesbaden-a ona će biti dvostruko stara u odnosu na njene prethodnike od prije stotinu godina. Brojčano izraženo, očekivano prosječno trajanje života je od 1875. do 1995.

poraslo kod žena sa 39 na 80 godina, a kod muškaraca od 36 do 73 godine. Odmjerena prehrana, poboljšani uvjeti na radu i uvjeti okoliša kao i napredak medicine pridonijeli su radosnom razvoju. Prije svega je smanjena smrtnost dojenčadi. Prije stotinu godina skoro svako četvrto dijete nije doživjelo svoj prvi rođendan, dok je u 1995. godini to bio slučaj sa šest na tisuću.

Siemens "Standpunkt", 1/98.

E. H.

JUŽNA KOREJA PRVA PRIVATNA ELEKTRANA ĆE BITI KOMBI-POSTROJENJE

LG Energy Co., Seoul, podružnica južnokorejske LG grupe (nekoć Lucky Goldstar) bit će prvi privatni vlasnik elektrane u Koreji, koji će imati u pogonu jednu 500-MW kombi-elektanu. Elektrana će se nalaziti u Bugok-u, oko 120 km jugozapadno od Seoul-A. Postrojenje će biti prvenstveno pogonjeno zemnim plinom uz stupanj korisnosti od 58%.

Elektrana će biti opremljena sa dvije V84.3A - plinske turbine dok će parnu turbinu, generatore i tehniku vođenja isporučiti Siemens. Pri realizaciji ugovora u značajnom opsegu će sudjelovati lokalna poduzeća, dok će Siemens nadzirati montažu i puštanje u rad. Plinski agregati trebaju ići u pogon u svibnju 2000. godine, dok kombi - pogon treba biti pušten u rad u 2001. godini.

Siemens Power Journal, 4/97.

E. H.

DOMINIKANSKA REPUBLIKA - ELEKTRANA SA PLINSKIM TURBINAMA STAVIT ĆE NA RASPOLAGANJE HITNO POTREBNU ENERGIJU

Potreba za električnom energijom u Dominikanskoj republici brzo raste, djelomice uslijed razvoja turizma koji je važan privredni čimbenik za taj otok u Karibima. Sadašnji kapacitet elektrane ne može nikako pokriti potrebe pa su ispadi napajanja svakodnevnici. To je primoralo državno poduzeće za opskrbu energijom Corporación Dominicana de Electricidad (CDE) na brzu izgradnju elektrane, za što su radi kretkih rokova izgradnje posebno prikladne elektrane sa plinskim turbinama.

Siemens/KWU gradi za CDE plinsku elektanu od 100 MW po sistemu ključ u ruku. Elektrana se gradi u sklopu skupine elektrane Haina, u luci glavnog grada Santo Domingo, a bit će pogonjena naftom. Siemens isporučuje V84.2-plinsku turbinu, generator kao i tehniku vođenja. Elektrana treba već početkom ljeta 1998. - suglasno s ugovorenim rokom izgradnje od 8 mjeseci - davati nužno potrebnu struju u distributivnu mrežu.

Siemens Power Journal, 4/97.

E. H.

ELEKTRIČNA OPREMA ZA ELEKTRANU XIAOLANGDI

ELIN Energieversorgung je potpisao ugovor u Kini za isporuku cjelokupne opreme upravljanja za hidroelektanu XIAOLANGDI. Objekt se nalazi u provinciji Henan na Žutoj rijeci, a u njemu će biti 6 strojeva po 300 MW. Ugovor će biti obavljen pod odgovornošću ELIN-a s udjelom njene podružnice SAT kao isporučioća sustava. Kompleksni sustav vođenja sastoji se iz redundantne baze podataka, šest stanica s ekranima, jednog ureda-PC mreže i devet djelomično redundantnih stanica za vođenje procesa. ELIN je prvi put u Kini zaključio ugovor koji se odnosi samo na tehniku vođenja, dok su do sada kineski kupci to isto uključivali u cjelokupnu isporuku postrojenja.

Ugovor obuhvaća znatan dio tehničke obrade u uredu u Pekingu, što u Kini sve više dobija na značaju.

Elin News, 22/prosinac, 1997.

E. H.

VANJSKA RAZVOJNA POSTROJENJA U TURSKOJ

ELIN Energieversorgung će surađivati na najvećem projektu vanjskih razvodnih postrojenja za lokalne ugovorače u Turskoj. Ugovor u vrijednosti od 350 mio ATS ugovorio je ELIN Elmak, multidomaća filijala u Turskoj.

ITM 15 je središnji projekt u programu izgradnje razvodne energetske mreže TEAS-a. Ukupno će biti izgrađenih 6 grupa rasklopnih postrojenja s ukupnom investicijskom sumom od oko 1,3 milijardi ATS kako bi bili zadovoljni zahtjevi godišnjeg rasta za električnom energijom od 10%. ELIN Elmak je dobio dodatni dio posla za najveću grupu rasklopnih postrojenja. Ugovor obuhvaća izgradnju dvaju novih rasklopišta 380/154 kV i proširenje pet postojećih 154 kV rasklopnih postrojenja i jedno rasklopno postrojenje 380 kV, koja su raspoređena na cijelom području Turske.

Prema najnovijim studijama u slijedećih 13 godina godišnja potrošnja električne energije u Turskoj će se povećati od 1500 kWh na 3500 kWh po stanovniku. Instalirana snaga će se predvidivo u istom razdoblju povećati sa 22.000 MW na okruglo 60.000 MW.

Elin News, 22/prosinac, 1997.

E. H.

ELEKTRANA JING NAN U POGONU

U lipnju 1997. sinhronizirana je na 110 kV mrežu prva od dviju proizvodnih jedinica sa cijevnim turbinama hidroelektrane JING NAN u provinciji Guanxi/Kina. Druga proizvodna jedinica također je od 3. 12. na mreži. Objekt je tako sinhronizacijom druge jedinice dovršen.

Usprkos znatnih poteškoća za vrijeme izgradnje radi velikih voda i plavljenja gradilišta u ljetu 1994. ipak se uspjelo dovršiti objekt, koji se gradio od 1992. godine.

Proizvodne jedinice snage po 37,5 MVA zadovoljavaju dio temeljnog opterećenja pripadnog područja.

S objektom JING NAN sada je u pogonu 11 proizvodnih jedinica u Kini, a u slijedeće dvije godine ući će u pogon još daljnjih 18 proizvodnih jedinica sa cijevnim turbinama.

Elin News, 22/prosinac, 1997.

E. H.

GEAFOL - TRANSFORMATORI U NAJVEĆEM KOLODVORU EUROPE

Njemačke željeznice su u studenom 1997. godine ponovno otvorile u novom sjaju najveći kolodvor u Europi. Napajanje električnom energijom vrši se putem 16 GEAFOL - transformatora. Potpuno obnovljena prometna okretnica ima 26 kolosjeka i prodajnih ploha raspoređenih u tri kata. Dnevno se očekuje više od 50.000 putnika. Da bi se kolodvor oživio, ispod poprečnog perona smješteno je u dva kata područje uslužnih i trgovačkih pojedinačnih lokala. 130 trgovina je iz raznih područja. Tomu treba pridodati restauracije, gostionice i uslužne lokale, veliku ljekarnu, optičku radnju kao i dvije velike drogerije.

U jednom takvom sklopu ne smije biti nikakvih sigurnosnih kompromisa, a zaštita od požara mora biti osigurana. Uz to se ne smiju stvarati nikakvi šumovi koji smetaju. Ovim zahtjevima udovoljavaju i 16 postavljenih transformatora s izolacijom iz umjetne smole, snage po 1.000 kVA. GEAFOL - transformatori poka-

zuju kod pokusa gorenja izvrsne rezultate, a uz to imaju smanjene gubitke i buku te su ekonomičniji.

Siemens Ev Report, prosinac 4/97.

E. H.

STRUJA IZ VODE ZA PIĆE

Male proizvodne jedinice turbina-generator u brdskim predjelima danas se koriste za smanjenje tlaka u cjevovodima vode za piće. Potencijalna energija se više ne uništava u oknima za prekidanje tlaka već se pretvara u električnu energiju.

Od visoko smještenog vodozahvata Fontauna-freida poviše sela Disentis/Mustér u Graubunden-u (CH) godišnje teče 660.000 m³ vode za piće do niže smještenog vodospremnika Londernei. Tlak od 2,2 Mpa, koji se pri tom uspostavlja sada se više ne "uništava" u oknima za prekidanje tlaka, već se pretvara u električnu energiju u maloj elektrani Londernei. Pri tom se iz turbine i generatora dobiva električna snaga do 105 kW, a godišnje proizvede oko 700.000 kWh. Upravljačko-komandno postrojenje i pomoćni pogoni podese sapnicu turbine na odgovarajuću količinu vode koja se mjeri u vodozahvatu. U slučaju smetnji i kod ispada mreže proizvodna jedinica automatski se isključi. U takvim slučajevima voda automatski dopijeva u vodospremnik preko tlačno-rasteretnog by-pass-a. Kada se opet uspostavi dovoljan tlak vode, nakon ispada uslijed kvara, automatski se pokrene proizvodna jedinica bez posredovanja čovjeka, sinhronizira se i ukopča na mrežu.

Još 1993., također u Disentis-u, Sulzer Hydro je izgradio prvu elektranu pogonjenu vodom za piće. Zahvaljujući iskustvima s tim postrojenjem i vremenu amortizacije od samo 12 do 14 godina, Sulzer Hydro je u svibnju 1997. dobio narudžbu za postrojenje Londernei, koje je u studenom pušteno u rad.

Visinska razlika u brdima između vodozahvata i vodospremnika obično iznosi oko 100 do 800 m. Na tom se putu stvori tlak koji prije uvođenja u vodospremnik treba sniziti. Do sada su za to služila okna za prekidanje, odnosno snižavanje tlaka i stanice sa redukcijskim ventilima. Tako se snizi tlak vode, ali se hidraulična energija ne koristi. Veliki pogonski troškovi navedenih sastavnih elemenata već su davno upućivali korisnike da traže druga rješenja. Ideja da se potencijalna energija koristi nije nova. Postoje takva rješenja još iz 30-tih godina i ranije. Ali se gradnja malih postrojenja tada često sukobljavala s mišljenjem da ona ne mogu ekonomično raditi.

Narasla svijest o okolišu u narodu i u politici poslije energetske krize 70.-tih godina sve je više upućivala na korištenje neiskorištene energije. Mnoge općinske zajednice u brdskim područjima utvrdile su da isključiva sanacija postojećih starih postrojenja za opskrbu vodom za piće - najčešće iz 50.-tih godina - niti je ekološki svrhovita niti ekonomski povećava vrijednost. Tako je korištenje tlačnih stupnjeva između zahvata i vodospremnika posljednjih godina u tim općinama postala nužda.

Savezna studija "diane" - sastavni dio Akcionog programa "Energija 2.000." Saveznih odjela za okoliš, promet energiju i komunikacije - ukazuje da se u Švicarskoj koristi tek 25 % mogućeg potencijala vode za piće, a preko 300 daljnjih postrojenja bi moglo biti izgrađeno u skladu s tom studijom. Sam Sulzer Hydro je posljednjih godina izgradio oko 40 takvih malih elektrana. Ukupna prosječna godišnja proizvodnja tih postrojenja iznosi oko 19 milijuna kWh. Pri proizvodnji navedene energije korištenjem fosilnog goriva (kamenog uglja) u okoliš bi bilo izbačeno oko 19.000 tona CO₂.

Ova su postrojenja uz povoljnu cijenu vrlo kvalitetna. Kompletna mini-elektrana, koja je u donjem području snage Compact-Hydro-reda, može biti isporučena već pet mjeseci, nakon narudžbe. Radi zaštite vode za piće koriste se za kućište, privod i cjevovodne nehrđajući materijali. Uljnu hidrauliku zamjenjuju elektromotorni pogoni i hidraulika s vodom. Zaštita od korozije vrši se premazima koji su prikladni za pitku vodu. Podmazivanje ležaja se obavlja biološki razgradivim uljem i mazivima.

Već i najmanja postrojenja od 15 kW snage moguće je ekonomično izvesti, jer najveći dio infrastrukture kao vodozahvat, tlačni cjevovod i zgrada već postoje, izgrađeni za opskrbljavanje vodom za piće.

Technical Review Sulzer, 1/1998.

E. H.

VEAG GRADI CRPNO-AKUMULACIJSKU HIDROELEKTRANU

Jedna od najvećih crpno-akumulacijskih hidroelektrana u svijetu snage više od 1.000 MW bit će izgrađena do 2003. godine u Goldstahl-u, u saveznoj državi Thuringen. Svaka od četiri ugovorene crpke-turbine ima snagu 265 MW. Prvi put u jednom postrojenju u Europi bit će ugrađene dvije strojne jedinice za pogon s varijabilnom brzinom vrtnje.

Ugovor za isporuku četiriju crpki-turbina Vereinigte Energiewerke AG (VEAG) su sklopile sa konzorcijem pod vodstvom Sulzer Hydro, Ravensburg. Konzorcijalni partneri su Voith Hydro, Heidenheim i češki ČKD.

Sulzer Technical Review, 1/1998.

E. H.

SULZER - TEHNOLOGIJA ZA KINU

Za vrijeme kišnog perioda katkada Žuta Rijeka nosi više od pola tone pijeska po kubičnom metru vode. To uzrokuje znatne štete od abrazije na rotorima hidroelektrana. Nanošenjem keramičkih zaštitnih slojeva znatno može biti produženo životno doba dijelova koji su ugroženi trošenjem. Radi toga su "China North West Electric Power Group Company", Xian i Sulzer Hydro potpisali Joint Venture koji se odnosi na poslove nanošenja slojeva na dijelove turbina koji su ugroženi trošenjem. Pri tome se također koristi Know-how Sulzer Metco-a. Kinesko poduzeće ima na Žutoj rijeci i njenim pritocima u pogonu deset hidroelektrana.

Potpisivanju ugovora su prethodili odgovarajući pokusi koji su pokazali veliku učinkovitost odabrane tehnologije. Izbor odgovarajućeg tipa sloja koji se nanosi temelji se na točnoj analizi problema trošenja u dotičnim postrojenjima. Velika tvrdoća keramičkog nanosa u vezi s optimalnim ustrojem produžuje životno doba turbinskih lopatica do tri puta. To povećava raspoloživost postrojenja i smanjuje pogonske troškove.

Sulzer Technical Review, 1/1998.

E. H.

ZA OPSKRBU PITKOM VODOM NISU POTREBNE SAMO CRPKE

U Saudi-Arabiji sada je u izgradnji Quassim - sistem, vodovod dužine 376 km. Za osiguranje od tlačnih udara moraju u sustav biti ugrađeni oko 20 m visoki vodom i tlačnim zrakom napunjeni kotlovi, takozvani tlačni kotlovi za tlačni udar. Za komprimirani zrak bit će isporučeno pet sustava s ukupno 15 Sulzer Burghardt kompresora.

Svaki kompresorski sustav sastoji se iz po tri zrakom hlađena kompresora, koji su ugrađeni u kontejner, koji ima posebni ulaz za zrak (barijere za pijesak), uređaje za održavanje, motor i ormar za upravljanje, kao i sustav za otkrivanje požara.

Sulzer Technical Review, 1/1998.

E. H.

BRAZIL - JAČANJE ENERGETIKE BRAZILA

Više od 85 milijardi US bit će investirano u energetiku Brazila u tijeku idućih pet godina, prema Jornal do Brasil. Najveći dio nov-

ca, koji će biti uzet u zajam u privatnom sektoru, bit će uložen na proizvodnju energije. Brzi razvoj južnoamerička nacija bi trebao povećati svoje potrebe za energijom, odnosno snage do 2.000 godine za 4.000 MW godišnje, da bi u potpunosti bile zadovoljene rastuće potrebe.

Panorama / Gec Alsthom, 5/1998.

E. H.

PERU - PERUANSKI HIDRO-PROJEKT

Peruanska vlada nastoji ostvariti hidro-projekt kojim bi se povećala isporuka električne energije u zemlji za 18 % ili za 2.390 GW. Projekt, koji nosi ime Olmos, bit će realiziran uz davanje koncesija privatnom sektoru te će obuhvatiti dvije hidroelektrane

Panorama / Gec Alsthom 5/1998.

E. H.

SAUDI ARABIJA - PRIČA O DVA GRADA

Saudijska kraljevska komisija obznanila je da su dva industrijska grada Yanbu i Jubai namijenili za razvoj energetske vodnih kapaciteta 16,5 milijardi US\$. Ova dva grada sačinjavaju polovicu industrijskog kapaciteta Saudi Arabije. Za realizaciju projekta sa privatnim sudionicima bit će zaduženo jedno komunalno poduzeće.

Panorama / Gec Alsthom 5/1998.

E. H.

AUSTRALIJA - OLIMPIJADA UZ ENERGIJU SUNCA

Olimpijsko selo za olimpijadu 2.000. godine u Sidney-u bit će opskrbljivano sunčevom energijom. Šest stotina fotovoltaičkih sunčevih sustava osiguravat će napajanje energijom najvećeg sela na svijetu. Izgrađeni objekt će također biti priključen i na mrežu, omogućavajući u slučaju nužde uzimanje energije ili pak vraćajući u istu njen višak.

Panorama / Gec Alsthom 5/1998.

E. H.

IRSKA - BRZA PRUGA ZA DUBLIN

Izrađeni su projekti za najduži podvodni tunel na svijetu. 90 kilometara dugački željeznički tunel između Holyhead-a i Dublina skratit će vrijeme putovanja između Londona i Dublina na tri i pol sata. Redovni vlakovi prevožit će vagone od glavnog grada Republike do Holyhead-a za 45 minuta.

Panorama / Gec Alsthom, 5/1998.

E. H.

EUROPA - LIBERALIZACIJA TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Koncem stoljeća bi 60 % tržišta Europske zajednice za električnu energiju moglo biti otvoreno konkurenciji. To predviđanje iznosi Christopher Jones, predsjedavajući odjela Europske komisije za unutarnje energetske tržište. Petnaest učlanjenih država Europske zajednice bit će obvezne otvoriti najmanje 22 % svog energetskeg tržišta konkurenciji. Jones očekuje liberalizaciju kojom bi se prekoračila ta osnovna razina. Zemlje članice Europske za-

jednice koje namjeravaju potpuno liberalizirati svoje energetske tržište su Britanija, Finska, Njemačka i Švedska.

Panorama / Gec Alsthom, 5/1998.

E. H.

SINGAPUR - DRUGA VEĆA NARUDŽBA RASKLOPNIH POSTROJENJA

Energetska mreža Singapura povjerila je svoju drugu veću narudžbu za isporuku plinom izoliranog rasklopnog postrojenja, koja treba biti realizirana za 12 mjeseci, firmi GEC ALSTHOM. Ova narudžba obuhvaća 600 plinom izoliranih polja rasklopišta 22 kV, koja će biti ugrađena u 128 podstanica.

Panorama / Gec Alsthom, 5/1998.

E. H.

ARGENTINA - ENERGIJA ZA BUENOS AIRES

Najveću plinom izoliranu podstanicu u Južnoj Americi isporučuje GEC Alsthom. Podstanica se gradi za EDESUR u Azopardo-u, a opskrbljivat će energijom središte Buenos Aires-a obuhvaćajući napajanje naponom 220 kV i 132 kV, odnosno plinom izolirana rasklopna postrojenja, transformatore 300 MVA, integrirani sustav zaštite i digitalno upravljanje.

Panorama / Gec Alsthom, 5/1998.

E. H.

SAD - NOVI POGONI ZA PODZEMNU ŽELJEZNICU NEW YORK-a

GEC ALSTHOM isporučuje ONIX pogonske sustave za 680 putničkih vagona za podzemnu željeznicu New York-a. ONIX sustav osigurava smanjenu potrošnju energije, manje pogonske troškove kao i troškove održavanja, maksimalnu pouzdanost te više prostora za putnike.

Isporučuje se također Amtrak s opremom za upravljanje, pogon i pomoćnu opremu za 30 prepravljenih AEM-7 električnih lokomotiva - s opcijom za opremanje daljnjih 22 lokomotive - i jedan ojačani sustav za Boston i za produženje New Haven linije sjevero-istočnog koridora. U Sjedinjenim Američkim Državama je također napravljen ugovor vrijedan 169 milijuna US\$ za isporuku 284 vagona podzemne željeznice za grad Chicago. Posao financira Federal Transit Administration i Illinois Department of Transportation, isporučuje GEC ALSTHOM, tvornica Hornell, čime će se produžiti životni pogonski vijek voznog parka za 30 godina. ugovorom je obuhvaćena opcija za obnavljanje cjelokupnog voznog parka sličnih vozila.

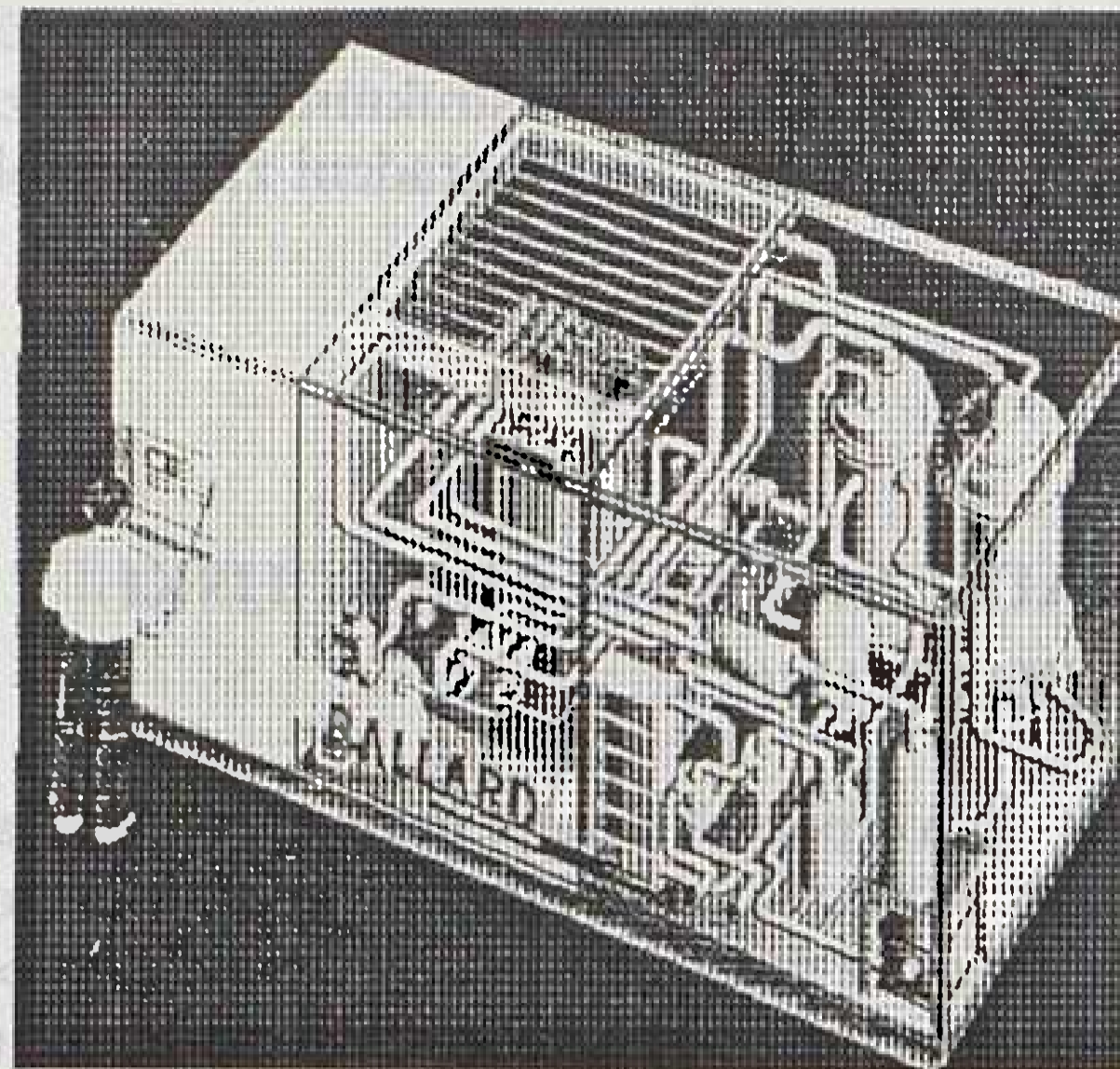
Panorama / Gec Alsthom, 5/1998.

E. H.

GORIVO BUDUĆNOSTI

Napredak tehnologije gorivih ćelija omogućava da je danas moguće nuditi nove izvedbe za male, lokalno smještene elektrane, uz povoljnu cijenu i stupanj korisnosti, koje se bez smetnji uklapaju u okoliš.

Prema ugovoru sa Ballard Generation Systems iz Kanade, GEC ALSTHOM može sada nuditi novu izvedbu za male elektrane, koja se temelji na tehnologiji PEM (Proton Exchange Membrane) gorivih elemenata. Ovaj čisti i učinkoviti način proizvodnje energije pretvara prirodni plin, metanol ili vodik, u električnu struju skoro bez ikakvih štetnih ispuštanja. . .



Ballard elektrana 250 kW sa PEM gorivim ćelijama

Tržište za male, distribuirane elektrane kao posljedica liberalizacije, nepovezivanja s proizvodnjom električne energije i rastom ograničenja s obzirom na okoliš i na financiranje. Neizbježno je da će ova nova tehnologija utjecati na sadašnji ustroj energetskih mreža.

Neka nova dostignuća Ballard-a:

1989. razvoj sklopa s gorivim elementima 3 kW
1991. prikaz stabilnog sustava snage 10 kW
1992. razvoj pristroja gorivih elemenata 90 kW pogon puskog vozila
1993. dostignuto funkcioniranje gorivog elementa od 11.000 sati, udvostručena gustoća snage
1994. konstruiran stabilni sustav snage 250 kW
1995. peterostruko povećanje gustoće snage sustava gorivih ćelija u odnosu na 1991. god., prikaz stroja gorivih elemenata od 250 kW u 40" tranzitnom autobusu
1996. izvedba Ballard Generation sustava, razvoj stabilnog sustava snage 250 kW
1997. izvršen tehnički prijam stracionarnog sustava snage 250 kW, demonstracionog

Tijekom proteklih 50 godina proizvodnja električne energije bila je u znaku velikih konvencionalnih elektrana, obično udaljenih od potrošačkih centara, te prenosnih i distributivnih mreža kojim se struja dovodi do potrošača. Pojavom liberalizacije energije to se sada mijenja.

Već je došlo do povećane traženje za malim elektranama i kombiniranim proizvodnim jedinicama za toplinu i za električnu energiju, tipski pogonjenih plinskim ili Diesel strojevima ili plinskim turbinama radi neposrednog uključivanja u potrošačke razdione mreže. U nekim zemljama investiranja u takve sustave već premašuju ona za konvencionalne elektrane. Tehnologija PEM gorivih elemenata ima potencijal da pokrene i ubrza promjenu, što je sličilo razvoju mikroprocesora 1970.-ih godina, uzrokujući promjenu od centralnih glavnih računala na sustav distribuiranih terminala osobnih računala. U pojedinim slučajevima to zaista može biti tako. Mali distribuirani energetske sustavi koji se temelje na tehnologiji gorivih elemenata, posebno na PEM-gorivnim elementima, pojavit će se kao značajniji segment novog tržišta na polju opskrbljivanja energijom.

Pokus na ispitivanju na terenu prve PEM elektrane sa PEM gorivnim elementima snage 250 kW predviđeni su za 1999. godinu.

Tehnologija PEM gorivih elemenata

Gorivi element sa membranom za razmjenu protona proizvodi električnu struju iz vodika putem elektrokemijskog procesa oksidacije. To se događa tiho, bez sagorijevanja, samo sa vodenom parom i toplinom kao nusproizvodom, s tim da se modularnim sklapanjem dostižu snage uporabe od 10 kW do 1.000 kW.

Za razliku od uobičajenih tehnologija proizvodnje energije, redovito izvedenih s rotacionim Diesel ili plinskim strojevima ili plinskim turbinama PEM tehnologija gorivnih elemenata nudi značajne prednosti:

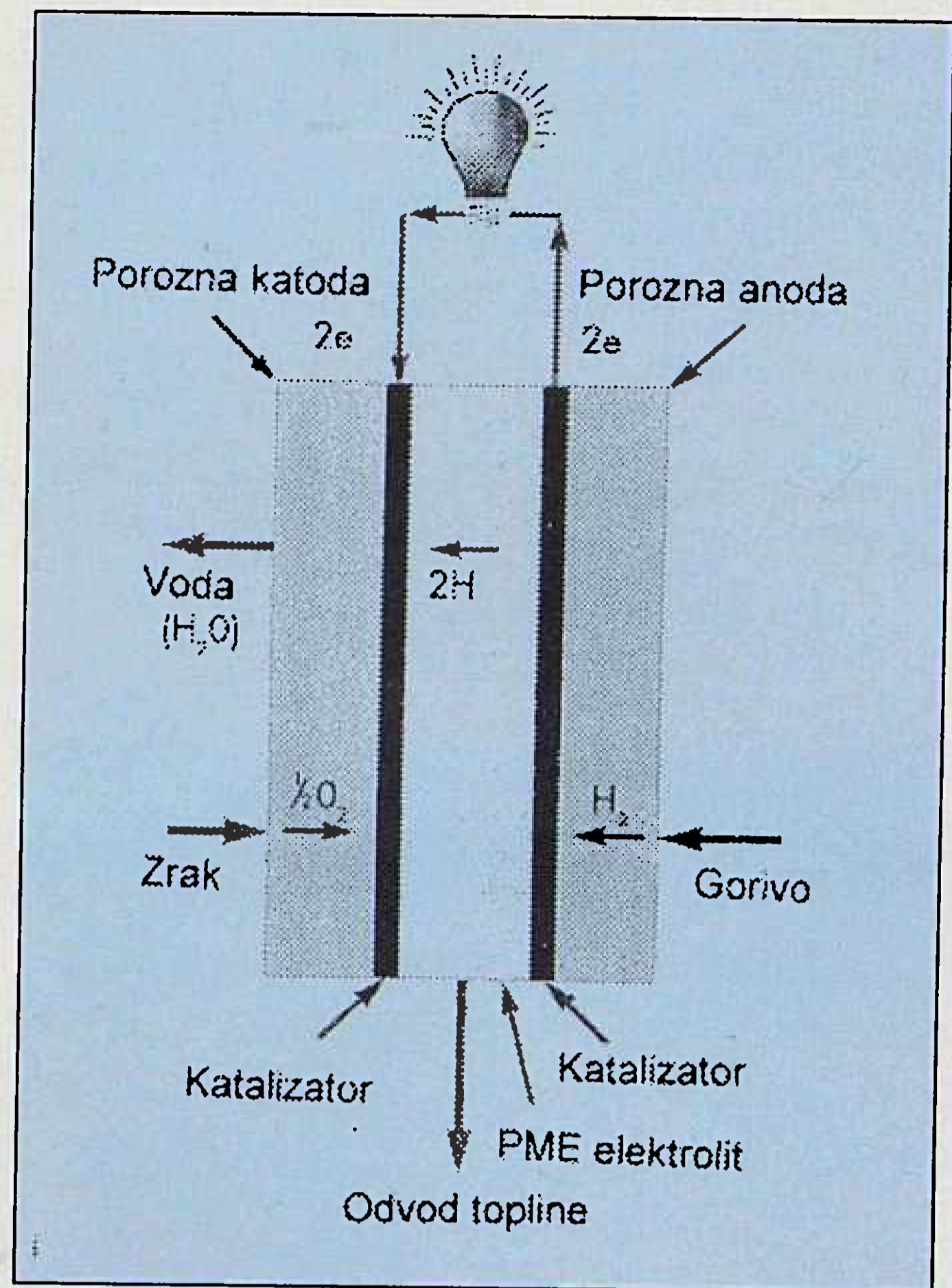
- snagu sa 50%-im stupnjem korisnosti
- viši omjer snage u odnosu na toplinu
- fleksibilnu karakteristiku vršnog opterećenja bez gubitka korisnosti
- 30% manje ugljičnog dioksida po proizvedenom kWh električne struje
- zanemarivo ispuštanje zagađivača kao što su dušični dioksidi, SO_2 , bez ugljičnog monoksida
- praktički bez ikakvog širenja buke, što omogućava smještaj uz krajnjeg korisnika
- poboljšani povrat investiranog kapitala.

Nepobitno proizvodnja energije temeljena na sustavu PEM gorivnih elemenata osigurava rješenje koje je prihvatljivije s ekonomskog stanovišta te s obzirom na okoliš.

PEM gorivni element se u biti sastoji iz dviju elektroda, jedne porozne čvrste anode i katode, odvojenih membranom iz polimerskog elektrolita. Svaka od elektroda s jedne strane je premazana katalizatorom iz platine.

Vodik-gorivo koje može biti proizvedeno iz prirodnog plina ili iz metanola putem u seriju spojenih uređaja za reformiranje - dovodi se na stranu anode, a kisik ili zrak dovodi se na stranu katode.

Katalizator iz platine proizvodi na anodi reakciju koja se razvija između vodika i kisika, čime se kemijska energija pretvara u električnu. Struja mase goriva pretvara se u električnu struju između elektroda vanjskog kruga i vodikovi se joni kreću unutar membrane elektrolita. Da bi se omogućilo da sustavi PEM gorivnih elemenata rade s prirodnim plinom ili metanolom, oni se opremaju uređajima za reformiranje. Integralni dio sustava pretvara prirodni plin ili metanol u vodik.



Presjek kroz PEM gorivi element

16. prosinca 1997. GEC ALSTHOM je potpisao ugovor s Elektra Birseck Muenchenstein (EBM) u Švicarskoj, za isporuku jedne elektrane za prezentaciju na temelju PEM gorivnih elemenata snage 250 kW, koja bi zamijenila postojeću konvencionalnu kombi-elektiranu sa plinskim strojem, koji je korišten 15 godina.

Panorama / Gec Alsthom, 5/veljače 1998.

E. H.

IZDAVAČI - PUBLISHER

Godište 47 (1998)

Zagreb 1998

Br. 5

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET - THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: "Energetski sistemi", dr. sc. Goran Granić, dipl. ing. – "Hidroelektrane", Vladimir Prizl, dipl. ing. – "Termoelektrane i toplane", Ivan Vučetić, dipl. ing. – "Prijenos električne energije", mr. sc. Zdenko Tonković, dipl. ing. – "Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije", Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – "Ekonomsko poslovanje i tarifna politika", dr. sc. Jure Šimović, dipl. ecc., mr. sc. Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – "Ekologija", dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing. – "Informatika", Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun Čagalj, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1998 - 12 - 15

SADRŽAJ

- Zeljko M.: Suradnja Republike Hrvatske i Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) na području planiranja energetskog sektora (Pregledni članak) 335
- Brezovec M. – Kuzle I. – Tešnjak S.: Matematički model hidroagregata s dvostruko reguliranom turbinom (Izvorni znanstveni članak) 345
- Barbalić N. – Marijan G. – Jelavić V.: Razvoj teorijskog predložka za procjenu uvjeta o kakvoći zraka za nove termoelektrane na ugljen (Izvorni znanstveni članak) 357
- Matanić R.: Pregled stanja razvoja naprednih termičkih reaktora s naglaskom na tehničke i sigurnosne karakteristike (Pregledni članak) 375
- Sabolić D.: Temelji pokretnih radiokomunikacija – I. dio: Površinsko širenje elektromagnetskih valova i svojstva prijamnog polja (Pregledni članak) 393
- Javornik Vončina S.: Generičko kabliranje poslovnih zgrada prema međunarodnoj normi ISO/IEC 11801 (Prethodno priopćenje) 409
- Vijesti iz elektroprivrede 423
- Iz strane stručne literature 432
- Savjetovanja i konferencije 440

Fotografija na omotnoj stranici

ZAGREB POD SNIJEGOM

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješanje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6125-641 i 6125-111/641, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.

Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizičke veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.

5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:

– **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.

– **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.

– **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.

– **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvacaanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju povjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, professionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagodavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVEDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

SURADNJA REPUBLIKE HRVATSKE I MEĐUNARODNE AGENCIJE ZA ATOMSKU ENERGIJU (IAEA) NA PODRUČJU PLANIRANJA ENERGETSKOG SEKTORA

Mr. sc. Mladen Zeljko, Zagreb

UDK 621.039.5
PREGLEDNI ČLANAK

Opisana je dosadašnja suradnja Hrvatske i Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) iz Beča (u daljnjem tekstu Agencija), te planovi za buduću suradnju na tom području. Službeni nositelj aktivnosti suradnje s Agencijom s hrvatske strane je Ministarstvo gospodarstva (u daljnjem tekstu Ministarstvo). U različite aktivnosti su, pored djelatnika Ministarstva, uključeni i stručnjaci iz nekoliko institucija i poduzeća. Najvažniji projekt suradnje koji je, nakon školovanja nekoliko timova iz Hrvatske na problemima energetske planiranja, ostvaren s Agencijom je tzv. TC Project MESPO (projekt tehničke suradnje pod imenom MESPO što je skraćenica od "**Management of the Energy Sector Policy Planning**"). Projekt je dvogodišnjeg trajanja, a odvija se u razdoblju od 1997.-1998. godine. Projekt se u Agenciji vodi pod službenom šifrom CRO/0/002.

Ključne riječi: TC project, Agencija, Ministarstvo, ekspertne misije.

1. UVOD

Intenzivnija suradnja na području energetske planiranja između Republike Hrvatske i Agencije počela je 1994. godine kada se, na objavljeni natječaj za WASP tečaj (bavi se problemom razvoja elektroenergetskog sustava), putem službenih kanala, dakle preko Ministarstva, hrvatski tim od tri člana prijavio i bio izabran. Tečaj je održan u Argonne, Illinois, SAD, a trajao je osam tjedana. Za vrijeme tog tečaja bio je prezentiran i model za optimizaciju rada mješovitog hidro-termo sustava, pod imenom VALORAGUA. Model je razvijen u Portugalu. Također je bio prezentiran model IKARUS, koji je pogodan za proračun marginalnih troškova u EES-u, pa se može koristiti i pri proračunu tarifa.

U istoj godini je isti tim iz Hrvatske pohađao ENPEP (skraćenica od "Energy and Power Evaluation Program") tečaj, koji se održavao u Pakšu, Mađarska, a trajao je osam tjedana. Na tom tečaju se najviše obrađivao model BALANCE, koji obuhvaća planiranje razvoja cjelokupnog energetske sektora, na način da simulacijom traži najpogodniju varijantu podmirivanja potreba za svim oblicima energije. Drugi model koji je na tom tečaju bio u središtu interesa je IMPACTS model, kojim se procjenjuju utjecaji kompletnog energetske sektora na okoliš.

Već slijedeće godine, dakle 1995., ponovno je isti tim iz Hrvatske primljen na jedan tečaj, ovaj put na MAED tečaj. Tečaj je održan također u Argonne, Illinois,

SAD, a trajao je šest tjedana. MAED modul radi dugoročno predviđanje potrošnje pojedinih oblika energije.

Tijekom ovih nekoliko tečajeva uspostavila se vrlo živa komunikacija između članova tima iz Hrvatske i ljudi iz Agencije koji su se bavili energetske planiranjem. Iz takve komunikacije rodila se ideja da se, pod pokroviteljstvom Agencije, pokuša pokrenuti jedan trajniji, više institucionalan, vid suradnje.

2. OBLICI POMOĆI ZEMLJAMA ČLANICAMA

U posljednjih tridesetak godina, kada je došlo do prilično velike izgradnje nuklearnih elektrana, kako u razvijenim, tako i u manje razvijenim zemljama, vrlo važnu ulogu, ne samo u promociji, nego i kod planiranja izgradnje, a i kasnije u eksploatacijskom razdoblju, imala je Agencija.

Kroz suradnju s Agencijom zemljama članicama se nude različiti vidovi pomoći, od korištenja usluga eksperata, zatim dobivanje opreme, razni trening tečajevi, radionice (workshops), stipendije, znanstvene posjete, stručna literatura i sl. Cilj agencije je transfer znanja i tehnologija prema zemljama članicama, s posebnim naglaskom za nerazvijene i zemlje u razvoju. Jedan od najučinkovitijih oblika suradnje, kroz koji se najizravnije prenosi znanje, su takozvani TC (Technical Cooperation) Project. Kada se govori o području energetske planiranja, pod TC projektom se najčešće radi o izradi ENPP (Energy and Nuclear Power Plan-

ning Study) studije, s tim da se radi i o donaciji potrebnih programskih paketa koji su zasnovani na metodologiji koja se primjenjuje kod izrade studije, a često se u sklopu takvog projekta dobije i neka računarska oprema za koju se može utvrditi da je nužna za izradu tog projekta. U sklopu takvog projekta izvede se obično nekoliko dijelova iz programskog paketa ENPEP [1]. Izrada tih studija se radi pod vodstvom konzultanata-eksperata koji dolaze u zemlju primatelja sudionicu u TC projektu u tzv. ekspertne misije, a koje za tu svrhu angažira Agencija i ona pokriva sve troškove njihovog rada vezanog za TC projekt. Sredstva koja se u proračunu Agencije izdvajaju za projekte ovog tipa, ovisno o opsegu projekta mogu doseći iznos i od nekoliko stotina tisuća USD. Najveći dio tih sredstava se potroši na pokrivanje troškova eksperata. Dio ide na stipendije i znanstvene posjete članova radnog tima iz zemlje sudionice projekta, a dio ide na opremu koja se dobiva na ime projekta.

3. "MESPO" PROJEKT

Prvi službeni kontakti na kojima je razmatrana mogućnost pokretanja projekta MESPO između Agencije i hrvatske strane ostvareni su krajem 1995. godine, dolaskom nekoliko ljudi iz Agencije u Hrvatsku. Tijekom te misije dogovoren je okvirno prijedlog projekta MESPO koji bi ušao u kandidacijsku proceduru Agencije.

Za godinu 1996. Hrvatska je dobila jedan manji TC projekt (Reserve Fund TC Project) koji je trebao poslužiti kao uvod u MESPO projekt. Na osnovi tog projekta već je u svibnju 1996. došla prva ekspertna misija u Hrvatsku, a nakon nje do kraja 1996. još dvije. Kroz te misije je napravljena priprema za početak Mespo projekta.

Preko Ministarstva gospodarstva, kao službenog nositelja aktivnosti u projektu MESPO, Hrvatska se kandidirala na natječaj za TC projekte, za plansko razdoblje 1997.-1998. godine. Taj prijedlog je prošao sve procedure u Agenciji i projekt je službeno startao početkom 1997. godine.

S obzirom na aktivnosti na projektu MESPO, jedan novi tim iz Hrvatske je primljen u 1997. godini na ENPEP tečaj, gdje je aktivnost bila skoncentrirana na modulima BALANCE i IMPACTS. Tečaj je održan u Parizu-Saclay.

3.1. Ciljevi i očekivani rezultati MESPO projekta

Jedna od osnovnih ideja koje su inicirale pokretanje projekta, a za koju se očekuje da će se i ostvariti kroz projekt, je uspostava jedne sustavne politike energetskog planiranja, koja će biti u stanju prihvatiti izazove koji se u skoroj budućnosti mogu pojaviti na tom području. Nasuprot statičkim planovima, novi pristup bi trebao biti fleksibilniji, odnosno dinamički. Pret-

postavlja se jačanje sposobnosti postojećih institucija za prihvaćanje i primjenu novih znanja, uključivanje novih metodologija i softverskih alata, treninzi i konzultacije. Ovakvim pristupom bi se uspostavio proces odlučivanja, koji bi omogućavao brzo podešavanje promjena pretpostavki za različite scenarije. Osnovna filozofija MESPO projekta je zasnovana na ideji da se, umjesto serije izoliranih studija na području energetskog planiranja, primijeni integralni pristup, koji će osigurati da sve komponente koje su dio energetskog planiranja budu kompatibilne, a rezultati komparabilni. Pristup koji se zagovara je, dakle, cjelovit i skoncentriran na realne probleme. Budući da je investiranje u energetiku dugoročno, činjenice, kao osnova za donošenje odluka, moraju biti pripremljene korektno, i što je vrlo bitno, na vrijeme.

Problemi čijem bi rješavanju MESPO projekt trebao pomoći mogu se podijeliti u nekoliko skupina.

U prvu skupinu ulaze slijedeći problemi:

- osposobljavanje institucija
- razvoj komponenti nužnih za proces planiranja (metodologija, statistika, zakonodavstvo, monitoring)
- harmonizacija između procesa planiranja i procesa odlučivanja (procedure, metodologije, baza podataka, suradnja institucija, odgovornost odlučivanja, ..).

Druga skupina je povezana sa studijama koje se rade pod nadzorom konzultanata, a trebale bi pomoći rješavanju slijedećih problema:

- kako podmiriti porast potreba za električnom energijom i ostalim oblicima energije
- kako rehabilitirati ratne štete na energetskim postrojenjima
- kako ograničiti zagađenje okoliša
- kako osigurati nužni uvoz energije.

Treća grupa problema se može formulirati kako slijedi:

- cijene energenata i sustav poreza
- kako osigurati investiranje energetskih projekata
- kako reducirati rizike povezane s proizvodnjom pojedinih oblika energije.

Rezultati svih ovih analiza trebaju biti složeni u jednu konzistentnu cjelinu. Ulazni podaci, terminologija i metodologija se kordiniraju između pojedinih podstudija uz nadzor eksperata koji su povremeno uključeni u rad na projektu.

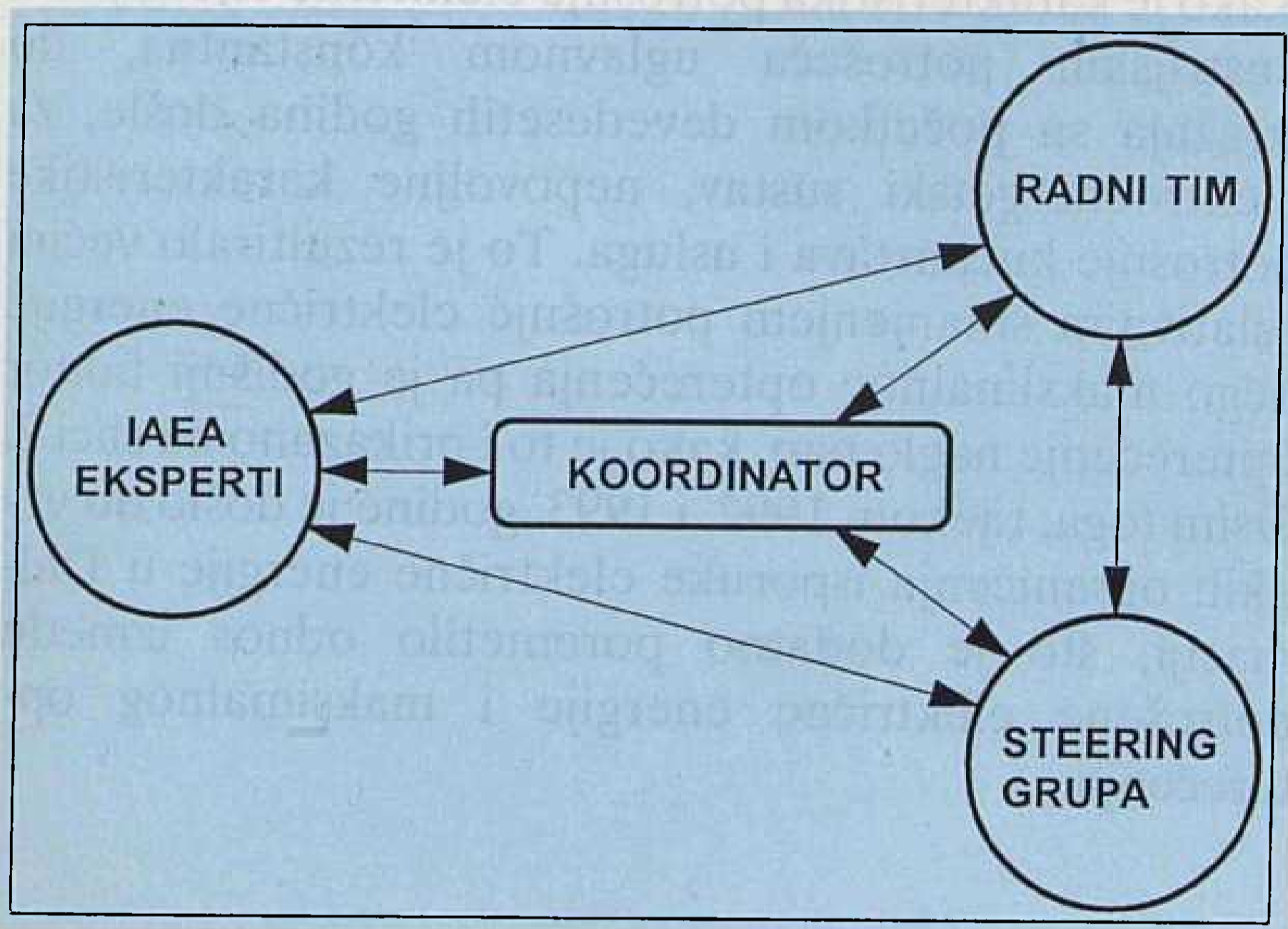
3.2. Organizacija izrade MESPO projekta

Tijekom prve misije eksperata u Hrvatsku napravljen je plan organizacije projekta, kao i vremenski plan aktivnosti do završetka projekta.

Uobičajeni način organizacije izrade ovakvog tipa projekta je vrlo tijesna suradnja tima zemlje članice i specijalista Agencije. S tom svrhom se formira zajednički tim specijalista koji se sastoji od nekoliko eksperata

agencije i do desetak stručnjaka iz zemlje članice. Zbog potrebe definiranja ulaznih podataka za studiju ili projekt, domaći dio tima bi trebao biti sastavljen od stručnjaka za različita područja, npr. inženjeri, ekonomisti, ekolozi, ... Poželjno je da u tim budu uključeni stručnjaci iz različitih institucija koje su uključene u proces energetske planiranja. Taj, domaći, dio tima se obično dijeli u dvije grupe koje imaju različite zadatke i odgovornosti. Jedna grupa je **Steering grupa** koja treba definirati glavne odrednice za izradu projekta, i povremeno tijekom projekta provjeriti dinamiku izrade, kao i kontrolirati rezultate.

Druga grupa se zove **Radni tim**, sa zadaćom pripreme podataka, izvođenja projekta, interpretacije rezultata, pisanje reporta. Jedan od članova radnog tima se postavlja za koordinatora, koji povezuje aktivnosti svih dijelova tima. Jedna takva organizacija je shematski prikazana na slici 1.



Slika 1. Shema organizacije tima za izvođenje TC projekta

Ovakvom organizacijskom shemom je napravljena vrlo jasna raspodjela odgovornosti između IAEA (agencijskog) podtima i domaćeg podtima.

Dio tima iz Agencije je odgovoran za osiguranje vodstva i stručne podrške tijekom izrade projekta, zatim osposobljavanje tima domaćih eksperata u korištenju računarskih paketa i metodologije.

Domaći dio tima (Radni tim) ima punu odgovornost u izvedbi projekta, uključujući prikupljanje i kontrolu svih ulaznih informacija, u definiciji scenarija razvoja, izvođenju softverskih modela, analizi rezultata i korekciji podataka, te konačno u pisanju završnog teksta (reporta).

Ciljevi ovakve organizacije su:

- osigurati kredibilitet i prihvatljivost rezultata studije za različite subjekte koji nešto znače u energetske planiranju zemlje - sudionika projekta
- jamstvo transfera znanja domaćem timu koji participira u projektu.

Ministarstvo gospodarstva je kao odgovornu instituciju za izvođenje projekta MESPO nominiralo Energetski

institut "Hrvoje Požar", s tim da su u radni tim uključeni i članovi iz "Ekonerga", HEP-a, INE, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Zagreb te iz Ministarstva gospodarstva.

U Steering grupu su ušli predstavnici Ministarstva gospodarstva, HEP-a, INE, DUZPO i Akcije zelenih.

U sklopu projekta MESPO predviđeno je da se provedu slijedeće podstudije kao sastavni dijelovi cjelovitog projekta: MAED studija koja je dala ulazne podatke za WASP model, WASP studija čiji su rezultati proslijeđeni u BALANCE, BALANCE studija koja je dala rezultate za IMPACTS model, i IMPACTS studija koja je rezultirala utjecajima na okoliš cjelokupnog energetske sektora Hrvatske. Također je planirano da se pod istim projektom izrade studije DECADES i ICARUS.

Može se ustvrditi da je to prvi put do sada da se u sklopu jednog TC projekta provede ovoliko podstudija, odnosno kompletni ENPEP paket s proširenjem na DECADES. To, s jedne strane, predstavlja veliku obvezu za zamlju-sudionika u projektu, a s druge strane je veliko priznanje Agencije, odnosno ukazivanje velikog povjerenja domaćem timu eksperata.

3.3. Stanje gotovosti projekta MESPO i plan budućih aktivnosti

Do sada su potpuno završene dvije studije, i to MAED i WASP. Rezultati tih studija su korišteni i u izradi studije "Razvitak elektroenergetskog sustava hrvatske do 2030. godine.

O dijelovima programskog paketa ENPEP (MAED, WASP, BALANCE, ...), te o međusobnoj povezanosti tih dijelova je pisano u [1]. MAED model radi predviđanje potrošnje raznih oblika energije za dulje razdoblje, a između ostalog i električne energije. Pored godišnje potrošnje, MAED daje i mjesečne karakteristike potrošnje električne energije. Ti se rezultati izravno (automatizirana veza između svih dijelova ENPEP-a) koriste u WASP-u koji simulira rad elektroenergetskog sustava. Nakon što se izradi plan razvoja EES-a, rezultati se proslijeđuju u BALANCE koji pokušava uklopiti elektroenergetski sustav u cjelokupni energetske sustav. Između WASP i BALANCE modula, a poslije će se vidjeti da to vrijedi i za IMPACTS modul, je često potrebno iterativno usklađivanje, jer se npr. može dogoditi da se plan razvoja EES-a ne uklapa najbolje u energetske sustav. Tada je potrebno ponovno izvesti proračun WASP modelom, uz određene korekcije, i vratiti se u BALANCE. Kad je postignut sklad između EES-a i cijelog energetske sustava, rezultati idu u IMPACTS koji računa utjecaje cijele energetike na okoliš. Ako određene vrijednosti (npr. emisije) prelaze neke limitirane vrijednosti, može se pojaviti potreba za povratkom u BALANCE ili čak u WASP, i te procedure se ponavljaju do usklađivanja odnosa u energetske sektoru.

3.4. Neki osnovni rezultati MAED-a vezani za električnu energiju

Svaki proces dugoročnog planiranja, pa tako i planiranja u EES-u, suočen je s problemima koji proizlaze iz neizvjesnosti polaznih pretpostavki, te ključnih parametara na kojima se zasniva proračun. Da bi se ti problemi donekle ublažili, planovi se najčešće rade u više varijanti s različitim polaznim pretpostavkama, odnosno različitim vrijednostima ulaznih parametara. Na taj se način odredi prostor vjerojatnih događanja u budućnosti, a u svezi s tim ulaznim parametrima. Varijante proračuna s različitim vrijednostima ulaznih parametara koje su izvan utjecaja planera (npr. potrošnja električne energije, visina investicija u nove objekte, ...) najčešće se zovu **scenariji**.

Prvi, i prema svom utjecaju na ukupne troškove u EES-u najvažniji, od spomenutih ulaznih parametara je predviđena potrošnja električne energije. Razina potrošnje određuje razinu potrebne izgradnje proizvodnih kapaciteta u EES-u. Predviđanje potrošnje električne energije, prema metodologiji korištenoj za potrebe ove studije, zasnovano je na nekim podlogama za koje se može reći da su isto toliko neizvjesne kao i veličina koja se predviđa, odnosno kao i potrošnja električne energije. Da bi se obuhvatio ukupni mogući prostor događanja u sferi potrošnje električne energije, a time i sagledala maksimalna i minimalna potrebna izgradnja proizvodnih kapaciteta u EES-u, ovdje su korištena četiri scenarija potrošnje električne energije, odnosno maksimalnog opterećenja. Ti scenariji su nazvani : super visoki, viši, referentni i niži. U nastavku su navedene oznake za pojedini scenarij potrošnje :

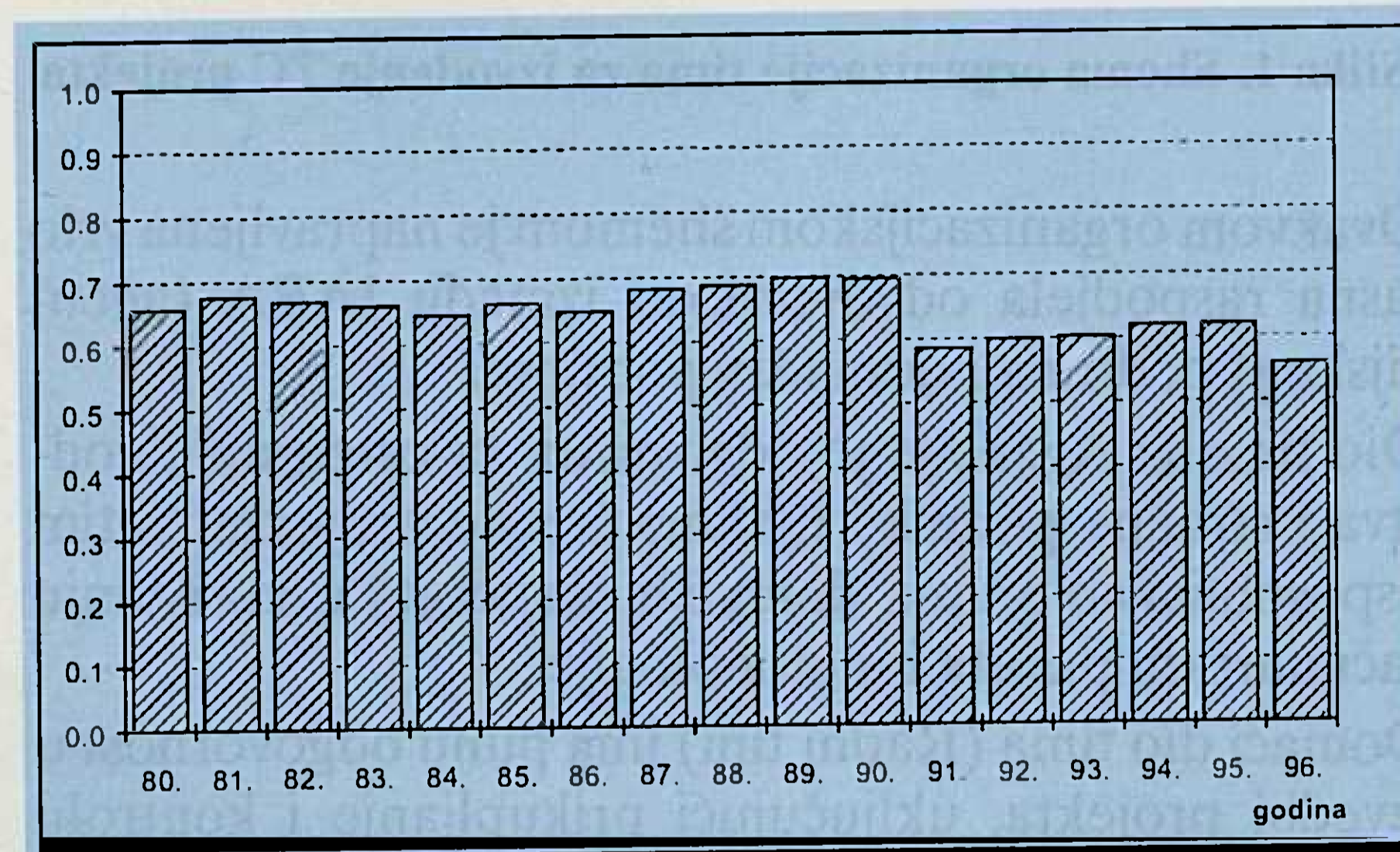
- super visoki scenarij SVS
- viši scenarij VS
- referentni scenarij RS
- niži scenarij NS

Analiza karakteristika potrošnje električne energije ima višestruko značenje kako za područje eksploatacije tako i za područje planiranja razvoja elektroenergetskog sustava. Kada se radi o planiranju razvoja i izgradnje elektroenergetskog sustava, ne može se ni zamisliti uspješno ostvarivanje tog posla bez detaljnog poznavanja karakteristika potrošnje električne energije. Kapaciteti proizvodnih i prijenosnih postrojenja se moraju dimenzionirati u skladu s očekivanim osnovnim parametrima krivulje trajanja ili dijagrama opterećenja. Da bi se došlo do očekivanih parametara koji su bitni za karakteristike potrošnje, potrebno je pratiti i analizirati te parametre za dulji niz godina u prošlosti. Na temelju ponašanja tih parametara u prošlosti uočavaju se zakonitosti i predviđaju se njihove veličine u budućnosti. Ako je suditi po radovima koji su do sada napravljeni i objavljeni na ovom području, može se zaključiti kako se ovom području nije poklanjala dovoljna pažnja, što u budućnosti svakako ne bi smio biti slučaj.

U programskom paketu MAED, ovakva se analiza provodi tako što se najprije rekonstruira krivulja srednjih satnih opterećenja za baznu godinu (1994.), a onda se simulacijom različitih scenarija dobivaju krivulje opterećenja za buduće godine. Ulazni podaci su zapravo rezultati razvoja potrošnje električne energije kao finalnog oblika energije. Prema tome, rezultat primjene predviđene potrošnje električne energije na simulirane krivulje trajanja opterećenja daje kao rezultat prosječna satna opterećenja za presječne godine, te osnovne parametre krivulje trajanja ili dijagrama opterećenja, kao što su maksimalno opterećenje, minimalno opterećenje, ukupnu potrošnju električne energije i godišnji faktor opterećenja.

Utvrđivanje i analiza karakteristika potrošnje električne energije za baznu godinu je provedena na temelju podataka o ostvarenoj potrošnji u nekoliko prethodnih godina.

Kako je karakteristika potrošnje električne energije industrijskih potrošača uglavnom konstantna, do izražaja su početkom devedesetih godina došle, za elektroenergetski sustav, nepovoljne karakteristike potrošnje kućanstava i usluga. To je rezultiralo većim relativnim smanjenjem potrošnje električne energije nego maksimalnog opterećenja pa je godišnji faktor opterećenja naglo pao, kako je to i prikazano na slici 2. Osim toga, tijekom 1992. i 1993. godine je došlo do velikih ograničenja isporuke električne energije u Dalmaciji, što je dodatno poremetilo odnos između potrošene električne energije i maksimalnog opterećenja.

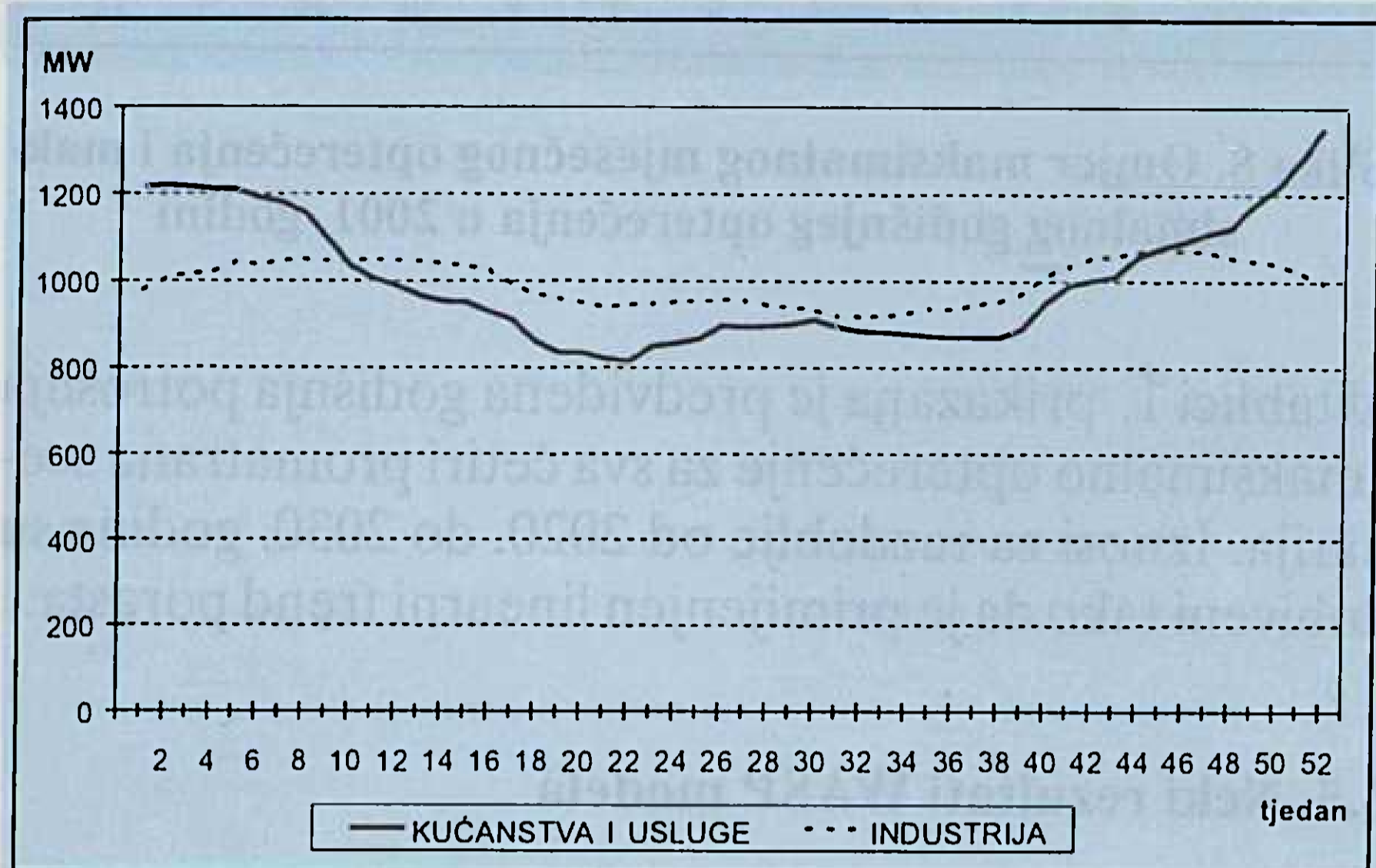


Slika 2. Godišnji faktori opterećenja

U 1996. godini se osim opisanih događaja dogodila i koincidencija pojave hladnoga dana i praznika (31.12.). Zabilježeno je jedno od najvećih ostvarenih maksimalnih opterećenja od 2470 MW što je za oko 180 MW veće nego što je planirano. Ovakav slučaj pokazuje i dokazuje do kakve je bitne strukturne promjene došlo u elektroenergetskom sustavu tijekom devedesetih godina.

3.4.1. Rekonstrukcija bazne godine

Kao prvi korak u rekonstrukciji krivulje trajanja opterećenja u baznoj 1994. godini je analizirana relativna tjedna potrošnja i to za dva karakteristična sektora potrošnje, kućanstva i usluge kao jednog sektora i industrije kao drugog, kojoj su pribrojene potrošnje poljoprivrede, graditeljstva, energetike te prometa. Relativna tjedna potrošnja svakog sektora se računala tako što se ukupna tjedna potrošnja svakoga promatrana sektora podijelila s prosječnom tjednom ostvarenom potrošnjom svakog sektora u 1994. godini. Dobiveni podaci su prikazani na slici 3.



Slika 3. Sezonske karakteristike glavnih sektora potrošnje električne energije

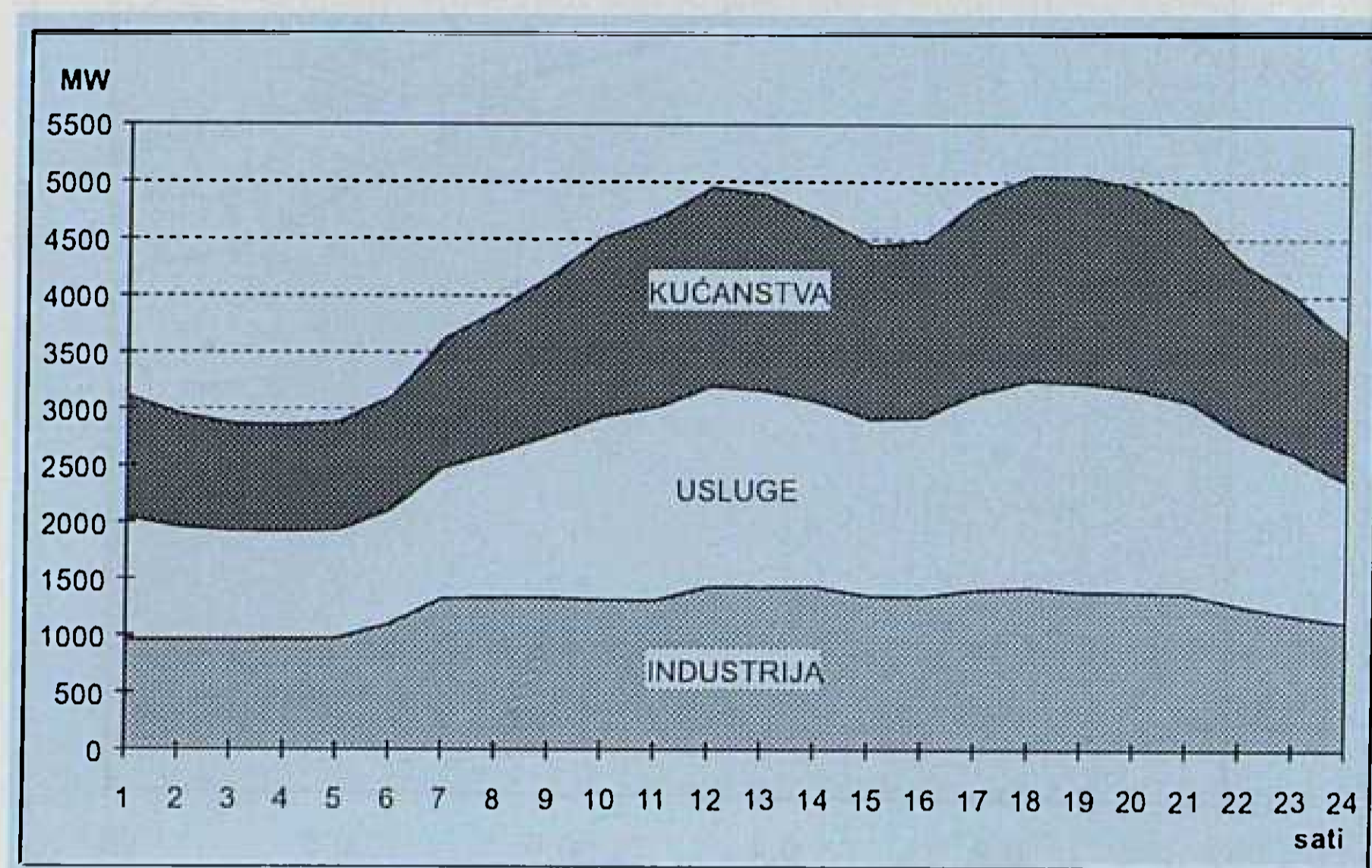
Može se uočiti različita sezonska dinamika potrošnje električne energije tijekom godine za kućanstva i usluge s jedne strane i industrije s druge strane. Isto tako iz ovoga dijagrama je lako uočiti različiti težinski utjecaj na ukupnu potrošnju električne energije. Prije rata je utjecaj ovih sektora bio podjednak dok je nakon rata utjecaj sektora kućanstava i usluga oko dva puta veći nego je kod sektora industrije, čime sezonske oscilacije potrošnje još više dolaze do izražaja. U budućnosti se ne očekuju značajnije promjene relativnih tjednih potrošnji električne energije s tim da će se njihovi težinski udjeli zadržati otprilike na razini bazne godine.

U slijedećem koraku su analizirani odnosi unutar tjedna, odnosno po danima i to za karakteristična razdoblja godine, zimsko na početku, ljetno i ponovno zimsko na koncu godine. Odlučujući utjecaj na potrošnju u različitim danima u tjednu imaju različite razine i dinamika radne aktivnosti te odstupanje srednje dnevne temperature po danima. Promjena radne aktivnosti unutar tjedna je praktično neovisna o sezoni. Radna aktivnost raste do sredine tjedna (srijeda, četvrtak), zatim pada prema danima vikenda u kojima je ta aktivnost minimalna. Potrošnja električne energije prati promjene radne aktivnosti pa je tako najveća u danima najveće radne aktivnosti i najmanja u dane vikenda. Analiza ostvarene potrošnje za različite dane po promatranim sektorima daje mogućnost definiranja karakterističnih dana u tjednu, i to

radnog dana, subote, nedjelje i ponedjeljka kao specifičnog radnog dana koji ima potrošnju veću nego u dane vikenda, a manju nego drugi radni dani.

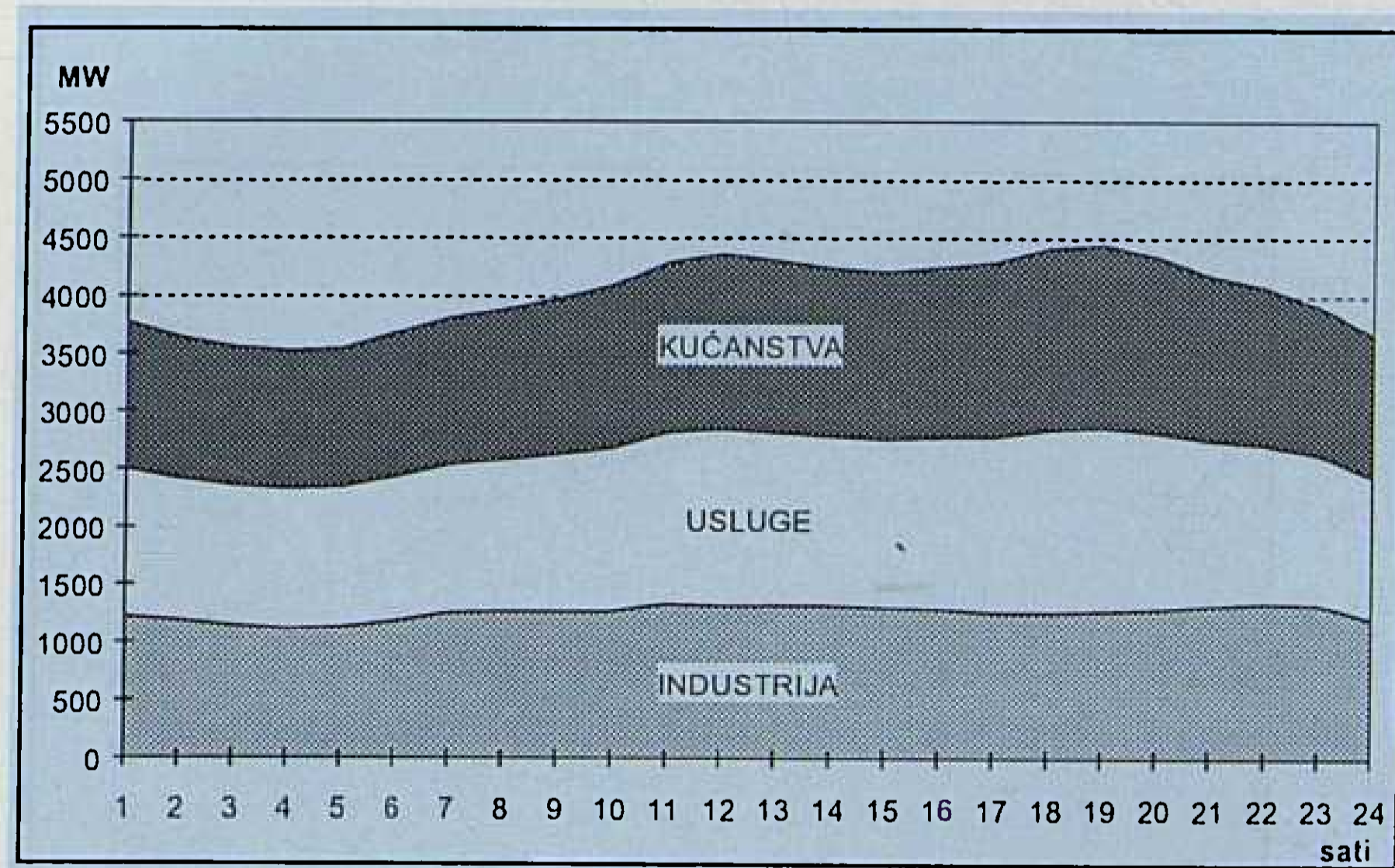
Na koncu je analiziran svaki karakteristični dan u tjednu, za svaki promatrani sektor, za svaku sezonu posebno.

Na slikama 4 i 5 su prikazani dijagrami opterećenja za dane u kojima se pojavljuje maksimalno opterećenje 2025. godine i to bez mjera upravljanja potrošnjom (slika 4) i s mjerama upravljanja potrošnjom (slika 5). U ovom razdoblju se očekuje znatnija primjena uređaja za mjerenje i regulaciju potrošnje električne energije prema zahtjevima elektroenergetskog sustava na strani potrošača električne energije.



Slika 4. Krivulja satnih opterećenja u danu u kojem se postiže maksimalno opterećenje u scenariju bez mjera upravljanja potrošnjom 2025. godine

U ovom slučaju smanjenje maksimalnog opterećenja iznosi oko 622 MW.

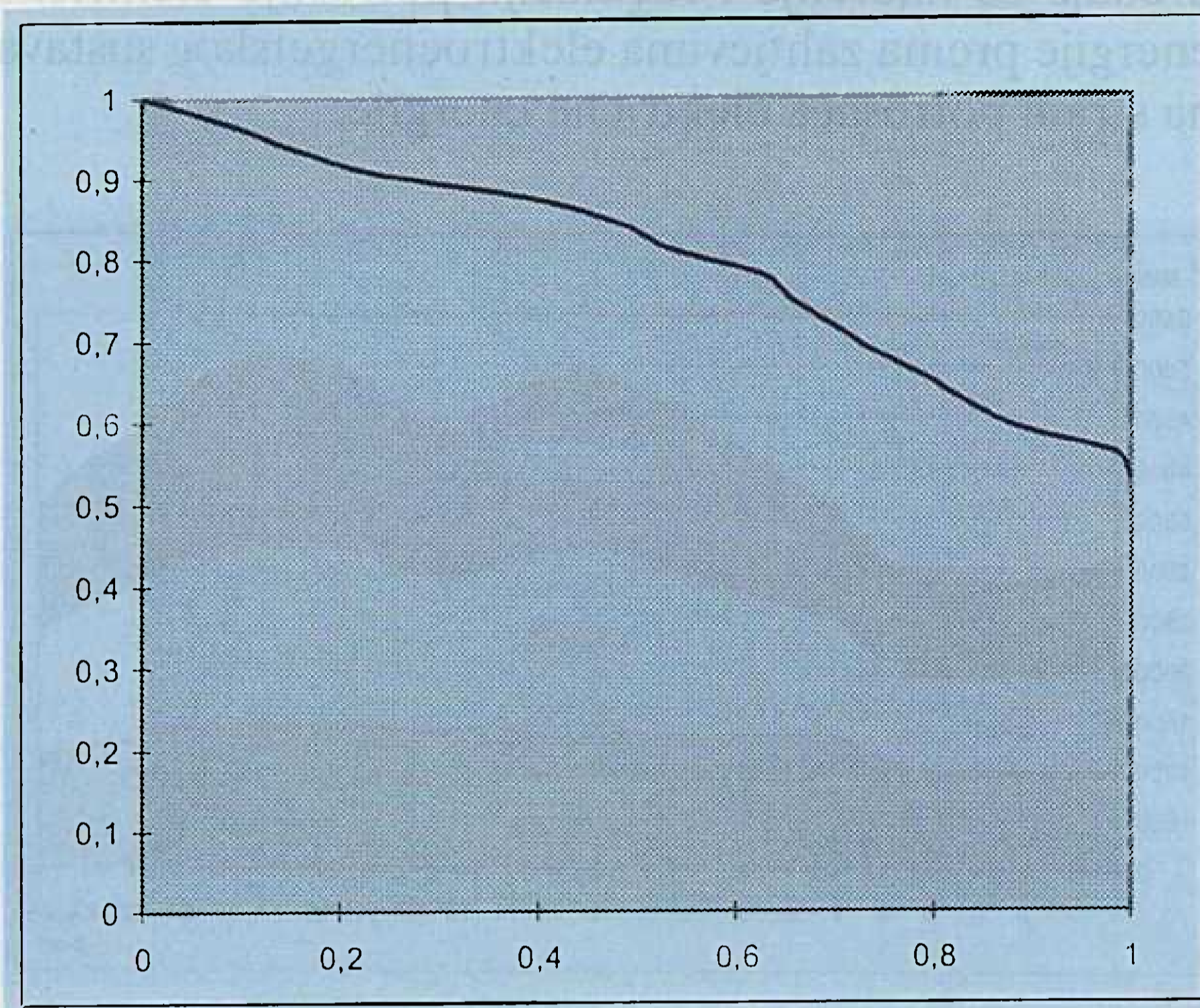


Slika 5. Krivulja satnih opterećenja u danu u kojem se postiže maksimalno opterećenje u scenariju uz mjere upravljanja potrošnjom 2025. godine

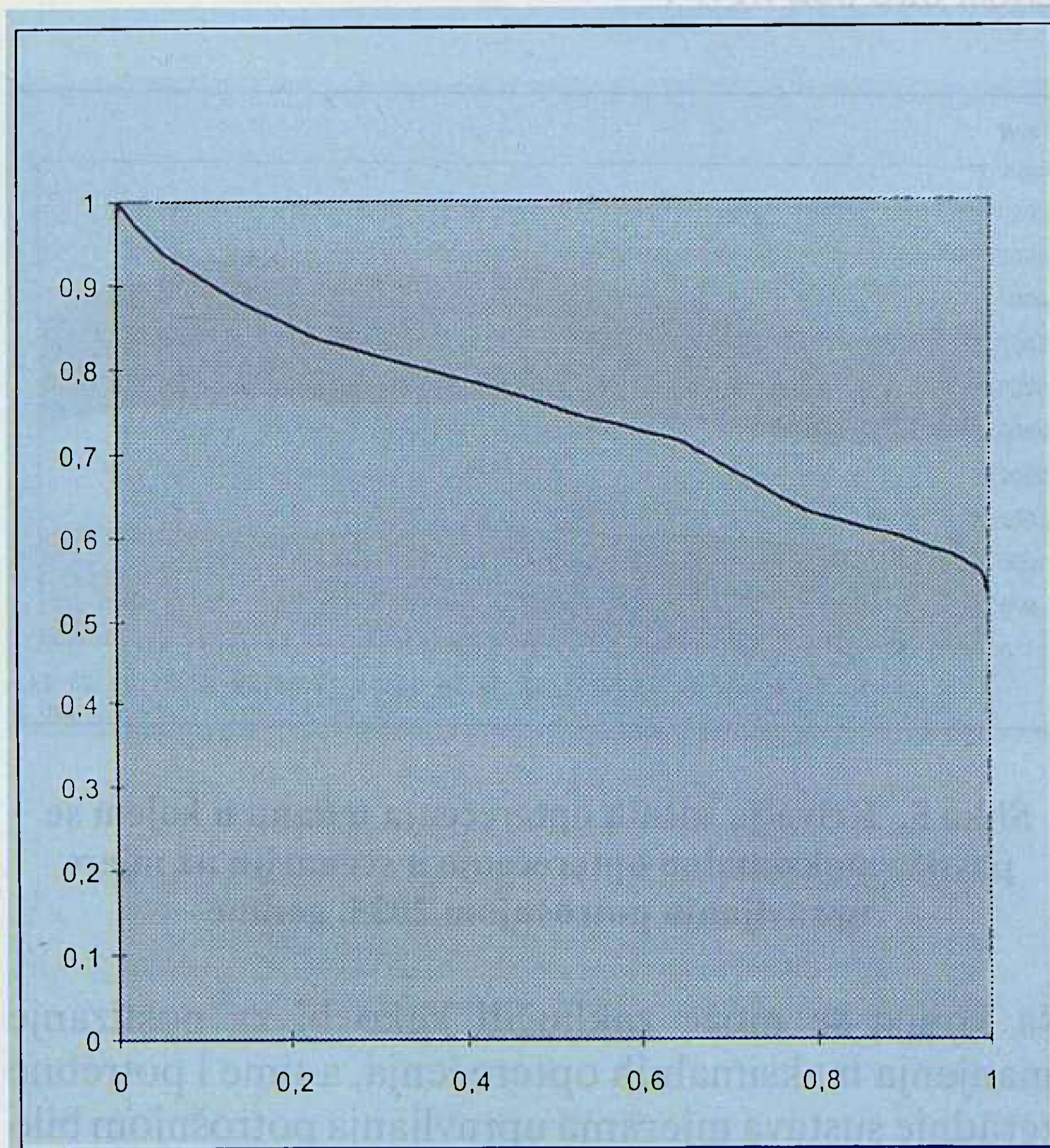
Na koncu se može zaključiti kako bi za postizanje smanjenja maksimalnih opterećenja, a time i potrebne izgradnje sustava mjerama upravljanja potrošnjom bilo potrebno postići da u 2025. godini uz istu potrošnju oko 13% potrošača u uslugama i kućanstvima i oko 12% u industriji promijeni navike.

3.4.2. Mjesečne krivulje trajanja opterećenja

Budući da svi programski modeli koji su korišteni za izradu Master plana (proizvodni dio) trebaju mjesečne krivulje trajanja opterećenja, na osnovi predviđenih satnih opterećenja, konstruirane su mjesečne krivulje trajanja opterećenja za sve mjeseci u svakoj godini promatranog 30-godišnjeg razdoblja planiranja. Slike 6 i 7 prikazuju relativizirane krivulje trajanja opterećenja za mjesec kolovoz i prosinac u 2001. godini.

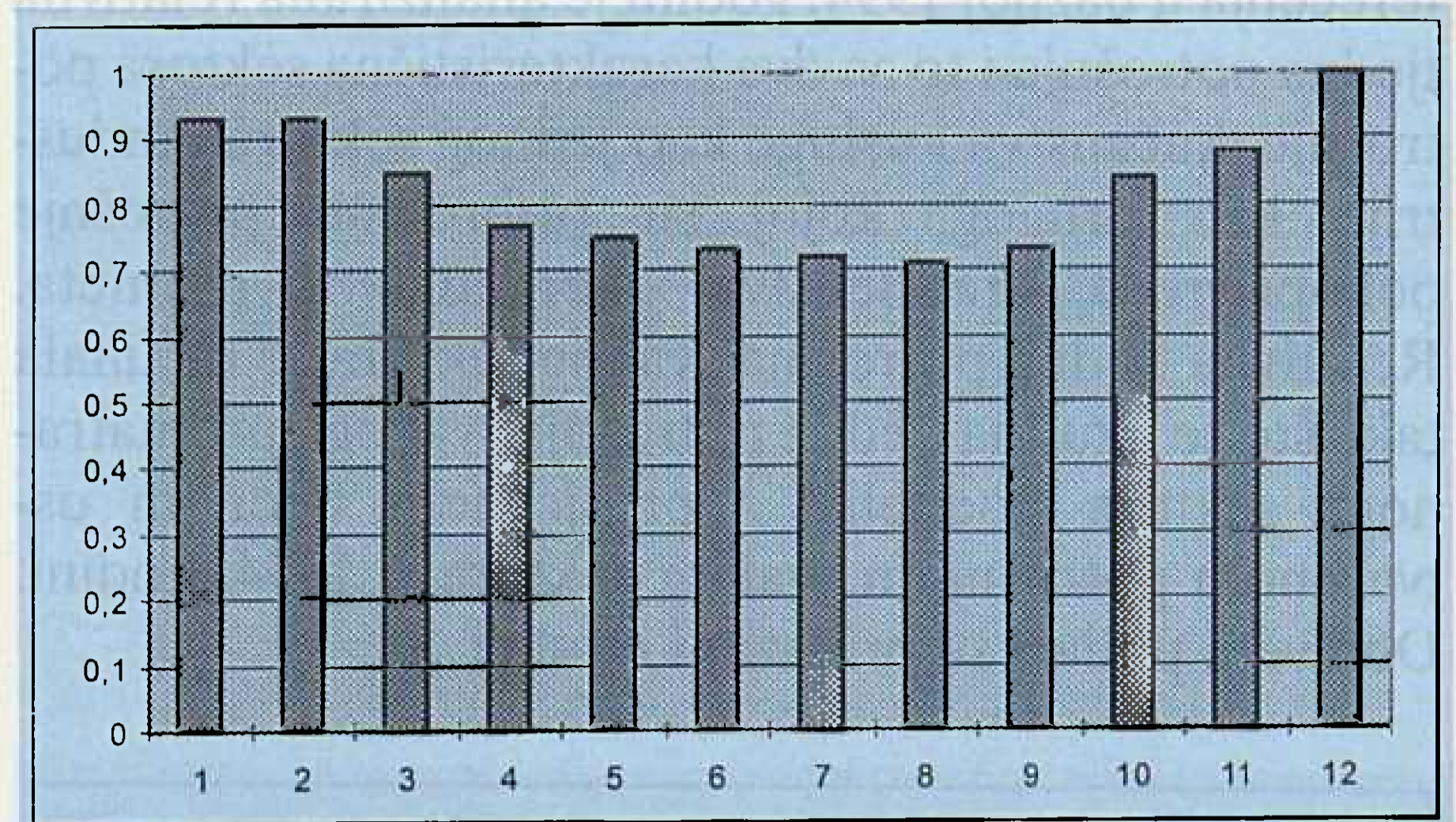


Slika 6. Krivulja trajanja opterećenja za mjesec kolovoz 2001. godine



Slika 7. Krivulja trajanja opterećenja za mjesec prosinac 2001. godine

Omjer predviđenog maksimalnog mjesečnog opterećenja i maksimalnog godišnjeg opterećenja u 2001. godini prikazan je na slici 8.

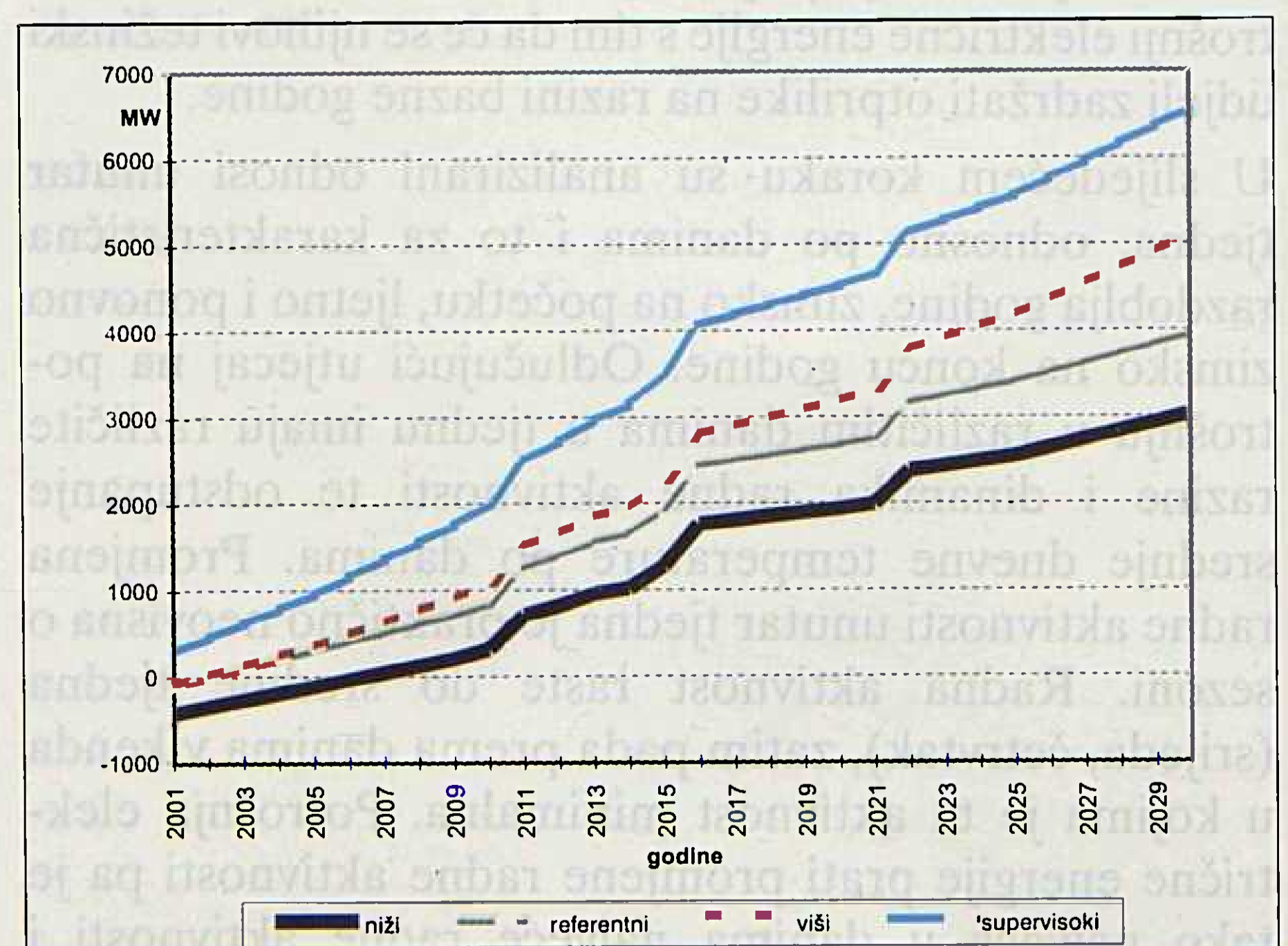


Slika 8. Omjer maksimalnog mjesečnog opterećenja i maksimalnog godišnjeg opterećenja u 2001. godini

U tablici 1. prikazana je predviđena godišnja potrošnja i maksimalno opterećenje za sva četiri promatrana scenarija. Iznosi za razdoblje od 2020. do 2030. godine su dobiveni tako da je primijenjen linearni trend porasta.

3.5. Neki rezultati WASP modela

Na slici 9 prikazana je potrebna izgradnja (na pragu elektrana) za četiri analizirana scenarija potrošnje električne energije uz pretpostavljenu rezervu snage od 30 %. Za ovaj primjer na slici 9. operira se samo s jednom razinom rezerve snage (a ne s donjom i gornjom granicom rezerve), da bi se predočila razlika u potrebnoj izgradnji novih elektrana za pojedini scenarij. Sa slike je vidljivo da je za niži scenarij potrošnje potrebno oko 3000 MW novih elektrana, za referentni oko 4000 MW, za viši oko 5000 MW, a za super visoki oko 6500 MW novih elektrana do kraja promatranog razdoblja (do 2030. godine), ukoliko bi se željelo imati faktor snage od 30 %.



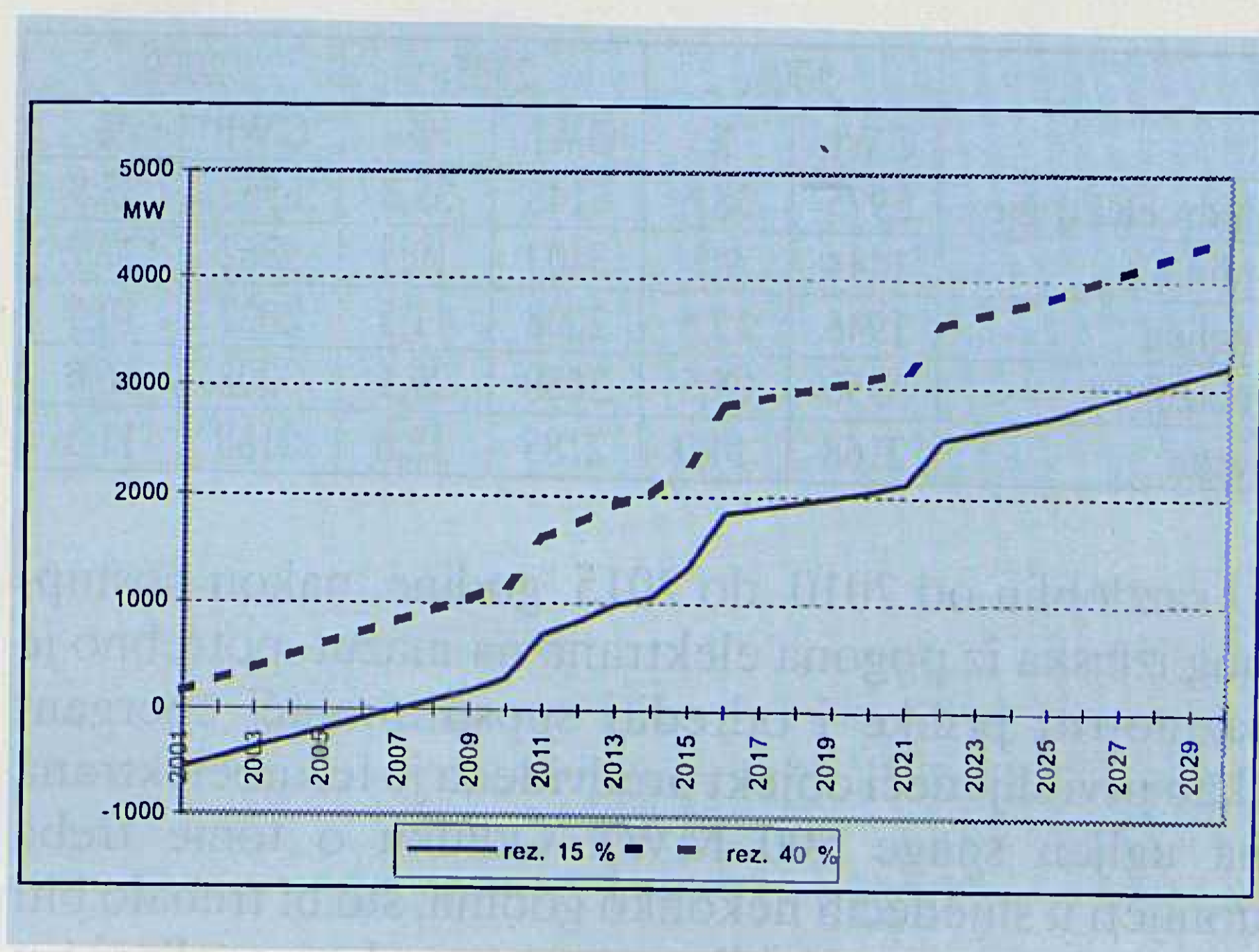
Slika 9. Potrebna izgradnja novih elektrana za različite scenarije potrošnje (rezerva snage 30 %)

Tablica 1. Ukupna godišnja potrošnja i maksimalno opterećenje za pojedini scenarij

Godina	Scenariji potrošnje električne energije							
	Niži		Referentni		Viši		Supervisoki	
	Energija	Vršno opt.	Energija	Vršno opt.	Energija	Vršno opt.	Energija	Vršno opt.
	TWh	MW	TWh	MW	TWh	MW	TWh	MW
2001	14,5	2611	15,6	2841	15,6	2843	17,4	3162
2002	15,0	2671	16,1	2923	16,2	2927	18,2	3289
2003	15,4	2731	16,7	3006	16,8	3012	19,1	3417
2004	15,8	2791	17,2	3088	17,3	3096	19,9	3544
2005	16,3	2851	17,7	3171	17,9	3181	20,8	3672
2006	16,7	2912	18,3	3247	18,5	3287	21,7	3827
2007	17,0	2974	18,8	3324	19,2	3393	22,6	3982
2008	17,4	3035	19,3	3400	19,8	3500	23,5	4137
2009	17,8	3097	19,8	3477	20,4	3606	24,4	4292
2010	18,2	3158	20,4	3553	21,0	3712	25,4	4447
2011	18,6	3204	20,9	3622	21,7	3794	26,3	4580
2012	18,9	3251	21,4	3691	22,3	3876	27,3	4713
2013	19,3	3297	21,9	3759	22,9	3959	28,2	4846
2014	19,7	3344	22,5	3828	23,5	4041	29,2	4979
2015	20,1	3390	23,0	3897	24,2	4123	30,1	5112
2016	20,5	3423	23,4	3942	24,8	4196	30,9	5199
2017	20,8	3456	23,9	3987	25,4	4269	31,6	5286
2018	21,2	3490	24,3	4032	26,1	4342	32,4	5373
2019	21,5	3523	24,8	4077	26,7	4415	33,2	5460
2020	21,9	3556	25,2	4122	27,3	4488	33,9	5547
2021	22,3	3597	25,7	4182	28,1	4590	34,7	5654
2022	22,7	3638	26,2	4243	28,9	4692	35,6	5762
2023	23,1	3680	26,7	4303	29,7	4794	36,4	5869
2024	23,4	3721	27,2	4364	30,5	4896	37,3	5977
2025	23,8	3762	27,7	4424	31,3	4998	38,1	6084
2026	24,2	3837	28,2	4507	32,2	5138	39,1	6237
2027	24,7	3912	28,7	4590	33,0	5279	40,0	6390
2028	25,1	3986	29,3	4674	33,9	5419	41,0	6544
2029	25,5	4061	29,8	4757	34,8	5560	41,9	6697
2030	25,9	4136	30,3	4840	35,7	5700	42,9	6850

Potrebna izgradnja novih elektrana za referentni scenarij potrošnje, uz minimalnu rezervu snage od 15 %, i maksimalnu rezervu snage od 40 %, prikazana je na slici 10. Ovisno o razini rezerve snage, koja se tijekom proračuna optimira u skladu s troškovima neisporučene energije i troškovima izgradnje novih elektrana (traži se minimum sumarnih troškova), sa slike se može vidjeti da je potrebna izgradnja (kumulativno) novih elektrana do kraja razdoblja planiranja između 3300 MW i 4400 MW (radi se o snazi na pragu).

Provedene analize pokazuju da će u EES-u Hrvatske, za pokrivanje predviđene referentne potrošnje, biti potrebno do 2030. godine izgraditi oko **3500 MW** novih elektrana, uz pretpostavku da će sve postojeće hidroelektrane ostati u pogonu do kraja promatranog razdoblja, kao i dvije termoelektrane koje su u izgradnji, a trebale bi ući u pogon prije 2001. godine. Za ostvarenje



Slika 10. Potrebna izgradnja novih elektrana za referentni scenarij potrošnje

takvog programa izgradnje, ovisno o strukturi novih elektrana, potrebno je oko 3,5 milijardi US\$ (preko 20 milijardi kn).

Prva elektrana koja bi trebala ući u pogon iza 2001. godine, prema rezultatima dobivenim metodom minimalnog troška u EES-u, trebala bi biti plinska elektrana kombiniranog ciklusa, snage oko 300 MW. Takva elektrana bi trebala startati s pogonom početkom 2002. godine.

Zaključak o prvoj elektrani, u smislu minimuma troška, je nesporan. Svi scenariji su pokazali kao optimum prvu plinsku elektranu snage 300 MW, a godina ulaska u pogon u referentnom scenariju potrošnje (RS) je najčešće 2002. (osim za najnižu vrijednost troškova neisporučene energije gdje je ulazak u pogon pomaknut za jednu godinu kasnije, i za najvišu cijenu plina, gdje je ulazak također odgođen za jednu godinu).

Slijedeća termoelektrana bi opet trebala biti plinska snage oko 300 MW, s potrebnim ulaskom u pogon 2006. ili 2007. godine, ovisno o tome hoće li započeti izgradnja hidroelektrana. Ako bi se startalo s izgradnjom hidroelektrana, onda bi godina ulaska u pogon trebala biti 2007., a ako ne bi počela izgradnja hidroelektrana, godina ulaska u pogon bi trebala biti 2006.

Struktura proizvodnje električne energije u razdoblju do 2010. godine prikazana je u tablici 2. Ako se promatra 2001. godina, vidljivo je da su kao energenti, prema udjelu u proizvodnji električne energije, najzastupljenije hidroelektrane, a onda mazut. Hidroenergija je u 2009. godini opet s najvišim udjelom (iako sada nešto nižim nego u 2001. godini), a drugi energent prema udjelu je plin. Navedena struktura pokazuje da je očuvana poželjna diverzifikacija proizvodnje, te da izgradnjom termoelektrana na plin do 2009. godine nije ugrožena sigurnost opskrbe potrošača.

Tablica 2. Struktura proizvodnje električne energije prema energentima

	2001.		2005.		2009.	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
hidroelektrane	5975	38,6	6148	35,3	6552	33,9
plin	1444	9,3	3403	19,5	5362	27,7
ugljen	1946	12,6	2008	11,5	2027	10,5
mazut	3950	25,5	3680	21,1	3208	16,6
uran	2168	14,0	2185	12,6	2188	11,3

U razdoblju od 2010. do 2015. godine, nakon postupnog izlaska iz pogona elektrana na mazut, potrebno je razmotriti prilike i odrediti supstituirajući energent (kao prvi slijedeći objekt predviđena je termoelektrana na ugljen snage 500 MW). Odluku o tome treba donijeti u slijedećih nekoliko godina, što bi trebalo biti dovoljno dugo razdoblje za sve potrebne analize, i u kojem će se neka događanja i procesi moći sagledati znatno objektivnije nego što je to moguće danas.

Što se tiče razdoblja iza 2011. godine, pitanje je koliko se treba baviti rezultatima iza toga. Plan razvoja zasnovan je na ulaznim pretpostavkama, od kojih će se mnoge, u ovako dugom razdoblju planiranja, znatno promijeniti. Iz današnje pozicije nije moguće točno definirati kakve će te promjene biti.

Svrha planova za dugo razdoblje je da se odrede smjernice za prvih desetak godina. Zato je u planiranju energetike, a tako i elektroenergetike, uobičajena praksa da se ovakav tip analize možda ne uvijek jednako detaljno, izvodi svakih tri do pet godina. Dakle, planiranje izgradnje EES-a treba shvaćati kao jedan stalni proces, gdje se sve bitne promjene, u razini potrošnje električne energije u odnosu na predviđenu, zatim promjene u tehnološkom, ekološkom, ekonomskom ili bilo kojem drugom smislu, uzimaju u obzir. Na taj se način planovi svakih nekoliko godina aktualiziraju. Zbog toga razdoblje nakon 2010. godine ne treba gledati kao nešto čvrsto definirano, jer će se vrlo vjerojatno, već za nekoliko godina, ukazati potreba za izradom novog plana, koji će u određenoj mjeri biti različit od ovog.

3.6. Preostali dio MESPO projekta

BALANCE i IMPACTS moduli su u završnoj fazi izrade i očekuje se da će biti završeni prije kraja 1998. godine.

Modul IKARUS će se vjerojatno produžiti za mjesec do dva mjeseca u 1999. godinu.

Što se tiče DECADES-a, on formalno nije dio ENPEP programa, ali je WASP modul kao dio ENPEPA ugrađen u DECADES. Kao što je prije navedeno, studija DECADES bi također trebala biti izrađena pod projektom MESPO i očekuje se njen završetak u prvim mjesecima 1999. godine.

4. ZAKLJUČAK

Pozitivni učinci MESPO projekta, i općenito ove suradnje s Agencijom, mogu se promatrati s nekoliko aspekata. Kao prvo, prije početka projekta MESPO, jedan broj ljudi iz Hrvatske je prošao određene tečajeve iz područja planiranja u energetici. Kroz sam projekt MESPO, kroz koji je osigurano oko dvadesetak ekspert/tjedan misija, pored transfera kompletnih programskih paketa i literature vezane za njih, osiguran je i transfer određenog ekspertnog znanja. Time je u Hrvatskoj stvoren jedan tim (8 do 10 ljudi) koji je ovladao kompletnom metodologijom planiranja u energetici, a koja se primjenjuje u velikom broju zemalja. Radi se uglavnom o američkoj energetske školi, čiji je jedan od najznačajnijih predstavnika ANL (Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, SAD). Da bi se ta metodologija mogla primijeniti i u Hrvatskoj potrebne su određene prilagodbe, kojima su stručnjaci iz Hrvatske također ovladali.

Rezultat ovako intenzivne suradnje je vrlo dobar status Hrvatske kada se radi o aktivnostima Agencije vezanim za energetske planiranje. Već je službeno donesena odluka u Agenciji da se s Hrvatskom potpiše novi dvogodišnji projekt suradnje za razdoblje od 1999.-2000. godine. Projekt bi bio u određenom smislu nastavak projekta MESPO. Projekt bi obradio nekoliko tema:

1. **financijska evaluacija različitih energetskih opcija**
2. **ekološka evaluacija i utjecaj na okoliš energetskih objekata**
3. **evaluacija energetskih troškova**
4. **višekriterijska analiza kod donošenja odluka (uključivanje svih parametara ekonomskih, financijski, ekoloških i dr.)**

Osim oblika suradnje u kojoj Agencija pomaže Hrvatskoj, Hrvatska je počela i davati neke usluge za Agenciju. Tako je u svibnju 1998. godine u Hrvatskoj održan seminar kojem je pokrovitelj bila Agencija. Službeni naziv seminara je bio: **Regional (RCA) Training Workshop on Analysis of Economic and Financial Aspects of Nuclear Programmes Using Agency's FINPLAN MODEL**

Institucija domaćin za pripremu i provedbu seminara po odluci Ministarstva gospodarstva bio je Energetski institut "Hrvoje Požar". Seminar je organiziran i održan u dvorcu Bežanec, Pregrada, od 11. do 22. svibnja 1998. godine. Seminar je bio međunarodnog karaktera. Radni jezik bio engleski.

Svrha seminara bila je teoretska obuka i osposobljavanje za korištenje programa – softvera Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) FINPLAN MODEL za analizu ekonomskih aspekata i scenarija i varijanti financiranja izgradnje energetskih objekata s praktičnom primjenom i razmjenom iskustava. Seminar se odvijao kroz predavanja, diskusije i radne dijelove, uz aktivno sudjelovanje sudionika. Sudionici su se koristili FINPLAN softverom da bi napravili nacionalne *case study* analize i planove financiranja izgradnje elektroenergetskih objekata i razvoja elektroenergetskog sustava.

Polaznici seminara su bili srednji i viši službenici u ministarstvima energetike, agencijama za planiranje, direktori u energetskim kompanijama i drugim organizacijama koji su uključeni u ekonomske i financijske aspekte nacionalnih energetskih razvojnih planova i programa. Na seminaru je bilo 26 polaznika, od kojih je 21 bio izvan Hrvatske.

Organizacija seminara je doživjela sve pohvale od strane Agencije, te se može očekivati da će Hrvatska imati još ponuda za organizaciju sličnih seminara.

I konačno, nekoliko ljudi iz Hrvatske je dobilo status eksperta u Agenciji i oni sudjeluju u aktivnostima Agencije u drugim zemljama. To su obično konzultantske usluge pri izradi studija planiranja energetskog sustava ili poslovi predavača/instruktora na različitim tečajevima iz područja energetskog planiranja.

LITERATURA

- [1] MILJENović, et al: "Razvoj i organizacija hrvatskog energetskog sektora - Gospodarski razvoj Hrvatske do 2020. godine", Zagreb, 1996.
- [2] Wien Automatic System Planning (WASP) Package, Volume 1 i Volume 2
- [3] Expansion Planning for Electrical Generating Systems, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984.
- [4] D. FERETIĆ, V. MIKULIĆIĆ, N. DEBRECIN, i suradnici: "Mogućnost nuklearne opcije u okviru dugoročnih planova razvoja elektroenergetskog sustava Republike Hrvatske", Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb 1997.

COOPERATION BETWEEN THE REPUBLIC OF CROATIA AND THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA) IN THE FIELD OF ENERGY PLANNING

The cooperation between Croatia and International Atomic Energy Agency (IAEA) from Vienna (in the following text Agency) up to the present is described, as well as future plans. The official activity carrier in Croatia is the Ministry of Economic Affairs (in the following text Ministry). Experts from the Ministry work together with experts from other institutions and enterprises. The most important project in the field of energy system planning realized with the Agency, after the education of some Croatian teams, is the so-called TC Project MESPO (Management of Energy Sector Policy Planning). The project lasts for two years from 1997 to 1998. The official password for the project in the Agency is CRO/0/002.

DIE ZUSAMMENARBEIT DER REPUBLIK KROATIEN UND DER INTERNATIONALEN VERMITTLUNGSSTELLE FÜR KERNENERGIE (IAEA) IM ENERGIEPLANUNGSBEREICH

Beschrieben ist die Zusammenarbeit der Republik Kroatien und der Internationalen Vermittlungsstelle für Kernenergie (IAEA) in Wien (im weiteren Text: Vermittlungsstelle), sowie die Pläne für die Zukunft in dieser Richtung. Kroatischerseits ist für die Zusammenarbeit mit der Vermittlungsstelle offiziell das Wirtschaftsministerium (im weiteren Text: Ministerium) beauftragt. Nebst den im Ministerium Tätigen wirken in verschiedenen diesbezüglichen Aufgaben auch Fachleute einiger Ämter und Unternehmen. Das wichtigste -nach der Schulung einiger Gruppen aus Kroatien im Bereich der Energieplanung- realisierte Projekt innerhalb der Zusammenarbeit mit der Vermittlungsstelle ist das "TC Project MESPO" (was die Abkürzung von "Management of the Energy Sector Policy Planning" darstellt). Die Projektdauer ist zwei Jahre und läuft in der Zeitspanne 1997-1998. Geführt in der Vermittlungsstelle wird dieses Projekt unter der amtlichen Bezeichnung CRO/0/002.

Naslov pisca:

mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-11-16.



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICI ELEKTRIČNIH KABELA

MATEMATIČKI MODEL HIDROAGREGATA S DVOSTRUKO REGULIRANOM TURBINOM

Miljenko B r e z o v e c, Varaždin – mr. sc. Igor K u z l e – prof. dr. sc. Sejid T e š n j a k, Zagreb

UDK 621.311.21.1
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Pri modeliranju hidroagregata s dvostruko reguliranom turbinom mora se početi od činjenice da se regulacija protoka vode kroz turbinu provodi i pomoću lopatica sprovednog aparata i pomoću lopatica rotora što znatno otežava razvoj modela. U radu je opisan detaljan nelinearni model dvostruko regulirane turbine. Da bi se nelinearnost elemenata opisala na zadovoljavajući način korištena je metoda linearizacije po dijelovima. S obzirom da su protok i korisnost funkcije dvije varijable (otvor sprovednog aparata, zakret lopatica rotora) ta je metoda proširena i na funkcije dvije varijable. Posebna pozornost je posvećena modeliranju kulise, a opisan je i matematički model turbinskog regulatora za dvostruko regulirane vodne turbine. Razvijeni matematički model je testiran i pokazao je zadovoljavajuće rezultate. Parametri potrebni za provođenje simulacija određeni su uglavnom na osnovi raspoloživih podataka o agregatima HE Dubrava koji su predočeni u Dodatku. Odzivi dobiveni simulacijom uspoređeni su s odzivima snimljenim prigodom ispitivanja agregata, nakon puštanja elektrane u pogon, i uočena je velika sličnost.

Ključne riječi: hidroagregat (hydrounit), turbinski regulator (turbine governor), pomične lopatice rotora (adjustable runner vanes), lopatice sprovednog aparata (guide vanes), dvostruko regulirane turbine (double regulated turbines), topografski dijagram (hill diagram), kulisa (cam), linearizacija po dijelovima (linearization by parts), protok (flow).

1. UVOD

Hidroagregat predstavlja izrazito složen viševeličinski nelinearni dinamički sustav pa je za opis njegovog djelovanja potreban opsežan matematički model. Detaljnost matematičkog opisa ovisi o vrsti analize, odnosno o cilju istraživanja koje se provodi. Osnovni elementi hidroagregata kao dinamičkog sustava su vodna turbina s dovodnim sustavom, turbinski regulator i generator s uzbudnim sustavom. Pri modeliranju hidroagregata obično se polazi od modela tih elemenata. Pojedini elementi takvog sustava modeliraju se za određena istraživanja više ili manje detaljno, ovisno o utjecaju tog elementa na fizikalno ponašanje sustava u cjelini.

Vodne turbine s pomičnim lopaticama rotora imaju visoku korisnost u širokom rasponu protoka (snaga) jer se lopatice rotora zakreću tako da se što bolje prilagode uvjetima strujanja za određeni protok kroz turbinu. Takve dvostruko regulirane turbine najčešće se nazivaju Kaplan-turbinama. Danas međutim postoje različite izvedbe dvostruko reguliranih turbina s različitim nazivima pa se Kaplan-turbinama obično nazivaju samo dvostruko regulirane turbine s vertikal-

nom osovinom, dok se za ostale izvedbe koriste drugi nazivi (razne cijevne turbine, Straflo turbine, dijagonalne Deriaz turbine).

Pri modeliranju hidroagregata s dvostruko reguliranom turbinom mora se početi od činjenice da se regulacija protoka vode kroz turbinu provodi i pomoću lopatica sprovednog aparata i pomoću lopatica rotora što znatno otežava razvoj modela.

U ovom radu predstavljen je detaljan nelinearni model dvostruko regulirane turbine. Za realizaciju odgovarajućeg simulacijskog modela potrebni su modeli i ostalih elemenata u regulacijskom krugu, prije svega turbinskog regulatora. Opisan je stoga i matematički model turbinskog regulatora za dvostruko regulirane vodne turbine.

2. MATEMATIČKI MODEL DVOSTRUKO REGULIRANE VODNE TURBINE

Vodna turbina je općenito izrazito nelinearni element zbog nelinearnih odnosa između mehaničke snage, protoka kroz turbinu, brzine vrtnje, tlaka pred turbinom, zakreta lopatica privodnog (i radnog) kola tur-

bine. Linearizirani se model turbine može koristiti samo ako se promatraju male promjene oko određene radne točke. Kada se promatraju velike promjene treba uzeti u obzir da karakteristične veličine (npr. jedinične vrijednosti protoka i brzine vrtnje) nisu konstantne, nego se mijenjaju u skladu s karakteristikama turbine.

Pri razvijanju modela potrebno je matematički opisati eksperimentalno dobivene trodimenzionalne karakteristike turbine. Najčešće se koristi metoda interpolacije tako da se karakteristike za područje oko nazivne radne točke aproksimiraju pravcima ili parabolama [1,2]. Da bi se međutim karakteristike turbine dovoljno točno opisale u čitavom području djelovanja potrebno je primjeniti složenije matematičke alate. Jedna od metoda koja omogućava precizno opisivanje karakteristika turbina je linearizacija po dijelovima [3].

2.1. Linearni model

Protok kroz turbinu i moment turbine kod dvostruko reguliranih turbina su općenito složene nelinearne funkcije 4 varijable:

$$\begin{aligned} q &= q(h, \omega, y_W, y_R) \\ m &= m(h, \omega, y_W, y_R) \end{aligned} \quad (1)$$

gdje je q protok kroz turbinu (p.u.), m moment turbine (p.u.), h tlak pred turbinom (p.u.), ω brzina vrtnje (p.u.), y_W položaj stapa servomotora statorskih lopatica koji odgovara otvoru sprovednog aparata (p.u.), y_R položaj stapa servomotora rotorskih lopatica koji odgovara njihovom zakretu (p.u.).

Za male promjene oko stacionarne radne točke te se funkcije mogu linearizirati, tako da vrijedi:

$$\begin{aligned} \Delta q &= a_{11} \Delta h + a_{12} \Delta \omega + a_{13} \Delta y_W + a_{14} \Delta y_R \\ \Delta m &= a_{21} \Delta h + a_{22} \Delta \omega + a_{23} \Delta y_W + a_{24} \Delta y_R \end{aligned} \quad (2)$$

gdje su a_{ij} odgovarajuće parcijalne derivacije u radnoj točki određene prema

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{\partial q}{\partial h} & a_{12} &= \frac{\partial q}{\partial \omega} & a_{13} &= \frac{\partial q}{\partial y_W} & a_{14} &= \frac{\partial q}{\partial y_R} \\ a_{21} &= \frac{\partial m}{\partial h} & a_{22} &= \frac{\partial m}{\partial \omega} & a_{23} &= \frac{\partial m}{\partial y_W} & a_{24} &= \frac{\partial m}{\partial y_R} \end{aligned} \quad (3)$$

Hidroelektrane s dvostruko reguliranim turbinama imaju kratak dovodni sustav, pa se pretpostavlja nestlačivost vode i stijenci sustava za dovod vode, tj. kruti stupac vode, tako da vrijedi jednačina

$$\frac{\Delta h}{\Delta q} = -T_W s \quad (4)$$

koja u Laplaceovom s području predstavlja impedancijsku funkciju dovodnog sustava, gdje je T_W vremen-

ska konstanta dovodnog sustava kojom se uzima u obzir tromost vodene mase u dovodu pred turbinom.

Jednačina (2) zajedno s jednačinom (4) predstavlja osnovni linearni model dvostruko regulirane turbine koji općenito vrijedi za male promjene oko radne točke za koju su određene potrebne parcijalne derivacije kao parametri. Parcijalne derivacije određuju se kao funkcije zakreta lopatica rotora i otvora sprovednog aparata prema podacima dobivenim ispitivanjima na fizičkim modelima turbina.

Pri većim poremećajima parcijalne derivacije brzo odstupaju od vrijednosti određenih za polaznu radnu točku pa takav linearni model brzo postaje netočan. Za takve slučajeve parcijalne derivacije definiraju se kao funkcije zakreta lopatica rotora i otvora sprovednog aparata [4]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q}{\partial y_R} &= f_{14}(y_W, y_R) & \frac{\partial q}{\partial h} &= f_{11}(y_W, y_R) & \frac{\partial q}{\partial \omega} &= f_{12}(y_W, y_R) & \frac{\partial q}{\partial y_W} &= f_{13}(y_W, y_R) \\ \frac{\partial m}{\partial y_R} &= f_{24}(y_W, y_R) & \frac{\partial m}{\partial h} &= f_{21}(y_W, y_R) & \frac{\partial m}{\partial \omega} &= f_{22}(y_W, y_R) & \frac{\partial m}{\partial y_W} &= f_{23}(y_W, y_R) \end{aligned} \quad (5)$$

Svaka funkcija je linearna po y_W i y_R i valjana u području oko radne točke. Grafički je to ekvivalentno aproksimaciji dijela površine koja predstavlja parcijalnu derivaciju ravninom. Takvo predstavljanje parcijalnih derivacija vodi na nelinearni model.

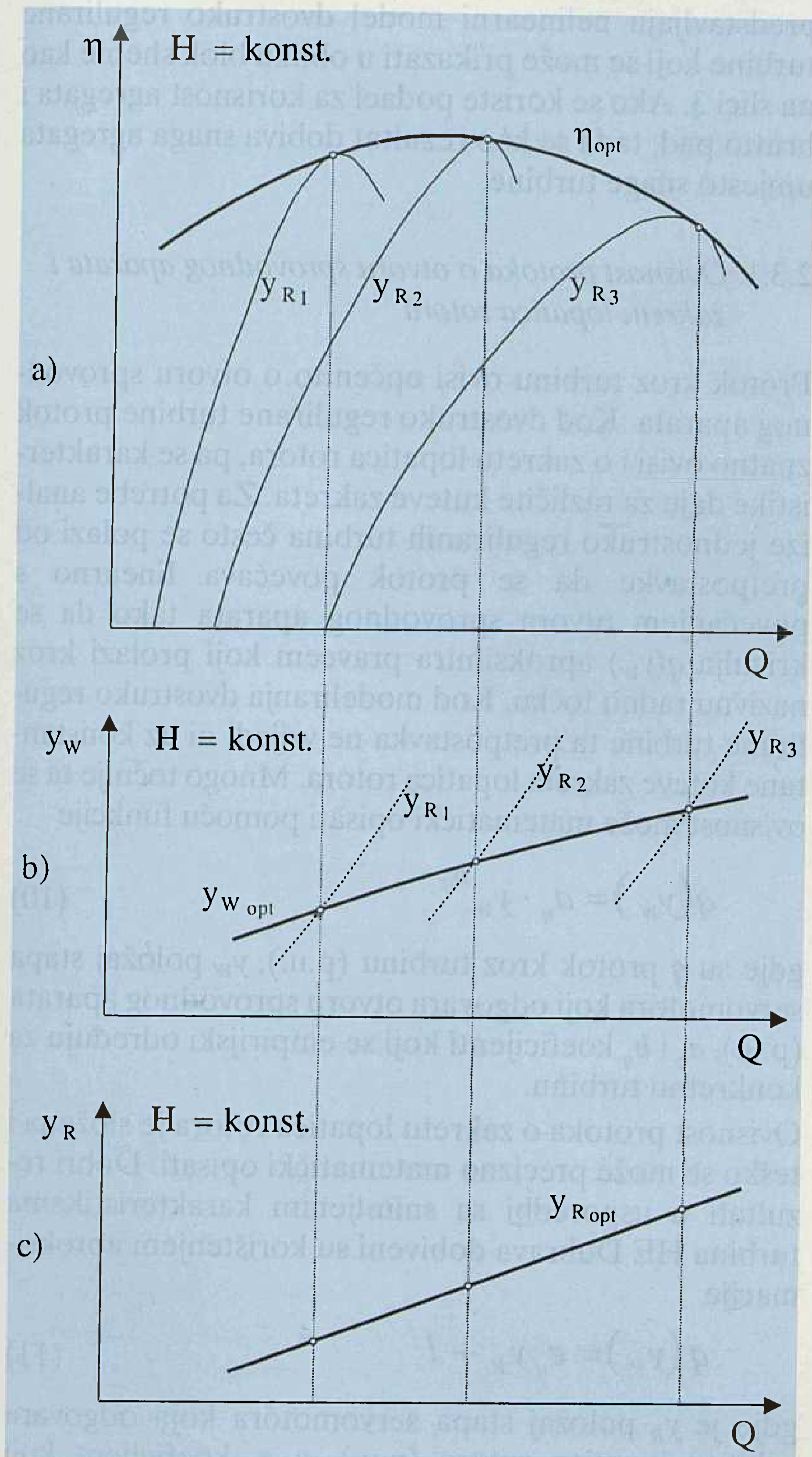
2.2. Karakteristike vodnih turbina

Za promatranje dinamičkih pojava pri većim poremećajima snage, odnosno protoka kroz turbinu treba uzeti u obzir nelinearne značajke turbine, jer su parcijalne derivacije (3) nelinearne funkcije, tako da opis ponašanja turbine kod većih poremećaja nužno vodi na nelinearni model turbine.

Jedini način da se matematički opiše nelinearno ponašanje vodne turbine je poznavanje osnovnih karakteristika turbine, tj. ovisnosti mehaničke snage, mehaničkog momenta, odnosno protoka i stupnja korisnog djelovanja o otvoru sprovednog aparata, zakretu lopatica rotora te o brzini vrtnje pri zadanom padu. Za potrebe matematičkog modeliranja turbine koriste se podaci proizvođača, obično dobiveni mjerenjima na fizičkim modelima, koji se dopunjuju eksperimentalnim podacima dobivenim mjerenjima na realnim turbinama.

Ti se podaci obično daju u obliku topografskog (školkastog) dijagrama u određenom koordinatnom sustavu. Kako kod dvostruko reguliranih turbina oblik topografskog dijagrama ovisi o zakretu lopatica rotora mogao bi se za svaki kut zakreta lopatica nacrtati poseban topografski dijagram. To bi dovelo do velikog broja dijagrama i nepreglednosti, pa se pogonska svojstva takvih turbina prikazuju u jednom topografskom dijagramu s podacima za optimalni otvor sprovednog aparata i za optimalni zakret lopatica rotora, tj. za najveći mogući stupanj korisnosti.

Određivanje optimalnih radnih točaka prikazano je na slici 1. Za određeni pad $H = \text{konst.}$ mogu se nacrtati krivulje $\eta(Q)$ za različite y_R . Nacrta li se anvelopa tih krivulja, dobiva se krivulja $\eta_{\text{opt}}(Q)$ jer se za vrijeme po-

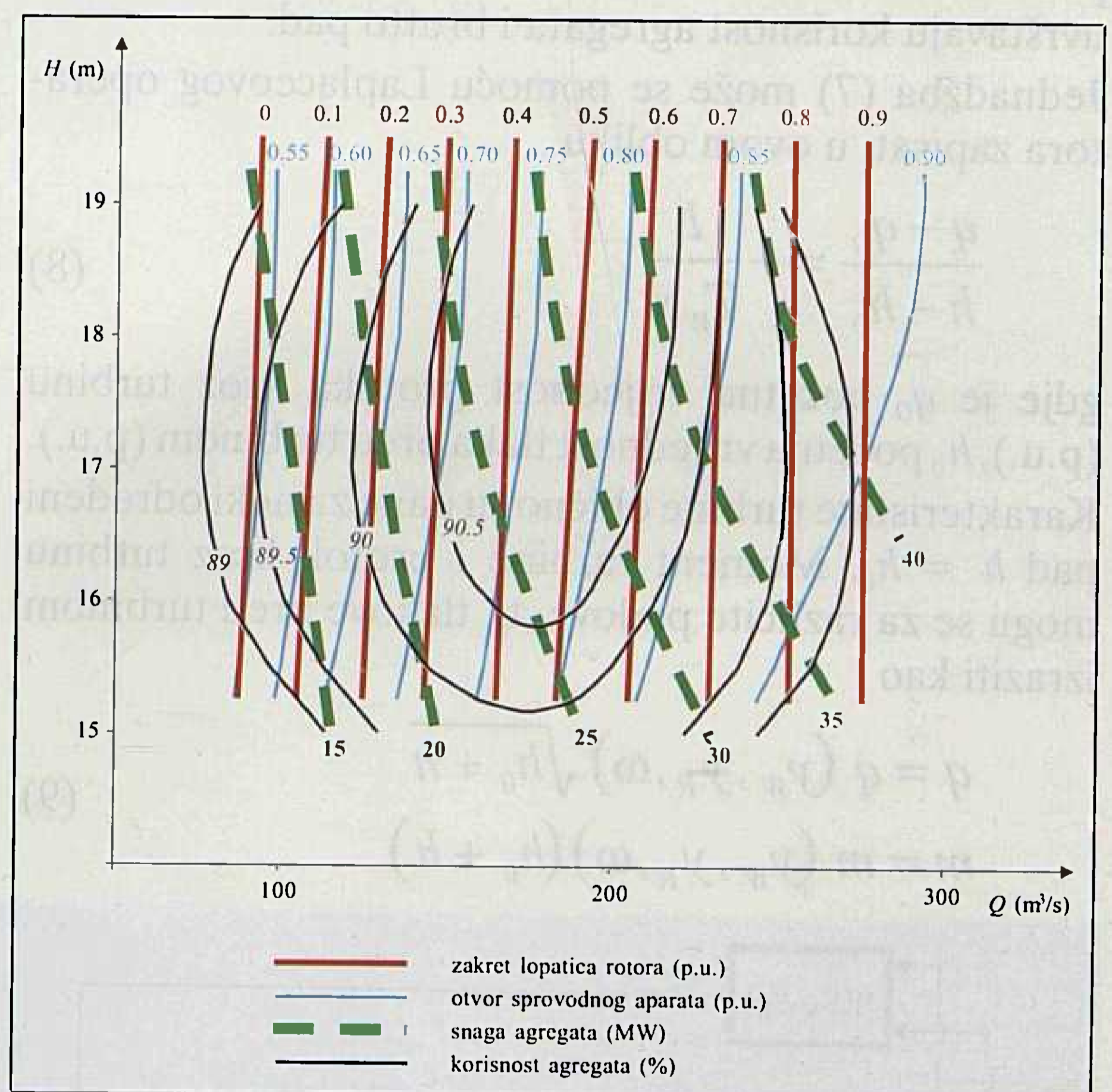


Slika 1. Određivanje optimalnog stupnja djelovanja η_{opt} , optimalnog otvora sprovodnog aparata $y_{w\text{opt}}$ i optimalnog zakreta lopatica rotora $y_{R\text{opt}}$ ovisno o protoku Q , a za $H = \text{konst.}$

gona mijenja kut zakreta lopatica rotora. S druge strane, svakom položaju lopatica rotora odgovara neki otvor sprovodnog aparata. Unese li se u dijagram na slici 1b) ovisnost otvora sprovodnog aparata o protoku Q za $y_R = \text{konst.}$ (crtkane krivulje), mogu se odrediti točke optimalnog otvora sprovodnog aparata za svaki y_R koji odgovara optimalnom stupnju djelovanja. Spajanjem točaka optimalnog otvora sprovodnog aparata na slici 1b) dobiva se krivulja $y_{w\text{opt}}(Q)$. Osim toga pomoću podataka iz dijagrama na slici 1a) dolazi se do ovisnosti optimalnog položaja lopatica $y_{R\text{opt}}$ o protoku Q , što je predočeno na slici 1c).

Ponavljanjem tog postupka za višepadova H , dobivaju se podaci $H, Q, y_{R\text{opt}}, y_{w\text{opt}}$ i η_{opt} , prema kojima se može nacrtati topografski dijagram dvostruko regulirane turbine u koordinatnom sustavu (Q, H) . Na slici 2 prikazan je topografski dijagram agregata 1 HE Dubrava. Topografski dijagrami izvedenih turbina dobivaju se zapravo preračunavanjem iz topografskih dijagrama agregata. Kod snimanja karakteristika izvedene turbine snaga turbine izračunava se tako da se od snage generatora ili blok transformatora oduzmu gubici. Slično je i s preračunavanjem pada - mjerenje netto pada često je otežano, pa se mjeri brutto pad (razlika između gornje i donje vode), a zatim se oduzimaju gubici. Topografski dijagrami i ostale karakteristike agregata i turbine su kvalitativno vrlo slični. Veću praktičnu primjenu ima topografski dijagram agregata jer daje ovisnost snage i korisnosti agregata o protoku i brutto padu, dok topografski dijagram turbine daje ovisnost snage i korisnosti turbine o protoku i netto padu. U oba topografska dijagrama obično se nalaze i podaci o pripadnim otvorima privodnog i radnog kola.

Svakom padu na turbini odgovara druga ovisnost otvora sprovodnog aparata i kuta zakreta lopatica rotora. Ta ovisnost se izračunava iz topografskog dijagrama. Da bi se postigli optimalni uvjeti pogona agregata, potrebno je izvesti takvu turbinsku regulaciju da se u svim prilikama ostvari najveći mogući stupanj djelovanja, odnosno da se osigura međusobna veza između $y_{w\text{opt}}$ i $y_{R\text{opt}}$.



Slika 2. HE Dubrava, agregat 1 - topografski dijagram

2.3. Nelinearni model

Pri razvijanju nelinearnog modela potrebno je aproksimirati odnosno matematički opisati karakteristike turbine. Takav pristup vodi na potpuni model turbine, no potrebno je raspolagati mnoštvom podataka od-

nosno navedenim karakteristikama turbine u čitavom radnom području.

Razvijeno je nekoliko metoda pomoću kojih se eksperimentalno dobivene karakteristike prilagođavaju tako da se pretvore u odgovarajuće oblike koji se mogu matematički opisati. Ovdje se koristi metoda linearizacije po dijelovima koja se zasniva na tome da se određena karakteristika opiše s odgovarajućim brojem segmenata, tj. da se dijelovi krivulje aproksimiraju dijelovima pravaca. Kako su međutim protok i korisnost funkcije dvije varijable (otvor sprovodnog aparata, zakret lopatica rotora) ta je metoda proširena i na funkcije dvije varijable. Za metodu linearizacije po dijelovima potrebno je ulazne podatke pripremiti u tabličnom obliku pa se koriste i određeni pomoćni matematički alati za obradu eksperimentalnih rezultata. Uz pretpostavku krutog stupca vode (krute stijenke dovodnog sustava, voda nestlačiva) osnovne hidrodinamičke jednadžbe u relativnim jedinicama su

$$p = \eta q h \quad (6)$$

$$\frac{d\Delta q}{dt} = -\frac{1}{T_w} \Delta h \quad (7)$$

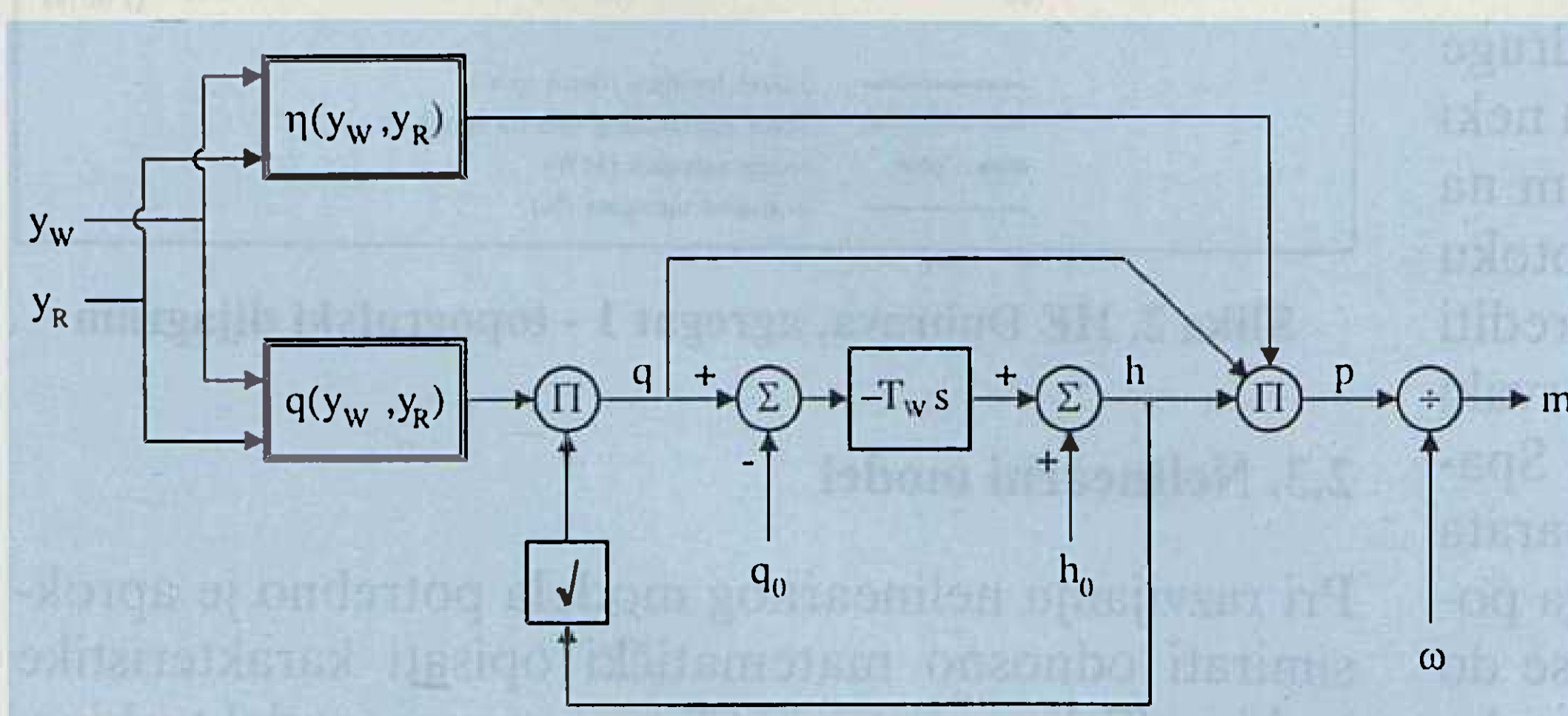
gdje je p snaga turbine (p.u.), η stupanj korisnog djelovanja turbine, q protok kroz turbinu (p.u.), h tlak pred turbinom (p.u.), T_w vremenska konstanta dovodnog sustava (s), t vrijeme (s). Umjesto snage turbine ponekad se računa snaga agregata pa se tada u (6) uvrštavaju korisnost agregata i brutto pad.

Jednadžba (7) može se pomoću Laplaceovog operatora zapisati u ovom obliku

$$\frac{q - q_0}{h - h_0} = -\frac{1}{T_w s} \quad (8)$$

gdje je q_0 početna vrijednost protoka kroz turbinu (p.u.), h_0 početna vrijednost tlaka pred turbinom (p.u.). Karakteristike turbine obično su dane za neki određeni pad $h = h_0$. Moment turbine i protok kroz turbinu mogu se za različite padove, tj. tlakove pred turbinom izraziti kao

$$\begin{aligned} q &= q(y_w, y_R, \omega) \sqrt{h_0 + h} \\ m &= m(y_w, y_R, \omega) (h_0 + h) \end{aligned} \quad (9)$$



Slika 3. Blok shema modela dvostruko regulirane vodne turbine

U većini slučajeva mogu se zanemariti promjene brzine vrtnje (posebno kada agregat radi paralelno s EE sustavom) pa se tada funkcijska ovisnost $q(y_w, y_R, \omega)$ reducira u $q(y_w, y_R)$.

Jednadžbe (6), (7) i (9) zajedno s $q(y_w, y_R)$ i $\eta(y_w, y_R)$ predstavljaju nelinearni model dvostruko regulirane turbine koji se može prikazati u obliku blok sheme kao na slici 3. Ako se koriste podaci za korisnost agregata i brutto pad, tada se kao rezultat dobiva snaga agregata umjesto snage turbine.

2.3.1. Ovisnost protoka o otvoru sprovodnog aparata i zakretu lopatica rotora

Protok kroz turbinu ovisi općenito o otvoru sprovodnog aparata. Kod dvostruko regulirane turbine protok znatno ovisi i o zakretu lopatica rotora, pa se karakteristike daju za različite kuteve zakreta. Za potrebe analize jednostruko reguliranih turbina često se polazi od pretpostavke da se protok povećava linearno s povećanjem otvora sprovodnog aparata tako da se krivulja $q(y_w)$ aproksimira pravcem koji prolazi kroz nazivnu radnu točku. Kod modeliranja dvostruko regulirane turbine ta pretpostavka ne vrijedi ni uz konstantne kuteve zakreta lopatica rotora. Mnogo točnije ta se ovisnost može matematički opisati pomoću funkcije

$$q(y_w) = a_q \cdot y_w^{b_q} \quad (10)$$

gdje su q protok kroz turbinu (p.u.), y_w položaj stapa servomotora koji odgovara otvoru sprovodnog aparata (p.u.), a_q i b_q koeficijenti koji se empirijski određuju za konkretnu turbinu.

Ovisnost protoka o zakretu lopatica rotora je složena i teško se može precizno matematički opisati. Dobri rezultati u usporedbi sa snimljenim karakteristikama turbina HE Dubrava dobiveni su korištenjem aproksimacije

$$q(y_R) = e_q y_R + I \quad (11)$$

gdje je y_R položaj stapa servomotora koja odgovara zakretu lopatica rotora (p.u.), a e_q koeficijent koji linearno ovisi o otvoru sprovodnog aparata tj.

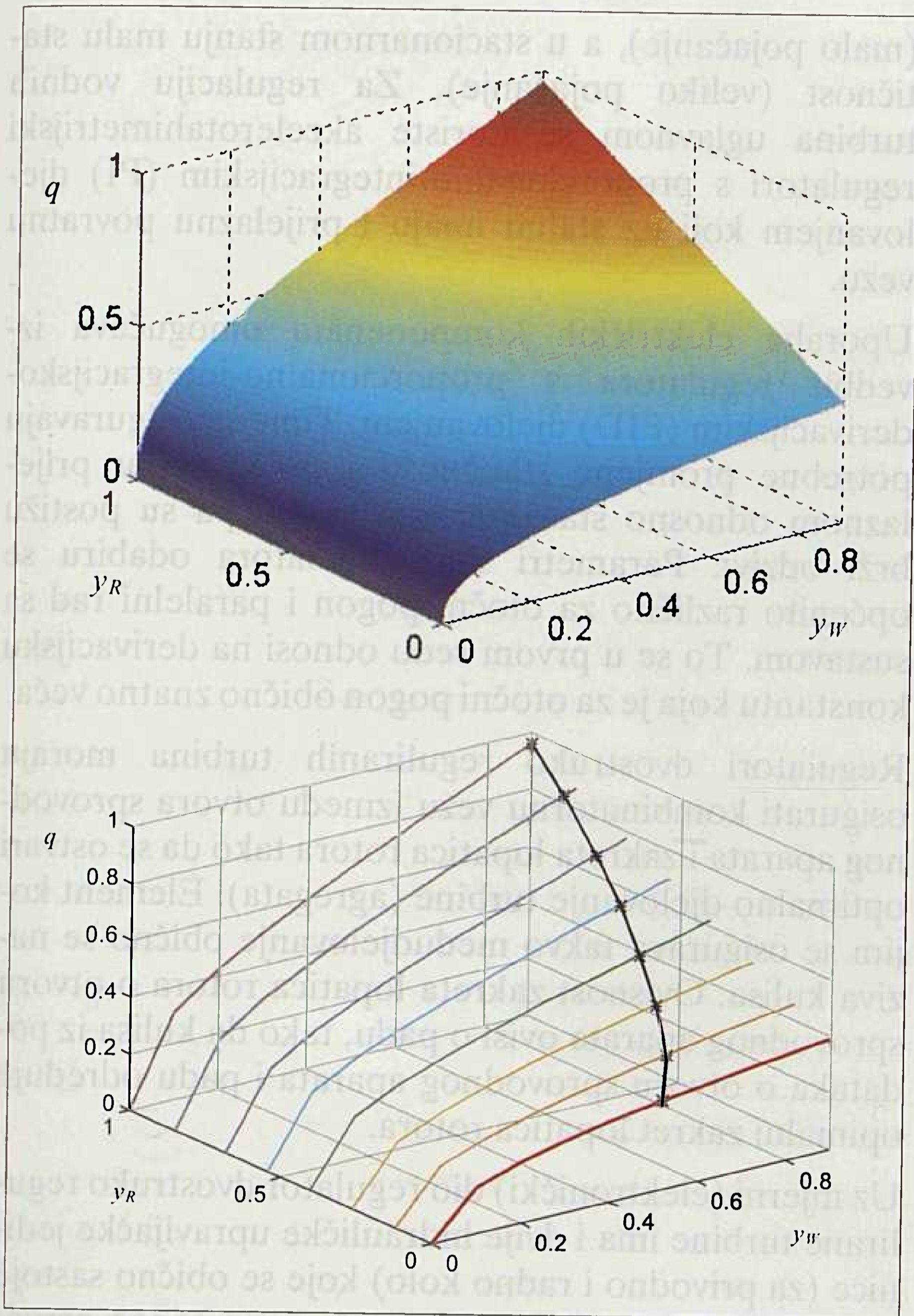
$$e_q = c_q y_w + d_q \quad (12)$$

gdje su c_q i d_q također empirijski određeni koeficijenti.

Objedinjavanjem izraza (10), (11) i (12) dobiva se sljedeći izraz za izračunavanje protoka za zadani otvor sprovodnog aparata i zakret lopatica rotora:

$$q(y_w, y_R) = a_q \cdot y_w^{b_q} \cdot ((c_q \cdot y_w + d_q) y_R + I) \quad (13)$$

Prikaže li se grafički ta funkcija dviju varijabli dobiva se površina u prostoru čiji je oblik prikazan na slici 4.



Slika 4. Ovisnost protoka o otvoru sprovodnog aparata i zakretu lopatica rotora

Unese li se u dijagram na slici 1b) ovisnost otvora y_w o protoku Q za $y_R = \text{konst.}$ (crtkane krivulje), mogu se odrediti točke optimalnog otvora sprovodnog aparata za svaki položaj y_R koji odgovara optimalnom stupnju djelovanja. Tako se dobiva ovisnost protoka o otvoru sprovodnog aparata uz pretpostavku da turbinska regulacija djeluje tako da je zakret lopatica u stacionarnom stanju jednak optimalnom za određeni otvor sprovodnog aparata.

Na slici 4 prikazana je ovisnost protoka o otvoru sprovodnog aparata za nekoliko zakreta lopatica rotora, a za svaki položaj unesene su točke optimuma. Spajanjem tih točaka dobiva se prikaz ovisnosti protoka o otvoru sprovodnog aparata uz pretpostavku da je za svaki otvor sprovodnog aparata pripadni zakret lopatica rotora optimalan.

2.3.2. Ovisnost stupnja korisnosti o otvoru sprovodnog aparata i zakretu lopatica rotora

Stupanj korisnosti vodnih turbina jako ovisi o protoku. Kod dvostruko reguliranih turbina lopatice rotora se zakreću tako da se što bolje prilagode uvjetima strujanja pa se zbog toga postiže visok stupanj korisnosti u širokom rasponu protoka, a ne samo u području oko nazivnog protoka. Princip određivanja optimalnog

stupnja korisnosti dvostruko reguliranih turbina objašnjen je slikom 1.

Problem opisa ovisnosti stupnja korisnosti o protoku svodi se na određivanje ovisnosti stupnja korisnosti o otvoru sprovodnog aparata i zakretu lopatica rotora, analogno kao za protok. Najprije se određuje stupanj korisnosti u ovisnosti o protoku za konstantne zakrete lopatica rotora. Ta se ovisnost dovoljno točno može matematički opisati parabolom:

$$\eta(q) = -a_\eta (q - q_{opt})^2 + \eta_{opt} \quad (14)$$

gdje je η stupanj korisnosti turbine, η_{opt} optimalni stupanj korisnosti za određeni zakret lopatica rotora, q protok (p.u.), q_{opt} optimalni protok kod danog zakreta lopatica rotora, a_η koeficijent koji se određuje prema karakteristikama konkretne turbine. Parametri q_{opt} i η_{opt} određuju se za određene zakrete lopatica rotora metodom linearizacije po dijelovima prema točkama $(q_{opt,i}, \eta_{opt,i})$ koje se za dane položaje lopatica rotora određuju prema rezultatima ispitivanja provednim na konkretnim turbinama (slika 1). Za različite kuteve zakreta lopatica rotora dobiva se niz parabola $\eta(q, y_{Ri})$. Koeficijent a_η određuje se iz podataka za dvije radne točke - optimum (q_{opt}, η_{opt}) i prazni hod $(q_{PH}, \eta_{PH} = 0)$

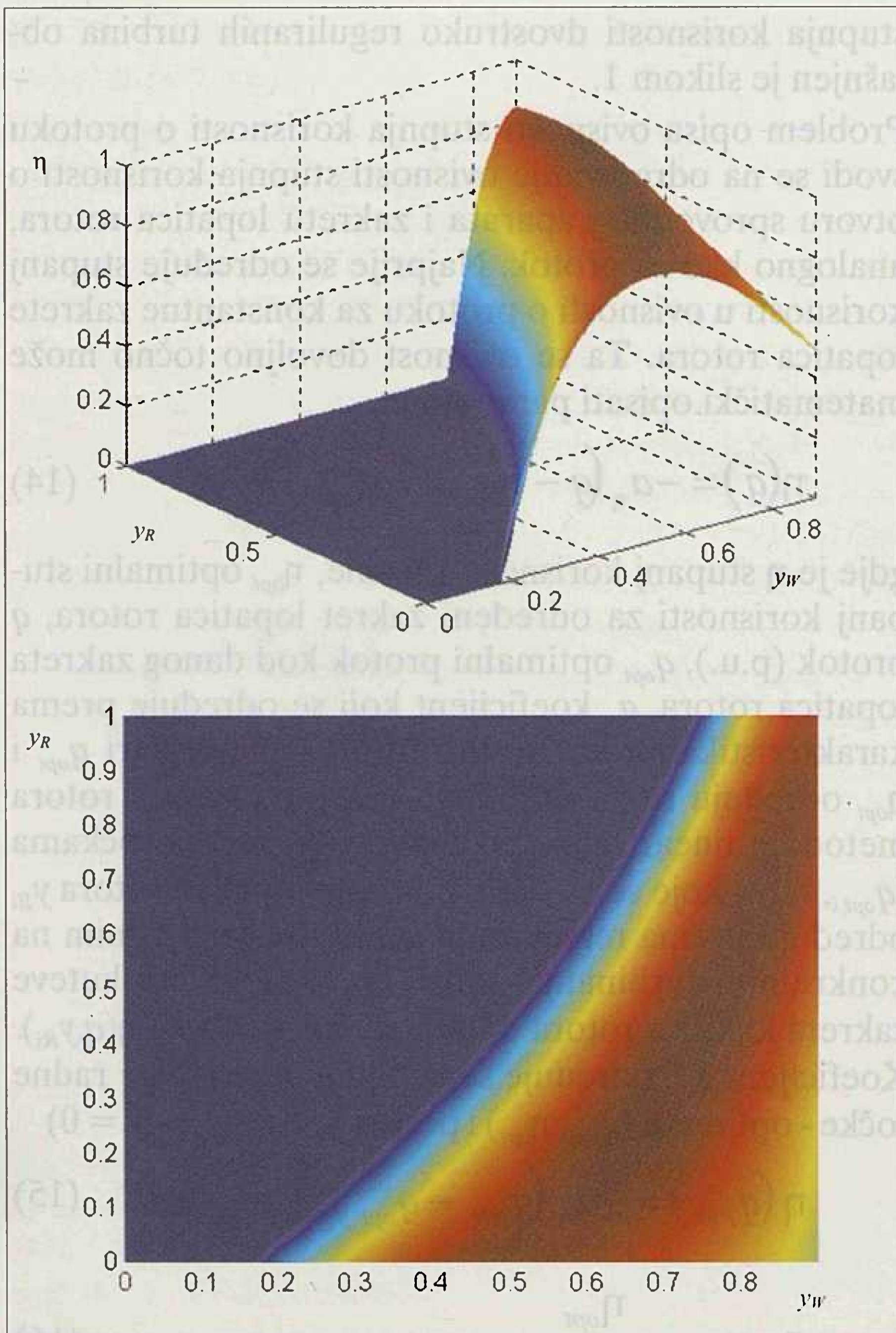
$$\eta(q_{PH}) = -a_\eta (q_{PH} - q_{opt})^2 + \eta_{opt} = 0 \quad (15)$$

$$a_\eta = \frac{\eta_{opt}}{(q_{PH} - q_{opt})^2} \quad (16)$$

Kako se protok obično daje kao funkcija otvora sprovodnog aparata i zakreta lopatica rotora $q(y_w, y_R)$, može se i korisnost izraziti kao funkcija tih dviju varijabli $\eta(y_w, y_R)$. Tako dobivena funkcijska ovisnost predstavlja površinu koja je prikazana na slici 5 tako da su točke iste korisnosti označene istom bojom. Iz dvodimenzionalnog prikaza očito je kako treba djelovati kulisa tj. kako se trebaju zakrenuti lopatice rotora da bi se za određeni otvor sprovodnog aparata postigla najveća moguća korisnost.

3. MATEMATIČKI MODEL REGULATORA DVOSTRUKO REGULIRANE VODNE TURBINE

Frekvencija elektroenergetskog sustava ovisna je o ravnoteži proizvodnje i potrošnje električne snage pa se proizvodnja pojedinih agregata uobičajno prilagođava potrebama sustava (regulacija frekvencije i djelatne snage). Princip djelovanja turbinskog regulatora temelji se na promjeni protoka kroz turbinu u skladu s regulacijskom pogreškom koja je posljedica razlike postavne i stvarne (mjerene) vrijednosti brzine vrtnje, odnosno djelatne snage, uzrokovane narušavanjem ravnoteže između proizvodnje i potrošnje snage u sustavu. Turbinski regulator djeluje u smislu izjednačavanja snage proizvodnje i potrošnje, odnosno održavanja frekvencije sustava.



Slika 5. Ovisnost korisnosti o otvoru sprovodnog aparata i zakreta lopatica rotora

Turbinski regulator se u osnovi sastoji od mjernog i izvršnog dijela. Mjerni dio može biti elektromehanički ili elektronički, a izvršni dio čine hidraulički razvodnici i servomotori. Kako turbinski regulator mora djelovati na promjenu protoka fluida kroz turbinu, izvršni dio regulatora djeluje na pomak stapa glavnog servomotora, odnosno na otvor sprovodnog aparata kojim je određen protok kroz turbinu. Mjerni dio regulatora formira signal proporcionalan brzini vrtnje ω , odnosno snazi P , agregata koji se uspoređuje sa signalom postavne vrijednosti ω_{ref} odnosno P_{ref} .

U stacionarnom stanju turbinski regulatori imaju tzv. statičku karakteristiku koja daje ovisnost brzine vrtnje o opterećenju. To je pravac čiji nagib odgovara relativnoj promjeni frekvencije koja se obično naziva statičnost regulatora. Promjenom postavne vrijednosti brzine vrtnje, odnosno snage, karakteristika regulatora pomiče se tako da zadanom opterećenju odgovara nazivna brzina vrtnje.

Pri otočnom radu promjena postavne vrijednosti uzrokuje promjenu brzine vrtnje agregata; s druge strane, pri paralelnom radu sa sustavom promjena postavne vrijednosti uzrokuje promjenu snage agregata.

Zbog karakteristika vodnih turbina poželjno je da regulator u prijelaznom stanju ima veliku statičnost

(malo pojačanje), a u stacionarnom stanju malu statičnost (veliko pojačanje). Za regulaciju vodnih turbina uglavnom se koriste akcelerotahimetrijski regulatori s proporcionalno-integracijskim (PI) djelovanjem koji uz stalnu imaju i prijelaznu povratnu vezu.

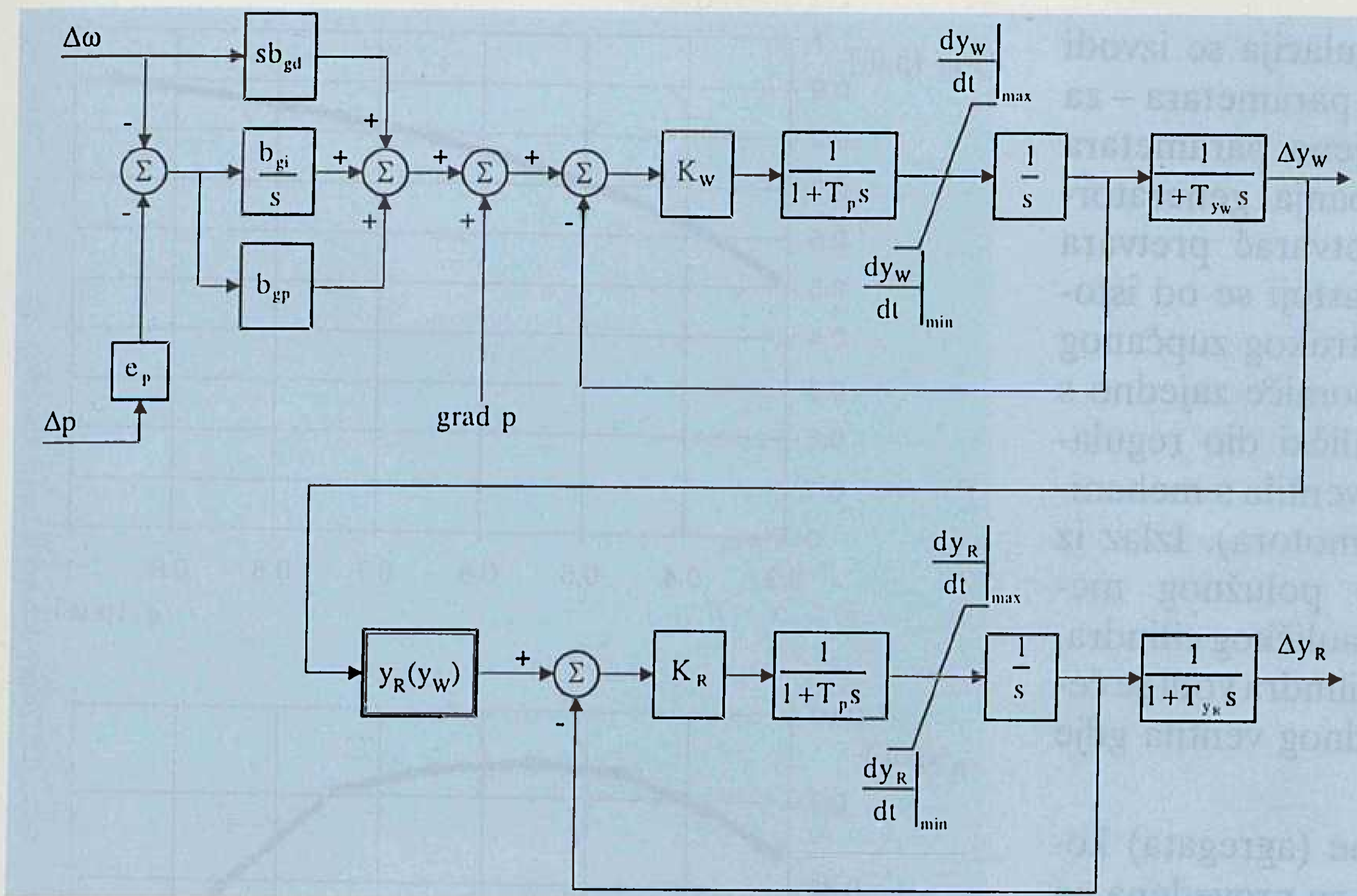
Uporaba električkih komponenata omogućava izvedbu regulatora s proporcionalno-integracijsko-derivacijskim (PID) djelovanjem. Time se osiguravaju potrebne promjene statičnosti i pojačanja u prijelaznom odnosno stacionarnom stanju pa su postižu brži odzivi. Parametri PID regulatora odabiru se općenito različito za otočni pogon i paralelni rad sa sustavom. To se u prvom redu odnosi na derivacijsku konstantu koja je za otočni pogon obično znatno veća.

Regulatori dvostruko reguliranih turbina moraju osigurati kombinatornu vezu između otvora sprovodnog aparata i zakreta lopatica rotora tako da se ostvari optimalno djelovanje turbine (agregata). Element kojim se osigurava takvo međudjelovanje obično se naziva kulisa. Ovisnost zakreta lopatica rotora o otvoru sprovodnog aparata ovisi o padu, tako da kulisa iz podataka o otvoru sprovodnog aparata i padu određuje optimalni zakret lopatica rotora.

Uz mjerni (elektronički) dio regulator dvostruko regulirane turbine ima i dvije hidrauličke upravljačke jedinice (za privodno i radno kolo) koje se obično sastoje od elektromehaničkog pretvarača, pomoćnog servomotora, razvodnog ventila s mehanizmom i glavnog servomotora.

Kod razvijanja matematičkog modela turbinskog regulatora pojedini elementi se opisuju uglavnom odgovarajućim prijenosnim funkcijama. Modelom čija je blok shema prikazana na slici 6 obuhvaćena su i ograničenja vezana uz brzine pomaka stapova servomotora. Korištene su sljedeće oznake:

- y_W položaj stapa servomotora privodnog kola tj. otvor sprovodnog aparata (p.u.)
- y_R položaj stapa servomotora radnog kola, tj. zakret lopatica rotora (p.u.),
- e_p statičnost
- b_{gd} derivacijska konstanta regulatora
- b_{gi} integracijska konstanta regulatora
- b_{gp} proporcionalna konstanta regulatora
- T_p vremenska konstanta elektromehaničkog pretvarača (s)
- T_{y_W} vrem. konstanta razvodnog ventila i glavnog servomotora privodnog kola (s)
- T_{y_R} vremenska konstanta razvodnog ventila i glavnog servomotora radnog kola (s)
- K_W pojačanje elektromehaničkog pretvarača privodnog kola
- K_R pojačanje elektromehaničkog radnog kola.



Slika 6. Blok shema modela regulatora dvostruko regulirane turbine

4. SIMULACIJSKI MODEL HIDROAGREGATA S DVOSTRUKO REGULIRANOM TURBINOM

Hidroagregat se razmatra kao dinamički sustav koji je sastavljen od sljedećih elemenata:

- vodna turbina s dovodnim sustavom
- turbinski regulator
- generator s uzбудnim sustavom.

Struktura modela hidroagregata odnosno, povezanost navedenih elemenata prikazana je na slici 7.

U elektroenergetskom sustavu agregat je samo jedan od izvora energije s relativno malim udjelom u ukupnoj proizvodnji pa su promjene brzine vrtnje zanemarive. Pri zasnivanju modela agregata koji radi paralelno sa sustavom uobičajeno se polazi od te pretpostavke. Karakteristike sustava, odnosno način na koji je generator spojen na sustav uključuju se najčešće u model generatora.

U nastavku će biti opisan simulacijski model hidroagregata s dvostruko reguliranom turbinom, prema podacima o agregatima HE Dubrava. U poglavlju 2 detaljno je opisan matematički model dvostruko regulirane vodne turbine, a u poglavlju 3 je predstavljen matematički model pripadnog turbinskog regulatora. Izgradnja simulacijskog modela temelji se na tim matematičkim modelima. Kao model generatora korišten je model 2d1q (prigušni i uzbudni namot u d osi, prigušni namot u q osi) koji se uobičajno upotrebljava kod modeliranja hidroagregata [5]. Modeli uzbudnih sustava razlikuju se bitno

ovisno o vrsti uzbudnog sustava. Generatori HE Dubrava imaju uzbudne sustave s rotirajućim diodama pa je korišten IEEE model AC1A koji se uobičajno koristi za modeliranje takvih uzbudnih sustava [6,7].

4.1. Parametri modela

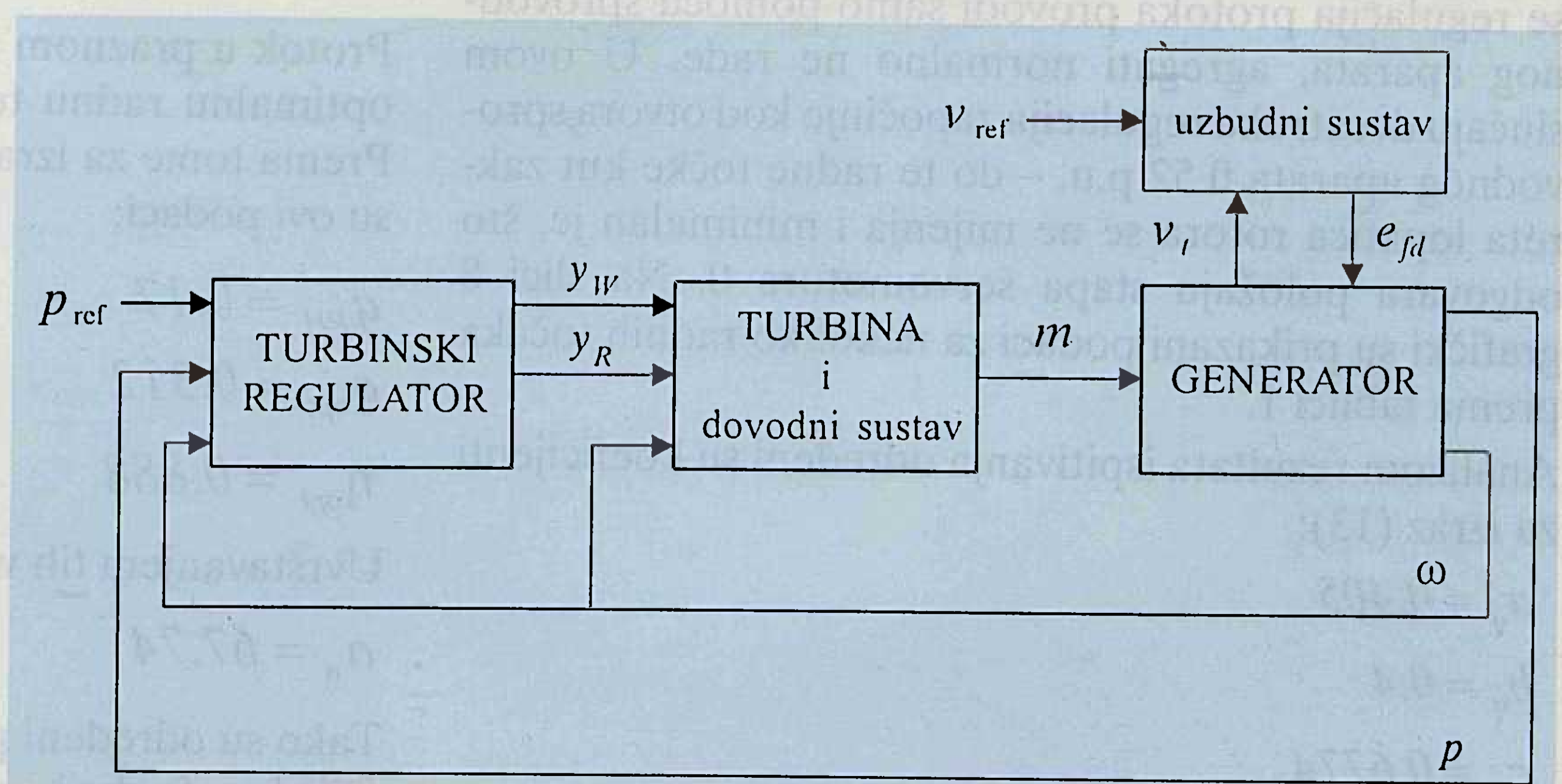
Kod zasnivanja simulacijskog modela potrebno je poznavati parametre sustava koji se modelira. Parametri modela su ili jednaki stvarnim fizikalnim parametrima sustava ili se određuju prema njima. U svakom slučaju potrebno je raspolagati određenim parametrima sustava. Nepoznavanje parametara, odnosno nemogućnost njihovog

određivanja predstavlja jedan od najvećih problema pri razvijanju modela.

Parametri potrebni za provođenje simulacija pomoću modela koji je razvijen određeni su uglavnom na osnovi raspoloživih podataka o agregatima HE Dubrava (dodatak).

HE Dubrava je posljednja izgrađena elektrana na rijeci Dravi (u pogon je puštena 1989. godine). To je derivacijska hidroelektrana s dvije proizvodne jedinice. Agregati su cijevni - cijevna Kaplan turbina s horizontalnom osovinom i generator koji je smješten u "kruški" (eng. *bulb turbine*).

Turbinska regulacija izvedena je turbinskim regulatorom ATE-10 (LITOSTROJ). Regulator čine elektronički i mehaničko-hidraulički dio s elektromotornim pretvaračem. Elektronički dio regulatora izveden je digitalnim i analognim integriranim krugovima. U elektroničkom dijelu izvedeni su regulacijski krugovi po broju okretaja i po snazi te ograničenje otvora. Mjerenje broja okretaja (frekvencije) izvodi se preko



Slika 7. Osnovni elementi modela hidroagregata

pretvarača frekvencije u napon. Regulacija se izvodi PID regulatorom koji koristi dva seta parametara – za prazni hod i za paralelni rad. Zamjena parametara obavlja se prilikom uklapanja/isklapanja generatorskog prekidača. Elektromotorni pretvarač pretvara električni signal u mehanički hod. Sastoji se od istosmjernog motora, tahometra, jednostrukog zupčanog prijenosa, vretena i čahure koja se pomiče zajedno s maticom vretena. Mehaničko-hidraulički dio regulatora sastoji se od glavnog razvodnog ventila s mehanizmom i hidrauličkog cilindra (servomotora). Izlaz iz elektromotornog pretvarača preko polužnog mehanizma upravlja razvodni ventil hidrauličkog cilindra. Povratna veza po hodu hidrauličkog cilindra vodi se čeličnim užetom na mehanizam razvodnog ventila gdje se oduzima od ulaznog signala.

Za određivanje karakteristika turbine (agregata) korišteni su rezultati ispitivanja [8] koja su provedena na agregatima HE Dubrava nakon njezinog puštanja u pogon.

U tablici 1 dane su vrijednosti otvora sprovodnog aparata, pripadnog optimalnog zakreta lopatica rotora, odgovarajućeg protoka i korisnosti za nekoliko karakterističnih točaka. Podaci se odnose na agregat 1, kod brutto pada 18.4 m, a sve veličine su izražene u relativnim jedinicama (p.u.).

Tablica 1. Vrijednosti karakterističnih veličina za nekoliko radnih točaka

y_W	0.52	0.61	0.68	0.74	0.79	0.83	0.87	0.9
y_R	0	0.12	0.26	0.4	0.54	0.68	0.85	1
q	0.312	0.383	0.467	0.555	0.647	0.741	0.856	0.961
η	0.888	0.989	0.906	0.908	0.907	0.903	0.878	0.840

Položaji lopatica privodnog i radnog kola normalno se izražavaju u relativnim jedinicama, dok je za preračunavanje protoka u relativne jedinice odabran bazni protok od 300 m³/s (to je najveći mogući protok kroz sprovodni aparat).

Odabrane radne točke nalaze se u području dvostruke regulacije jer u području jednostruke regulacije, gdje se regulacija protoka provodi samo pomoću sprovodnog aparata, agregati normalno ne rade. U ovom slučaju dvostruka regulacija započinje kod otvora sprovodnog aparata 0.52 p.u. – do te radne točke kut zakreta lopatica rotora se ne mijenja i minimalan je, što odgovara položaju stapa servomotora 0. Na slici 8 grafički su prikazani podaci za nekoliko radnih točaka prema tablici 1.

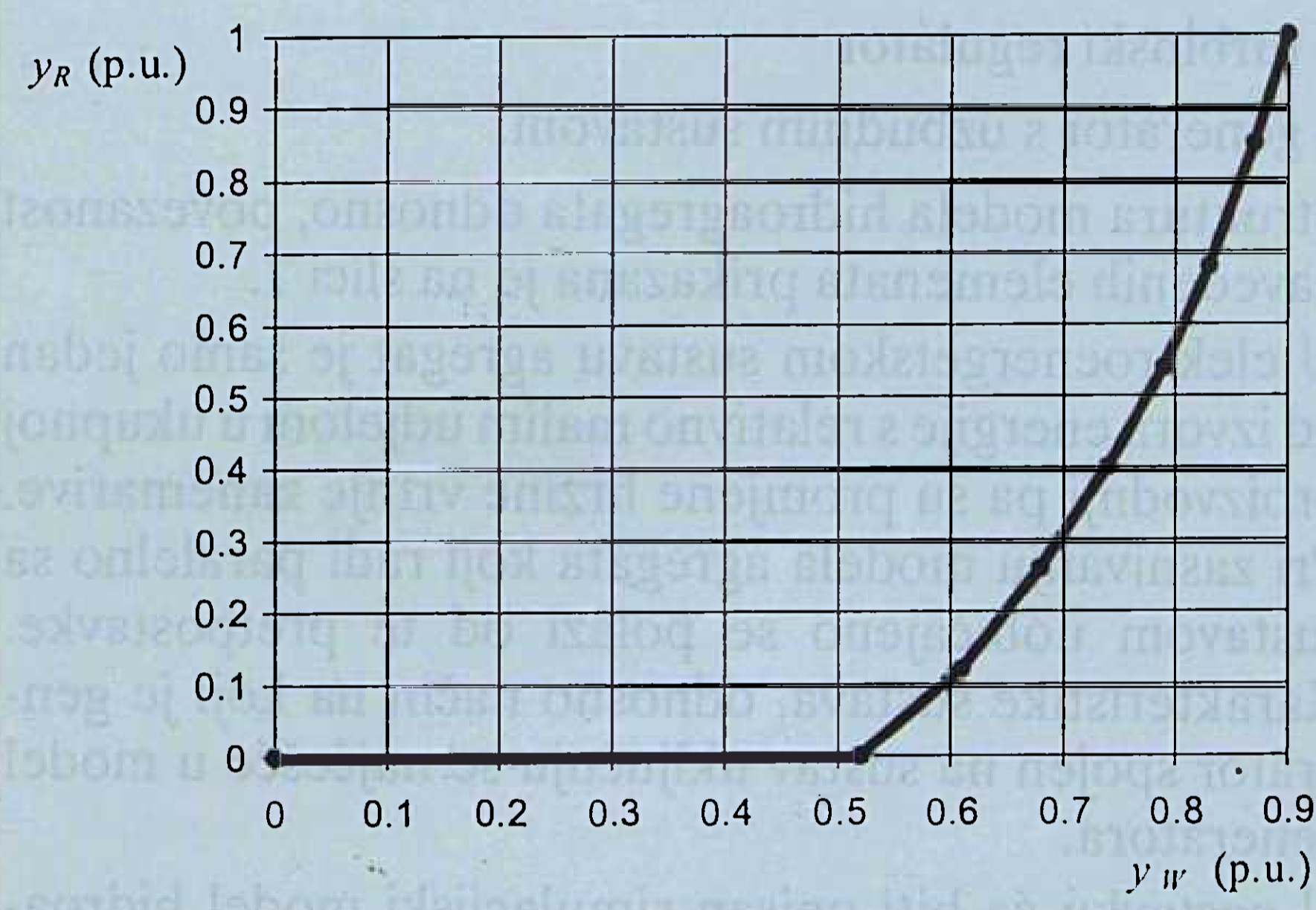
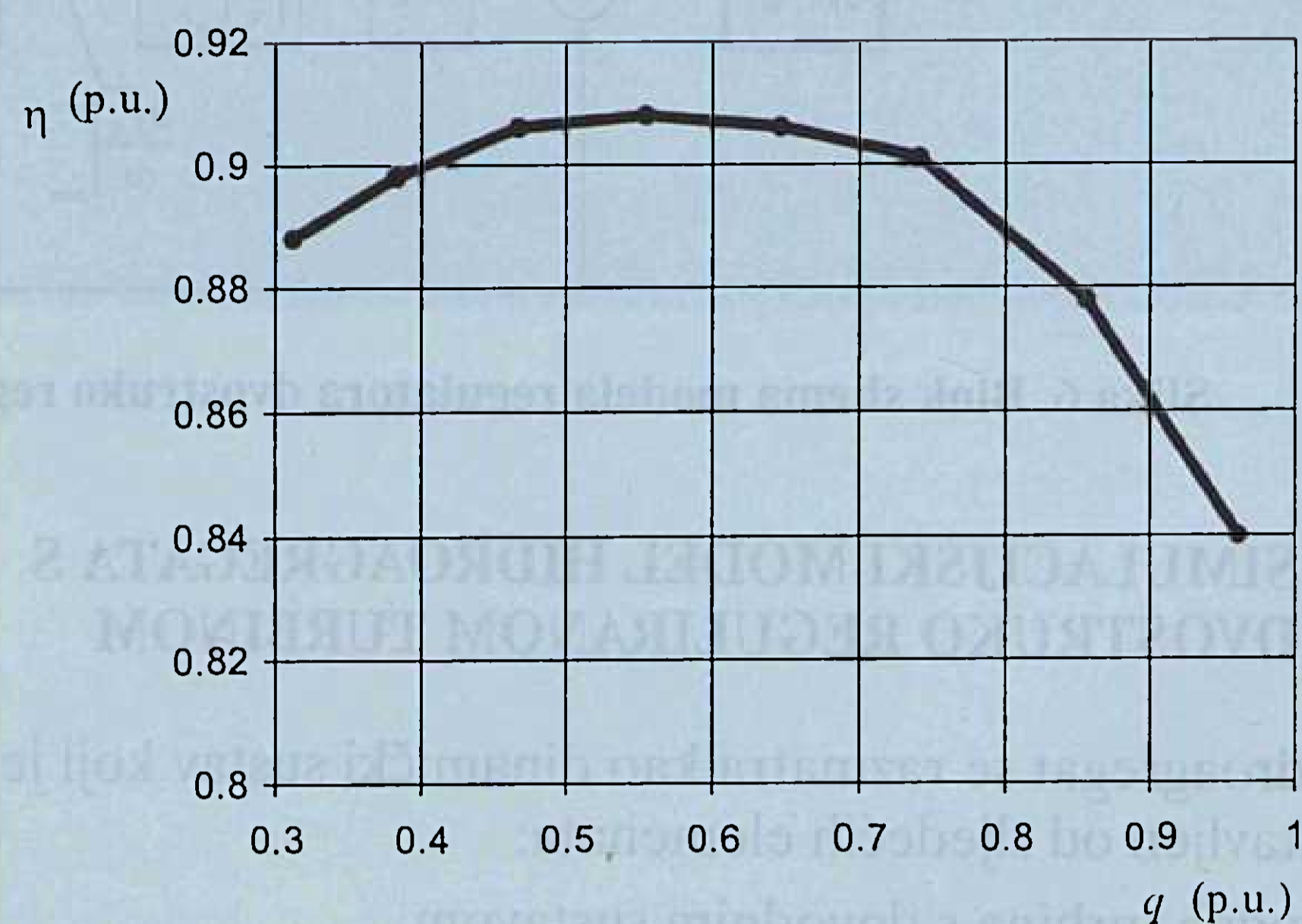
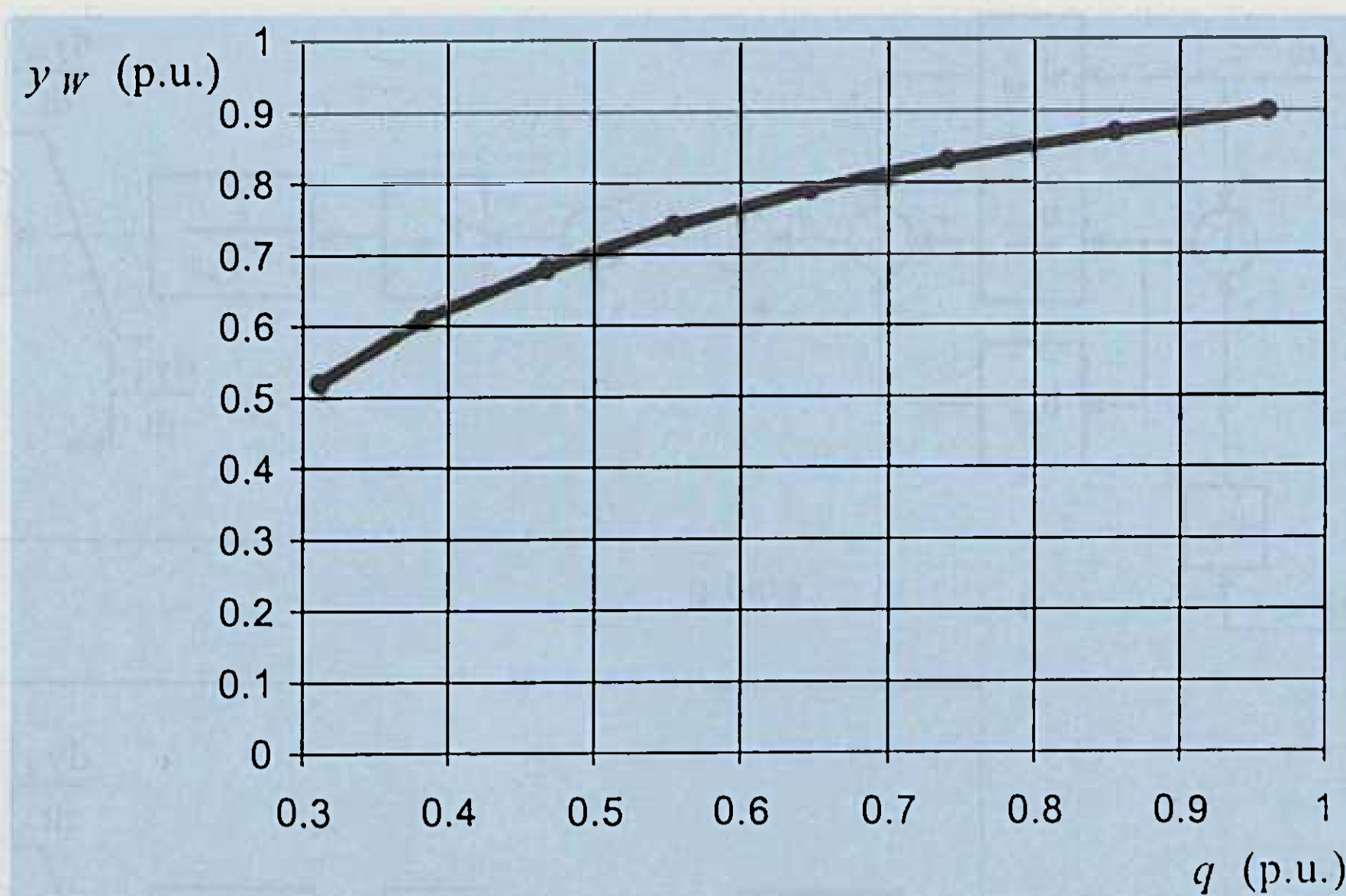
Analizom rezultata ispitivanja određeni su koeficijenti za izraz (13):

$$a_q = 0.405$$

$$b_q = 0.4$$

$$c_q = 0.6774$$

$$d_q = 0.8645$$



Slika 8. Grafički prikaz vrijednosti iz tablice 1

Protok u praznom hodu iznosi 0.17 p.u., a podaci za optimalnu radnu točku su u prvom stupcu tablice 1. Prema tome za izračunavanje koeficijenta a_η korišteni su ovi podaci:

$$q_{PH} = 0.17$$

$$q_{opt} = 0.312$$

$$\eta_{opt} = 0.888$$

Uvrštavanjem tih vrijednosti u (16) dobiva se

$$a_\eta = 67.74$$

Tako su određeni parametri za protok (13) i korisnost (14) kao funkcije otvora sprovodnog aparata i zakreta lopatica rotora.

4.2. Rezultati simulacija

Simulacija nekog dinamičkog sustava provodi se općenito analognim, digitalnim ili hibridnim računalom. U ovom istraživanju su simulirani uobičajni prijelazni režimi prigodom opterećivanja agregata sa snage 0 MW (nakon sinkronizacije) na nazivnu snagu. Slika 9 prikazuje odzive koji su dobiveni kao rezultat simulacije provedene pomoću tako razvijenog simulacijskog modela. Prikazane su ove karakteristične veličine:

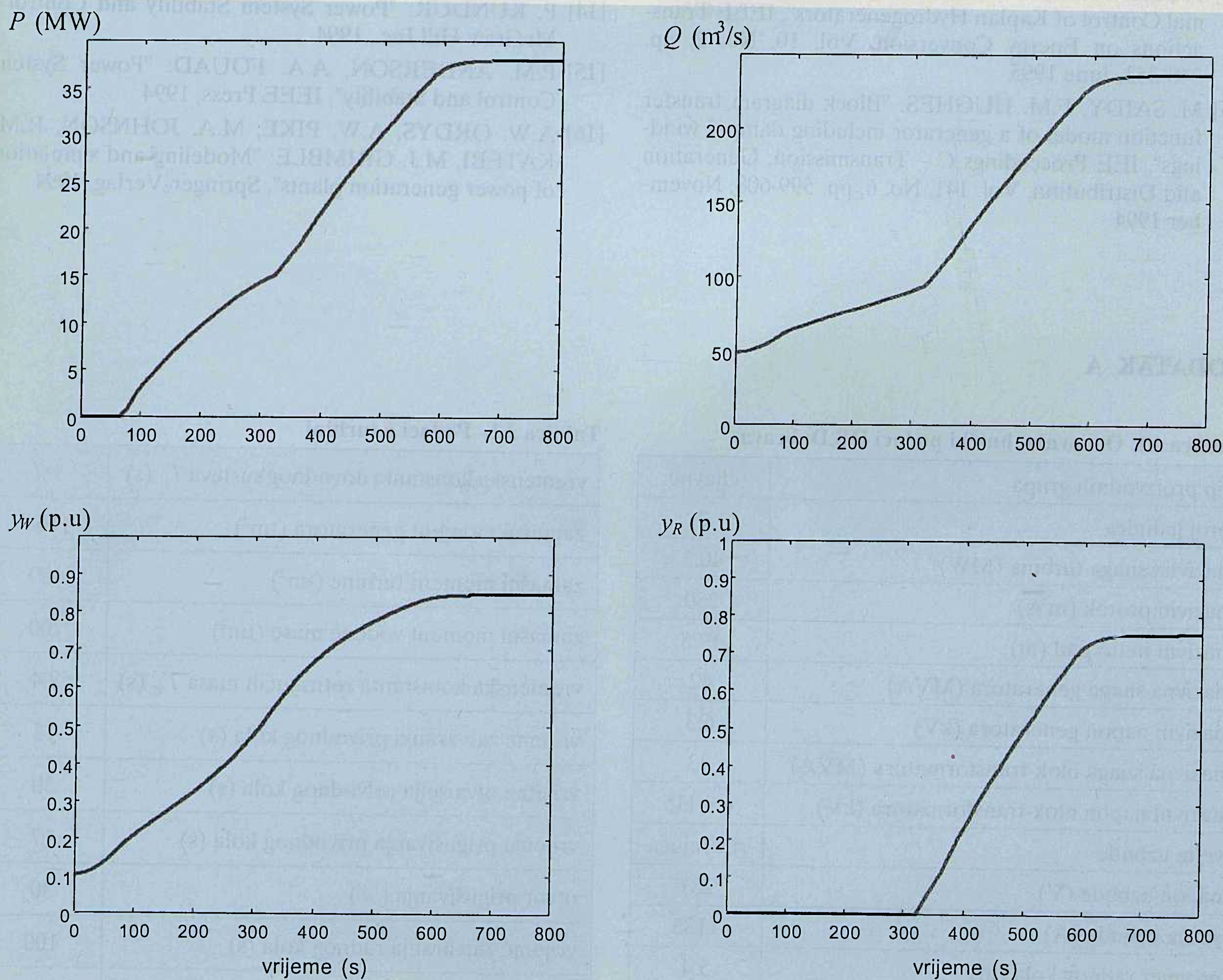
- snaga agregata (MW)
- protok kroz turbinu (m^3/s),
- položaj stapa servomotora privodnog kola tj. otvor sprovodnog aparata (p.u.)
- položaj stapa servomotora radnog kola tj. zakret lopatica rotora (p.u.).

Usporedba dobivenih odziva s odzivima koji su snimljeni prilikom ispitivanja agregata koja su provedena nakon puštanja elektrane u pogon pokazuje da su odzivi vrlo slični. Time je na neki način verificiran ovakav matematički i simulacijski model hidroagregata.

5. ZAKLJUČAK

U dostupnoj literaturi prevladavaju linearni modeli dvostruko reguliranih turbina koji su upotrebljivi samo za istraživanje dinamike agregata u bližoj okolini radne točke. Da bi se omogućilo istraživanje dinamike hidroagregata u većini pogonskih režima rada bilo je potrebno razviti kvalitetan i detaljan nelinearni model takvih turbina što je i prezentirano u ovom radu. Precizan opis značajki turbine ostvaren je korištenjem metode linearizacije po dijelovima. S obzirom da su protok i korisnost funkcije dvije varijable (otvor sprovodnog aparata, zakret lopatica rotora) ta je metoda proširena i na funkcije dvije varijable. Posebna pozornost je posvećena modeliranju kulise.

Da bi se ispitala kvaliteta i točnost razvijenog matematičkog modela, model je testiran i pokazao je zadovoljavajuće rezultate. Parametri potrebni za provođenje simulacija određeni su uglavnom na osnovi raspoloživih podataka o agregatima HE Dubrava koji su predočeni u Dodatku. Odzivi dobiveni simulacijom uspoređeni su sa odzivima snimljenim prilikom ispiti-



Slika 9. Opterećivanje agregata

vanja agregata, nakon puštanja elektrane u pogon, i uočena je velika sličnost.

Modeliranje pojava koje nastaju prilikom pokretanja i zaustavljanja (kao i pri različitim prijelaznim režimima rada) agregata je otežano jer se te operacije odvijaju po utvrđenim programima koji zapravo određuju djelovanje sustava regulacije u tim režimima rada. Zbog toga je potrebno razvijeni matematički model i dalje usavršavati da bi se obuhvatili i takvi pogonski događaji.

LITERATURA

- [1] G. JASMIN, A. LEROUX, D. MUKHEDKAR: "Electronic Simulation of a Hydro-turbine with its Penstock, Speed Regulator and Damping Unit", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-102, No. 9, pp. 3023-3030, September 1983
- [2] T. TOMIŠA: "Identifikacija parametara dovodnog sustava visokotlačne hidroelektrane", doktorska disertacija, ETF Zagreb, 1995.
- [3] D. ARNAUTOVIĆ, R. MILJANOVIĆ: "An Approach to the Analysis of Large Perturbations in Hydro-electric Plants with Kaplan Turbines", Electric Power System Research, Vol. 9, No.2, pp. 115-121, 1985
- [4] P. SCHNITER, L. WOZNIAC: "Efficiency Based Optimal Control of Kaplan Hydrogenerators", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 10, No. 2, pp. 348-353, June 1995
- [5] M. SAIDY, F.M. HUGHES: "Block diagram transfer function model of a generator including damper windings", IEE Proceedings C – Transmission, Generation and Distribution, Vol. 141, No. 6, pp. 599-608, November 1994
- [6] IEEE Committee Report: "Excitation system models for power system stability studies", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 2, pp. 494-509, February 1981
- [7] N. DIZDAREVIĆ, Lj. KUTEROVAC: "Analiza primjenjivih tipova agregata HE Novo Virje s obzirom na zahtjeve stabilnosti i mogućnosti otočnog pogona", studija, FER Zagreb, 1996.
- [8] "HE Dubrava – ispitivanja energetske i dinamičke karakteristika hidroelektrane", TURBOINŠTITUT Ljubljana, 1989.
- [9] "Izveštaj o ispitivanjima karakteristika turbinske regulacije agregata 1 na HE Dubrava", LITOSTROJ Ljubljana, 1989.
- [10] S. TEŠNJAK, I. KUZLE, M. BREZOVEC: "Modeliranje hidroelektrana", Energija br. 5, Zagreb, Listopad 1997, pp 287-298
- [11] H. POŽAR: "Osnove energetike 2", Školska knjiga Zagreb, 1992.
- [12] S. TEŠNJAK: "Teorijska i eksperimentalna analiza dinamike hidroelektrane", doktorska disertacija, ETF Zagreb, 1984.
- [13] IEEE Working Group: "Hydraulic Turbine and Turbine Control Models for System Dynamic Studies", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 1, pp. 167-179, February 1992
- [14] P. KUNDUR: "Power System Stability and Control", McGraw-Hill Inc., 1994
- [15] P.M. ANDERSON, A.A. FOUAD: "Power System Control and Stability", IEEE Press, 1994
- [16] A.W. ORDYS, A.W. PIKE, M.A. JOHNSON, R.M. KATEBI, M.J. GRIMBLE: "Modeling and simulation of power generation plants", Springer-Verlag, 1994

DODATAK A

Tablica A1. Osnovni tehnički podaci HE Dubrava

tip proizvodnih grupa	cijevne
broj jedinica	2
nazivna snaga turbina (MW)	40.3
nazivni protok (m ³ /s)	250
nazivni netto pad (m)	17.5
nazivna snaga generatora (MVA)	42
nazivni napon generatora (kV)	6.3
nazivna snaga blok-transformatora (MVA)	43
nazivni napon blok-transformatora (kV)	6.3/115
vrsta uzbude	rotirajuća
napon uzbude (V)	281
struja uzbude (A)	1185
promjer radnog kola (m)	5.4
promjer rotora (m)	4.6

Tablica A2. Podaci o turbini

vremenska konstanta dovodnog sustava T_w (s)	1.7
zamašni moment generatora (tm ²)	1160
zamašni moment turbine (tm ²)	400
zamašni moment vodene mase (tm ²)	700
vremenska konstanta rotirajućih masa T_M (s)	2.4
vrijeme zatvaranja privodnog kola (s)	15
vrijeme otvaranja privodnog kola (s)	30
vrijeme prigušivanja privodnog kola (s)	17
otvor prigušivanja (%)	30
vrijeme zatvaranja radnog kola (s)	100
vrijeme otvaranja radnog kola (s)	50

Tablica A3. Osnovni tehnički podaci regulatora ATE-10

mogućnost podešavanja broja okretaja (%)	±10
proporcionalna konstanta	0÷10
integracijska konstanta b_{gi} (1/s)	0÷1(5)
derivacijska konstanta b_{gd} (s)	0÷10
statičnost e_p (%)	0÷10
neosjetljivost regulatora na izlazu (%)	0.05
ograničenje otvora (%)	0÷100
napajanje regulatora (V_{DC})	110 ili 220
dopušteno odstupanje napona (%)	-20 do +10
maksimalna potrošnja (W)	220

Tablica A4. Parametri elektronskog regulatora ATE-10

	prazni hod	paralelni rad
proporcionalna konstanta b_{gp}	0.8	1.0
integracijska konstanta b_{gi} (1/s)	0.1	0.2
derivacijska konstanta b_{gd} (s)	0.5	0.2
statičnost e_p (%)	4	10

Tablica A5. Vrem. konst. elemenata hidrauličke upravljačke jedinice

elektromehanički pretvarač s pomoćnim servomotorom T_p (s)	0.15
razvodni ventil privodnog kola sa servomotorom T_{yW} (s)	0.3
razvodni ventil radnog kola sa servomotorom T_{yR} (s)	0.5

Tablica A6. Parametri generatora HE Dubrava

Parametar	Oznaka	G1 i G2
Nazivna prividna snaga	S_n (MVA)	42.0
Nazivni napon i opseg regulacije	U_n (kV)	6.3
Nazivna struja	I_n (A)	3850
Nazivni faktor snage	$\cos \alpha$	0.95
Sinkrona reaktancija u uzdužnoj d-osi	x_d (p.u.)	1.350
Tranzijentna reaktancija u uzdužnoj d-osi	x_d' (p.u.)	0.446
Suptranzijentna reaktancija u uzdužnoj d-osi	x_d'' (p.u.)	0.330
Sinkrona reaktancija u poprečnoj q-osi	x_q (p.u.)	0.940
Suptranzijentna reaktancija u poprečnoj q-osi	x_q'' (p.u.)	0.370
Statorski djelatni otpor	r_a (p.u.)	0.0025
Statorska rasipna reaktancija	x_l (p.u.)	0.243
Tranzijentna vrem. konst. kratkospojnog kruga u d-osi	T_d' (s)	0.550
Suptranzijentna vrem. konst. kratkospojnog kruga u d-osi	T_d'' (s)	0.029
Tranzijentna vrem. konst. kratkospojnog kruga u q-osi	T_q'' (s)	0.035

Tablica A7. Tipične vrijednosti parametara modela uzbuđenog sustava AC1A

Parametar	Oznaka	AC1A
Koeficijent pojačanja regulatora napona	K_A (pu/pu)	400.000
Vremenska konstanta kašnjenja drugog stupnja regulatora	T_B (s)	0.000
Konstanta koja je funkcija komutacijske reaktancije	K_C	0.200
Vremenska konstanta prethođenja drugog stupnja regulatora	T_C (s)	0.000
Demagnetizacijski član ovisan o sinkronim i tranzijentnim reaktancijama uzbuđenog izmjeničnog generatora	K_D	0.380
Konstanta samouzbuđenja uzbuđenika pri punom naponu uzbuđenja	K_E (pu/pu)	1.000
Vremenska konstanta uzbuđenika	T_E (s)	0.800
Pojačanje stabilizacijskog kruga uzbuđenog sustava	K_F (pu/pu)	0.030
Vremenska konstanta stabilizacijskog kruga uzbuđenog sustava	T_F (s)	1.000
Derivirana konstanta zasićenja za rotirajuće uzbuđivnike	A_{EX}	0.001
Derivirana konstanta zasićenja za rotirajuće uzbuđivnike	B_{EX}	1.657
Maksimalni izlazni signal regulatora	V_{RMAX} (pu)	7.300
Minimalni izlazni signal regulatora	V_{RMIN} (pu)	-6.600
Maksimalni iznos unutarnjeg napona regulatora	V_{AMAX} (pu)	14.500
Minimalni iznos unutarnjeg napona regulatora	V_{AMIN} (pu)	-14.500

MATHEMATICAL HYDROUNIT MODEL WITH DOUBLE TURBINE REGULATION

By hydrounit modeling with double turbine regulation, the starting point should be the fact that the flow regulation through the turbine is realized by guide and runner vanes, that makes the development of the model very difficult. This work describes in detail the non-linear model of the double regulated turbine is described. To describe the non-linearity of the elements in an acceptable way, the method of non-linearization by parts has been used. As the flow and the efficiency represent a two-variable function (guide opening, position of the runner vanes), this method is increased on functions of the two variables. Special emphasis is paid to the cam modeling, and the mathematical model of the turbine governor for double water turbine regulation is described. The developed model has been tested and the results are satisfactory. Parameters needed to make the simulation have been determined on the data of HPP Dubrava, included in the Annex. The simulation results are compared with those obtained during the tests at the site, after the plant start of operation and there is a good correspondence.

RAZVOJ TEORIJSKOG PREDLOŠKA ZA PROCJENU UVJETA O KAKVOĆI ZRAKA ZA NOVE TERMoeLEKTRANE NA UGLJEN

Dr. sc. Nikola Barba lić – Goran Marijan – mr. sc. Vladimir Jelavić, Zagreb

UDK 621.311.22.005
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Razmatrani su zakonski uvjeti kojima glede okolišnog zraka moraju udovoljiti nove termoelektreane na ugljen. Zbog toga je promatrana sveza sadržanosti onečišćujućih tvari u zraku i rizika imisijskih učinaka u okolišu. Ukazano je na to da današnji postupci razredbe kakvoće zraka – temeljeni na predlošku graničnih vrijednosti – nisu dovoljno objektivni te da se pristrano priklanjaju smjeru maksimalne sigurnosti imisijskih prijamnika. Procjena uvjeta postavljenih glede termoelektreane na ugljen može, tada, biti samo približna. Izvršena je na temelju usporedbe sastavnica normi za kakvoću zraka: hrvatskih u odnosu prema uglednim svjetskim normama. U tu svrhu izabrane su i nabrojene ugledne svjetske norme, a za usporedbu je razrađen iskustveno-teorijski matematički predložak. Dokazano je da se, ispunjenjem spomenutih uvjeta, za nove termoelektreane na ugljen jamči kakvoća zraka na razini najzahtjevnijih svjetskih mjerila.

Ključne riječi: kakvoća zraka, razredba, norme, usporedba, okoliš, termoelektreane, ugljen.

Značenje oznaka koje se ne objašnjavaju u tekstu

F_I	ovojna površina imisijskog prijamnika
\vec{n}_0	jedinični vektor ovojne površine prijamnika
\vec{r}	položajni vektor
$c = c(\vec{r}, t)$	koncentracijsko polje onečišćujuće tvari
$\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$	brzinsko polje onečišćujuće tvari
$\{\cdot\}$	skup od
\subset	podskup od
\in	element od
\cap	presjek
\emptyset	prazni skup

I	jedinični element
\prec	ispred u poretku
\succ	iza u poretku
$<$	manje od
$>$	veće od
log	logaritam osnove e
$E(\cdot)$	očekivana vrijednost od
$D^2(\cdot)$	varijansa od
inf	infimum
$ \cdot $	apsolutna vrijednost od

1. UVOD

U Hrvatskoj se 30 – 40 % električne energije namiruje proizvodnjom u termoelektreanama na fosilna goriva. U sljedećem desetljeću planira se izgradnja novih termoelektreana, ukupne snage 800 – 1400 MW, na prirodni plin i uvozni ugljen [1]. Najveći udio među njima namijenjen je termoelektreani 2 x 350 MW na uvozni

ugljen. Prirodno, radi smanjenja troškova dovoza ugljena, gradnja te termoelektreane predviđena je u obalnom području. Takav izbor položaja važan je i zbog uravnoteženja hrvatskog elektroenergetskog sustava. Zasad, najviše izgleda za izgradnju imaju lokacije: Lukovo Šugarje i Obrovac. U javnim glasilima, međutim, u svezi s namjeravanom gradnjom termoelektreane 2 x 350 MW iznose se razna nestručna stajališta i proiz-

voljni iskazi, kojih je cilj – spriječiti izgradnju termoelektrane. Obrazloženje tog cilja su tvrdnje i "dokazi" o trajnoj i nepopravljivoj šteti koju bi ta termoelektrana nanijela okolišu.

Istina jest: svaki zahvat u okoliš stvara promjene u prirodnom okruženju, a zadaća je stručnih procjena da se utvrdi hoće li neki zahvat u okoliš (pa i izgradnja i rad termoelektrane) "utjecati na kakvoću življenja, na zdravlje ljudi i održivi razvoj prirode" kako je to propisano Zakonom o zaštiti okoliša [5]. Od svih sastavnica uključenih u sveobuhvatnost koja pojmovno znači okoliš, čini se da područje vezano uz zaštitu zraka uobličava središnji prostor spomenutih, nestručnih i neutemeljenih stajališta o (neizbježnoj) štetnosti termoelektrane. Zbog toga je nužno jasno odgovoriti, kakva kakvoća zraka se jamči u širem i užem okruženju tijekom cjelokupnog radnog razdoblja termoelektrane (30 – 45 godina). To je jednoznačno propisano odredbama Zakona o zaštiti zraka [2], koje su, dakako, sastavnicama uvjeta postavljenih ponuđačima namjeravane gradnje termoelektrane i njene kasnije proizvodne djelatnosti (natječaj po predlošku nezavisnog proizvođača električne energije – IPP) [13].

Prema Zakonu [2], kakvoća zraka nekog područja, s obzirom na sadržanost onečišćujućih tvari, svrstava se unutar tri razreda (kategorije):

I – čist ili neznatno onečišćen zrak (nisu prekoračene preporučene vrijednosti kakvoće zraka – PV),

II – umjereno onečišćen zrak (prekoračene su PV a nisu prekoračene granične vrijednosti kakvoće zraka – GV),

III – prekomjerno onečišćen zrak (prekoračene su GV).

Preporučene vrijednosti kakvoće zraka (PV) i granične vrijednosti kakvoće zraka (GV) propisane su Uredbom [3].

Prema Zakonu [2] dalje slijedi (članci 25. i 38.):

(i) Na području za koje je utvrđeno da je kakvoća zraka prve kategorije djeluje se preventivno kako se zbog građenja i razvitka područja ne bi prekoračile preporučene vrijednosti kakvoće zraka (PV).

(ii) Na području za koje je utvrđeno da je kakvoća zraka druge kategorije provode se mjere smanjivanja onečišćenja zraka kako bi se postigle preporučene vrijednosti kakvoće zraka (PV).

(iii) Na području za koje je utvrđeno da je kakvoća zraka treće kategorije provode se sanacijske mjere kako bi se kratkoročno postigle granične vrijednosti kakvoće zraka (GV), a dugoročno preporučene vrijednosti kakvoće zraka (PV).

(iv) U području treće kategorije kakvoće zraka ne može se izdati lokacijska, građevna i uporabna dozvola za novi izvor onečišćavanja zraka niti za rekonstrukciju već postojećega ako se novom gradnjom ili rekonstrukcijom ne osigurava:

- zamjena postojećeg nezadovoljavajućeg postrojenja novim koje smanjuje onečišćenost zraka,
- da povišenje onečišćenosti zraka u okolini objekta ne bude veće od 1 % od granične vrijednosti kakvoće zraka (GV), pod uvjetom da je u tijeku provođenje sanacijskog programa za postojeće izvore onečišćavanja.

Na zasad predviđenim lokacijama za gradnju termoelektrane 2 x 350 MW (Lukovo Šugarje, Obrovac) kakvoća zraka je prvog razreda (kategorije)[14], a možebitno "premještanje" lokacije duž obalnog pojasa, prema netom navedenoj odredbi Zakona [2], može biti još samo u području drugog razreda kakvoće zraka. Pri tome u prvom slučaju (prvi razred) nakon gradnje ne smiju se prekoračiti preporučene vrijednosti kakvoće zraka (PV), a u drugom slučaju (drugi razred) preporučene vrijednosti kakvoće zraka (PV) moraju se sanacijskim mjerama postići u (doglednoj) budućnosti. Kako su takve uvjete prihvatili i njihovo ispunjenje jamče svi ponuđači ugovora o gradnji i upravljanju termoelektranom 2 x 350 MW, odgovor na pitanja o kakvoći zraka tijekom rada termoelektrane jest u objašnjenju značenja preporučenih vrijednosti (PV) i graničnih vrijednosti (GV) kakvoće zraka, glede onečišćujućih tvari koje su znakovite za rad termoelektrana na ugljen.

2. ONEČIŠĆUJUĆE TVARI U ZRAKU ZNAKOVITE ZA RAD TERMOELEKTRANA NA UGLJEN

Za emisiju u zrak termoelektrana na ugljen znakovite su onečišćujuće tvari [4]: čestice, sumporni oksidi SO_x (SO_2 i SO_3), dušični oksidi NO_x (NO i NO_2). Ugljični dioksid (CO_2), općenito znakovit za emisiju u zrak termoenergetskih postrojenja, značenje "onečišćujuće tvari" ima samo u globalnim razmjerima, zbog vjerojatnog utjecaja na globalne klimatske promjene. Izravan štetni utjecaj ugljičnog dioksida na prijarnike u okolišu je neznatan i, zbog toga, njegova sadržanost u zraku nije mjerilo kakvoće zraka.

Jedini izvor nastanka sumpornih oksida u uređajima za izgaranje je sumpor u gorivu. Udio sumpornog dioksida prevladava: pri izgaranju ugljena taj udio iznosi 95 do 97 % obujma ukupno emitiranih sumpornih spojeva (3 do 5 % tog obujma zauzimaju sumporni trioksid i plinoviti sulfati)[12,15]. Prema [16], u prosjeku, odnos nastalih SO_2 i SO_3 je (97 – 98 %) : (2 – 3 %). Uobičajeno se cjelokupna emisija sumpora izražava putem ekvivalentne emisije SO_2 .

Pri izgaranju ugljena (i uopće) može nastati nekoliko dušičnih spojeva. Najčešće se navode združeno (NO_x). Najvažniji su dušični monoksid (NO) i dušični dioksid (NO_2). Nastali NO_x pri izgaranju sastoje se od 90 – 95 % NO i 5 – 10 % NO_2 [17]. Emisija dušičnog suboksida (N_2O) u postupcima izgaranja je zanemarivo mala [16]. Znakovito za dušične okside, za razliku od sumpornih oksida, jest da ne nastaju samo od dušika u go-

rivu [12]. Uobičajeno, ukupna emisija dušičnih spojeva izražava se putem ekvivalentne emisije NO_2 .

Emitirane onečišćujuće tvari podložne su u atmosferi fizičkim i kemijskim promjenama. Fizičke promjene događaju se uslijed dinamičkih pojava kao što su kretanje i raspršivanje u prostoru, turbulentna difuzija, promjena koncentracije zbog razrjeđivanja i sl. Pri fizičkim promjenama temeljna svojstva onečišćujućih tvari (istovjetnost, agregatno stanje) ne mijenjaju se.

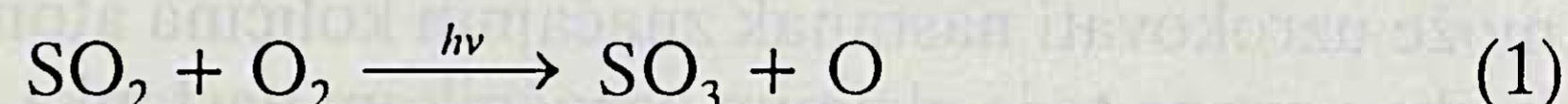
Kemijske promjene onečišćujućih tvari događaju se uslijed niza pojava koje, po svojim osobitostima, određuju značenje pojma "atmosferska kemija". Tu se ubrajaju "obične" kemijske reakcije, promjene agregatnog stanja (npr. ukapljivanje plinova i para uslijed temperaturnih promjena), stvaranje disperzija kruto-plin i kapljevina-plin, itd., te složene kemijske reakcije potaknute sunčevim zračenjem i/ili drugim osobitim atmosferskim zbivanjima. Zbog fizičkih i kemijskih promjena u atmosferi, sve se emitirane onečišćujuće tvari termoelektrana na ugljen, duž putanje do prizemnog atmosferskog sloja, a i kasnije, u prizemnom atmosferskom sloju, neprekidno mijenjaju. To, prirodno, vrijedi i za "temeljne" onečišćujuće tvari (čestice, SO_x i NO_x) i utječe na njihovu sadržanost u okolišu. Valja navesti samo neke osnovne značajke spomenutih promjena:

Čestice: Opstojnost disperznog sustava čestice (krute i/ili kapljevite) – zrak uvjetuju značajke brzinskog polja zraka, gradijenti temperaturnog i koncentracijskog polja, itd., i sve to ovisno o raspodjeli veličina i gustoći čestica (za dovoljno male čestice – Stokesovo područje – razmjerno umnošku $\rho_m d^2$ gdje je d ekvivalentni promjer čestice i ρ_m gustoća čestice). Vjerojatnost odlaganja čestica povećava se, znači, s veličinom čestice (pri istoj gustoći). U čestica letećeg pepela i ukapljenih para do ekvivalentnih promjera oko $30 \mu\text{m}$ uobičajeno su ispunjeni uvjeti opstojnosti disperznih sustava čestice – zrak [12]. Općenito, dinamičke značajke disperznih sustava čestice – zrak bitno određuju njihovo značenje glede okoliša, a i glavnim su uzrokom različitim mjernim odrednicama sadržanosti čestica u okolišnom zraku (lebdeće čestice – LČ; ukupna taložna tvar – UTT; čestice koje dopiru u toraks – ISO/TP [3]).

Kemijske promjene u čestica ovise o njihovom kemijskom sastavu, stanju njihove površine i sastavu okolnog plina. Moguće su, tako, mnogobrojne reakcije između čestica i okolnih plinova, adsorpcija i apsorpcija plinova s pomoću krutih i kapljevite čestice, katalitičko djelovanje čestica na tok kemijskih reakcija u plinovima i sl. Rezultat takvih promjena može biti i okolišno povoljan, ako se njima uklanjaju, smanjuju ili "neutraliziraju" onečišćujuće tvari, ali, na isti način, i nepovoljan, ako se tim promjenama štetnost ili količina okolnih onečišćujućih tvari povećava. Unatoč tome što se u svim, posebno suvremenim termoelektranama čestice iz dimnih plinova vrlo učinkovito odvajaju, praćenje koncentracije čestica u okolišu je

obvezna sastavnica svakog mjeriteljsko-informacijskog sustava kojim se termoelektrane na ugljen ocjenjuju glede svog utjecaja na okoliš.

SO_2 : Emitirani sumporni dioksid, oksidacijom u atmosferi, prelazi u sumporni trioksid (SO_3), što je jedan od preduvjeta za nastanak sumporne kiseline (kisele kiše). Oksidacija SO_2 ovisi o okolnim uvjetima: poluvrijeme te reakcije može iznositi od 10 – 20 min. (velika vlažnost, prisustvo suspendiranih krutih ili drugih katalizacijskih tvari) do 2 – 4 ili više dana (suhi, čisti zrak). Ultraljubičasto zračenje i jaki oksidansi (ozon, peroksidi, atomni kisik) ubrzavaju oksidaciju SO_2 . Sumporni dioksid apsorbira svjetlosno zračenje valnih dužina 290 – 400 nm (unutar ultraljubičastog spektra) koje ga energetski pobuđuje na reakciju s molekulnim kisikom, uz nastanak sumpornog trioksida i atomnog kisika:



gdje je $h\nu$ fotonska energija (ν – frekvencija; $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ Js}$ – Planckova konstanta).

Zbog nedvojbeno nepovoljnog utjecaja na okoliš, postojanosti u redukcijskom i fotokemijskom/oksidacijskom smogu i sl., praćenje sadržanosti SO_2 u okolišu je najzastupljenije, u odnosu prema praćenju svih drugih onečišćujućih tvari. Kako svaki ugljen sadrži primjese sumpora i/ili sumpornih spojeva, to je za ocjenu utjecaja na okoliš termoelektrana na ugljen obvezno osigurati pouzdano praćenje koncentracije SO_2 u okolišnom zraku.

$\text{NO}_x \rightarrow (\text{NO}_2, \text{O}_3)$: Oksidacija dušičnog oksida kisikom, tj. pretvorba u dušični dioksid NO_2 , u dimnim je plinovima, zbog smanjenog udjela kisika, neznatna, ali je vrlo brza u uobičajenim atmosferskim uvjetima: dakle, već nakon izlaska dimnih plinova iz dimnjaka. U atmosferi se ta pretvorba ne događa izravnom oksidacijom NO ($2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$), nego putem niza složenijih kemijskih reakcija [18]. Dušični dioksid, također kao i SO_2 , apsorbira ultraljubičasto zračenje. Međutim, za razliku od reakcije u sumpornog dioksida, apsorpcija ultraljubičastog zračenja u dušičnog dioksida uzrokuje kidanje jedne veze između atoma dušika i kisika te nastaju atomni kisik i dušični oksid. Time se stvaraju uvjeti za lančane reakcije u kojima se regenerira dušični dioksid i nastaje ozon O_3 . Ozon nastaje po sunčanom vremenu iz dušičnog dioksida koji se raspada na dušični oksid i atom kisika. Ovaj posljednji se veže s molekulom kisika i tvori ozon [32]:



Reakcija je povratna jer nastali ozon reagira s dušičnim oksidom:



Ako bi u zraku kao onečišćivači postojali samo dušikovi oksidi ne bi se mogla stvoriti znatna količina ozona. Ali, ako se u zraku nalazi i izvjesna količina ugljikovo-

dika oni mogu transformirati dušični oksid u dušični dioksid trošeći ozon, pa će koncentracija ozona početi naglo rasti.

Ovo je tipični primjer tzv. sinergističnog štetnog djelovanja dviju tvari - dušičnog oksida i ugljikovodika koja svaka za sebe ne bi bila ni približno tako opasna, ali ako se nađu skupa, mogu začas, uz pomoć sunčeve svjetlosti, stvoriti veliku količinu otrovnog ozona. Zato su automobili, posredno, najveći proizvođači ozona jer emitiraju u atmosferu velike količine dušičnih oksida i ugljikovodika [32].

Regenerirani dušični dioksid može ponovo stupiti u reakciju i kruženje se može nastaviti sve dok se dušični dioksid ne prevede u dušičnu kiselinu ili ne stupi u reakciju s organskim tvarima gradeći dušične spojeve [19]. Znači, i pri maloj koncentraciji, dušični dioksid može uzrokovati nastanak značajnih količina atomnog kisika i ozona te je glavnim uzročnikom nastanka oksidacijskog smoga. Valja dodati da temeljnim reakcijskim nizom, koji opisuju jednadžbe (2), nije ni približno zatvoren lanac reakcija u kojima sudjeluju i/ili koje potiču NO_2 i O_3 . Te reakcije u uvjetima postojanog oksidacijskog smoga zaslužuju posebnu pozornost. Kako slijedi, temeljni uzrok sadržanosti NO_2 i O_3 u okolišnom zraku jest promet – motorna vozila. Međutim, bez učinkovitih mjera za smanjenje emisije dušičnih oksida, isto tako bi i udio termoelektrana na ugljen u ukupnoj sadržanosti NO_2 i O_3 u okolišnom zraku bio značajan. Zbog toga je praćenje koncentracija NO_2 i O_3 obvezni sastavni dio svakog sustava za ocjenu utjecaja termoelektrana (bez obzira na gorivo) na okoliš.

3. SVEZA SADRŽANOSTI ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAKU I RIZIKA IMISIJSKIH UČINAKA U OKOLIŠU

Postupak svrhovite i djelotvorne razredbe kakvoće zraka razrađen je u radovima [20,21] i temeljem je odredbi o vrednovanju i razredbi kakvoće zraka u Zakonu [2] i Uredbi [3]. Tim postupkom uvodi se mjerna ljestvica kakvoće zraka i tako se omogućava razredba kakvoće zraka određenog zemljopisnog područja u ovisnosti o stupnju onečišćenja zraka i izbor najprikladnijih mjera da bi se u tom području ili očuvala ili dostigla željena razina kakvoće zraka. Dobro ugođena (*wohltemperierte*) ljestvica kakvoće zraka temeljnim je uvjetom svrhovitosti i učinkovitosti mjera za očuvanje i/ili poboljšanje kakvoće zraka. Na današnjoj razini znanosti, način utvrđivanja značenja kakvoće zraka daleko je od idealiziranog, bez obzira na temelj koji čini velika množina toksikoloških i epidemioloških studija. Ispravno mjerilo za uspostavu mjere kakvoće zraka su imisijski učinci koje u prijamnika mogu izazvati onečišćujuće tvari. Nužno je, zbog toga, odrediti zbivanja duž putanje: prostorna i vremenska sadržanost onečišćujućih tvari → prijelaz na prijam-

nike u ovisnosti o imisijskim i prijamskim uvjetima → utvrđivanje rizika nastupanja pojedinih imisijskih učinaka → ustanovljenje graničnih razina, tj. razreda (kategorija) kakvoće zraka. Uvažavaju se definicije [22]:

(I) *Kakvoća zraka* je odlika kojom se iskazuje očuvanost prirodnih svojstava zraka glede prostorne i vremenske sadržanosti onečišćujućih tvari, u svezi s mogućnostima njihovih nepovoljnih učinaka na prijamnike.

(II) *Ocjena kakvoće zraka* je skup formaliziranih postupaka za utvrđivanje (mjerenje) količine prostorne i vremenske sadržanosti onečišćujućih tvari u zraku u odnosu prema mogućnostima njima uvjetovanih, nepovoljnih imisijskih učinaka.

Pojam "prirodna svojstva zraka" prema definiciji (I) označava model-zrak u prizemnom atmosferskom sloju unutar/iznad ekološki uravnoteženih sustava, izvan domašaja umjetnih (antropogenih) i ekscenčnih prirodnih emisijskih izvora i ne označava isključivo "sintetički" čist zrak. Prema sadržaju definicije (II), temeljne sastavnice postupka za uspostavu poretka među različitim imisijskim uvjetima (razredba kakvoće zraka) čini niz: (i) odabir imisijskih prijamnika (u smislu grupe) glede kojih treba vrednovati kakvoću zraka; (ii) odabir ljestvice imisijskih učinaka u odabranim grupa prijamnika; (iii) određivanje relacije: koncentracijski iskaz – imisijski tok; (iv) određivanje relacije: imisijski tok – imisijski učinci; (v) pridruživanje mjere kakvoći zraka; granične razine kakvoće zraka.

(i) *Poredak među prijamnicima*. U središtu zanimanja je čovjek, dakle i svi prijamnici koji izravno uvjetuju čovjekov život i opstanak; zatim, prema opadajućoj ljestvici značajnosti, prijamnici koji čine sadržaj čovjekove dobrobiti, itd. i, konačno, svi prijamnici koji ne znače neželjenu (nepovoljnu) sadržinu okoliša. Različitim zajednicama i raznim okruženjima, zbog njihovih osobitosti i različitih interesa, odgovaraju i različite ljestvice značajnosti imisijskih prijamnika – to vrijedi samo u području nižih razina značajnosti: jer čovjek je jedini element svakog takvog poretka, a značajnost "ostalih" prijamnika nužno je procijeniti prikladnim utežnim udjelima niže vrijednosti.

(ii) *Poredak imisijskih učinaka*. Svojstva prijamnika temelje se na svojstvima jedinice i uopćavaju se na razinu grupe. Odabranim grupama prijamnika nužno je pridružiti ljestvicu učinaka koje bi u njih mogla uzrokovati određena onečišćujuća tvar ζ . Ljestvica učinaka samo se izuzetno može iskazati neprekidnim nizom vrijednosti, a rijetko se može učiniti i dovoljno gustom. Prirodno, zanimanje za gušćom ljestvicom učinaka veće je za prijamnike na višoj razini značajnosti.

(iii) *Relacija: imisijski tok → koncentracijski iskaz*. Imisija (imisijski prijelaz) onečišćujuće tvari ζ glede određenog prijamnika jedinice P_i u vremenskom razdo-

blju T ($T \equiv [t_0, t_0 + T]$) potpuno je određena funkcijom gustoće imisijskog toka u svakoj točki ovojne površine F_i prijarnika P_i u istom razdoblju: Međutim, izuzev za posebne slučajeve i namjene, obično je dovoljno promatrati samo promjenu imisijskog toka:

$$I(t) = \int_{F_i} c \cdot (\vec{v} \cdot \vec{n}_0) dF_i, \quad (t \in T) \quad (3)$$

Realizacija funkcije $I(t)$ imisijskog toka je presjek slučajne funkcije polja koncentracija $c(\vec{r}, t)$ i slučajnih promjena veličina $(v, F_i, n_0)_i$ duž (slučajne) putanje $\rho_i(t)$ prijarnika P_i u prostoru \mathcal{V} u razdoblju T . Na temelju statističkog razmatranja, dobiva se:

(i) Ako je $I(t)$ mjerodavna (ne znači i srednja) funkcija imisijskog toka za cijelu grupu P u prostoru \mathcal{V} i razdoblju T vrijedi:

$$I(t) = K_p \cdot C(t), \quad (K_p - \text{konstanta unutar grupe } P) \quad (4)$$

gdje je $C(t)$ promjena koncentracije u polju $c(\vec{r}, t)$ duž reprezentativne putanje $\overline{\rho}_p(t)$ u odnosu na grupu P , tj. $C(t) = c[\overline{\rho}_p(t), t]$.

Smisao planiranja monitoringa u prostoru \mathcal{V} trebao bi biti upravo određivanje funkcije $C(t)$, prema pretpostavljenoj putanji $\rho_p(t)$.

(ii) Nad funkcijama $C(t)$ i $I(t) = K_p \cdot C(t)$, definiraju se, redom, koncentracijski i imisijski iskazi:

$$S[C(t)]; \quad S[I(t)] = S[K_p \cdot C(t)], \quad (t \in T, M(\vec{r}) \in \mathcal{V}) \quad (5)$$

Koncentracijski iskaz je skup ograničenog broja veličina kojima se, za određeni prostor i određeno vremensko razdoblje, dovoljno znakovito iskazuje sadržanost određene (neke) onečišćujuće tvari u zraku.

Koncentracijski (i imisijski) iskaz najčešće se izražava ili funkcijama raspodjele nad funkcijom $C(t)$ ili parametrima/vrijednostima tih funkcija raspodjele.

(iv) Relacija: imisijski tok – imisijski učinci. Ako je $\mathcal{E} = \{\varepsilon_j\}$, ($j = 1, m$) skup učinaka koje u prijarnika grupe P može izazvati onečišćujuća tvar ζ , imisijskim (ili koncentracijskim) iskazima pridružuje se rizik r_ε - vjerojatnost postojanja učinka \mathcal{E} u grupe prijarnika P glede onečišćujuće tvari ζ za jedno određeno ostvarenje (realizaciju) funkcije imisijskog toka:

$$r_\varepsilon = r_\varepsilon \{S[I^*(t)]\}; \quad I^*(t) = K_p \cdot C^*(t), \quad (r_\varepsilon \in [0, 1]) \quad (6)$$

gdje su: $I^*(t)$, $C^*(t)$ - "model"-funkcije imisijskog toka i koncentracije koje odgovaraju uvjetima istraživanja rizika r_ε .

Za žive prijarnike "granični" postupci određivanja funkcija rizika su toksikološka i epidemiološka istraživanja. Teško je objediniti rezultate toksikoloških i epidemioloških istraživanja i, posebno, postići sličnost s uvjetima u stvarnosti. Zbog toga su u jedn. (6) funkcije $I^*(t)$ i $C^*(t)$ označene zvijezdicom, ističući time da su to samo "model"-funkcije kojima se simuliraju

stvarne funkcije vremenskih promjena imisijskog toka i koncentracije.

(v) Mjera i granične razine kakvoće zraka. Ako je, u odnosu prema određenoj onečišćujućoj tvari ζ , svakom koncentracijskom iskazu, za svaki od uvažavanih prijarnika, moguće pridružiti skup rizika imisijskih učinaka, ispunjen je nužan uvjet za izradu mjere kakvoće zraka (u odnosu prema onečišćujućoj tvari ζ). Za cjelovito i pouzdano vrednovanje kakvoće zraka, na razini koju dopuštaju postojeća znanja, nužno je ispuniti dopunske uvjete koji se, pretežito, svode na mjerila pouzdanosti ranije nabrojanih relacija i uopćenje mjerila glede svih uvažavanih prijarnika. Sljedeći korak bio bi izbor graničnih razina kakvoće zraka, stupnjeva onečišćenosti – tj. razreda (kategorija) kakvoće zraka. Prirodno, vrednovanje je nužno "proširiti" na sve (bitne) onečišćujuće tvari i, po mogućnosti, na njihovo usporedno djelovanje.

3.1. Idealizirani predložak ocjene/razredbe kakvoće zraka

(i) Neka se prebrojiv skup učinaka:

$$\mathcal{E} = \{\varepsilon_i\}, \quad (i = 0, 1, 2, \dots, m); \quad \varepsilon_i \cap \varepsilon_j = \emptyset, \quad (i \neq j), \\ \emptyset = \varepsilon_0 \prec \varepsilon_1 \prec \varepsilon_2 \prec \dots \prec \varepsilon_m \quad (7)$$

pridruži svakoj grupi P_j , ($j = 1, n$) prijarnika i neka se svakom učinku može pridružiti (utežni) broj $w(\varepsilon_i)$ sa svojstvima:

$$w(\varepsilon_0) = 0; \quad w(\varepsilon_i) \in (0, 1], \quad (i \neq 0), \quad (8) \\ \varepsilon_i \prec \varepsilon_{i+1} \Rightarrow w(\varepsilon_i) \leq w(\varepsilon_{i+1}), \quad \sum_{i=1}^m w(\varepsilon_i) = 1$$

Tada funkcija:

$$R\{S[I(t)]\} = \sum_{i=0}^m w(\varepsilon_i) \cdot r_{\varepsilon_i} \{S[I(t)]\} \quad (9)$$

ima svojstva: $r_{\varepsilon_1} = 0 \Rightarrow R = 0$; $r_{\varepsilon_m} = 1 \Rightarrow R = 1$, tj. $R \in [0, 1]$ i neopadajuća je funkcija glede poretka učinaka ε i poretka iskaza imisijskog toka $S[I(t)]$.

(ii) Neka je Π skup od prebrojivo mnogo (n) grupa prijarnika P_j koje se uvažavaju:

$$\Pi = \{P_j\}, \quad (j = 0, 1, 2, \dots, n); \quad P_j \cap P_k = \emptyset, \quad (j \neq k) \quad (10)$$

i među kojima postoji poredak po značajnosti:

$$I = P_0 \succ P_1 \succ \dots \succ P_n \succ P_{n+1} = P_{n+2} = \dots = \emptyset \quad (11)$$

i neka se svakoj grupi prijarnika može pridružiti (utežni) broj $z(P_j)$ sa svojstvima:

$$z(P_{n+1}) = 0; \quad z(P_j) \in (0, 1], \quad (j = 0, n) \\ P_j \succ P_{j+1} \Rightarrow z(P_j) \geq z(P_{j+1}), \quad \sum_{j=0}^n z(P_j) = 1 \quad (12)$$

Funkcija:

$$R\{S[I(t)]\} = \sum_{j=0}^n R_j\{S[I(t)]\} \cdot z(P_j), \quad R \in [0, 1] \quad (13)$$

gdje su R_j , ($j=1, n$) utežni rizici učinaka grupe P_j (jedn. 9), određuje "opću – temeljnu funkciju rizika" učinaka onečišćujuće tvari ζ u svih grupa prijarnika koji se uvažavaju, i neopadajuća je funkcija poretka iskaza imisijskog toka $S[I(t)]$.

Kako su imisijski i koncentracijski iskaz povezani relacijom (4), opća funkcija rizika R , sklopom svojih sastavnica, uobličava ciljnu putanju dobro ugođenog postupka za vrednovanje kakvoće zraka glede određene onečišćujuće tvari ζ .

3.2. Raščlamba stvarnog postupka razredbe kakvoće zraka

Valja uočiti, prema iskazu jednadžbe (13), da je pojednostavljeno uzeto da imisijski iskaz $S[I(t)]$ za sve uvažene prijarnike ima identično značenje. U današnjim primjenama, pri istraživanjima, koriste se vrlo pojednostavljeni oblici ovih iskaza, tj. to su iskazi za koje, prema dosadašnjim istraživanjima relacije imisijski tok \rightarrow imisijski učinci, postoji "dovoljno" provjerenih podataka. Takve "model-funkcije" imisijskog toka i/ili promjene koncentracije, za koje su imisijski učinci "dovoljno" izraženi, posve su jednostavne i mnogo se razlikuju od njima odgovarajućih funkcija koje se

dogadaju u stvarnosti. Ukratko, rizici r_ϵ učinaka $\mathcal{E} = \{\epsilon_j\}$, ($j = 1, m$) dobivaju se za model-funkcije promjene koncentracije kojih je, praktički, značenje $C^*(t) = c = \text{const}$.

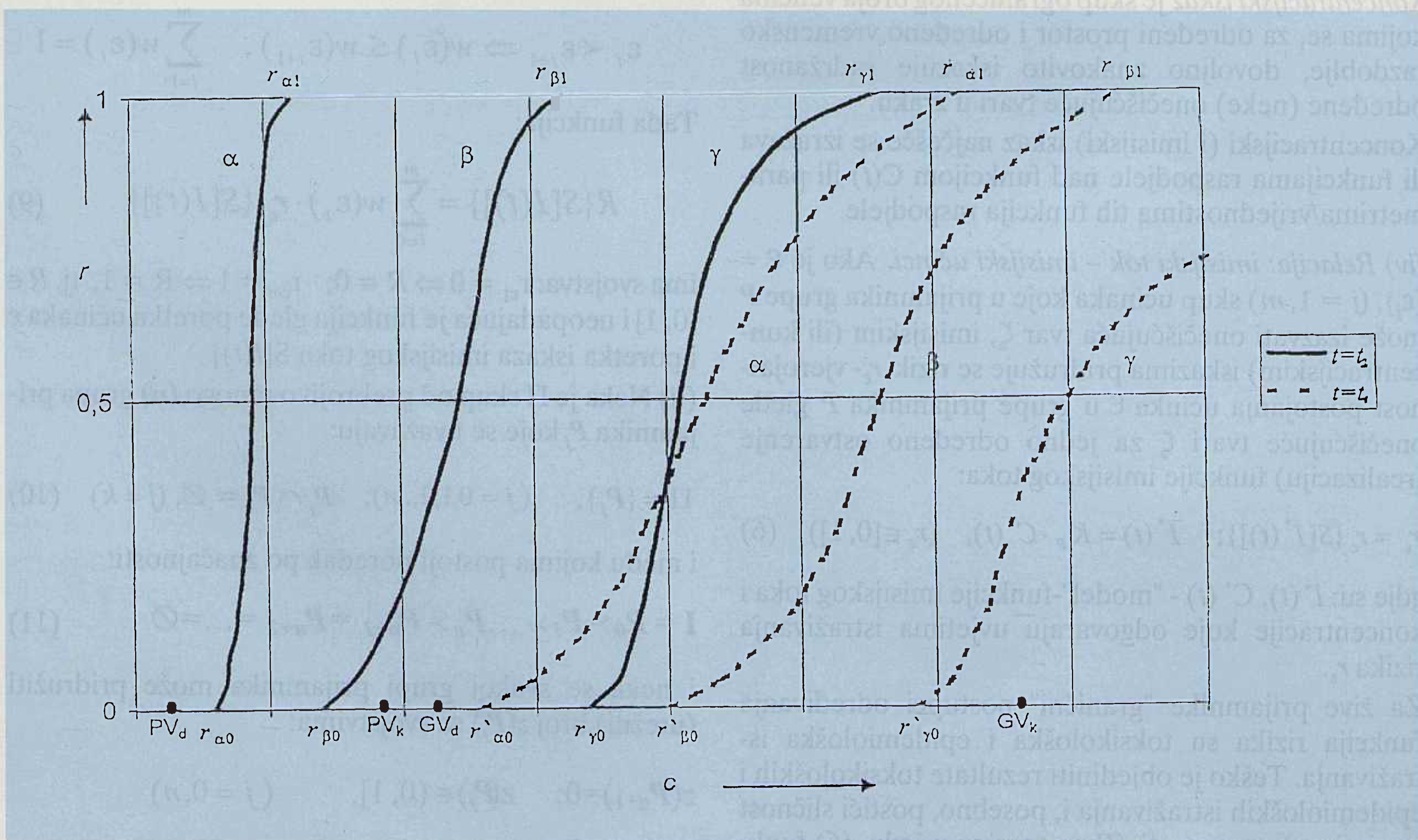
Postupak razredbe kakvoće zraka uz netom navedena pojednostavnjenja i dalje je "idealiziran" u odnosu prema postupcima koji su temeljem današnjih, suvremenih razredbi kakvoće zraka. Prema tako idealiziranom postupku (na "nižoj razini" razmatranja rizika) pretpostavlja se da je za skup svih bitnih imisijskih učinaka $\mathcal{E} = \{\epsilon_j\}$, ($j = 1, m$) onečišćujuće tvari ζ poznat rizik r_ϵ njihova ostvarenja u prijarničke grupe P . Prema jednadžbama (4) i (6) tada se može odrediti familija funkcija:

$$r_\epsilon = r(t, c; \epsilon), \quad \epsilon = \alpha, \beta, \gamma, \dots, \quad r \in [0, 1] \quad (14)$$

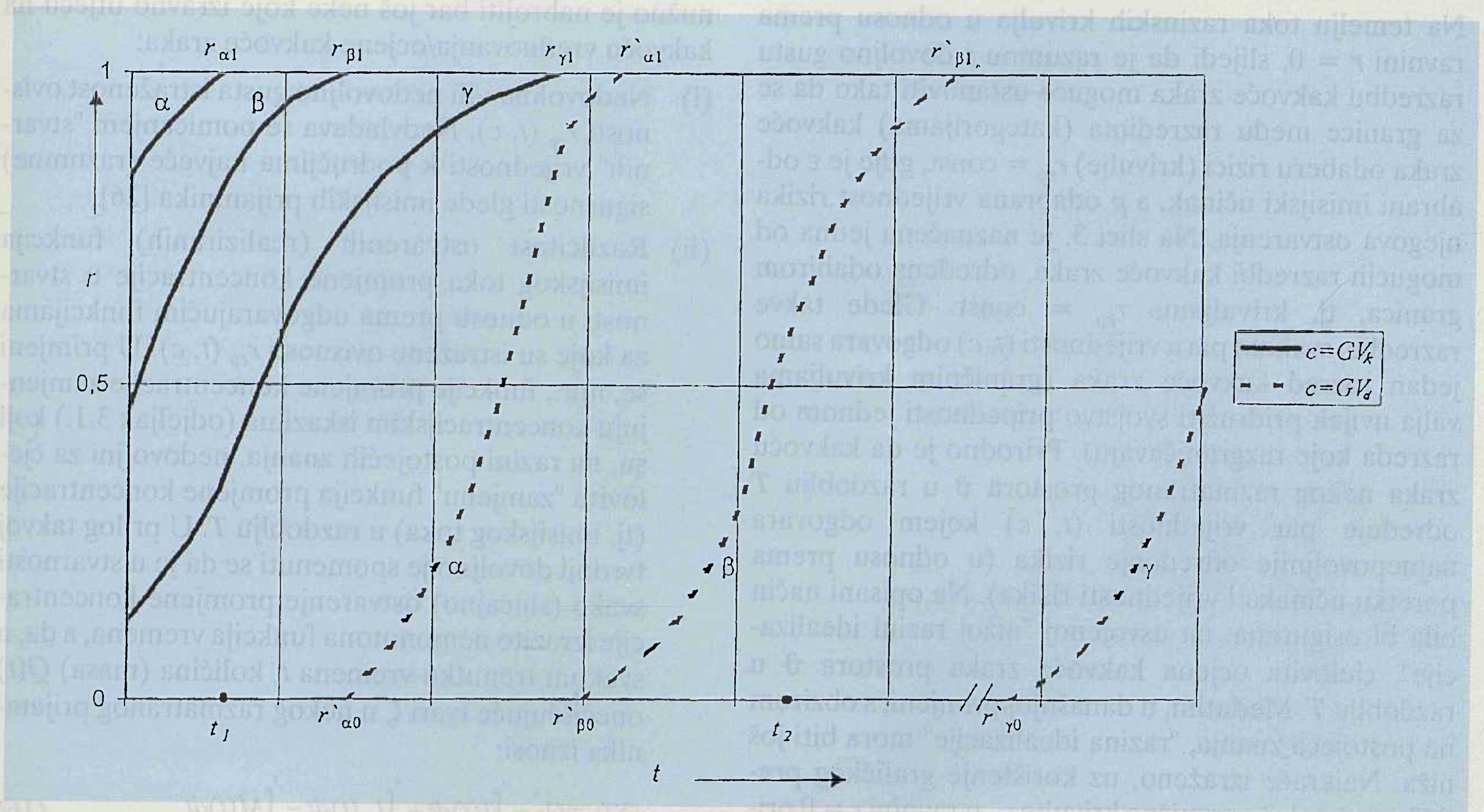
koje određuju rizik nastupanja učinka ϵ u prijarnika grupe P pri koncentraciji c onečišćujuće tvari ζ u trajanju t . Iskustveno je jasno (osim za iznimne slučajeve [22]) da vrijedi:

$$\frac{\partial r_\epsilon}{\partial t} \geq 0, \quad \frac{\partial r_\epsilon}{\partial c} \geq 0 \quad (15)$$

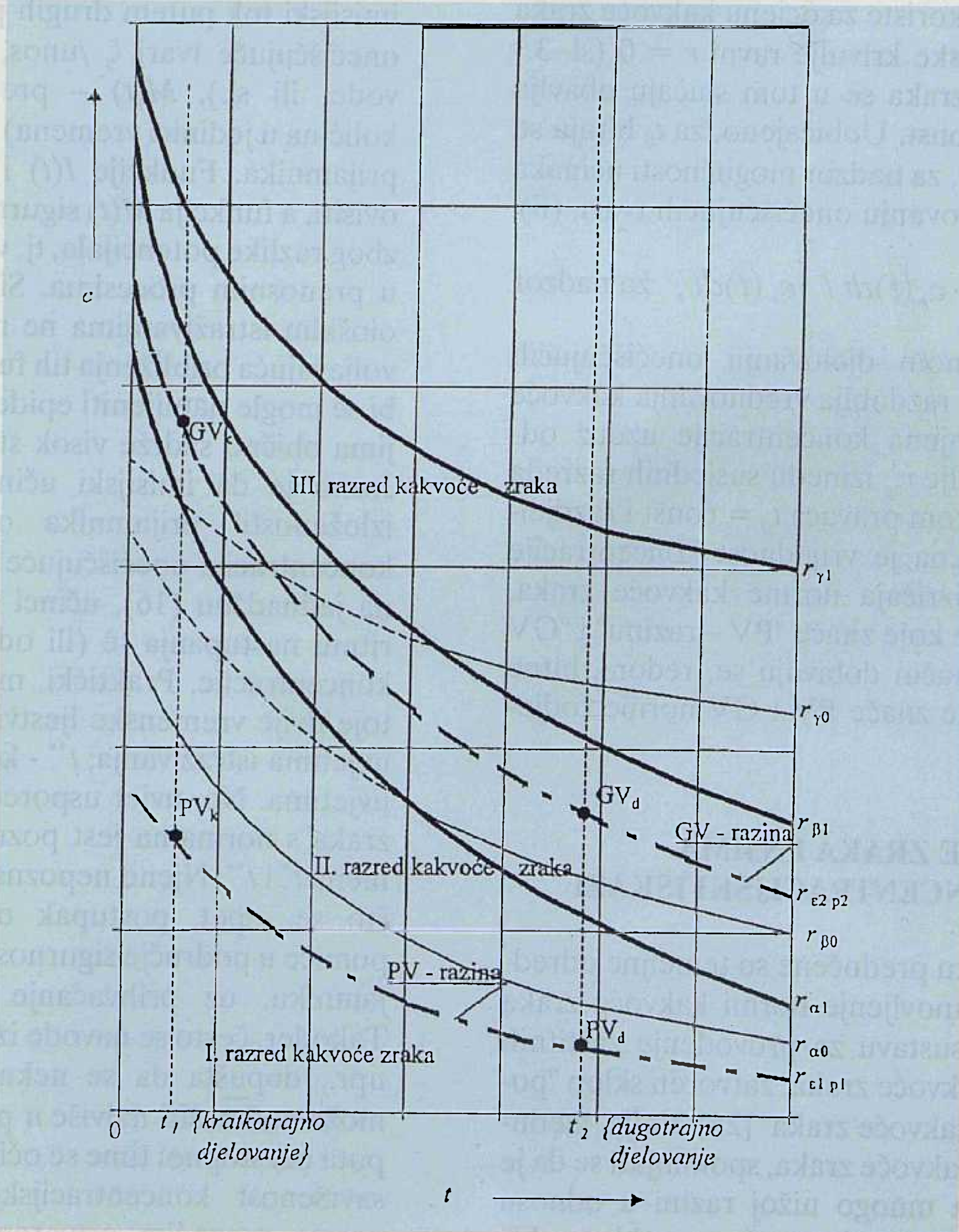
Graf funkcija r_ϵ određenih jednadžbom (14) jest u pravokutnom koordinatnom sustavu $(0, t, c, r)$ familija po dijelovima glatkih površina. Znakoviti tok razinskih krivulja te familije u odnosu prema ravninama $t = 0$, $c = 0$ i $r = 0$ redom je prikazan na slikama 1. – 3.



Slika 1. Razinske krivulje familije $r_\epsilon(t, c; \epsilon)$ u odnosu prema ravnini $t = 0$



Slika 2. Razinske krivulje familije $r_\epsilon(t, c; \epsilon)$ u odnosu prema ravnini $c = 0$



Slika 3. Razinske krivulje familije $r_\epsilon(t, c; \epsilon)$ u odnosu prema ravnini $r = 0$

Na temelju toka razinskih krivulja u odnosu prema ravnini $r = 0$, slijedi da je razumno i dovoljno gustu razredbu kakvoće zraka moguće ustanoviti tako da se za granice među razredima (kategorijama) kakvoće zraka odaberu rizici (krivulje) $r_{ep} = \text{const}$, gdje je ε odabrani imisijski učinak, a p odabrana vrijednost rizika njegova ostvarenja. Na slici 3. je naznačena jedna od mogućih razredbi kakvoće zraka, određena odabirom granica, tj. krivuljama $r_{ep} = \text{const}$. Glede takve razredbe, svakom paru vrijednosti (t, c) odgovara samo jedan razred kakvoće zraka (graničnim krivuljama valja uvijek pridružiti svojstvo pripadnosti jednom od razreda koje razgraničavaju). Prirodno je da kakvoću zraka nekog razmatranog prostora ϑ u razdoblju T određuje par vrijednosti (t, c) kojem odgovara najnepovoljnije određenje rizika (u odnosu prema poretku učinaka i vrijednosti rizika). Na opisani način bila bi osigurana, na usvojenoj "nižoj razini idealizacije", cjelovita ocjena kakvoće zraka prostora ϑ u razdoblju T . Međutim, u današnjoj primjeni, s obzirom na postojeća znanja, "razina idealizacije" mora biti još niža. Najkraće izraženo, uz korištenje grafičkog predloženja na sl. 3.: granične krivulje r_{ep} u ravnini $r = 0$ približno se opisuju (aproksimiraju se) dvjema ili trima točkama (parovima (t, c)) i to su norme kakvoće zraka koje se danas u svijetu koriste za ocjenu kakvoće zraka [24]. Svedeno na razinske krivulje ravni $r = 0$ (sl. 3.) vrednovanje kakvoće zraka se u tom slučaju obavlja duž pravaca $t = t_0 = \text{const}$. Uobičajeno, za t_0 biraju se vrijednosti: (i) $t_0 \leq T/10$, za nadzor mogućnosti učinaka pri kratkotrajnom djelovanju onečišćujućih tvari, (ii)

$$t_0 = T/2 \quad \text{ili} \quad t_0 = \int_0^T t \cdot c_r(t) dt / \int_0^T c_r(t) dt, \quad \text{za nadzor}$$

učinaka pri dugotrajnom djelovanju onečišćujućih tvari, gdje je T trajanje razdoblja vrednovanja kakvoće zraka, a $c_r(t)$ je promjena koncentracije uzduž odabrane razdjelne krivulje r_{ep} između susjednih razreda kakvoće zraka. Presjekom pravaca $t_0 = \text{const}$ i razdjelnih krivulja r_{ep} određena je vrijednost koncentracije koja je sastavnicom izričaja norme kakvoće zraka. Npr., ako su r_{ep} krivulje koje znače "PV – razinu" i "GV – razinu", na opisan način dobivaju se, redom, bitne sastavnice veličina koje znače PV i GV norme (odjeljak 1.).

4. NORME KAKVOĆE ZRAKA I NJIMA PRIDRUŽENI KONCENTRACIJSKI ISKAZI

U prethodnom odjeljku predložene su temeljne odrednice postupka za ustanovljenje normi kakvoće zraka okoliša kojima je, u sustavu za provođenje zaštitnih mjera i poboljšanja kakvoće zraka, zatvoren sklop "poluprostora za ocjenu kakvoće zraka" [25]. Valja, međutim, pri vrednovanju kakvoće zraka, spominjati se da je taj sklop izgrađen na mnogo nižoj razini u odnosu prema onoj koja bi odgovarala savršenom sklopu. Uz nesavršenosti već spomenute u prošlim odjeljcima,

nužno je nabrojiti bar još neke koje izravno utječu na kakvoću vrednovanja/ocjene kakvoće zraka:

- (i) Nedovoljna i/ili nedovoljno gusta istraženost ovisnosti $r_{ep}(t, c)$. Nadvladava se pomicanjem "stvarnih" vrijednosti k područjima najveće (razumne) sigurnosti glede imisijskih prijamnika [26].
- (ii) Različitost ostvarenih (realiziranih) funkcija imisijskog toka promjene koncentracije u stvarnosti u odnosu prema odgovarajućim funkcijama za koje su istražene ovisnosti $r_{ep}(t, c)$. U primjeni se, npr., funkcije promjene koncentracije zamjenjuju koncentracijskim iskazima (odjeljak 3.1.) koji su, na razini postojećih znanja, nedovoljni za cjelovitu "zamjenu" funkcija promjene koncentracije (tj. imisijskog toka) u razdoblju T . U prilog takvoj tvrdnji dovoljno je spomenuti se da je u stvarnosti svako (slučajno) ostvarenje promjene koncentracije izrazito nemonotona funkcija vremena, a da, u svakom trenutku vremena t , količina (masa) $Q(t)$ onečišćujuće tvari ζ u nekog razmatranog prijamnika iznosi:

$$Q(t) = Q_0 + \int_0^t I(t) dt + \int_0^t I_R(t) dt - \int_0^t M(t) dt \quad (16)$$

gdje je: $Q_0 = Q(0)$, $I(t)$ – imisijski tok (zrak), $I_R(t)$ – imisijski tok putem drugih prenosnika (razmjena onečišćujuće tvari ζ /unos, iznos/ putem hrane, vode, ili sl.), $M(t)$ – preradba (dezaktivirana količina u jedinici vremena) onečišćujuće tvari ζ u prijamnika. Funkcije $I(t)$ i $I_R(t)$ ovisi, ili mogu ovisiti, a funkcija $M(t)$ sigurno ovisi o veličini $Q(t)$, zbog razlike potencijala, tj. vrijednosti gradijenata u prenosnim procesima. Simulacijama u toksikološkim istraživanjima ne mogu se postići zadovoljavajuća približenja tih funkcija, a ispravke koje bi se mogle namijeniti epidemiološkim istraživanjima obično sadrže visok stupanj nepouzdanosti. Jasno je da imisijski učinci ovisi o "vremenu izloženosti" prijamnika određenoj vrijednosti koncentracije onečišćujuće tvari ζ , no, s obzirom na jednadžbu (16), učinci ovisi (i to izrazito) o ritmu nastupanja t^* (ili od nje veće) vrijednosti koncentracije. Praktički, može se tvrditi da postoje dvije vremenske ljestvice: t^* – koja odgovara uvjetima istraživanja; t^{**} – koja odgovara stvarnim uvjetima. No, uvjet usporedbe utvrđene kakvoće zraka s normama jest poznata veza između vremena t^* i t^{**} . Njeno nepoznavanje nadilazi se tako što se, opet, postupak ocjene kakvoće zraka pomiče u područje sigurnosti u odnosu prema prijamniku, uz prihvaćanje jednakosti $t^* = t^{**}$. Također, često se navode izričaji normi kojima se, npr., dopušta da se neka propisana vrijednost može nadmašiti najviše n puta, ali ne i m ($m < n$) puta uzastopno: time se očito nastoji "ublažiti" nesavršenost koncentracijskog iskaza u odnosu prema mogućim ostvarenjima koncentracijskih promjena.

(iii) Dvojbe pri izboru vremena usrednjavanja u odnosu prema kojem se ocjenjuje kakvoća zraka. Bez obzira na to da li se primjenjuje ili ne primjenjuje kontinuirano mjerenje koncentracija onečišćujućih tvari, ocjena kakvoće zraka može se donositi samo na temelju konačnog broja podataka – to je, izvorno, konačan skup "vremenski usrednjenih" vrijednosti koncentracija u unaprijed zadanim vremenima usrednjavanja τ . Donja granica vremena usrednjavanja uvjetovana je značajkama mjernih postupaka [25] a gornja granica se treba utvrditi na temelju frekvencija promjena promatrane onečišćujuće tvari ζ i njenog biološkog polu-života u odnosu prema odabranim prijamnicima [27]. Raspodjela i parametri raspodjele pojedinačnih vrijednosti koncentracija ovise o vremenu usrednjavanja.

Na temelju opisanih "nesavršenosti" u postupku ustanovljenja normi kakvoće zraka moglo bi se ukazivati na njihovu neobjektivnost, tj. "pristrano" pomicanje u smjeru sigurnosti prijarnika. No, za takvu tvrdnju valjalo bi dokazati subjektivnosti pri ustanovljenju normi: npr., istražiti utemeljenost stalnog postroženja "preporučених vrijednosti" Svjetske zdravstvene organizacije (npr. prema [28] i prema [6-8]), tj. moraju li "nova istraživanja i saznanja" uvijek dokazati da je "prag učinaka" onečišćujućih tvari niži od prethodno (trenutno) "važecег". U prilog tvrdnji o mogućim neobjektivnostima i pristranostima pri ustanovljenju normi kakvoće zraka mogao bi se navesti primjer "razvoja" japanskih normi za NO_2 : 1973. su te norme ustanovljene na neutemeljeno niskoj razini (najstrože u svijetu) te se ubrzo očitovale i njihova neučinkovitost i besmisao. Iste norme su 1978. ispravljene na tri puta veću "vrijednost" [7].

Ne postoji dovoljno podataka da bi se, u okvirima ovih razmatranja, moglo mjerodavno upustiti u rasčlambu netom postavljenih pitanja. Tada je razumno poštivati ili prihvaćati rješenja koja nude, npr., Svjetska zdravstvena organizacija, Europska unija i/ili razvijene europske/svjetske zemlje.

4.1. Primjeri uglednih normi kakvoće zraka onečišćujućih tvari znakovitih za termoelektrane na ugljen

Granične vrijednosti kakvoće zraka su složene veličine – informacijski vektori. Njihove obvezne sastavnice jesu: trajanje razdoblja motrenja (razdoblje motrenja) – T , vrijeme usrednjavanja – τ , razina kvantila – p , vrijednost koja se uspoređuje s koncentracijskim iznosom $c_{\tau p}$ utvrđenim mjerenjem – $X_{\tau p}$. Vrijednosti p i $X_{\tau p}$ u grafičkom predočenju (sl. 3.) odgovaraju, po smislu, koordinatama točke presjeka pravca $t_0 = \text{const}$ ($p = t_0/T$) s krivuljama $r_{\text{ep}} = \text{const}$. Vrijednosti τ i T određene su zadanim uvjetima prema kojima je nužno obavljati ocjenjivanje kakvoće zraka.

Dakle, granična vrijednost kakvoće zraka jest uređena četvorka:

$$G = \langle T, \tau, p, X_{\tau p} \rangle \quad \tau \subset T, p \in [0, 1] \quad (17)$$

Dogovorno:

$$\text{za } \tau = T: X_{\tau p} = X_{T1} = \bar{X} \text{ (srednja vrijednost)} \quad (18)$$

$$\text{za } p = 1 - \tau / T: X_{\tau p} = X_{\tau, 1-\tau/T} = X_{\text{max}}; \quad (19)$$

$$\text{za } p = 1 - 2\tau / T: X_{\tau p} = X_{\tau, 1-2\tau/T} = X_{\text{max} 2}$$

Ponekad je granične vrijednosti kakvoće zraka nužno odrediti i s pomoću većeg broja sastavnica (npr. dopunskim uvjetima glede vremenskog niza mjernih rezultata ili točne naznake vremena početka mjerenja ili sl. [31]).

Uobičajeno, norme kakvoće zraka zadaju se s pomoću sustava koji sadrži dvije ili više graničnih vrijednosti G (jedn. 17.). Tim graničnim vrijednostima, idealizirano, trebala bi odgovarati samo jedna vrijednost $r_{\text{ep}} = \text{const}$, tj. jedna krivulja u koordinatnom sustavu $(0, t, c)$ – sl. 3. Veći broj graničnih vrijednosti pri istoj vrijednosti r_{ep} značilo bi bolje (pouzdanije) određenje granične razine kakvoće zraka koja se treba naznačiti normom. Ako je norma kakvoće zraka zadana skupom graničnih vrijednosti koje određuju jednadžbe (17. – 19.), za ocjenu kakvoće zraka određenog prostora ϑ u razdoblju T na temelju mjerenja je nužno odrediti njima pridruženi skup koncentracijskih iskaza – četvorki oblika:

$$S = S[C(t)] = \langle T, \tau, p, c_{\tau p} \rangle, \quad \tau \subset T, p \in [0, 1] \quad (20)$$

Skup četvorki S je dovoljan za ocjenu kakvoće zraka ukoliko su vremena usrednjavanja i kvantilske razine u svih pripadnih (korespondentnih) četvorki G i S međusobno jednake. Tada za usporedbu svake dvije korespondentne četvorke jednostavno slijedi:

$$\begin{aligned} c_{\tau p} < X_{\tau p} &\rightarrow S < G, \\ c_{\tau p} = X_{\tau p} &\rightarrow S = G \\ c_{\tau p} > X_{\tau p} &\rightarrow S > G \end{aligned} \quad (21)$$

Da bi norma bila zadovoljena, za svake dvije korespondentne četvorke mora biti ili $S < G$ ili $S = G$. U protivnom norma nije zadovoljena.

Skup četvorki S (jedn. 20.) nije dovoljan za ocjenu kakvoće zraka ukoliko u bilo koje dvije korespondentne četvorke vremena usrednjavanja i/ili kvantilske razlike nisu međusobno jednake. U tablicama 1 – 4 navedene su ugledne norme (skupovi graničnih vrijednosti) kakvoće zraka onečišćujućih tvari znakovitih za termoelektrane na ugljen (odjeljak 2), redom, SO_2 , NO_2 , O_3 i lebdećih čestica. Već površan pogled na tablice dovoljan je da se uoči velika raznolikost glede vrijednosti sastavnica $\tau, p, X_{\tau p}$.

Tablica 1. Norme kakvoće zraka za SO₂ (T = 8760 h)

	oznaka	τ(h)	p	X _{τp} (μg/m ³)	napomena	literaturni izvor
Hrvatska (PV)	1	24	1-τ/T	125	a	3
	2	1	1-τ/T	350	-	3
	S	8760	-	50	b	3
Hrvatska (GV)	1	24	0,98	250	c	3
	1 ₅₀	24	0,50	80	d	3
	2	24	0,98	350	e	3
	2 ₅₀	24	0,50	120	f	3
Svjetska zdravstvena organizacija (WHO)	1	1/6	1-τ/T	500	-	7
	2	WHO2 ≡ PV2			g	7
	3	WHO3 ≡ PV3			-	8
Švicarska (CH)	1	1/2	0,95	100	-	9
	2	24	1-2τ/T	100	-	9
	S	8760	-	30	-	9
SAD (USA) (primarne -' i sekundarne -" norme)	'	24	1-2τ/T	365	-	10
	S'	8760	-	80	-	10
	"	3	1-2τ/T	1300	-	10
Njemačka (GER)	-	1/2	0,98	400	-	11
	S	8760	-	140	-	11
Japan (JAP)	1	1	1-τ/T	260	-	6
	2	24	1-τ/T	110	-	6

a) Preporučene vrijednosti X_{τp} Europske unije za iste vrijednosti, T, τ p: 100 – 150 μg/m³ [7]
 b) Preporučene vrijednosti X_{τp} Europske unije za iste vrijednosti, T, τ p: 40 – 60 μg/m³ [7]
 c) Ako je prekoračeno S/C̄ (tablica 4.)
 d) Ako je prekoračeno S/C̄₅₀ (tablica 4.)
 e) Ako S/C̄ nije prekoračeno (tablica 4.)
 f) Ako S/C̄₅₀ nije prekoračeno (tablica 4.)
 g) Preporuka Svjetske zdravstvene organizacije za Europu

Tablica 3. Norme kakvoće zraka za O₃ (T = 8760 h)

	oznaka	τ(h)	p	X _{τp} (μg/m ³)	napomena	literaturni izvor
Hrvatska (PV)	-	24	0,98	110	-	3
Hrvatska (GV)	1	24	0,98	150	-	3
	2	1	0,98	180	-	3
Svjetska zdravstvena organizacija (WHO)	1	1	1-τ/T	175	a	7
	2	8	1-τ/T	110	b	7
	3	1	1-τ/T	150	-	8
	4	8	1-τ/T	120	c	8
Švicarska (CH)	1	1	1-2τ/T	120	-	9
	2	1/2	0,98	100	d	9
Europska unija (EU)	1	8	1-τ/T	110	zaštita zdravlja	7
	2	1	1-τ/T	200	zaštita biljaka	7
	3	24	1-τ/T	65	zaštita biljaka	7
	4	1	1-τ/T	180	obavještenje pučanstvu	7
	5	1	1-τ/T	360	upozorenje pučanstvu	7
SAD (USA)	-	1	1-2τ/T	235	e	10
Japan (JAP)	-	1	1-τ/T	120	-	6

a) U izvorniku je X_{τp} u području 150 – 200 μg/m³
 b) U izvorniku je X_{τp} u području 100 – 120 μg/m³
 c) Preporuka Svjetske zdravstvene organizacije za Europu; u odnosu prema pokretnim vrijednostima*
 d) U svakom mjesecu mora 98 % vrijednosti biti manje od X_{τp} (τ = 1/2 h)*
 e) Broj dana u jednoj godini u kojima je vrijednost X_{τp} (τ = 1 h) prekoračena ne smije biti veći od 1.
 * Zbog osobitosti izričaja, usporedba s PV (odjeljak 6.) nije izvršena (za to bi bilo nužno dopuniti predložak usporedbe – odjeljak 5.2.)

Tablica 2. Norme kakvoće zraka za NO₂ (T = 8760 h)

	oznaka	τ(h)	p	X _{τp} (μg/m ³)	napomena	literaturni izvor
Hrvatska (PV)	-	24	0,98	60	-	3
	S	8760	-	40	-	3
Hrvatska (GV)	1	24	0,98	120	-	3
	2	1	0,98	200	-	3
	S	8760	-	60	-	3
Svjetska zdravstvena organizacija (WHO)	1	1	1-τ/T	400	-	7
	2	24	1-τ/T	150	-	7
	3	1	1-τ/T	200	a	8
Švicarska (CH)	1	1/2	0,95	100	-	9
	2	24	1-2τ/T	80	-	9
	S	8760	-	30	-	9
Europska unija (EU)	1	1	0,98	135	b	7
	1 ₅₀	1	0,50	50	b	7
	2	EU ≡ GV2			-	7
SAD (USA)	S	8760	-	100	-	10
Njemačka (GER)	-	1/2	0,98	200	-	11
	S	8760	-	80	-	11
Japan (JAP)	-	24	1-τ/T	120	c	6

a) Preporuka Svjetske zdravstvene organizacije za Europu
 b) Preporučena veličina
 c) Za X_{τp} je u izvorniku navedeno područje 80 – 120 μg/m³

Tablica 4. Norme kakvoće zraka za lebdeće čestice (T = 8760 h)

	oznaka	τ(h)	p	X _{τp} (μg/m ³)	napomena	literaturni izvor
Hrvatska (PV)	-	24	0,98	120	-	3
	S	8760	-	75	-	3
Hrvatska (PV – S/C̄)	1	24	1-τ/T	120	a	3
	2	1	1-τ/T	300	a	3
	S	8760	-	75	a	3
Hrvatska (GV)	-	24	0,98	350	-	3
	S	8760	-	150	-	3
Hrvatska (GV – S/C̄)	S/C̄	24	0,98	350	b	3
	S/C̄ ₅₀	24	0,50	150	b	3
Svjetska zdravstvena organizacija (WHO)	-	24	1-τ/T	120	-	7
Švicarska (CH)	-	24	0,95	150	-	9
	S	8760	-	70	-	9
Njemačka (GER)	-	1/2	0,98	300	-	11
	S	8760	-	150	-	11

a) Veličina navedena uz PV za SO₂ (tablica 1.)
 b) Veličina koja uvjetuje važenje GV za SO₂ (tablica 1.)

Valja naglasiti da, općenito, u odnosu prema stupnju mogućih štetnih utjecaja na prijarnike u okolišu, norme kakvoće zraka mogu imati značenje poželjnih (preporučenih) ili graničnih ("podnošljivih") razina kakvoće zraka. U uredbi [3] te su razine, redom, određene veličinama PV i GV – (odjeljak 1.). Međutim, s pomoću razlika uzrokovanih poželjnim ili "podnošljivim" značenjem normi samo se malim djelom mogu objasniti raznolikosti među vrijednostima sastavnica različitih normi. Njihov temeljni uzrok su "nesavršenosti" o kojima se govori na početku ovog odjeljka, tj. spomenute različitosti jesu (možda i dovoljan) dokaz tvrdnji o "nesavršenostima" koje su tamo navedene.

Sukladno takvim razmatranjima, postavlja se pitanje: kako unutar skupa navedenih "uglednih" normi kakvoće zraka razvrstati odgovarajuće hrvatske norme, određene veličinama PV i GV. Općenito, to je pitanje usporedbe normi kakvoće zraka. Prema navodima u odjeljku 1., određenje veličina PV i GV u odnosu na "ugledne" norme dalje znači i određenje uvjeta kojima će glede kakvoće zraka udovoljiti nove termoelektrane na ugljen.

5. USPOREDBA GRANIČNIH VRIJEDNOSTI KAKVOĆE ZRAKA

Usporedba različitih graničnih vrijednosti kakvoće zraka znači međusobnu usporedbu četvorki $G_i = \langle T, \tau, p, c \rangle_i$, ($i = 1, 2, \dots$). Neka je pitanje samo poretka, u smislu "strože" (\prec) i "blaže" (\succ) granične vrijednosti. Za klasu slučajeva u kojima se uspoređivane četvorke razlikuju samo u jednoj sastavnici, usporedba je razvidna. No, ako je broj različitih sastavnica veći od jedan, za usporedbu je nužno uvesti dodatna, dovoljno utemeljena mjerila. Dva su oprečna pristupa kojima bi ta mjerila valjalo osmisliti: a) izravno, b) neizravno.

Ad a) Ako četvorke G_i i G_j pripadaju, redom, temeljnim funkcijama rizika R_i i R_j (jedn.13), vrijedi:

$$R_i > R_j \rightarrow G_i \succ G_j; \quad R_i = R_j \rightarrow G_i = G_j;$$

$$R_i < R_j \rightarrow G_i \prec G_j \quad (22)$$

Slično na nižoj razini savršenosti, s pomoću "jednostavnih" funkcija rizika r_e (jedn. 14.), bila bi moguća usporedba:

$$r_{ei} > r_{ej} \rightarrow G_i \succ G_j, \quad r_{ei} = r_{ej} \rightarrow G_i = G_j,$$

$$r_{ei} < r_{ej} \rightarrow G_i \prec G_j \quad (23)$$

S obzirom na istraženost funkcija rizika takva usporedba samo bi izuzetno bila moguća: jer bi bilo nužno poznavati funkcije R ili r_e , što pretpostavlja da je "potpuno" istražen utjecaj polutanta ζ na sve uvažene grupe prijarnika, ili na jednu razmatranu (bitnu) grupu prijarnika.

Ad b) Treba među sastavnicama četvorki G_i i G_j poznavati dovoljan broj veza, takvih da se četvorke G_i i G_j

mogu predstaviti veličinama koje, u odnosu prema stupnju kakvoće zraka, imaju relaciju poretka. Prirodno je takve veze potražiti u koncentracijskim iskazima s više informacijskih podataka nego što ih sadrže četvorke S (jedn. 20.). U narečenom smislu najbolje je usmjeriti se k funkcijama raspodjele izmjerenih vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari, jer su one, praktički, izravni ishod svakog sustavnog praćenja kakvoće zraka.

5.1. Predložak istovjetnih tipova funkcija raspodjele

Neka svaka raspodjela mjernih rezultata x koncentracije onečišćujuće tvari ζ , u prostoru \mathcal{V} i razdoblju T , bez obzira na vrijednosti vremena usrednjavanja τ uvijek pripada istom tipu funkcija raspodjele:

$$F_\tau(x, \alpha_1, \dots, \alpha_k) = P(X \leq x) \quad (24)$$

tj. F_τ su funkcije istog tipa u kojima, u općem slučaju, svih k parametara $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ mogu ovisiti o vremenu usrednjavanja τ . Ako su te ovisnosti poznate, tj.

$$\alpha_j = f_j(\tau, a_1, \dots, a_l), \quad (i=1, k; j=1, l; l \leq k) \quad (25)$$

gdje su a_j ($j=1, l$) parametri neovisni o τ , dobit će se, prema jedn. (24), familija funkcija koje za svaku vrijednost τ određuju funkcije raspodjele:

$$F(x_{\tau q}, a_1, \dots, a_l) = q, \quad q \in [0, 1] \quad (26)$$

u kojima parametri $\alpha_1, \dots, \alpha_l$ ne ovise o vremenu usrednjavanja, tj. ovise samo o kakvoći zraka. Ako je neka granična vrijednost zadana četvorkom (jedn. 17.):

$$G_{vq} = \langle T, v, q, X_{vq} \rangle \quad (27)$$

tada nejednakost:

$$F(X_{vq}, v, a_1, \dots, a_l) \geq q \quad (28)$$

tj.

$$\Theta_{vq}(a_1, \dots, a_l) = F(X_{vq}, v, a_1, \dots, a_l) - q \geq 0 \quad (29)$$

znači da granična vrijednost nije prekoračena. Θ_{vq} je "karakteristična funkcija" četvorka G_{vq} .

(i) **Usporedba graničnih vrijednosti.** Neka su zadane četvorke G_{vq} i $G_{\mu r}$ (tj. granične vrijednosti kakvoće zraka). Njima odgovarajuće karakteristične funkcije jesu Θ_{vq} i $\Theta_{\mu r}$. S obzirom na nejednakost (29) slijedi: granična vrijednost G_{vq} je stroža od granične vrijednosti $G_{\mu r}$ za one vrijednosti parametara a_1, \dots, a_l , za koje vrijedi:

$$\inf\{\Theta_{vq}, \Theta_{\mu r}\} = \Theta_{vq} \quad (30)$$

(ii) **Prilagodba graničnih vrijednosti.** Neka je zadana četvorke (granična vrijednost kakvoće zraka) $\Theta_{\mu r}$ ($\tau = \mu, p = r$) koju treba prilagoditi novom vremenu usrednjavanja ($\tau = v$) i novoj kvantilskoj razini ($p = q$). Drugim riječima, četvorku $G_{\mu r}$ treba izraziti četvorkom G_{vq} tako da se korištenjem nove četvorke osigura jednaka ili približno jednaka ocjena kakvoće zraka. Ako su karakter-

istične funkcije četvorki $G_{\mu r}$ i G_{vq} , redom, $\Theta_{\mu r}$, Θ_{vq} , rješenje zadatka dobiva se na temelju uvjeta minimuma funkcije:

$$I_2(X_{vq}, q) = \int_D (\Theta_{\mu r} - \Theta_{vq})^2 dD \quad (31)$$

gdje je D potprostor prostora $\{(0, a_1, \dots, a_l)\}$ koji obuhvaća "tipične" vrijednosti parametara a_1, \dots, a_l . Tražene nepoznate vrijednosti X_{vq} i q određuju se iz nužnog uvjeta (uz ispunjenje i dovoljnog uvjeta) za minimum funkcije I_2 – znači na temelju prvih i drugih djelomičnih derivacija funkcije I_2 .

5.2. Razvoj predloška za lognormalnu raspodjelu

Postoji mnogo razloga da se prethodno opisani predložak primijeni isključivo na logaritamski normalnu raspodjelu:

- (i) Prema publikaciji Svjetske zdravstvene organizacije [29] utvrđeno je: "Učinjeno je mnogo pokušaja da se nađe jedan opći zakon raspodjele za skupove koncentracija onečišćujućih tvari u zraku. Među predloženim zakonima izgleda da je logaritamski normalna raspodjela najviše prihvaćena". Ovakva tvrdnja potvrđena je i u nizu kasnijih istraživanja koje, s obzirom na njihovu množinu, ovdje ne bi imalo smisla nabrajati.
- (ii) Dobro je ispitana ovisnost parametara raspodjele o vremenu usrednjavanja (jedn. 25.).
- (iii) S obzirom na veliki obujam istraživanja dobro se može odrediti područje, tj. granice promjena vrijednosti parametara funkcije raspodjele u stvarnosti.

Za slučaj logaritamski normalne raspodjele jednačba (24) glasi:

$$F_\tau(x, \alpha, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{u^2}{2}} du = p, \quad x \in [0, +\infty) \quad (32)$$

gdje je:

$$y = \frac{\log x - \log x_{50}}{\sigma} = \frac{\log \frac{x}{x_{50}}}{\sigma} \quad (33)$$

parametar normirane normalne raspodjele i

$$\alpha = E(X), \quad \log x_{50} = E(\log X), \quad \sigma^2 = D^2(\log X) \quad (34)$$

i gdje je u jednačbi (33) iskorišteno svojstvo logaritamske normalne raspodjele:

$$\log \alpha = \log x_{50} + \frac{1}{2} \sigma^2 \quad (35)$$

Na temelju vrlo opsežnih istraživanja, ovisnost parametara α i σ o vremenu usrednjavanja τ (jedn. 25.) za logaritamski normalnu raspodjelu može se izraziti jednačbama [30]:

$$\alpha(\tau) = \alpha = \text{const}, \quad \sigma^2(\tau) = b \cdot \log \frac{T}{\tau} \quad (36)$$

gdje su α i b parametri koji ne ovise o vremenu usrednjavanja nego samo o kakvoći zraka.

Prema jednačbama (32. – 34.) uvjet (28) glasi:

$$\int_{-\infty}^{y(X_{vq})} e^{-\frac{u^2}{2}} du \geq \int_{-\infty}^{y_q} e^{-\frac{u^2}{2}} du \Leftrightarrow y(X_{vq}) \geq y_q \quad (37)$$

te, konačno, s pomoću jednačbe (36), dobiva se uvjet:

$$\alpha \leq A_{vq} \quad (38)$$

gdje je:

$$A_{vq}(b) = \exp\left[\frac{1}{2} b \log \frac{T}{v} - y_q \sqrt{b} \sqrt{\log \frac{T}{v} + \log X_{vq}}\right] \quad (39)$$

Funkcija $A_{vq}(b)$ nazvat će se "usporedbena funkcija". Svako četvorki G_{vq} (jedn. 27.) odgovara jedna i samo jedna usporedbena funkcija $\{b, A(b)\}$.

Sustavu normi N koji uključuje više graničnih vrijednosti G', G'', \dots , čije su usporedbene funkcije, redom, A', A'', \dots odgovara, također, usporedbena funkcija:

$$\Phi(b) = \inf\{A', A'', \dots\} \quad (40)$$

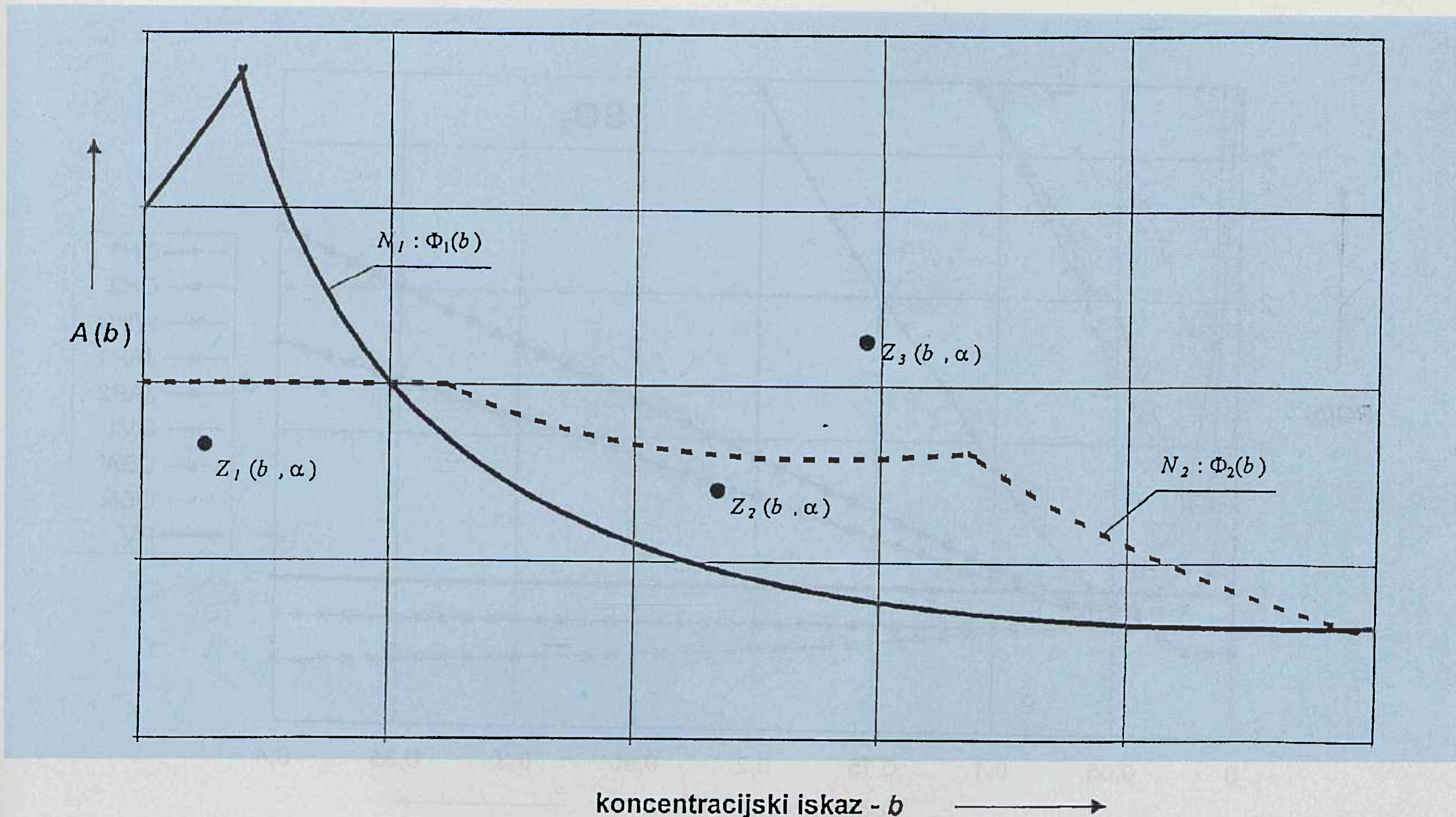
Za dva sustava normi N_i i N_j čije su usporedbene funkcije, redom, Φ_i , Φ_j vrijedi:

$$\begin{aligned} \Phi_i < \Phi_j &\rightarrow N_i < N_j; & \Phi_i = \Phi_j &\rightarrow N_i = N_j; \\ \Phi_i > \Phi_j &\rightarrow N_i > N_j; \end{aligned} \quad (41)$$

tj. zadatak usporedbi normi svodi se na nalaženje razmaka (područja) vrijednosti b za koje je neki od navedenih uvjeta (41) ispunjen.

U koordinatnom sustavu $\{O, b, A(b)\}$, ($b \geq 0, A(b) \geq 0$) graf funkcije $\Phi(b)$ – jedn. 40. – je po dijelovima glatka krivulja koja dijeli prostor ($b \geq 0, A(b) \geq 0$) na dva dijela (sl. 4.).

Svaka kakvoća zraka (tj. njoj odgovarajuća funkcija logaritamski normalne raspodjele) preslikava se u točku tog prostora ($b, A(b) = \alpha$). Tada poluprostor ispod krivulja funkcije $\Phi(b)$ – uključivo i točke krivulje – odgovara kakvoćama zraka koje zadovoljavaju normu, a poluprostor iznad krivulje odgovara kakvoćama zraka koje ne zadovoljavaju normu. Tako, prema prikazu na sl. 4., točkama Z_1, Z_2, Z_3 zadane su tri različite kakvoće zraka: Z_1 – zadovoljava i normu N_1 i normu N_2 ; Z_2 – zadovoljava normu N_2 i ne zadovoljava normu N_1 ; Z_3 – ne zadovoljava ni normu N_1 ni normu N_2 . Usporedba normi kakvoće zraka prema relacijama (41), ili prema grafovima kao na sl. 4., određuje samo poredak među normama, bez količinskog određenja. Zbog toga je uputno računati relativno odstupanje jedne u odnosu prema drugoj normi: Neka je Φ_M usporedbena funkcija nekog zadanog sustava normi N_M , a Φ_i je usporedbena funkcija nekog sustava normi N_i koji treba usporediti s N_M . Relativno odstupanje norme N_i u odnosu prema normi N_M , u ovisnosti o parametru kakvoće zraka b , bit će:

Slika 4. Usporedba normi (N_1, N_2) u prostoru $\{(0, b, A), b \geq 0, A \geq 0\}$

$$RO(b) = \frac{\Phi_i - \Phi_M}{\Phi_M} \quad (42)$$

a relacije (41) izražene pomoću relativnog odstupanja glase:

$$\begin{aligned} RO(b) < 0 &\rightarrow N_i < N_M; \\ RO(b) = 0 &\rightarrow N_i = N_M; \\ RO(b) > 0 &\rightarrow N_i > N_M \end{aligned} \quad (43)$$

Relativno odstupanje norme N_i u odnosu prema normi N_M za vrijednosti parametra b , iz razmaka (b_1, b_2) , za koje se očekuje primjena normi, jest:

$$ROI(b_1, b_2) = \frac{\int_{b_1}^{b_2} |\Phi_i - \Phi_M| db}{\int_{b_1}^{b_2} \Phi_M db} \quad (44)$$

6. USPOREDBA HRVATSKIH I UGLEDNIH SVJETSKIH NORMI KAKVOĆE ZRAKA

Postupak opisan u odjeljku 5.2. primijenjen je za usporedbu hrvatskih normi (PV, GV – tablice 1. – 4.), za onečišćujuće tvari znakovite za termoelektrane na ugljen, s "uglednim" svjetskim normama za iste onečišćujuće tvari, navedene, također, u tablicama 1. – 4. Računanje je obavljeno na temelju vrijednosti τ, p, X_{tp} iz tablica, korištenjem jednadžbe (42). Radi sukladnosti, u jednadžbi (42) je za usporedbenu funk-

ciju Φ_M uvijek birana hrvatska PV – norma. Tada je, npr., za SO_2 , prema oznakama u tablici 1.:

$$\Phi_M(b) = \inf\{A_{PV1}(b), A_{PV2}(b), A_{PVS}(b)\} \quad (45)$$

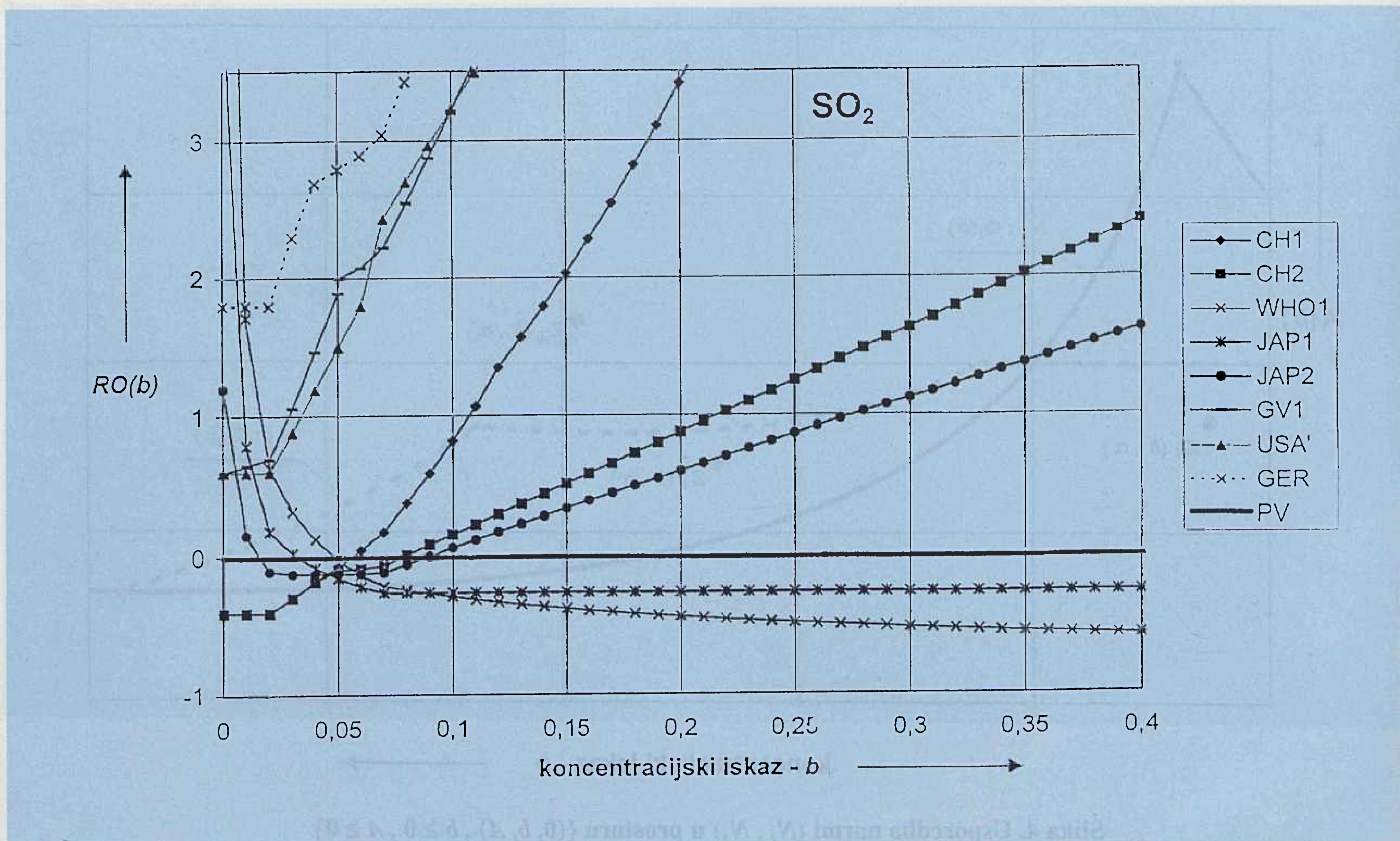
a za $\Phi_i(b)$ su uzimani ili infimumi ostalih normnih sustava ili samo funkcije $A(b)$ koje odgovaraju pojedinačnoj graničnoj vrijednosti.

Izračunate vrijednosti funkcija $RO(b)$, za SO_2, NO_2, O_3 i čestice, prema jednadžbi (42), i njihovi grafovi prikazani su, redom, na slikama 5. – 8.

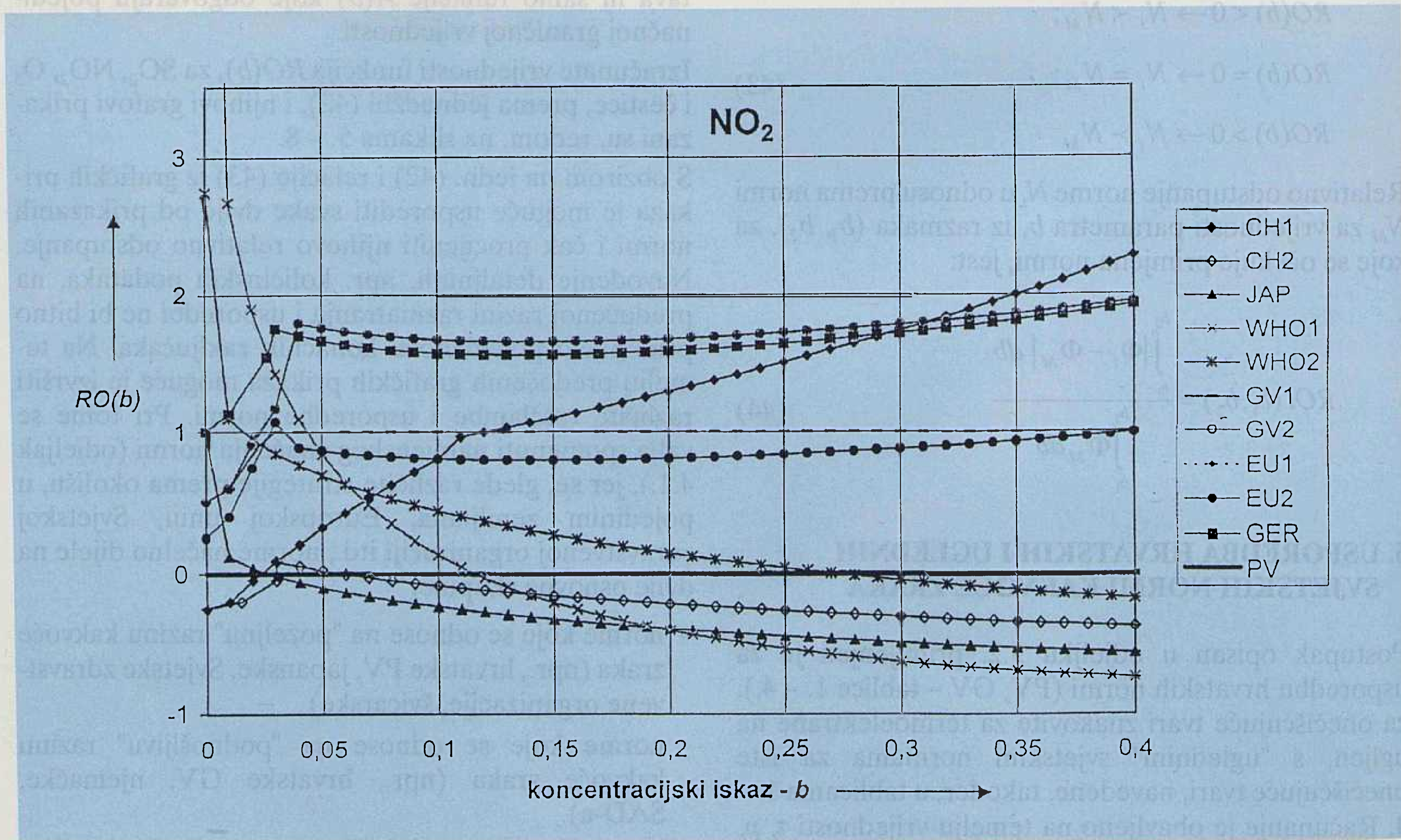
S obzirom na jedn. (42) i relacije (43) iz grafičkih prikaza je moguće usporediti svake dvije od prikazanih normi i čak procijeniti njihovo relativno odstupanje. Navođenje detaljnijih, npr. količinskih podataka, na predočenoj razini razmatranja i usporedbi ne bi bitno pridonijelo pouzdanosti konačnih zaključaka. Na temelju predočenih grafičkih prikaza moguće je izvršiti različite raščlambe i usporedbe normi. Pri tome se valja spomenuti namjenskog značenja normi (odjeljak 4.1.), jer se, glede različite strategije prema okolišu, u pojedinim zemljama, Europskoj uniji, Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji itd., norme načelno dijele na dvije osnovne skupine:

- norme koje se odnose na "poželjnu" razinu kakvoće zraka (npr., hrvatske PV, japanske, Svjetske zdravstvene organizacije, švicarske)
- norme koje se odnose na "podnošljivu" razinu kakvoće zraka (npr., hrvatske GV, njemačke, SAD-a).

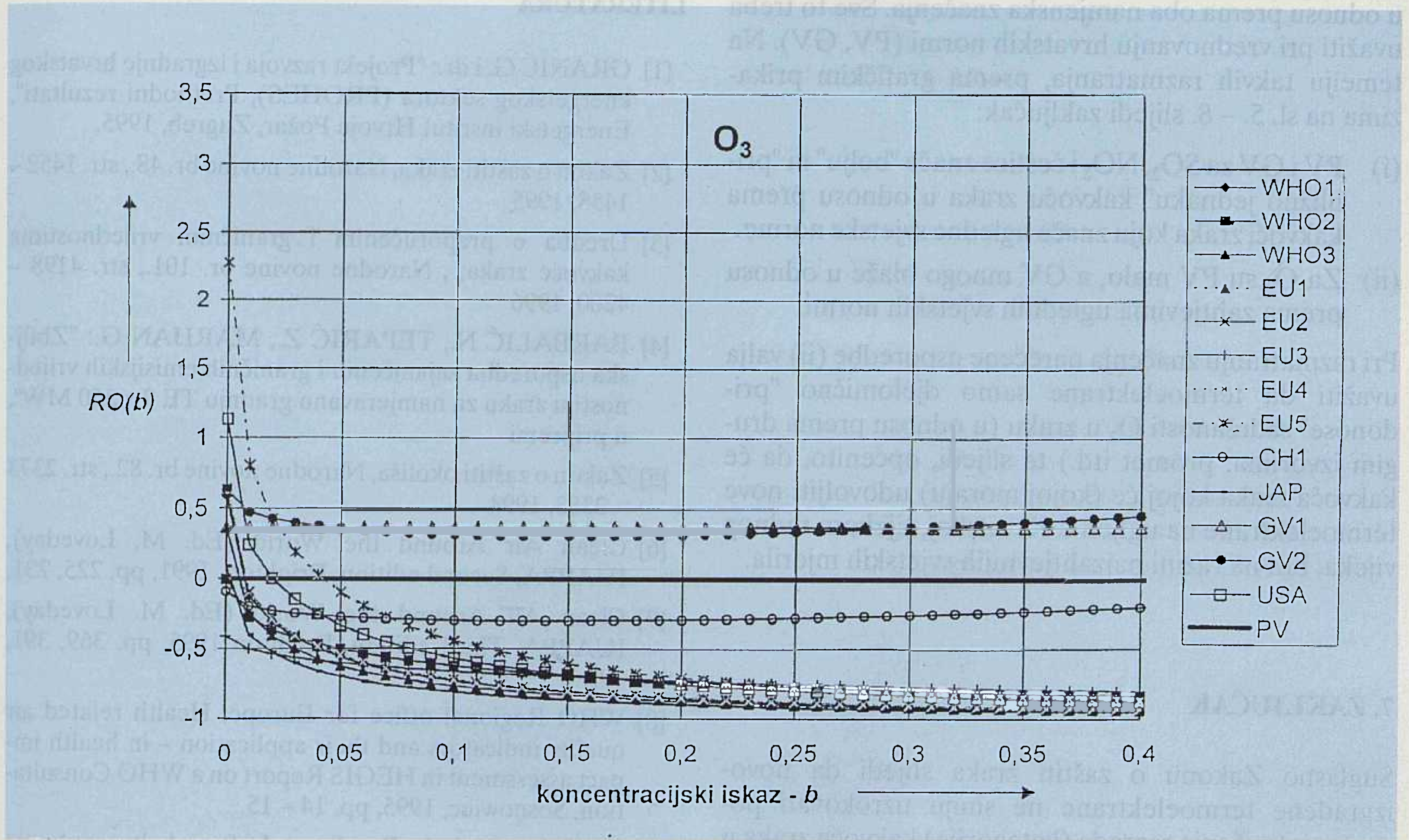
Spomenuta podjela nije oštra a također valja uočiti da se u još nekim od spomenutih zemalja norme propisuju



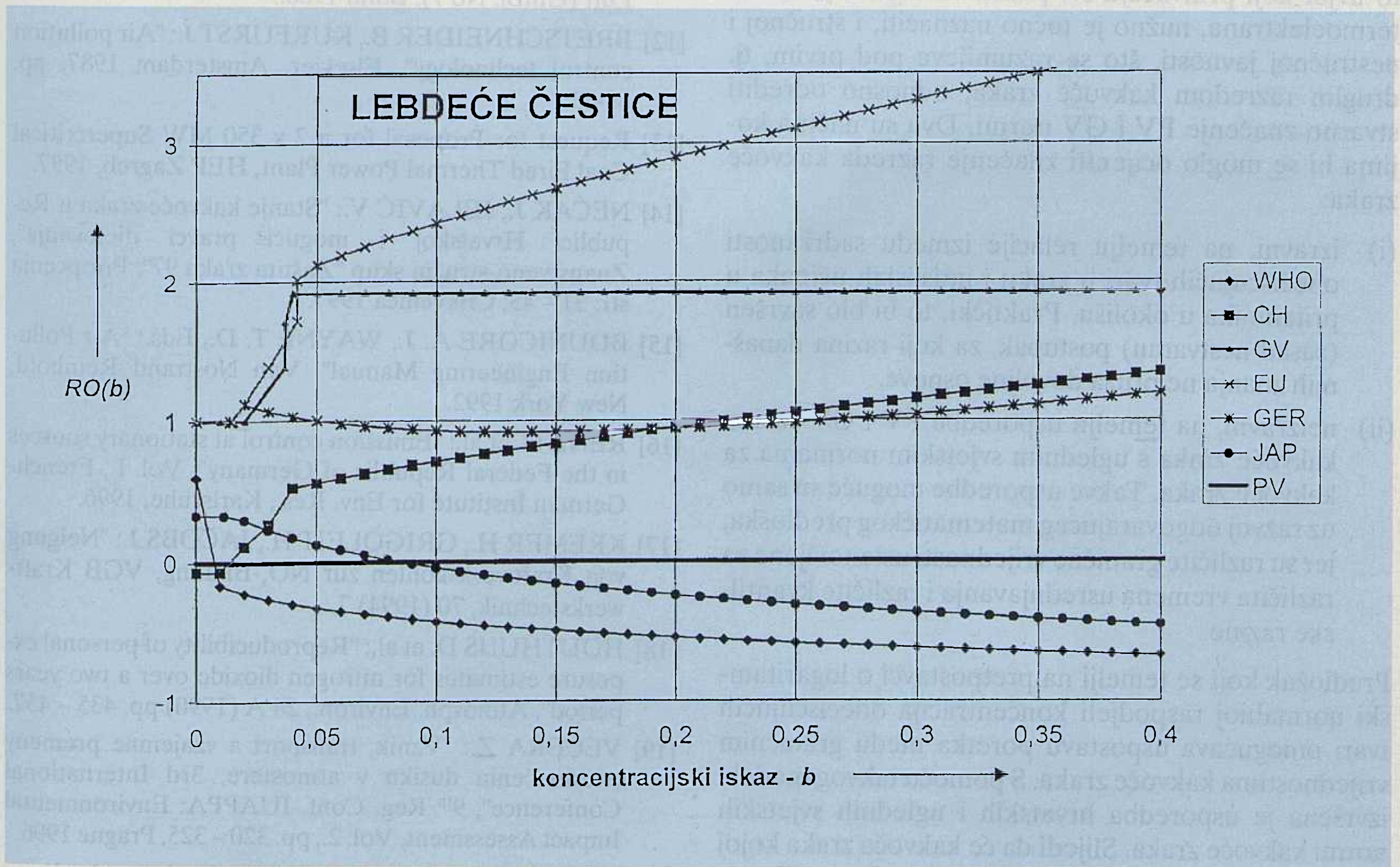
Slika 5. Usporedba normi kakvoće zraka za SO₂ (oznake prema tablici 1.)



Slika 6. Usporedba normi kakvoće zraka za NO₂ (oznake prema tablici 2.)



Slika 7. Usporedba normi kakvoće zraka za O₃ (oznake prema tablici 3.)



Slika 8. Usporedba normi kakvoće zraka za lebdeće čestice (oznake prema tablici 4.)

u odnosu prema oba namjenska značenja. Sve to treba uvažiti pri vrednovanju hrvatskih normi (PV, GV). Na temelju takvih razmatranja, prema grafičkim prikazima na sl. 5. – 8. slijedi zaključak:

- (i) PV i GV za SO₂, NO₂ i čestice znače "bolju" ili "približno jednaku" kakvoću zraka u odnosu prema kakvoći zraka koju znače ugledne svjetske norme.
- (ii) Za O₃ su PV malo, a GV mnogo blaže u odnosu prema zahtjevima uglednih svjetskih normi.

Pri razmatranju značenja narečene usporedbe (ii) valja uvažiti da termoelektrane samo djelomično "pripidonose" sadržanosti O₃ u zraku (u odnosu prema drugim izvorima: promet itd.) te slijedi, općenito, da će kakvoća zraka kojoj će (kojoj moraju) udovoljiti nove termoelektrane na ugljen u Hrvatskoj, tijekom radnog vijeka, biti na razini najzahtjevnijih svjetskih mjerila.

7. ZAKLJUČAK

Suglasno Zakonu o zaštiti zraka slijedi da novoizgrađene termoelektrane ne smiju uzrokovati pogoršanje/sniženje razreda (kategorije) kakvoće zraka u okolnom području: Za područje s prvim razredom zraka to znači da se neće prekoračiti PV – norme, a za područja s drugim razredom kakvoće zraka to znači da se neće prekoračiti GV – norme i da će se PV – norme postići u (doglednoj) budućnosti. S obzirom na to da je to uvjet koji prihvaćaju svi ponuđači izgradnje novih termoelektrana, nužno je točno naznačiti, i stručnoj i nestručnoj javnosti, što se razumijeva pod prvim, tj. drugim razredom kakvoće zraka, odnosno odrediti stvarno značenje PV i GV normi. Dva su načina kojima bi se moglo ocijeniti značenje razreda kakvoće zraka:

- (i) izravni, na temelju relacije između sadržanosti onečišćujućih tvari u zraku i imisijskih učinaka u prijamnika u okolišu. Praktički, to bi bio savršen (zasad nestvaran) postupak, za koji razina današnjih znanja ne pruža dovoljne osnove,
- (ii) neizravni, na temelju usporedbe PV i GV razina kakvoće zraka s uglednim svjetskim normama za kakvoću zraka. Takve usporedbe moguće su samo uz razvoj odgovarajućeg matematičkog predloška, jer su različite granične vrijednosti ustanovljene za različita vremena usrednjavanja i različite kvantilne razine.

Predložak koji se temelji na pretpostavci o logaritamski normalnoj raspodjeli koncentracija onečišćujućih tvari omogućava uspostavu poretka među graničnim vrijednostima kakvoće zraka. S pomoću takvog modela izvršena je usporedba hrvatskih i uglednih svjetskih normi kakvoće zraka. Slijedi da će kakvoća zraka kojoj će udovoljiti nove termoelektrane na ugljen u Hrvatskoj biti na razini najzahtjevnijih svjetskih mjerila.

LITERATURA

- [1] GRANIĆ G. i dr.: "Projekt razvoja i izgradnje hrvatskog energetskog sektora (PROHES), Prethodni rezultati", Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 1995.
- [2] Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 48., str. 1452 – 1458, 1995
- [3] Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Narodne novine br. 101., str. 4198 – 4200, 1996
- [4] BARBALIĆ N., TEPARIĆ Z., MARIJAN G.: "Zbiljska usporedba zajamčenih i graničnih emisijskih vrijednosti u zraku za namjeravanu gradnju TE 2 x 350 MW", u pripremi
- [5] Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine br. 82., str. 2373 – 2383, 1994
- [6] Clean Air Around the World (Ed. M. Loveday), IUAPPA, Second edition, Brighton, 1991, pp. 225, 231.
- [7] Clean Air Around the World (Ed. M. Loveday), IUAPPA, Third edition, Brighton 1995, pp. 369, 391, 393.
- [8] WHO Regional office for Europe, Health related air quality indicators and their application – in health impact assessment in HEGIS Report on a WHO Consultation, Sosnowiec, 1995, pp. 14 – 15.
- [9] Der Schweizerische Bundesrat, Luftreinhalteverordnung (LRV) – (SR 814.318.142.1), Dezember 1985. (Stand am 1. Juli 1993)
- [10] 40 CFR part 50, pp. 704-707, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Revised as of July 1, 1995
- [11] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft (GmBl. No 7), Bonn 1986.
- [12] BRETSCHNEIDER B., KURFÜRST J.: "Air pollution control technology", Elsevier, Amsterdam 1987, pp. 68-83.
- [13] Request for Proposal for a 2 x 350 MW Supercritical Coal Fired Thermal Power Plant, HEP Zagreb, 1997.
- [14] NEĆAK J., JELAVIĆ V.: "Stanje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj i mogući pravci djelovanja", Znanstveno-stručni skup "Zaštita zraka 97", Priopćenja str. 31 – 45, Crikvenica 1997.
- [15] BOUNICORE A. J., WAYNE T. D., Eds.: "Air Pollution Engineering Manual", Van Nostrand Reinhold, New York 1992.
- [16] RENZ O. et al.: "Emission control at stationary sources in the Federal Republic of Germany", Vol. I., French-German Institute for Env. Res., Karlsruhe, 1996.
- [17] KREMER H., GRIGOLEIT H., JACOBS J.: "Neigung von Kraftwerkskohlen zur NO_x-Bildung, VGB Kraftwerkstechnik, 70 (1994) 7.
- [18] HOUTHUIJS D. et al.: "Reproducibility of personal exposure estimates for nitrogen dioxide over a two years period", Atmosph. Environ., 24 A (1990) pp. 435 – 437.
- [19] VEČERA Z.: "Vznik, transport a vzajemne premeny oxosloučenin dusiku v atmosfere, 3rd International Conference", 9th Reg. Conf. IUAPPA: Environmental Impact Assessment, Vol. 2., pp. 320 – 325, Prague 1996.
- [20] FUGAŠ M.: "Osnove za izradu smjernica za kvalitetu zraka", Zaštita atmosfere 19 (1991), br. 1., str. 1 – 5

- [21] FUGAŠ M., KRSTIĆ M., BARBALIĆ N.: "Air quality guidelines as a basis for air pollution control strategies", WHO Newsletter No 10, (1992), str. 9 – 10
- [22] BARBALIĆ N., JELAVIĆ V.: "Ocjena kakvoće zraka (II): Značenje imisijskih i prijamskih uvjeta u imisijskom prelazu; Imisijski rizik", *Gospodarstvo i okoliš* 5 (1997), str. 389 – 393
- [23] BARBALIĆ N., MARIJAN G., TEPARIĆ Z.: "Public acceptance of evaluation of air emission and immission standards in the case of new TPP construction", International scientific and technical conference "Power – Coal – Environment", Mošćenička Draga, 1998, Proc. Ref. D.9
- [24] BARBALIĆ N. JELAVIĆ V.: "Temelji sustavne izgradnje i/ili poboljšanja postupka za ocjenu kakvoće zraka", Znanstveno – stručni skup "Zaštita zraka 97", Priopćenja, str. 75 – 81, Crikvenica 1997
- [25] BARBALIĆ N. JELAVIĆ V.: "Ocjena kakvoće zraka (I.): Sastavnice postupka ocjene kakvoće zraka; imisijske veličine i značenje mjernih vrijednosti koncentracije onečišćujućih tvari", *Gospodarstvo i okoliš* 5 (1997), str. 209 – 215
- [26] VDI 2309/1 Ermittlung von Maximalen Immissions – Werten: Grundlagen, Blatt 1, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1983
- [27] SALTZMAN B.E.: "Significance of sampling time in air monitoring", *JAPCA* 20 (1970), pp. 660 – 665
- [28] Air quality criteria and guides for urban air pollutants, In Manual on urban quality management, pp. 35 – 51, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1976
- [29] Analysing and interpreting air monitoring data, GEMS, WHO Offset Publ. No 51, Geneva 1980
- [30] BARBALIĆ N.: "Mutual dependences between the characteristic parameters of lognormal mathematical model of air pollution concentration", *Atmospheric Environment* 15 (1981) pp. 1691 – 1698
- [31] Polfeldt Th, Les paramètres à prendre en consideration dans les statistiques de qualité de l'air, Publication des Nation Unies F. 84. II. E. 29: Normes et études statistiques – No 36, New York, 1985, pp 31 - 65
- [32] Acidification and Air Pollution, A Brief Guide, National Environment Protection Board, Solna, Sweden, 1983.

DEVELOPMENT OF THE THEORETICAL BACKGROUND FOR CONDITIONS WHEN EVALUATING AIR QUALITY OF NEW COAL FIRED THERMAL POWER PLANTS

Legislative conditions considering air quality in the areas surrounding a new thermal power plant are discussed. Therefore the connection between pollutants' content in the air and the risk of exposure effects for the environment are studied. It is estimated that the current procedures for the air quality categorization, based on limited values, are not objective enough and are subjective in the direction of

maximal security of exposed receptors. In such a case the evaluation of conditions made for coal fired thermal power plants can only be approximate. The air quality norms are given based on the comparison of the Croatian ones and the renowned world norms. For that purpose the world norms are chosen and given, and the mathematical procedure based on the theory and experience is elaborated for their comparison. It is proven that, by meeting the already mentioned conditions, the highest world standards considering the air quality around new coal fired thermal power plants are obtained.

DIE ENTWICKLUNG EINER THEORETISCHEN MUSTER ZUR ABSCHÄTZUNG DER BEDINGUNGEN FÜR DIE LUFTQUALITÄT IN DER UMGEBUNG NEUER KOHLEKRAFTWERKE

Erörtert wurden gesetzliche Bedingungen welchen neue Kohlekraftwerke bezüglich der Luftqualität in der Umgebung gerecht sein müssen. Dieses Gerechtheits wegen ist der Zusammenhang zwischen dem Inhalt der Verunreinigungsstoffe in der Luft und dem Risiko der Einschlebungseffekte (Immission) in der Umgebung beobachtet. Es ist hingewiesen daß bisherige – auf die Vorlage der Grenzwerte gestützte – Verfahren der Erörterung der Luftqualität nicht genügend sachlich sind und sich der Richtung größtmöglicher Sicherheit der Immissionsträger neigen. In solchen Umständen kann die Abschätzung der Bedingungen für die Kohlekraftwerke nur annähernd gelten. Des Vergleiches wegen sind für die Luftqualität ein Verzeichniss der kroatischen und ein derartiges der allgemein angesehenen Normen von Weltruf erstellt. Für den eigentlichen Vergleich ist ein theoretisches Erfahrungsmodell entwickelt. Es ist erwiesen worden, das unter Erfüllung erwähnter Bedingungen für neue Kohlekraftwerke der Luftqualität die Haftung auf dem Niveau der anspruchsvollsten Normen der Welt gegeben werden kann.

Naslov pisaca:

dr. sc. Nikola Barbalić dipl. ing.
Goran Marijan, dipl. ing.
HEP Sektor za termoelektrane
Mišvečka 15a
10000 Zagreb Hrvatska

mr. sc. Vladimir Jelavić, dipl. ing.
EKONERG – Holding
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-09-05.

ISO 9001-94

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO - 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD, novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

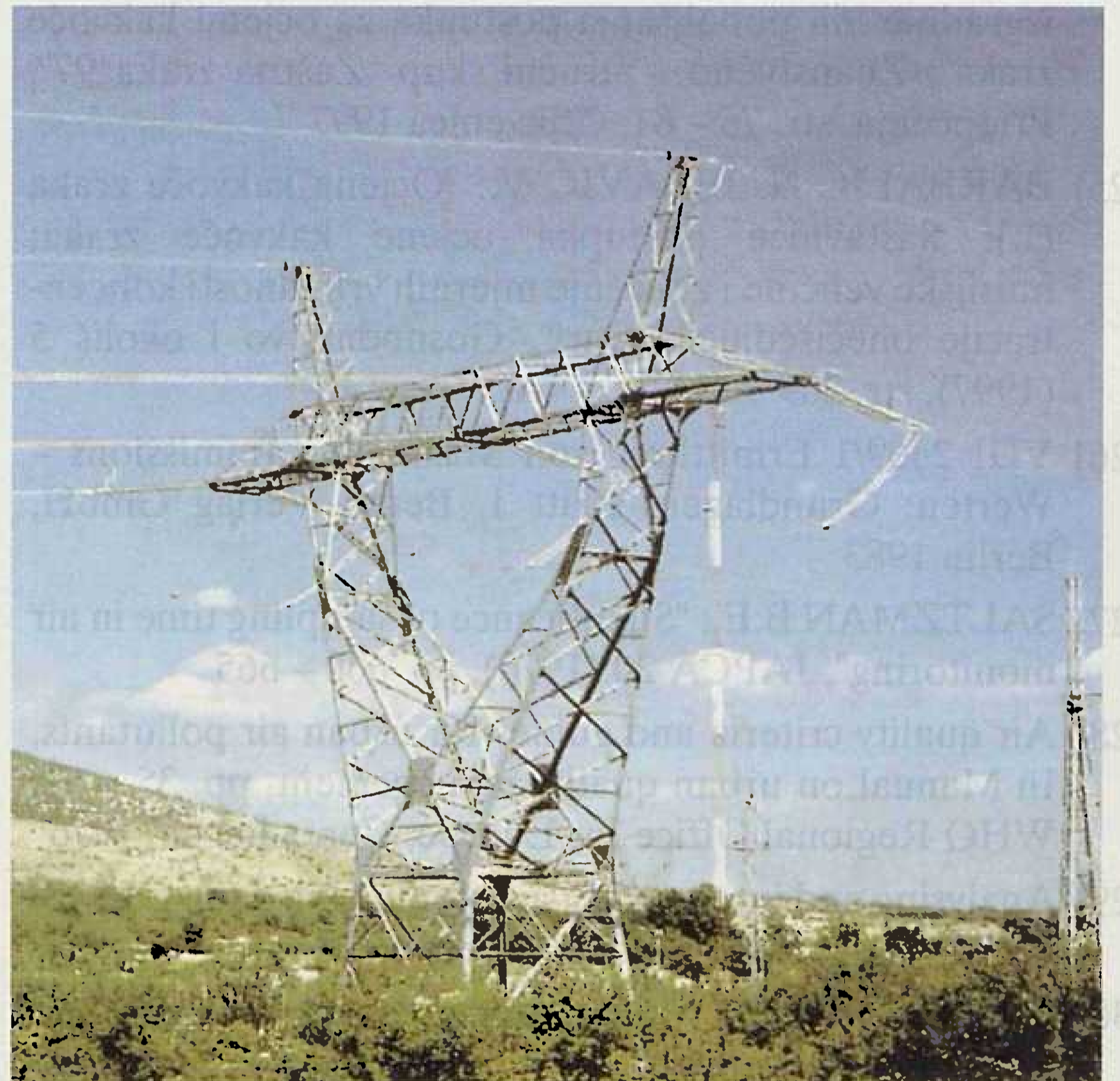
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU - Njemačka
- Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI - Slovenija

DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 - 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 - 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 - 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brznoj i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance
Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994


The Quality Management System is applicable to:

**Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.**

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval
Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998


on behalf of LRQA

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZO-002/91

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZO-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB - HRVATSKA
Tel.: ++385-1-6125-111, 5111-325
Fax: ++385-1-530-606, 5111-754

PREGLED STANJA RAZVOJA NAPREDNIH TERMIČKIH REAKTORA S NAGLASKOM NA TEHNIČKE I SIGURNOSNE KARAKTERISTIKE

Renata Matanić, Zagreb

UDK 621.039.52
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazuje se razvoj naprednih nuklearnih reaktora u zemljama proizvođačima i prema tipovima reaktora. Za svaki tip opisana su njegova najznačajnija svojstva, te je moguća njihova međusobna usporedba.

Ključne riječi: napredni reaktori, pasivna sigurnost, tlakovodni reaktor (PWR), kipući reaktor (BWR), visokotemperaturni reaktor (HTR), teškotlak reaktor (CANDU).

1. UVOD

Razvoj tehnologije i nova tehnološka rješenja omogućuju napredak u raznim industrijskim granama, pa tako i u području nuklearne energetike. Novi, napredni tipovi nuklearnih reaktora stavljaju naglasak na dva pojma: ekonomičnost i sigurnost.

Iako se članak ne bavi pitanjima ekonomičnosti naprednih nuklearnih postrojenja, činjenica je da bi ova postrojenja bila prihvatljiva moraju biti (i) isplativa. Prema nekim pokazateljima postrojenje od oko 1000 MW_e konkurentno je istom takvom postrojenju na fosilna goriva. Pri tome ne treba zaboraviti da utjecaj CO₂ nije uzet u obzir, što ide u prilog nuklearnim elektranama.

Poboljšana sigurnost postrojenja ne znači da dosadašnje izvedbe nuklearnih elektrana nisu bile dovoljno sigurne, već je napredak omogućio da vjerojatnost pojave nekog neželjenog događaja bude još manja.

Sjedinjene Američke Države, Japan, Francuska, Njemačka i Kanada neke su od vodećih zemalja koje razvijaju nuklearne reaktore sljedeće generacije i koje su u tom pogledu najdalje odmakle. Zajedničke značajke tih reaktora su:

- standardizirana izvedba svakog tipa kako bi se ubrzalo dobivanje dozvola, smanjilo kapitalne troškove i skratilo vrijeme izgradnje
- jednostavnija i robustnija izvedba, lakše vođenje pogona i manja osjetljivost na pogonske poremećaje
- veća raspoloživost i duži radni vijek
- konkurentnost s ostalim tehnologijama s obzirom na veličinu jedinica

- daljnje smanjenje vjerojatnosti topljenja jezgre
- minimalan utjecaj na okoliš
- veći odgor kako bi se smanjila količina goriva i otpada.

Najveći odmak od sadašnjih izvedbi očituje se u uvođenju pojednostavljenih sigurnosnih sustava, odnosno "pasivnih" sigurnosnih sustava čije se djelovanje temelji na prirodnim silama (gravitacija, uzgon), uskladištenoj energiji (komprimirani plin, akumulatorske baterije) i pasivnim mehaničkim komponentama (nepovratni ventili). U tablici 1. dan je pregled naprednih termičkih reaktora u razvoju i njihove glavne karakteristike.

1.1. SAD

Komercijalna nuklearna industrija u suradnji s Ministarstvom energetike (Department of Energy) razvija 3 tipa naprednih lakovodnih reaktora. Zahtjevi koje ovi reaktori moraju zadovoljiti navedeni su u tablici 2. Dva reaktora ulaze u kategoriju velikih "evolucijskih" tipova reaktora koji se direktno razvijaju ("evoluiraju") na pogonskom iskustvu lakovodnih reaktora u SAD, Japanu i Europi. Snaga ovih reaktora kreće se oko 1300 MW_e. Jedan od njih je napredni kipući reaktor (ABWR), a dvije jedinice su već u komercijalnom pogonu u Japanu. Drugi tip je napredni tlakovodni reaktor (System 80+) koji će uskoro biti spreman za komercijalnu proizvodnju. Četiri reaktora tipa System 80, prethodnika System 80+, koji se grade u Južnoj Koreji sadrže mnoge projektne karakteristike ovog reaktora. Američka nuklearna regulatorna komisija (Nuclear Regulatory Commission) dala je u svibnju 1997. odobrenje za završni projekt uz napomenu da u potpunosti zadovoljavaju tražene sigurnosne uvjete.

Tablica 1. Napredni termički reaktori

Zemlja / proizvođač	Reaktor / snaga (MW _e)	Faza razvoja	Glavne značajke
SAD-Japan (GE-Hitachi-Toshiba)	ABWR / 1300	<ul style="list-style-type: none"> Japan: započela komercijalna proizvodnja 1996.-7. SAD: odobrenje završnog projekta 5/97., izrada dokumentacije za prototipno postrojenje 	<ul style="list-style-type: none"> evolucijski tip veća iskoristivost, manje otpada pojednostavljen pogon i izgradnja (48 mjeseci) poboljšanje sigurnosne značajke
SAD (ABB Combustion Engineering Nuclear Power)	System 80+ (PWR) / 1300	<ul style="list-style-type: none"> odobren završni projekt 5/97. neke izvedbene značajke uključene u nove južnokorejske reaktore tipa System 80 	<ul style="list-style-type: none"> evolucijski tip povećana pouzdanost pojednostavljen pogon i izgradnja (48 mjeseci) poboljšane sigurnosne značajke
SAD (Westinghouse)	AP-600 (PWR) / 600	<ul style="list-style-type: none"> očekuje se odobrenje projekta 1998., izrada dokumentacije za prototipno postrojenje 	<ul style="list-style-type: none"> pasivna sigurnost pojednostavljen pogon i izgradnja (48 mjeseci)
SAD-Rusija (General Atomics-Minatomb)	GT-MHR (HTGR) / 250-285	<ul style="list-style-type: none"> projekt u razvoju (moguće korištenje plutonija iz nuklearnog oružja) 	<ul style="list-style-type: none"> pasivna sigurnost keramički obložene čestice goriva pogon na visokoj temperaturi visoka efikasnost goriva
Japan (MITI, elektroprivrede, proizvođači)	PWR / 1350	<ul style="list-style-type: none"> u tijeku razvoj osnovnog projekta, planirana izgradnja dviju jedinica na lokaciji Tsuruga 	<ul style="list-style-type: none"> hibridne sigurnosne karakteristike (pasivne i aktivne) pojednostavljen pogon i izgradnja
Kanada (AECL)	CANDU-9 / 925-1300	<ul style="list-style-type: none"> odobrenje 1997. 	<ul style="list-style-type: none"> evolucijski tip pasivna sigurnost jedna zasebna jedinica široke mogućnosti uporabe goriva
Kanada (AECL)	CANDU-3 / 480	<ul style="list-style-type: none"> projekt dovršen 70% privremeno obustavljen 	<ul style="list-style-type: none"> kompaktno modularno postrojenje produžen radni vijek goriva (obogaćenje 0.9-1.2%) radni vijek elektrane 60 godina brža izgradnja poboljšane sigurnosne značajke
Francuska-Njemačka (NPI)	EPR (PWR) / 1525	<ul style="list-style-type: none"> potvrđen kao standard za buduće francuske elektrane završni projekt 1997. 	<ul style="list-style-type: none"> evolucijski tip poboljšane sigurnosne značajke visoka iskoristivost goriva povećana pouzdanost radni vijek elektrane 60 godina niska cijena električne energije
Rusija (Atomenergoprojekt-Gidropress)	V-407 (VVER-640) V-392 (VVER-1000)	<ul style="list-style-type: none"> izgradnja prve tri jedinice V-407 početkom 1997. planirane dvije jedinice V-392 	<ul style="list-style-type: none"> pasivna sigurnost radni vijek elektrane 60 godina pojednostavljen pogon i izgradnja
SAD (GE)	SBWR / 600 (1000)	<ul style="list-style-type: none"> 2/96. povučen zahtjev za odobrenje projekta zbog promjene programa (razvoj projekta za jedinice veće snage) 	<ul style="list-style-type: none"> pasivna sigurnost pojednostavljen pogon i izgradnja
Njemačka (Siemens)	SWR 1000 (BWR) / 1000	<ul style="list-style-type: none"> 1995. započeo razvoj osnovnog projekta 	<ul style="list-style-type: none"> evolucijski tip pasivna sigurnost pojednostavljen pogon i izgradnja (48 mjeseci) visoka iskoristivost goriva

Tablica 2. Zahtjevi na reaktore iz američkog programa razvoja naprednih lakovodnih reaktora

• radni vijek postrojenja 60 godina (nezamjenjive komponente)
• 87% raspoloživost tijekom radnog vijeka
• mogućnost trajanja gorivnog ciklusa 24 mjeseca
• niska gustoća snage u jezgri
• vjerojatnost topljenja jezgre ispod 10^{-5} slučajeva po reaktor-godini
• vjerojatnost većeg ispuštanja radioaktivnosti ispod 10^{-6} slučajeva po reaktor-godini
• vrijeme izgradnje (do početka komercijalnog pogona) 54 mjeseca
• trajanje izmjene goriva manje od 17 dana godišnje

Treći tip naprednih reaktora je AP600 snage 600 MW_e s pasivnim sigurnosnim sustavima. Revizija ove izvedbe reaktora još je u tijeku, a odobrenje za završni projekt se očekuje u 1998. Izdvojeno od procedura Nuklearne regulatorne komisije i izvan njezinih nužnih zahtjeva, nuklearna industrija je izabrala jedno standardizirano postrojenje u svakoj kategoriji - ABWR velike snage i AP600 srednje snage - za izradu projektne dokumentacije za prototipno postrojenje. Program je "težak" 200 milijuna USD od čega polovicu financira Ministarstvo energetike.

U razvoju je i još jedan američki reaktor nastao iz prijašnje verzije modularnog visokotemperaturnog plinom hlađenog reaktora (GT-MHR). Rad na visokoj temperaturi omogućuje mu gorivo u obliku čestica obloženih keramikom. Rashladno sredstvo je helij koji ujedno pokreće i plinsku turbinu. Izvedba reaktora predviđena je u modulima od 250-285 MW_e svaki, a kao gorivo bi služio plutonij iz demontiranog nuklearnog oružja. GT-MHR razvijaju zajedno General Atomics (SAD) i Minatom (Rusija), a 1997. konzorciju su se pridružili Framatome (Francuska) i Fuji (Japan).

1.2. Japan

Osim već prije spomenutih ABWR jedinica u komercijalnom pogonu, Japan razvija svoju vlastitu verziju naprednog tlakovodnog reaktora snage 1350 MW_e. Reaktor je pojednostavljen izvedbe koji kombinira aktivne i pasivne sigurnosne sustave.

1.3. Kanada

Kanada ima u razvoju dva projekta bazirana na vrlo pouzdanim CANDU-6 reaktorima. I sami CANDU-6 imaju svoju poboljšanu verziju, a dvije takve jedinice su u izgradnji u Kini. CANDU-3 je manja jedinica (480 MW_e) s kraćim vremenom izgradnje, dužim radnim vijekom postrojenja (60 godina), te dužim trajanjem goriva zahvaljujući blagom obogaćenju (0,9-1,2% U-235). CANDU-9 je jedinica veće snage (925-1300 MW_e) koja ima široke mogućnosti uporabe goriva -

prirodni uran, blago obogaćeni uran, uran dobiven iz prerađenog istrošenog PWR goriva, MOX gorivo (oksid urana i plutonija), direktno korištenje istrošenog PWR goriva, torij, te moguće korištenje plutonija iz demontiranog naoružanja ili aktinida izdvojenih iz prerađenog nuklearnog otpada. Dvogodišnja revizija projekta CANDU-9 uspješno je dovršena 1997. godine.

1.4. Europa

Zajednički njemačko-francuski projekt naprednog tlakovodnog reaktora (EPR) snage 1525 MW_e potvrđen je sredinom 1995. novim standardom za buduća nuklearna postrojenja u Francuskoj. Druga faza razvoja, osnovni projekt dovršen je 1997., a početak izgradnje prve jedinice predviđa se 2000. godine. Troškovi proizvodnje električne energije iz ovog postrojenja trebali bi biti 10% niži od naprednih termoelektrana na ugljen.

Drugi europski projekt, SWR 1000, razvijaju njemačke elektroprivrede u suradnji sa Siemensom. To je napredni kipući reaktor snage 1000 MW_e.

1.5. Rusija

U razvoju su dva projekta naprednih tlakovodnih reaktora s pasivnim sigurnosnim karakteristikama. Jedan je 640 MW_e reaktor V-407 (VVER-640), a drugi 1000 MW_e V-392 (napredni VVER-1000). 1997. je započela izgradnja triju jedinica V-407 na lokacijama Sosnovy Bor i Kola, dok su dvije jedinice V-392 planirane na lokaciji Novoronež.

2. IZVEDBE NAPREDNIH NUKLEARNIH ELEKTRANA

2.1. ABWR

General Electric razvio je napredni kipući reaktor ABWR snage 1300 MW_e. Najznačajnija poboljšanja u odnosu na ranije izvedbe su:

- Fini pogon regulacijskih palica pri čemu se regulacijske palice za vrijeme normalnog rada pokreću električnim pogonom. Korak palice iznosi 1,9 cm dok je u klasičnim izvedbama on 7,62 cm. Regulacijske se palice zaustavljaju hidrauličkim pogonom, a imaju i električni pogon koji obavlja istu funkciju u slučaju kvara na hidraulici. Pouzdanost finog pogona dovoljno je velika da tijekom radnog vijeka elektrane nije potrebno obavljati inspekciju svih dijelova. Stoga se za vrijeme remonta samo tri palice uklanjaju radi inspekcije što je znatna ušteda vremena u odnosu na prije kad se uklanjalo njih 30.
- Unutarnje reaktorske recirkulacijske crpke ugrađene pri dnu reaktorske posude zamijenile su crpke vanjske izvedbe i pripadajuće cjevovode. Zbog visoke pouzdanosti i trajnosti samo dvije od deset

crpki potrebno je servisirati tijekom remonta. Motori crpki se kontinuirano pročišćavaju kako bi se spriječilo nakupljanje nečistoća čime je nivo radijacije oko crpki znatno snižen.

- Poboljšana izvedba kontrolne sobe s digitalnim sustavom instrumentacije i kontrole koji koristi sve prednosti digitalne i optičke tehnologije. Sustav upravljanja i kontrole sigurnosnim sustavima podijeljen je u četiri odvojene skupine, a sadrži i četiri odvojene, redundantne multipleksne mreže koje dodatno jamče sigurnost elektrane.
- Sustav automatskog obaranja tlaka pri čemu se u slučaju loma u sustavu reaktorskog hladioca omogućuje pražnjenje hladioca u bazen za kondenzaciju.

ABWR ima tri međusobno neovisne i redundantne skupine sigurnosnih sustava. Sustavi su mehanički i elektronički odvojeni tako da svaka skupina ima osigurane redundantne izvore napajanja. Skupine su fizički odijeljene u različite dijelove reaktorske zgrade tako da kvar na jednoj skupini sigurnosnih sustava uzrokovao poplavom, požarom ili gubitkom napajanja ne utječe na rad druge skupine. Svaka skupina sigurnosnih sustava sastoji se od visokotlačnog i niskotlačnog sigurnosnog sustava te sustava odvođenja topline. Visokotlačni sustav čine visokotlačni sustav sigurnosnog ubrizgavanja te sustav za hlađenje jezgre napajan parom iz reaktora koji u izmjeničnim napajanjima u elektrani osigurava potrebnu zaštitu od topljenja reaktorske jezgre.

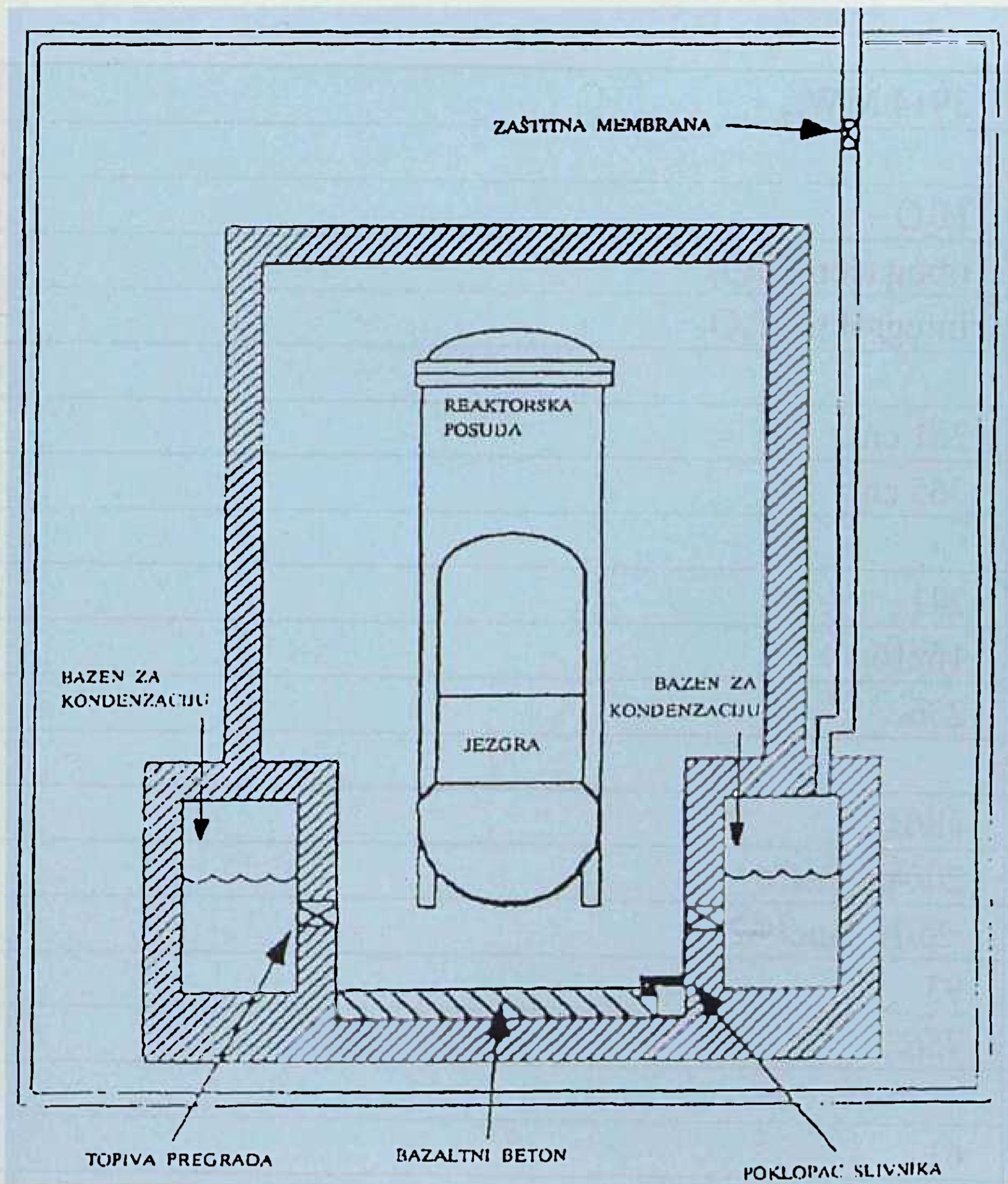
Sigurnosni su sustavi projektirani tako da spriječe otkrivanje jezgre u bilo kojem slučaju. Zbog te sposobnosti i ugrađenih širokih termičkih margina goriva učestalost tranzijenata koji vode ispadu i obustavi reaktora smanjena je na manje od jednog događaja godišnje. U slučaju akcidenta gubitka hladioca elektrana je osigurana automatiziranim uređajima te akcije operatera nisu potrebne prvih 72 sata što je jednako kao i za elektrane s pasivnim sigurnosnim sustavima.

Zaštitna posuda izrađena je od armiranog betona s nepropusnom čeličnom oblogom. Smještena je unutar reaktorske zgrade koja pri tom služi kao sekundarna zaštitna posuda. Unutrašnjost posude ispunjena je dušikom radi stvaranja inertne atmosfere koja u slučaju teških akcidenata sprječava eksploziju nastalog vodika. Dođe li pri tome i do prodiranja rastopljene jezgre jedan od pasivnih sigurnosnih sustava automatski potapa dno zaštitne posude vodom iz bazena za kondenzaciju. Time se rastopljena jezgra hladi, a ujedno se spječava reakcija jezgre i betona pri kojoj se oslobađaju nekondenzirani plinovi što direktno vodi porastu tlaka u zaštitnoj posudi. Gubitak integriteta posude zbog nekontroliranog porasta tlaka štiti se lomom zaštitne membrane pri čemu se fisijski produkti zadržavaju u bazenu za kondenzaciju, a toplina i para kontrolirano ispuštaju u atmosferu (sl. 1).

Američki ABWR, razvijen u okviru programa naprednih lakovodnih reaktora, dobio je konačno odobrenje

Tablica 3. ABWR - Tehnički podaci

<i>Snaga</i>	
na pragu elektrane	1356 MW _e
toplinska snaga reaktora	3926 MW _t
<i>Reaktorska jezgra</i>	
aktivna visina	3,71 m
aktivni promjer	5,16 m
broj gorivih elemenata	872
linearna gustoća snage	196 W/cm
srednja gustoća snage	50,6 W/l
<i>Gorivni elementi</i>	
gorivo	UO ₂
obogaćenje	3,2%
broj štapova u elementu	62
promjer gorivnog štapa	12,3 mm
materijal košuljice	Zirealoy 2
debljina košuljice	0,86 mm
odgor goriva	32000 MWd/t
trajanje gorivnog ciklusa	18-24 mjeseci
<i>Kontrolni sustav</i>	
broj kontrolnih palica	205
oblik kontrolnih palica	križast
neutronske apsorber	B ₄ C
izgorljivi apsorber	Gd ₂ O ₃
pogon kontrolnih palica	električni - fini pogon hidraulički - prisilna obustava
<i>Sustav primarnog hladioca</i>	
tip	sustav unutarnjih recirkulacijskih crpki
radni tlak	7,31 MP _a
ulazna temperatura hladioca	215,5 C
izlazna temperatura hladioca	287,4 C
broj recirkulacijskih crpki	10
recirkulacijski maseni protok	52200 t/h
<i>Reaktorska posuda</i>	
unutarnja visina	21 m
unutarnji promjer	7,1 m
minimalna debljina stijenke	174 mm
materijal	nisko legirani čelik nehrđajući čelik
predviđeni radni vijek	60 godina
<i>Zaštitna zgrada</i>	
tip	betonska i čelična obloga
projektni tlak	0,32 MPa
visina	36,1 m
maksimalni unutarnji promjer	29 m
<i>Turbina</i>	
broj	1
snaga	1381 MW
brzina	1500 o/min
ulazni tlak	6,92 MPa
ulazna temperatura	283,7 C
<i>Raspoloživost</i>	87%
<i>Trajanje remonta</i>	43 dana



Slika 1. ABWR - pasivni sigurnosni sustavi za ublažavanje posljedica teških akcidenata

od Nuklearne regulatorne komisije u ljeto 1997., međutim vrijedi spomenuti da je Tokyo Electric Power Company naručio izgradnju dviju ABWR jedinica Kashiwazaki-Kariwa puno prije odobrenja istih takvih u SAD. Obje jedinice su u pogonu.

2.2. SYSTEM 80+

ABB Combustion Engineering System 80+ je evolucijski tlakovodni reaktor snage 1350 MW_e. Primarni krug čine reaktor, dvije rashladne petlje, a svaka petlja u sebi ima jedan parogenerator i dvije rashladne crpke (sl. 2).

Najznačajnije karakteristike postrojenja System 80+ su:

- povećan inventar vode na primarnoj i sekundarnoj strani
- spremnik borirane vode za izmjenu goriva unutar zaštitne posude kao dodatni izvor vode za sustav sigurnosnog ubrizgavanja te za ublažavanje posljedica teških akcidenata
- ručno aktivirani sigurnosni sustav obaranja tlaka
- poboljšana izvedba kontrolne sobe
- mogućnost korištenja 100% MOX goriva
- u slučaju gubitka izmjeničnog napajanja - generator s plinskom turbinom.

Sustav sigurnosnog ubrizgavanja, kao i ostali sigurnosni sustavi izvedeni su u četiri redundantne grupe (fizički odvojene) s dvostrukim digitalnim sustavom upravljanja i kontrole. Sigurnosno ubrizgavanje obavlja se direktno u reaktorsku posudu iz bazena za

izmjenu goriva čime je poboljšana djelotvornost hlađenja. Sigurnosni sustav obaranja tlaka djeluje u kombinaciji sa sustavom sigurnosnog ubrizgavanja. U slučaju potrebe za "feed and bleed" pogonom, tj. kontroliranim ispuštanjem i ubrizgavanjem hladioca, nastala para se preko sustava za obaranja tlaka odvodi u bazen za izmjenu goriva iz kojeg se hladioc preko sustava sigurnosnog ubrizgavanja ponovo vraća u reaktorsku posudu.

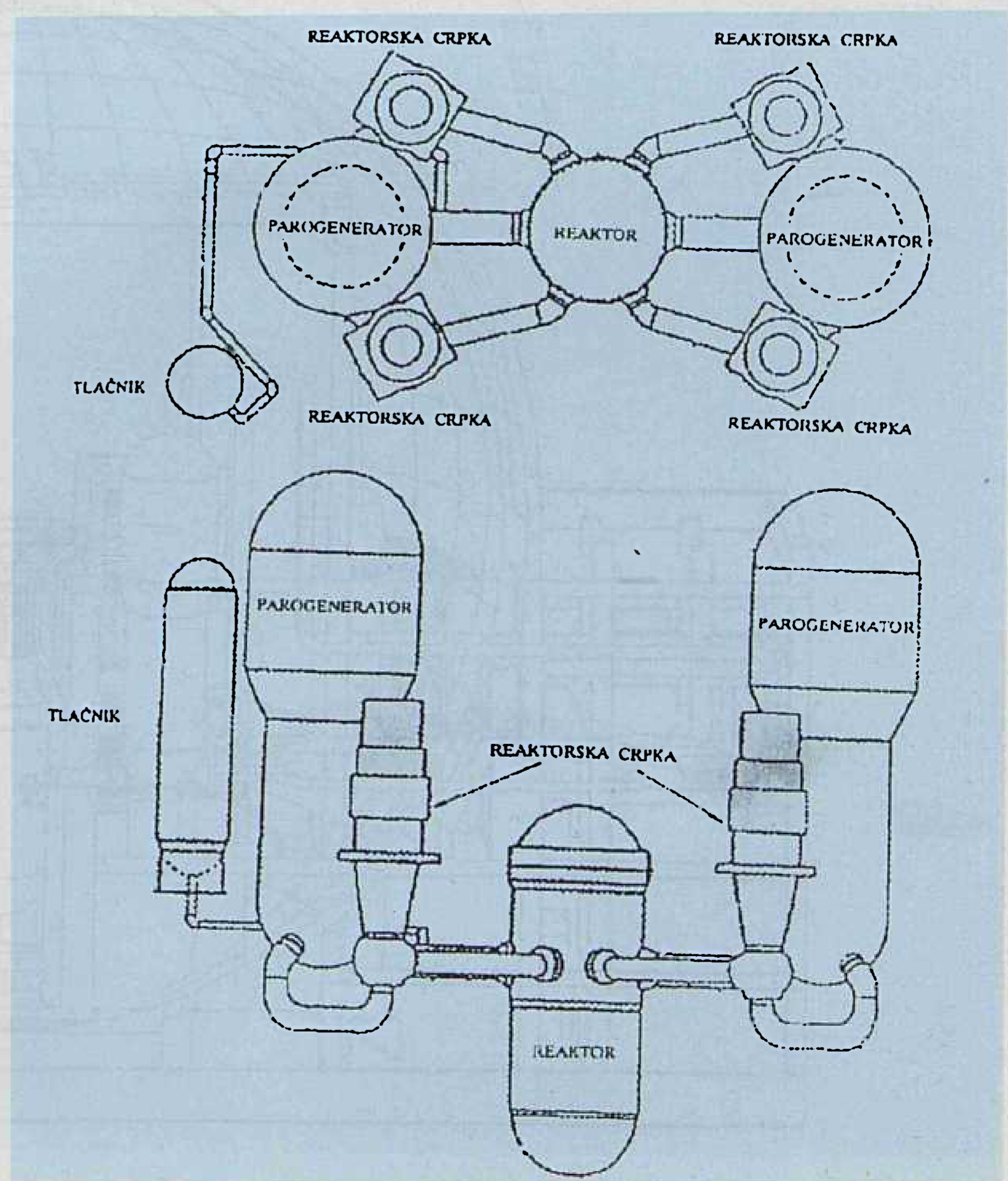
Zaštitna zgrada izrađena je od sferične čelične zaštitne posude (primarna zaštitna posuda) i cilindrične betonske obloge (sekundarna zaštitna posuda). Promjer čelične posude je 61 m, a takva izvedba, osim nekih sigurnosnih prednosti, omogućuje 75% više radnog prostora od cilindrične izvedbe istog volumena. To omogućuje da se prilikom zamjena većih komponenata one mogu ukloniti u jednom komadu.

Sigurnosni sustavi smješteni su u prostoru između zaštitnih posuda, ispod čelične zaštitne posude. Time je osigurano da su veze (cijevi, kabeli) između rashladnog kruga reaktora, sigurnosnih sustava i ostalih pripadajućih dijelova postrojenja izvedene što kraće (sl. 3).

2.3. AP600

Westinghouseovo postrojenje AP600, snage 600 MW_e, ima u primarnom krugu dvije rashladne petlje. Svaka petlja sadrži jedan parogenerator i dvije oklopljene crpke smještene na dnu parogeneratora. Glavne značajke ovog tipa postrojenja su:

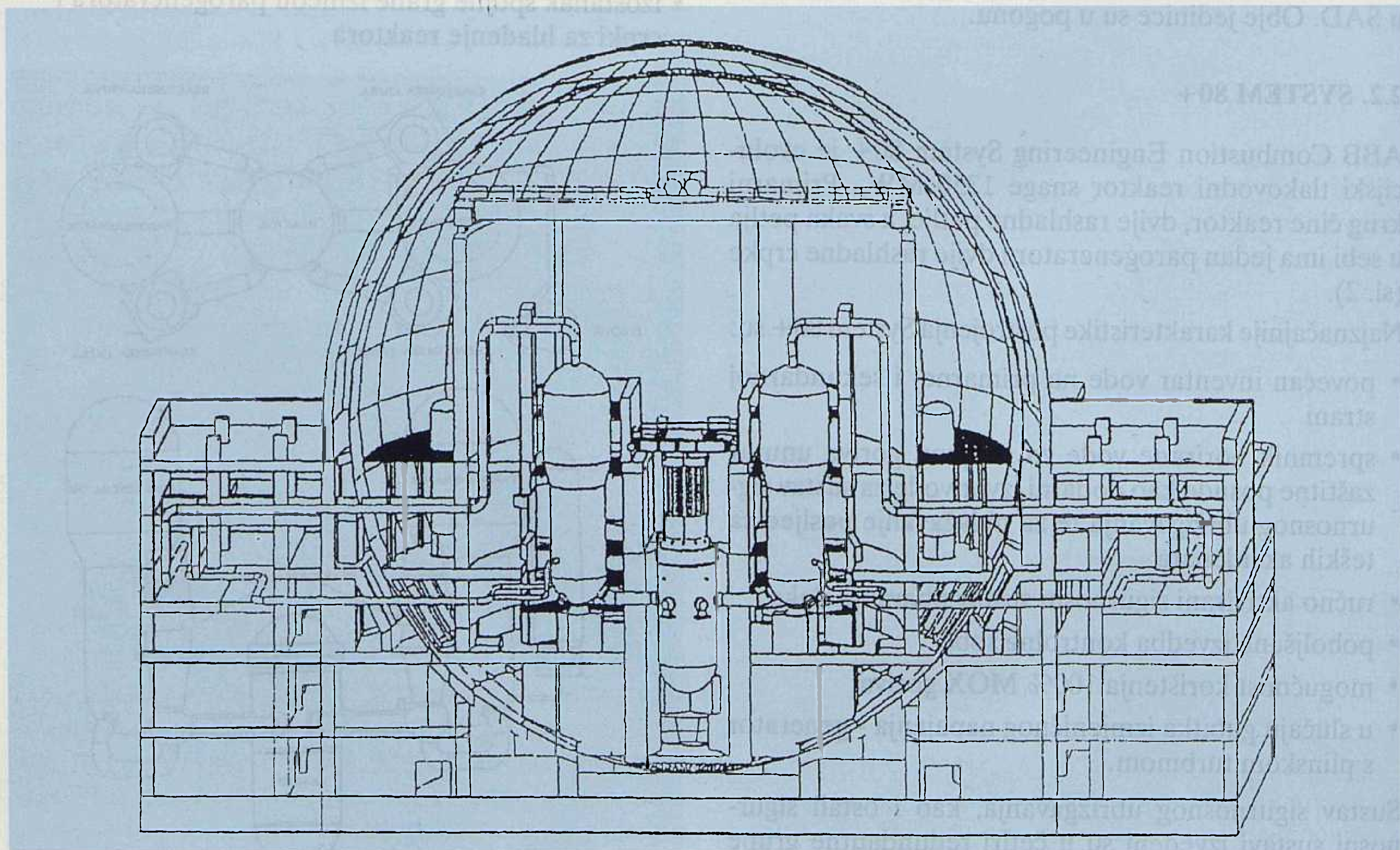
- izostanak spojne grane između parogeneratora i crpki za hlađenje reaktora



Slika 2. System 80+ - prostorni raspored komponenata primarnog kruga

Tablica 4. Karakteristike reaktorske jezgre System 80+

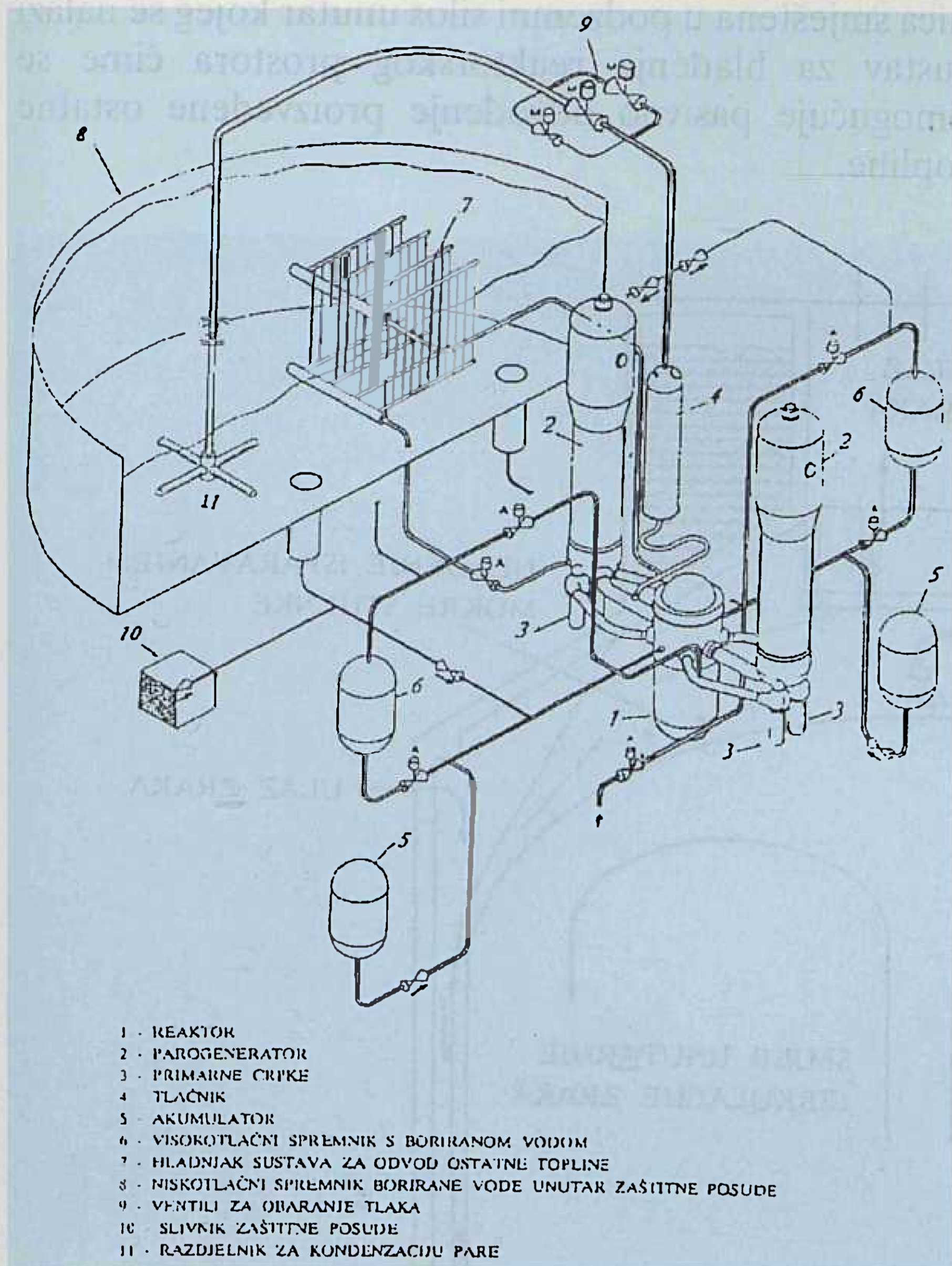
<i>Toplinska snaga reaktora</i>	3914 MW _{th}
<i>Izvedba reaktora</i>	
moderator	H ₂ O
gorivo	obogaćeni UO ₂
sagorivi apsorber	integralni Er ₂ O ₃
<i>Dimenzije jezgre</i>	
aktivna duljina	381 cm
ekvivalentni promjer	365 cm
<i>Gorivni elementi</i>	
broj	241
konfiguracija	16x16
broj gorivnih šipki u elementu	236
<i>Kontrolni elementi (broj/materijal)</i>	
12 štapova u elementu (obustava reaktora)	48/B ₄ C
4 štapa u elementu	20/Ag-In-Cd
4 štapa u elementu (kontrola reaktivnosti)	25/Inconel 625
broj	93
broj štapova	756
<i>In-core instrumentacija</i>	
broj vodilica	61
broj detektora po vodilici	5
<i>Duljina gorivnog ciklusa</i>	18 mjeseci (430-470 effective full-power days)
<i>Temperaturni koeficijent moderatora</i>	negativan na bilo kojoj snazi reaktora
<i>Ulazna temperatura hladioca</i>	291°C
<i>Izlazna temperatura hladioca</i>	324°C
<i>Odgor</i>	≥ 60 GWd/MtU



Slika 3. System 80+ - sferična zaštitna posuda smještena je unutar cilindrične zaštitne zgrade, dok se sigurnosni sustavi nalaze ispod zaštitne posude

- digitalni sustav instrumentacije i kontrole
- napredna izvedba kontrolne sobe
- oklopljena izvedba crpki za hlađenje reaktora
- pasivni sigurnosni sustavi (pogon uskladištenom energijom), s vremenom odgode 72 sata
- potencijalno trogodišnje vrijeme izgradnje, prvenstveno zbog modularizacije.

Sustav sigurnosnog ubrizgavanja u potpunosti je pasivan. Sastoji se od visokotlačnog dijela (visokotlačni spremnik borirane vode za izmjenu goriva unutar zaštitne posude), niskotlačnog dijela te pripadajućeg sustava za odvođenje ostatne topline (sl. 4).



Slika 4. AP600 - sustavi za zaštitno hlađenje jezgre i odvođenje ostatne topline

Visokotlačni spremnici borirane vode služe za injektiranje hladne borirane vode u primarni krug tijekom akcidenta. Spremnici se održavaju pod tlakom primarnog kruga pomoću cijevi koja se nalazi na vrhu spremnika i povezuje hladne grane primarnog kruga sa spremnikom. U slučaju akcidenta, ventil na liniji za injektiranje se otvara i voda iz spremnika pod djelovanjem gravitacije teče direktno u reaktorsku posudu. Prednosti ovog sustava su u tome da nema potrebe za visokotlačnim crpkama i električnim pogonom za pasivno (gravitacijski) pogonjene sustave.

Spremnik borirane vode za izmjenu goriva služi za pohranjivanje vode kojom se tijekom izmjene goriva potapa reaktorska jezgra. U slučaju akcidenta ova se voda koristi na dva različita načina. Veliki izmjenjivač topline koji je potopljen u spremniku služi za

odvođenje ostatne topline u normalnom pogonu i u akcidentalnim situacijama. Nakon nekoliko sati trajanja akcidenta tlak u primarnom krugu padne na dovoljno nisku vrijednost čime se omogućuje gravitacijsko ubrizgavanje borirane vode iz spremnika u primarni krug preko dvije linije za ubrizgavanje. Prednosti ovog sustava su također nepotrebnost visokotlačnih crpki za ubrizgavanje, veliki ponor topline smješten unutar zaštitne posude te veliki izvor vode za dugotrajno hlađenje.

Ostali pasivni sigurnosni sustavi uključuju sljedeće: akumulatore, liniju za direktno ubrizgavanje u reaktorsku posudu, dugotrajno hlađenje recirkulacijom iz slivnika, pasivno hlađenje zaštitne posude te sustav automatskog obaranja tlaka.

Akumulatori s boriranom vodom se nalaze u mnogim sustavima. Tlak se u njima uz pomoć dušika održava na oko 45 bara (650 psia). Nepovratni ventil koji se nalazi na liniji za injektiranje sprječava ulazak primarnog hladioca u akumulator. Kad tlak u primarnom krugu padne ispod tlaka u akumulatoru voda se injektira u reaktorsku posudu preko linije za direktno ubrizgavanje. Linija za direktno ubrizgavanje hladioca u reaktorsku posudu novina je u odnosu na dosadašnje izvedbe gdje se hladioc ubrizgavao u toplu ili hladnu granu.

AP600 koristi vodu u slivniku ispod reaktorske posude tijekom dugotrajnog hlađenja recirkulacijom. Dugotrajna recirkulacija pojavljuje se vrlo kasno tijekom akcidenta. Nakon što se iz spremnika borirane vode za izmjenu goriva potroši većina vode, razina vode u zaštitnoj posudi naraste iznad mjesta loma u primarnom krugu. Hladnija voda iz slivnika teći će kroz liniju za direktno ubrizgavanje u reaktorsku posudu gdje će se zagrijati hladeći jezgru i isteći kroz mjesto loma nazad u slivnik.

Tijekom akcidenta teško je ubrizgati hladioc preko sigurnosnih sustava u primarni krug ako je tlak u primarnom krugu visok. Taj je problem posebno izražen prilikom nezgode lomova malih promjera gdje tlak u primarnom krugu opada polako. AP600 ima sustav za automatsko obaranje tlaka kojim se tlak u primarnom krugu na kontrolirani način smanjuje na vrijednost tlaka u zaštitnoj posudi. Taj sustav omogućuje ubrizgavanje vode iz akumulatora i spremnika borirane vode za izmjenu goriva prije nego bi se to inače dogodilo. Obaranje tlaka odvija se otvaranjem četiriju ventila na dvije linije u određenim vremenskim intervalima nakon početka akcidenta. Nastala para usmjerava se u spremnik borirane vode za izmjenu goriva i slivnik koji u ovom slučaju služe kao ponor topline.

Pasivno hlađenje zaštitne posude obavlja se prirodnom konvekcijom proizvedene topline nastale tijekom akcidenta unutar zaštitne posude. Para nastala isparavanjem vruće vode iz primarnog kruga podiže se i kondenzira s unutarnje strane zida posude. Hladni vanjski zrak struji po vanjskoj strani posude i apsorbira

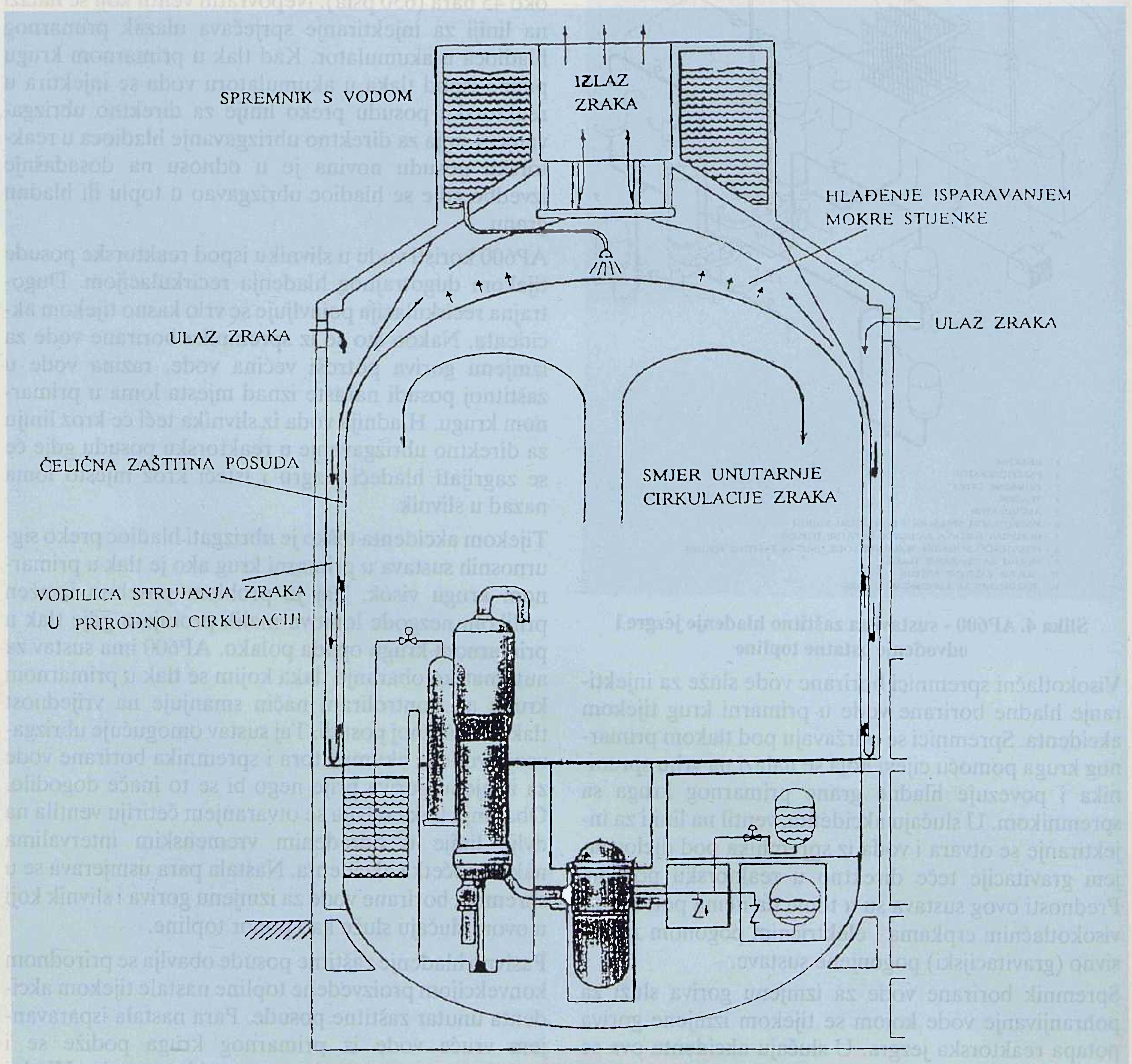
toplinu nastalu u unutrašnjosti. Na vrhu zaštitne posude smješten je veliki spremnik s vodom iz kojeg se voda raspršuje po vanjskoj strani posude, pa se osim zrakom hlađenje obavlja i vodom. Kako se toplina odvodi tako se kondenzirana para slijeva niz unutarnji zid i odvodi u slivnik (sl. 5).

2.4. GT-MHR

Najnovija verzija iz programa naprednih visokotemperaturnih plinom hlađenih reaktora razvijena je početkom devedesetih. To je reaktor hlađen helijem koji se ujedno koristi i za pokretanje plinske turbine (GT-MHR=Gas Turbine Modular Helium Reactor). Time je stupanj korisnosti takvog postrojenja povećan na 48%, dok je prethodna verzija ovog reaktora s parnim ciklusom imala korisnost od 38% što je 6% više od

prosječne elektrane s lakovodnim reaktorom. Osim veće korisnosti u proizvodnji električne energije visokotemperaturni reaktori se mogu koristiti i kao proizvođači topline za industrijske potrebe što nije moguće postići s lakovodnim reaktorima. Glavni naglasak razvoja ovog reaktora je na inherentnoj, pasivnoj sigurnosti, ekonomičnosti te visokoj raspoloživosti.

Pokazalo se da je najekonomičnije rješenje postrojenje s četiri jedinice (modula). Svaki se modul sastoji od reaktorske posude za proizvodnju topline, posude za pretvorbu energije (toplinske u električnu) te spojne posude koja povezuje prethodne dvije. Cijela je jedinica smještena u podzemni silos unutar kojeg se nalazi sustav za hlađenje reaktorskog prostora čime se omogućuje pasivno odvođenje proizvedene ostatne topline.

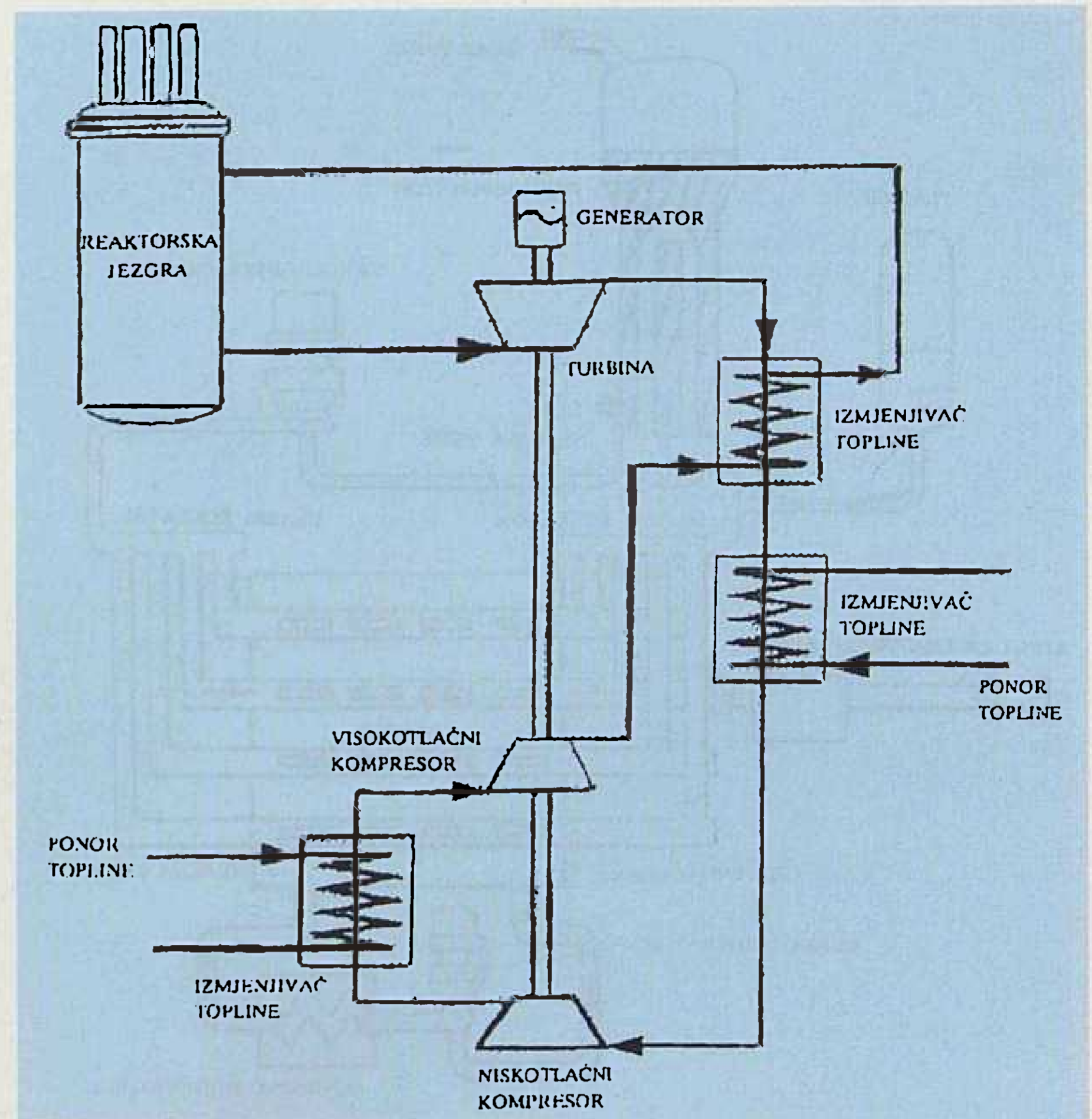


Slika 5. AP600 - pasivni sustav za hlađenje zaštitne zgrade

Reaktorska posuda izrađena je od čelika visoke čvrstoće, visoka je 24 m, a promjer joj iznosi 8,5 m. U njoj je smještena reaktorska jezgra (600 MW_e), podupirači jezgre, kontrolne šipke te rashladni sustav nakon obustave. Sustav hlađenja nakon obustave koristi prisilnu cirkulaciju prilikom hlađenja kod izmjene goriva ili održavanja. Mehanizam kontrolnih šipki kao i rezervni sustavi za obustavu reaktora smješteni su na vrhu reaktorske posude tako da se u slučaju gubitka napajanja aktiviraju pod djelovanjem gravitacije. Otvori za kontrolne šipke ujedno služe i kao otvori za izmjenu goriva. Jezgra se sastoji od grafitnih gorivnih blokova heksagonalnog oblika. Gorivne tablete su kuglastog oblika, a čine ih 20% obogaćeni uranov oksikarbid i fertile čestice prirodnog urana. Keramički obložene kuglice goriva smještene su unutar gorivnog bloka koji ujedno služi kao moderatorka i reflektor.

U posudi za pretvorbu energije nalaze se plinska turbina, generator, dva kompresora te izmjenjivači topline. Promjer posude je 7,5 m, dok joj je visina 23 m. Visokozagrijani helij ekspandira, hladi se i komprimira te se putem spojne posude vraća u reaktorsku posudu. Ovakvim korištenjem helija kao rashladnog reaktorskog sredstva i sredstva za pogonjenje turbine, eliminirana je potreba za međukomponentama za pretvorbu energije (parogeneratori) čime je omogućena visoka korisnost ovakvog postrojenja. U jezgri se helij zagrijeva na oko 850°C i 7,02 MPa, zatim kroz središnji otvor spojne posude ulazi u posudu za pretvorbu. Nakon ekspanzije, izlazi iz turbine s temperaturom 510°C i 2,65 MPa, te se hladi u regenerativnim izmjenjivačima topline i komprimira na tlak od 7,24 MPa i temperaturu 112°C. Ovako ohlađeni helij prolazi kroz visokotlačnu stranu regenerativnog izmjenjivača topline gdje mu se temperatura poveća na 490°C uz tlak 7,07 MPa, te se kroz vanjski prsten spojne posude vraća u reaktor (sl. 6). Sigurnost je jedan od glavnih zadataka prilikom razvoja svakog reaktora. Osnovne karakteristike GT-MHR koje ga čine inherentno sigurnim su:

- helij kao rashladno sredstvo čije su prednosti njegova kemijska inertnost, jednofaznost, te transparentnost za neutrone
- grafitna jezgra koja osigurava veliki toplinski kapacitet, spore temperature prijelazne pojave, te strukturalnu stabilnost na visokim temperaturama
- dobro obrađeno i obloženo gorivo čime se postiže visok odgor uz zadržavanje svih fisijskih produkata unutar goriva na temperaturama puno većim od onih u normalnom pogonu (najviše dopuštena temperatura na kojoj je silicijski karbid još stabilan je 2000°C)
- negativni temperaturni koeficijent reaktivnosti
- niska gustoća snage u jezgri, smještenoj u neizoliranoj čeličnoj posudi okruženoj rashladnim sustavom jezgre, omogućava odvođenje topline pasivnim načinom (isijavanje, vođenje, prirodna konvekcija), uz održavanje temperature u jezgri u granicama dopuštenih vrijednosti.



Slika 6. GT-MHR - principijelna shema nuklearne elektrane s visokotemperaturnim plinom hlađenim reaktorom

2.5. CANDU-3

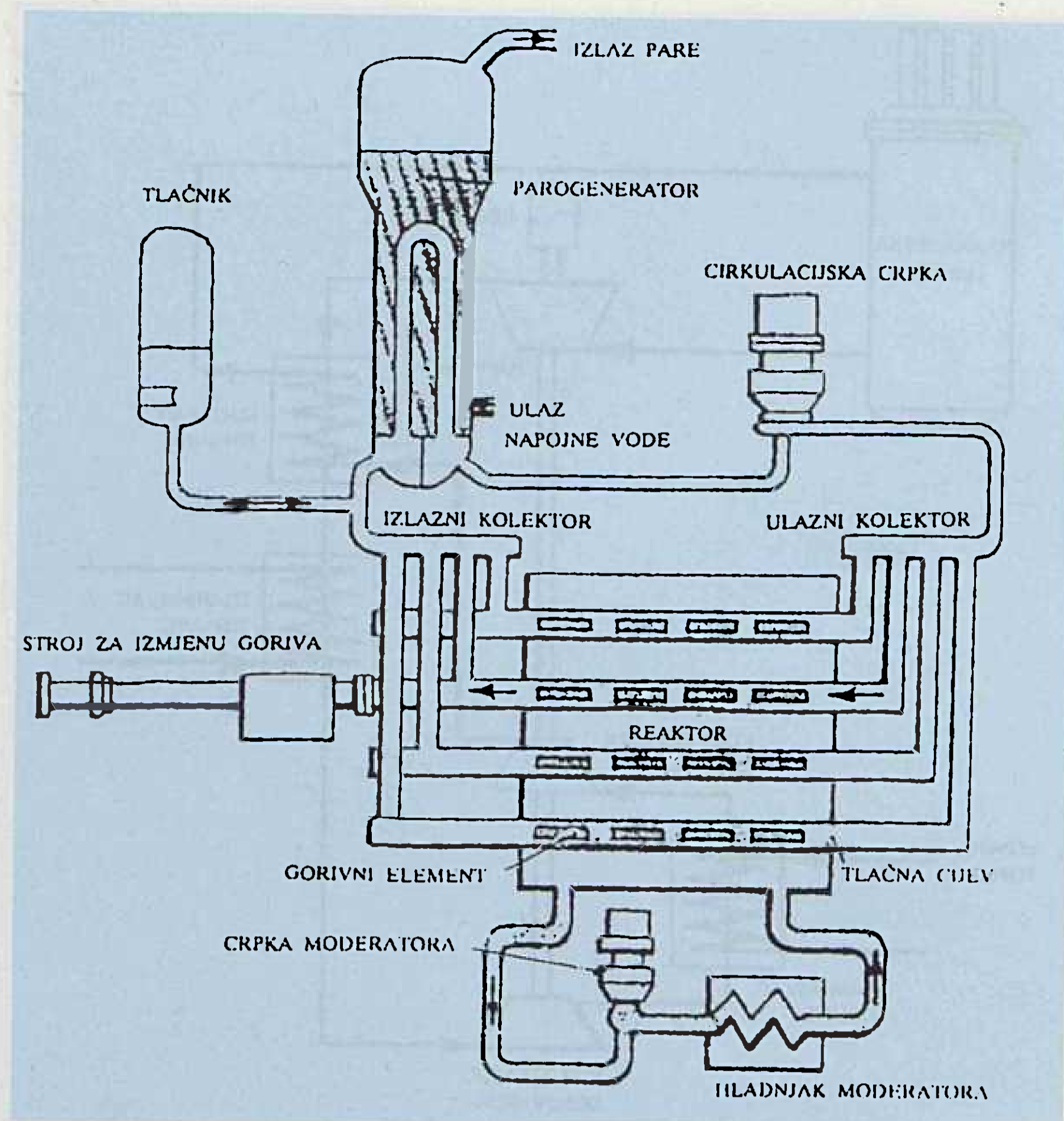
CANDU-3 je napredni termički reaktor iz serije teškovodnih reaktora tipa CANDU. Izvedba reaktora predviđena je u modularnim jedinicama snage 480 MW_e svaka. Budući da je niže snage u odnosu na klasičnu izvedbu CANDU reaktora (CANDU-6, 600 MW_e), veličina primarnog kruga je reducirana. Razlike se očituju u sljedećem:

- jedna cirkulacijska petlja (umjesto dvije)
- dva parogeneratora (umjesto četiri)
- dvije primarne crpke (umjesto četiri)
- jedan stroj za izmjenu goriva tijekom pogona (umjesto dva)
- broj rashladnih kanala u jezgri smanjen s 380 na 232.

Još se jedna promjena, vezano za izmjenu goriva i protok rashladnog sredstva (D₂O), očituje u ova dva modela. U modelu CANDU-3 protok rashladne vode moguć je samo u jednom smjeru, kao i izmjena goriva koja se obavlja na onoj strani reaktorske posude (kalandrije) na kojoj rashladni fluid izlazi iz reaktora. S obzirom da se izmjena goriva obavlja svakodnevno, time je broj rashladnih kanala tijekom pogona prepolovljen (sl. 7).

2.6. EPR

Izvedba i raspored komponenata primarnog kruga bliski su onima u već postojećim elektranama u Francuskoj i Njemačkoj (serija N4, Konvoi). Glavna razlika se očituje u povećanju unutarnjeg slobodnog volumena glavnih komponenata (povećanje inventara vode) čime



Slika 7. CANDU 3 - shematski prikaz toka rashladnog fluida

se ublažavaju efekti prijelaznih pojava te produžuje vrijeme unutar kojeg operateri trebaju poduzeti odgovarajuće akcije.

Reaktorska posuda je projektirana za radni vijek od 60 godina. Masivna unutarnja posuda, veći razmak između unutarnje i vanjske reaktorske posude, te teški

Tablica 5. Osnovni projektni parametri EPR

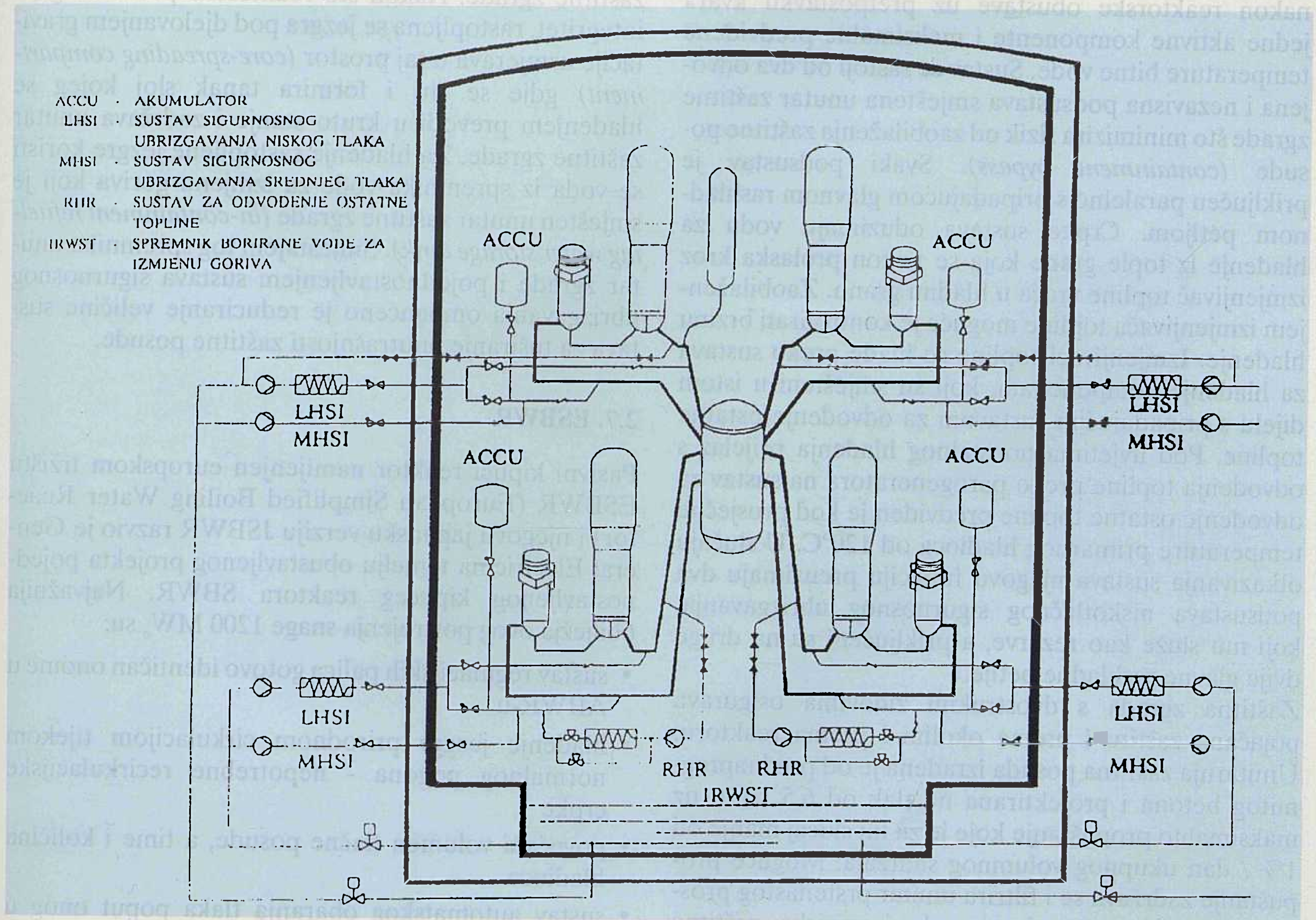
• toplinska snaga	4250 MW
• električna snaga	1525 MW
• sustav reaktorskih hladioaca	
broj rashladnih petlji	4
radni tlak	155 bar
temperatura ulaz/izlaz	291.5/326.5 °C
ukupni maseni protok	21895 kg/s
• tlak pare na punom opterećenju	72.5 bar
• tlak pare u toploj obustavi	84.6 bar
• reaktorska jezgra	
gorivo	MOX (50%), UO ₂ (100%)
odgor	50 MWd/kg MOX, 60 MWd/kg UO ₂
broj gorivnih elemenata	241
broj gorivnih štapova u elementu	17x17 - 25
aktivna visina jezgre	420 cm
srednja linearna gustoća snage	155 W/cm
ukupni inventar goriva	aprosk. 141 t
maksimalno obogaćenje	4.9% U235
gorivni ciklus	12-24 mjeseci
trajanje izmjene goriva	25 < dan/ciklus
• raspoloživost	>87%
• trajanje planiranih obustava	<35 dan/godina
• kolektivna doza (osoblje)	<0,75 čovjekSv/godina
• kapacitet bazena za istrošeno gorivo	10 godina rada elektrane + rezerva za pražnjenje jezgre
• stupanj korisnosti η	36%

reflektor od nehrđajućeg čelika osiguravaju pojačanu zaštitu od neutronske toke. Sama jezgra je nešto većih dimenzija (241 gorivni element, 17x17) u odnosu na reaktore iz serije N4 (205, 18x18). Dodatne su značajke i smještaj aktivne jezgre ispod najniže točke primarnih cjevovoda, te povećani stupac vode iznad gornjeg ruba jezgre i otvora ulaznih i izlaznih cjevovoda, čime je smanjena vjerojatnost oštećenja jezgre u slučajevima gubitka primarnog hladioaca.

Tlačnik je klasične izvedbe s povećanim slobodnim volumenom, te naglaskom na olakšani pregled i zamjene sustava za ubrizgavanje i grijača. Linije sustava za ubrizgavanje vode u normalnom pogonu i pomoćna linija su u potpunosti međusobno odvojene.

Crpka rashladnog fluida reaktora zadržava postojeću izvedbu uz dodatno ugrađene brtve. Funkcija tih brtvi je spriječiti propuštanje rashladnog fluida u slučaju degradacije brtvi na osovini kod gubitka svih izmjeničnih napajanja.

Sigurnosni sustavi s pripadajućim funkcijama (sigurnosno ubrizgavanje, napojna voda u nuždi, hlađenje komponenata, električno napajanje u nuždi) bazirani su na kombinaciji principa raznovrsnosti i četverostruke redundancije. Kombinacija visokog stupnja redundancije i različitih principa rada ne samo da povećava pouzdanost sigurnosnih sustava, već i daljnje smanjuje vjerojatnost pojave teških nesreća. Shematski prikaz sigurnosnih sustava primarnog kruga nalazi se na slici 8.



Slika 8. EPR - sigurnosni sustavi primarnog kruga

Sustav sigurnosnog ubrizgavanja (*safety injection*) mora ublažiti sve akcidente gubitka hladioca, specifične događaje u sekundarnom krugu (lom glavnog parovoda), te slijed događaja koji vode do pogona ubrizgavanjem i istjecanjem hladioca (*feed and bleed operation*). Sustav mora osigurati odvođenje topline, inventar hladioca te kontrolu reaktivnosti. Sustav sigurnosnog ubrizgavanja sastoji se od tri podsustava. To su sustav sigurnosnog ubrizgavanja srednjeg tlaka (proradni tlak 80 bara), akumulatori pod tlakom dušika (45 bara), te sustav sigurnosnog ubrizgavanja niskog tlaka (25 bara). Proradni tlak sustava srednjeg tlaka podešen je ispod postavnih vrijednosti rasteretnih i sigurnosnih ventila parogeneratora. U slučaju loma cijevi u parogeneratoru, doći će do izolacije oštećenog parogeneratora i izjednačavanja primarnog i sekundarnog tlaka, čime će se ispuštanje radioaktivnih tvari koje prati ovakve akcidente svesti na zanemarivu razinu. Svaki akumulator volumena 50 m³ ubrizgava vodu u odgovarajuću hladnu granu, kao i sustav srednjeg tlaka. Sustav niskotlačnog sigurnosnog ubrizgavanja kombinira ubrizgavanje i u hladnu i u toplu granu, što omogućuje uniformniju raspodjelu koncentracije bora u reaktorskoj jezgri. Pomoćna funkcija niskotlačnog sustava je i nadopuna sustava za odvođenje ostatne topline.

Sustav napojne vode u nuždi (*emergency feedwater*) sastoji se od četiri odvojena i nezavisna podsustava, od kojih svaki osigurava ubrizgavanje u odgovarajući parogenerator. Voda se usisava iz spremnika napojne vode u nuždi, koji su zajedno s ostalim komponentama sustava smješteni u pomoćnim zaštitnim zgradama. Usisne crpke pogone elektromotori koji se napajaju iz dva različita izvora. Za uvjete ulaska i izlaska iz pogona predviđen je i odgovarajući sustav za pokretanje i obustavu. Namjena sustava je smanjenje učestalosti aktivacije sustava napojne vode u nuždi te time povećanje ukupne pouzdanosti opskrbe napojnom vodom. Sustav napojne vode u nuždi mora osigurati dovoljan kapacitet za odvođenje topline, te omogućiti kontinuirano odvođenje ostatne topline tijekom 24 sata kad temperatura reaktorskog hladioca ne prelazi nominalne uvjete u obustavi.

Sustav odvođenja ostatne topline (*residual heat removal*) kombinira pogonske i sigurnosne funkcije. U normalnom pogonu, nakon reaktorske obustave, funkcija mu je sniziti temperaturu primarnog hladioca na 60°C uz pretpostavku rada barem jedne reaktorske crpke i maksimalne predviđene temperature bitne vode (za hlađenje sustava za hlađenje komponenata). Sigurnosna mu je funkcija zadržati temperaturu rashladnog fluida pri ulazu u toplu granu ispod 180°C

nakon reaktorske obustave uz pretpostavku kvara jedne aktivne komponente i maksimalne predviđene temperature bitne vode. Sustav se sastoji od dva odvojena i nezavisna podsustava smještena unutar zaštitne zgrade što minimizira rizik od zaobilaženja zaštitne posude (*containment bypass*). Svaki podsustav je priključen paralelno s pripadajućom glavnom rashladnom petljom. Crpke sustava oduzimaju vodu za hlađenje iz tople grane koja se nakon prolaska kroz izmjenjivač topline vraća u hladnu granu. Zaobilaženjem izmjenjivača topline moguće je kontrolirati brzinu hlađenje. Izmjenjivači topline se hlade preko sustava za hlađenje komponenata, koji su smješteni u istom dijelu s pripadajućim sustavom za odvođenje ostatne topline. Pod uvjetima normalnog hlađenja prijelaz s odvođenja topline preko parogeneratora na sustav za odvođenje ostatne topline predviđen je kod prosječne temperature primarnog hladioca od 120°C. U slučaju otkazivanja sustava njegovu funkciju preuzimaju dva podsustava niskotlačnog sigurnosnog ubrizgavanja, koji mu služe kao rezerve, a priključeni su na druge dvije glavne rashladne petlje.

Zaštitna zgrada s dvostrukim zidovima osigurava pojačanu zaštitu i prema okolini i prema reaktoru. Unutarnja zaštitna posuda izrađena je od prednapregnutog betona i projektirana na tlak od 6.5 bara, uz maksimalno propuštanje koje je za taj slučaj manje od 1% / dan ukupnog volumnog sadržaja. Moguće propuštanje zadržava se i filtrira unutar prstenastog prostora između unutarnje posude i vanjske zaštitne zgrade.

Ispod reaktorske posude nalazi se poseban prostor čija je funkcija zadržavanje rastopljene jezgre unutar

zaštitne zgrade. Nakon što reaktorska posuda izgubi integritet, rastopljena se jezgra pod djelovanjem gravitacije usmjerava u taj prostor (*core-spreading compartment*) gdje se širi i formira tanak sloj kojeg se hlađenjem prevodi u kruto stanje i zadržava unutar zaštitne zgrade. Za hlađenje rastopljene jezgre koristi se voda iz spremnika vode za izmjenu goriva koji je smješten unutar zaštitne zgrade (*in-containment refueling water storage tank*). Smještajem tog spremnika unutar zgrade i pojednostavljenjem sustava sigurnosnog ubrizgavanja omogućeno je reduciranje veličine sustava za tuširanje unutrašnjosti zaštitne posude.

2.7. ESBWR

Pasivni kipući reaktor namijenjen europskom tržištu ESBWR (European Simplified Boiling Water Reactor) i njegovu japansku verziju JSBWR razvio je General Electric na temelju obustavljenog projekta pojednostavljenog kipućeg reaktora SBWR. Najvažnija obilježja ovog postrojenja snage 1200 MW_e su:

- sustav regulacijskih palica gotovo identičan onome u ABWR-u
- hlađenje jezgre prirodnom cirkulacijom tijekom normalnog pogona - nepotrebne recirkulacijske crpke
- povećani volumen tlačne posude, a time i količina hladioca
- sustav automatskog obaranja tlaka poput onog u ABWR-u
- pasivni sigurnosni sustavi - operabilni 72 sata bez dodatnih intervencija operatera

Tablica 6. Projektni parametri V-407

• toplinska snaga	1800 MW _t
• električna snaga	640 MW _e
• sustav reaktorskog hladioca	
broj rashladnih petlji	4
izvedba parogeneratora	horizontalna
tlak na izlazu iz reaktora	15,7 MPa
temperatura na ulazu u reaktor	569,5 K
temperatura na izlazu iz reaktora	600 K
• reaktorska jezgra	
obogaćenje goriva	3,6 %
odgor	40,4 MWd/kg (U)
srednja gustoća snage	65,4 kW/1
• tlak pare u parogeneratoru	7,0 MPa
• parametri pare na glavnom ventilu parovoda	
tlak	6,9 MPa
temperatura	551 K
maseni sadržaj vlage	< 0,5%
• turbina	
snaga	640 MW
broj okretaja	3000 o/min
• tlak u kondenzatoru	5,0 kPa
• specifična toplinska potrošnja	9970 kJ/kWh

- digitalni sustav instrumentacije i kontrole te poboljšanja izvedba kontrolne sobe
- vrijeme izgradnje postrojenja od tri godine.

Pasivni sustav sigurnosnog ubrizgavanja čine sustav izolacijskih kondenzatora i gravitacijski pogonjen sustav hlađenja jezgre. Sustav izolacijskih kondenzatora sastoji se od četiri nezavisne petlje s pripadajućim izmjenjivačima topline. Namijenjen je odvođenju ostatne topline u slučajevima tranzijenata bez loma u rashladnom krugu. Ostatna toplina se preko izmjenjivača topline odvodi u bazen za pasivno hlađenje zaštitne posude. Gravitacijski pogonjen sustav hlađenja jezgre također sadrži četiri identične, međusobno neovisne petlje preko kojih se u slučaju loma u rashladnom krugu ubrizgava voda iz tri pripadajuća bazena sustava.

Pasivni sustav za hlađenje zaštitne posude uključuje četiri izmjenjivača topline smještene u bazenu za pasivno hlađenje. Ostatna toplina koja se u slučaju akcidenta gubitka hladioca oslobađa u obliku pare odvodi se preko izmjenjivača topline te se time sprječava porast tlaka u zaštitnoj posudi (sl. 9).

2.8. SWR 1000

Siemensov napredni kipući reaktor SWR 1000 snage MW_e koristi kombinirane aktivne i pasivne sigurnosne sustave (sl. 10, sl. 11, sl. 12).

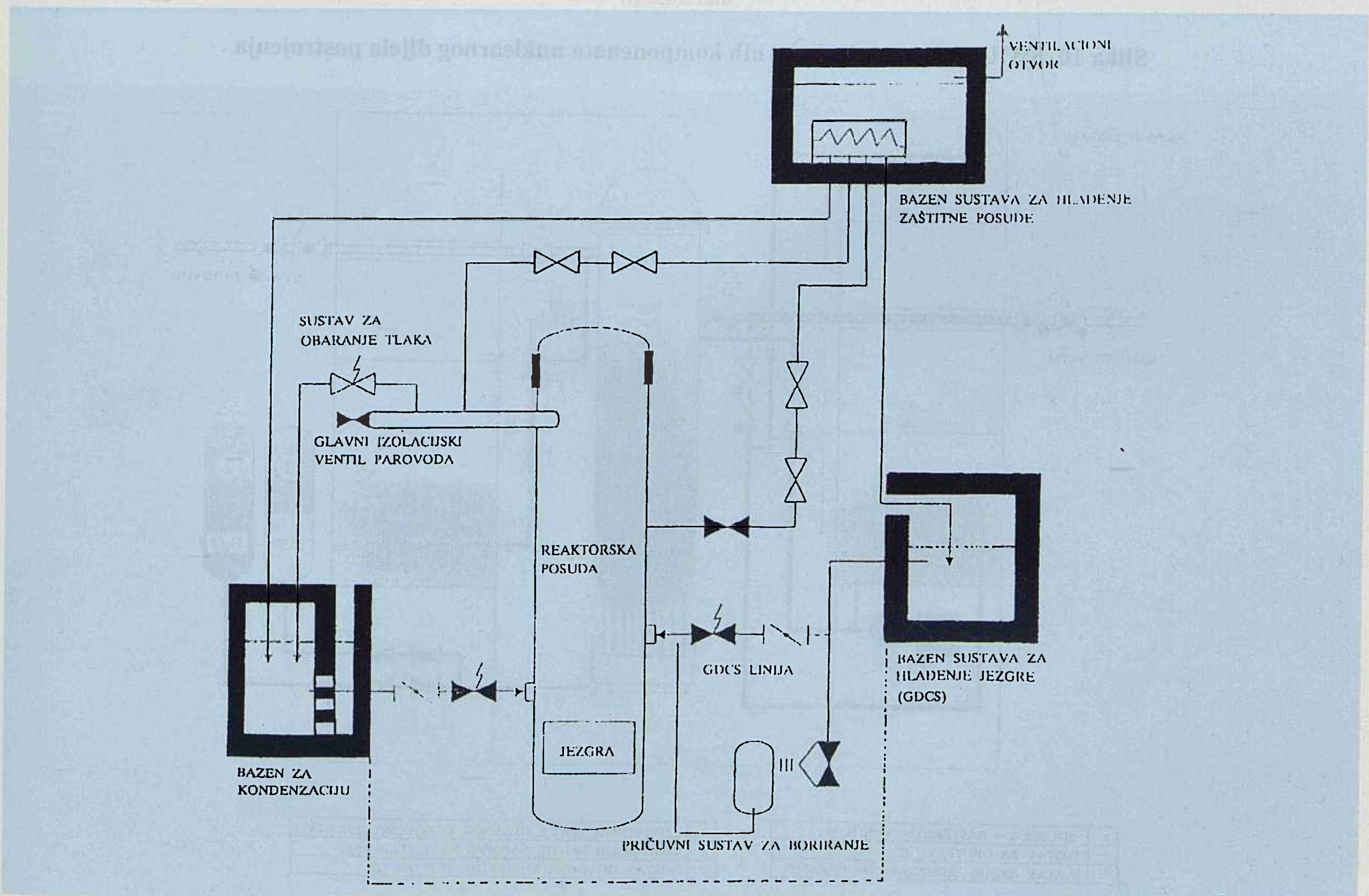
Najistaknutije značajke ovog modela su:

- niska gustoća proizvedene termičke snage u jezgre
- veliki uskladišteni kapacitet vode unutar i izvan zaštitne posude
- unutarnje recirkulacijske crpke za kontrolu snage u jezgri
- sustav regulacijskih palica, čije se komponente vezane za hidraulički dio sustava mogu ukloniti odozgo, kroz reaktorsku tlačnu posudu
- digitalni sustav instrumentacije i kontrole.

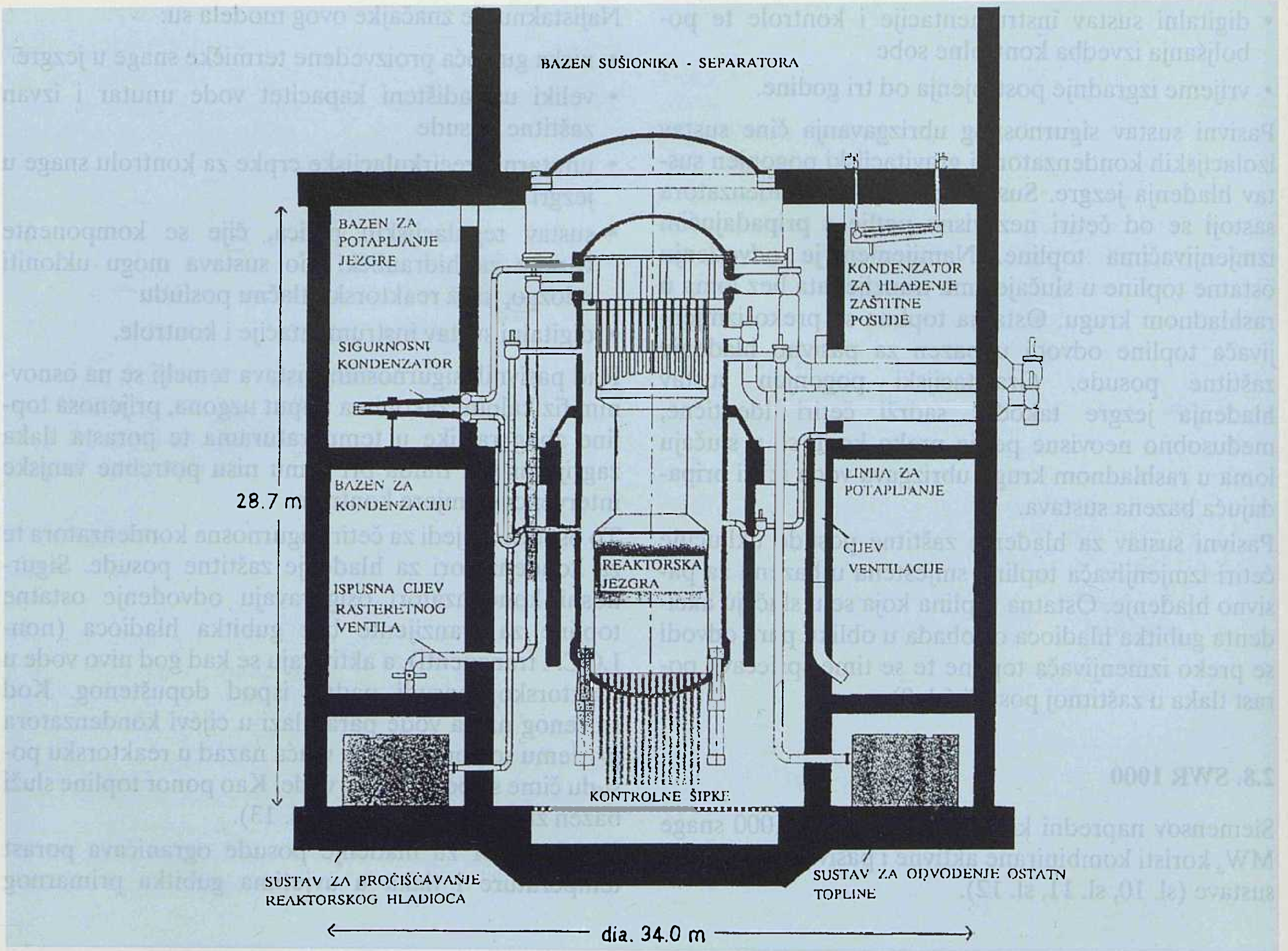
Rad pasivnih sigurnosnih sustava temelji se na osnovnim fizikalnim zakonima poput uzgona, prijenosa topline zbog razlike u temperaturama te porasta tlaka zagrijavanjem fluida pri čemu nisu potrebne vanjske intervencije i mjere kontrole.

To osobito vrijedi za četiri sigurnosna kondenzatora te za kondenzatori za hlađenje zaštitne posude. Sigurnosni kondenzatori osiguravaju odvođenje ostatne topline za tranzijente bez gubitka hladioca (non-LOCA tranzijenti), a aktiviraju se kad god nivo vode u reaktorskoj posudi padne ispod dopuštenog. Kod sniženog nivoa vode para ulazi u cijevi kondenzatora pri čemu se kondenzira i vraća nazad u reaktorsku posudu čime se podiže nivo vode. Kao ponor topline služi bazen za potapanje jezgre (sl. 13).

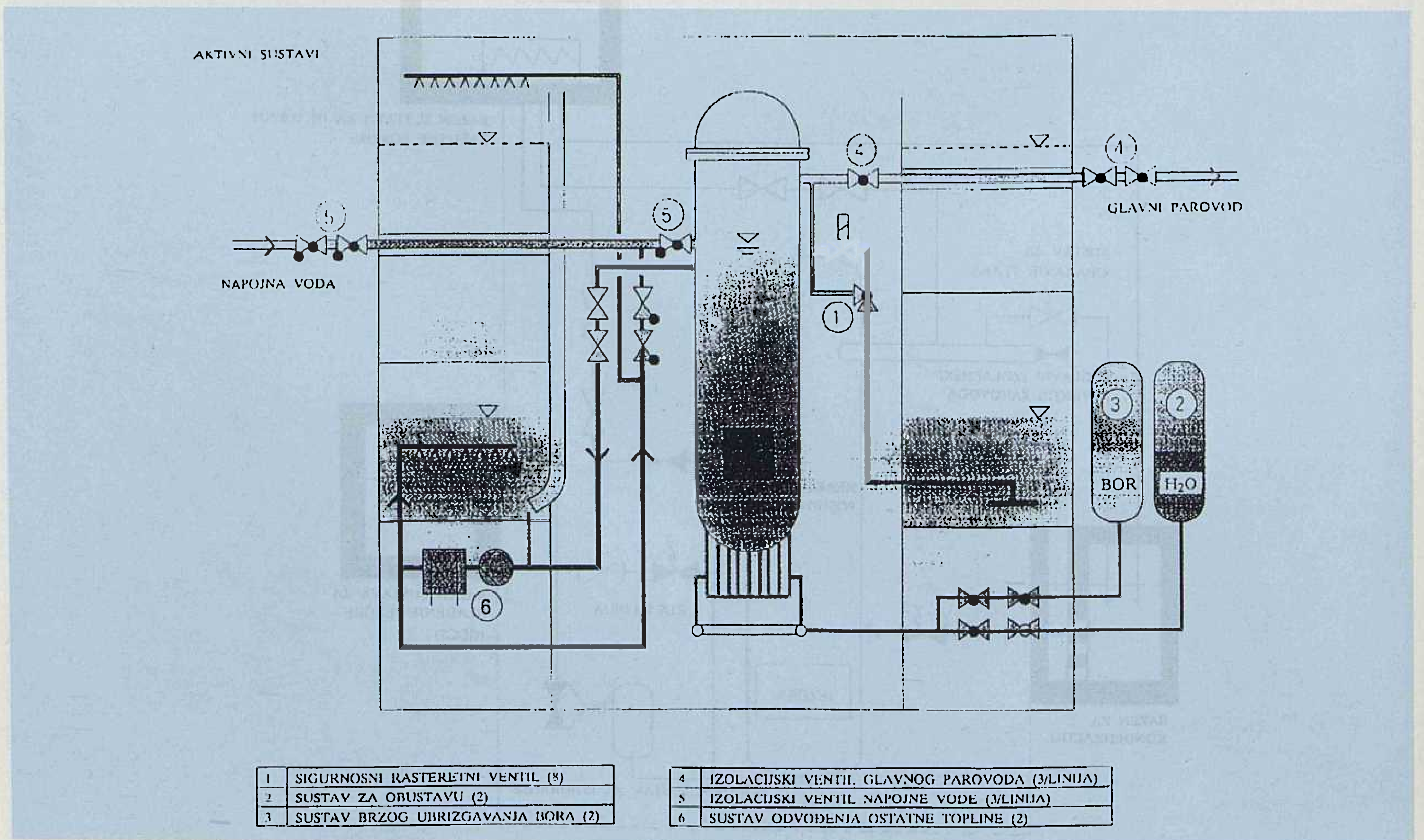
Kondenzator za hlađenje posude ograničava porast temperature i tlaka u uvjetima gubitka primarnog



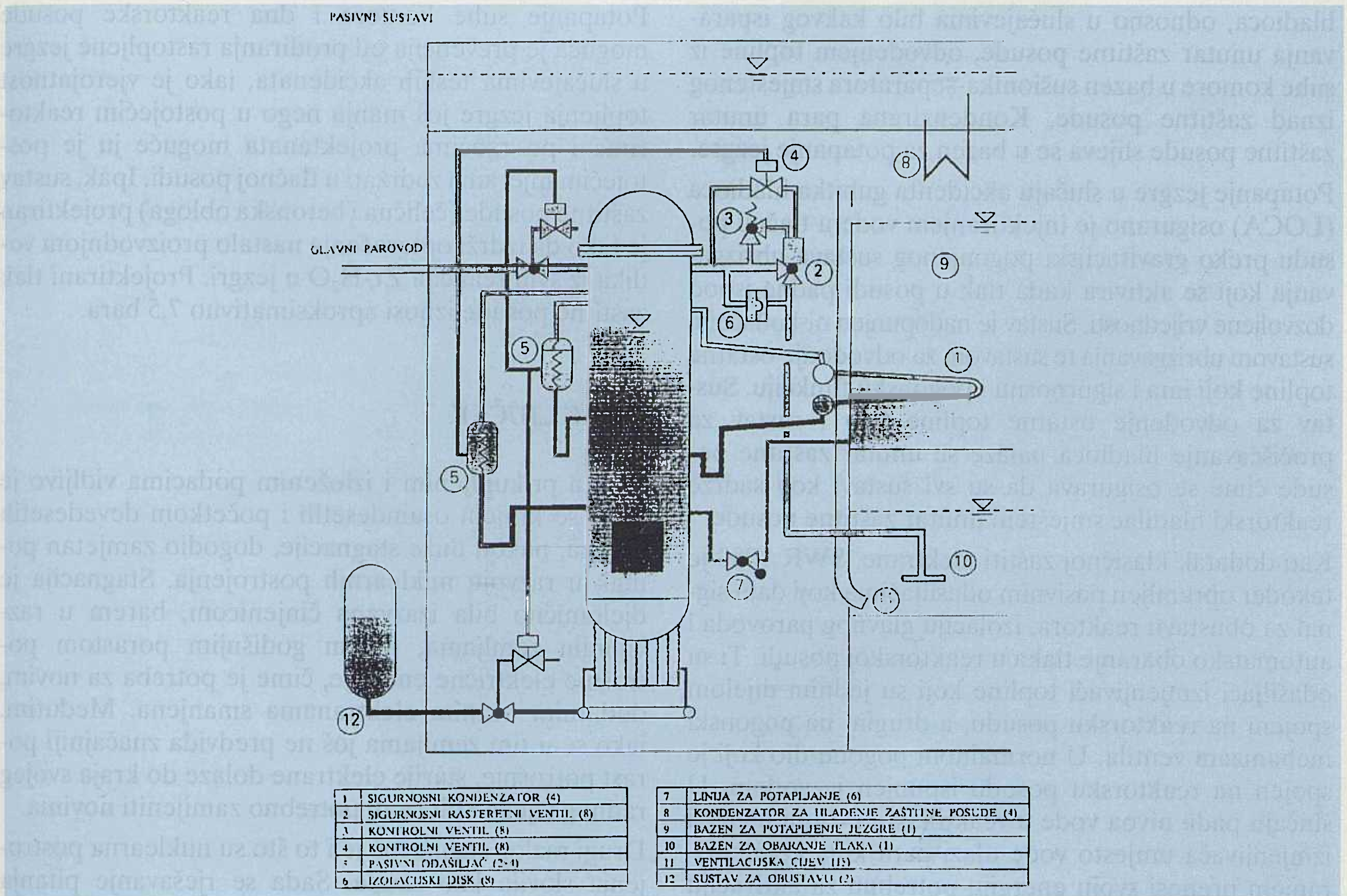
Slika 9. ESBWR - pasivni sigurnosni sustavi



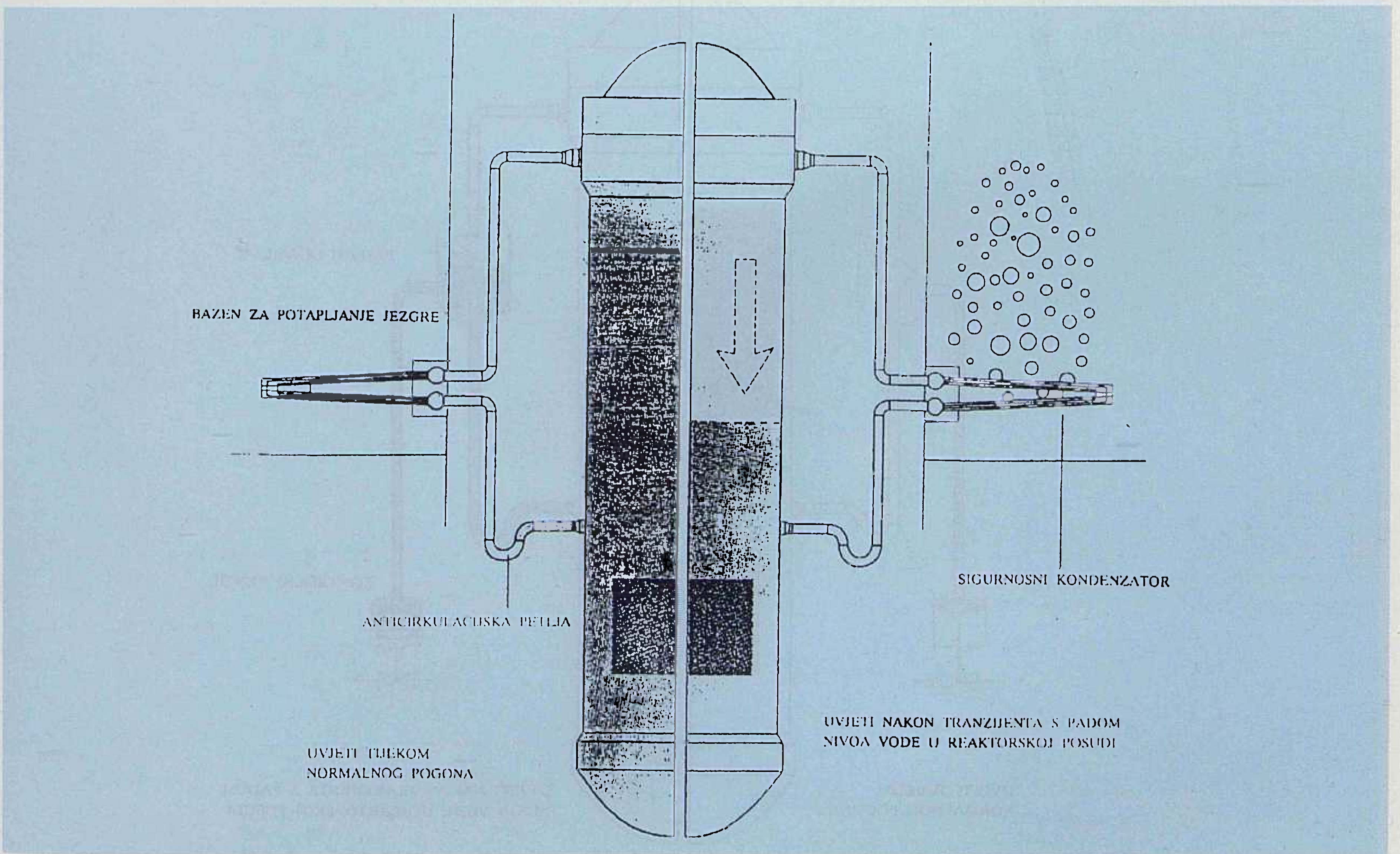
Slika 10. SWR 1000 - smještaj glavnih komponenta nuklearnog dijela postrojenja



Slika 11. SWR 1000 - aktivni sigurnosni sustavi



Slika 12. SWR 1000 - pasivni sigurnosni sustavi



Slika 13. SWR 1000 - pasivni sigurnosni kondenzator kondenzira nastalu paru čime se podiže nivo vode u reaktorskoj posudi

hladioca, odnosno u slučajevima bilo kakvog isparavanja unutar zaštitne posude, odvođenjem topline iz suhe komore u bazen sušionika-separatora smještenog iznad zaštitne posude. Kondenzirana para unutar zaštitne posude slijeva se u bazen za potapanje jezgre.

Potapanje jezgre u slučaju akcidenta gubitka hladioca (LOCA) osigurano je injektiranjem vode u tlačnu posudu preko gravitacijski pogonjenog sustava ubrizgavanja koji se aktivira kada tlak u posudi padne ispod dozvoljene vrijednosti. Sustav je nadopunjen niskotlačnim sustavom ubrizgavanja te sustavom za odvođenje ostatne topline koji ima i sigurnosnu i pogonsku funkciju. Sustav za odvođenje ostatne topline kao i sustav za pročišćavanje hladioca nalaze se unutar zaštitne posude čime se osigurava da su svi sustavi koji sadrže reaktorski hladilac smješteni unutar zaštitne posude.

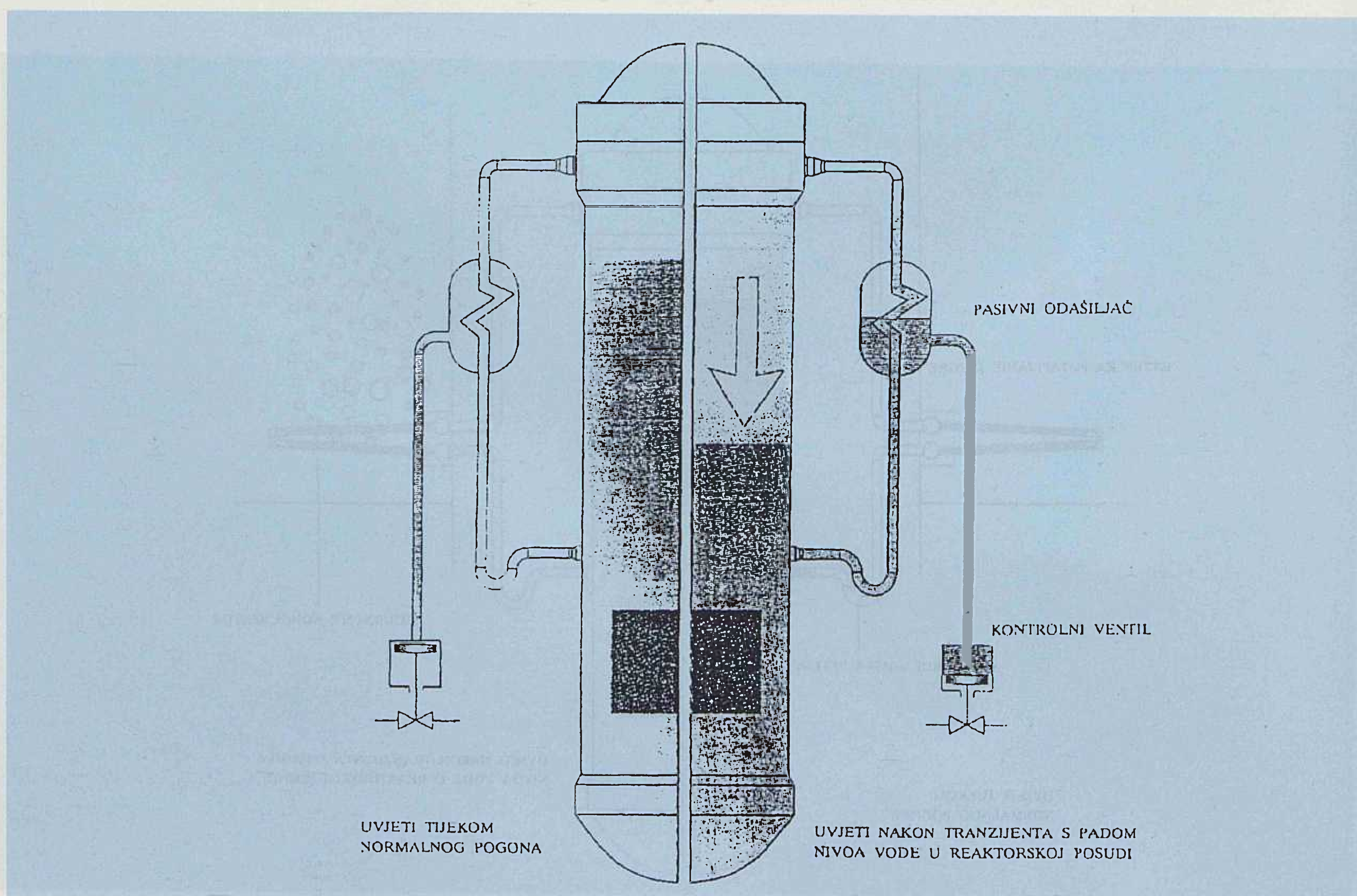
Kao dodatak klasičnoj zaštiti elektrane, SWR 1000 je također opremljen pasivnim odašiljačima koji daju signal za obustavu reaktora, izolaciju glavnog parovoda i automatsko obaranje tlaka u reaktorskoj posudi. Ti su odašiljači izmjenjivači topline koji su jednim dijelom spojeni na reaktorsku posudu, a drugim na pogonski mehanizam ventila. U normalnom pogonu dio koji je spojen na reaktorsku posudu ispunjen je vodom. U slučaju pada nivoa vode u reaktorskoj posudi u cijevi izmjenjivača umjesto vode ulazi para koja kondenziranjem prenosi svoju energiju potrebnu za aktivaciju pogonskog mehanizma ventila (sl. 14).

Potapanje suhe komore i dna reaktorske posude moguća je prevencija od prodiranja rastopljene jezgre u slučajevima teških akcidenta, iako je vjerojatnost topljenja jezgre još manja nego u postojećim reaktorima i po riječima projektanata moguće ju je postojećim mjerama zadržati u tlačnoj posudi. Ipak, sustav zaštitne posude (čelična i betonska obloga) projektiran je tako da izdrži opterećenje nastalo proizvodnjom vodika iz svih reakcija $Zr-H_2O$ u jezgri. Projektirani tlak zaštitne posude iznosi aproksimativno 7,5 bara.

3. ZAKLJUČAK

Prema prikupljenim i izloženim podacima vidljivo je kako se krajem osamdesetih i početkom devedesetih godina, nakon duže stagnacije, dogodio zamjetan pomak u razvoju nuklearnih postrojenja. Stagnacija je djelomično bila izazvana činjenicom, barem u razvijenim zemljama, malim godišnjim porastom potrošnje električne energije, čime je potreba za novim, dodatnim baznim elektranama smanjena. Međutim, iako se u tim zemljama još ne predviđa značajniji porast potrošnje, starije elektrane dolaze do kraja svojeg radnog vijeka i bit će ih potrebno zamijeniti novima.

Drugi razlog stagnacije je i to što su nuklearna postrojenja slovila kao skupa. Sada se rješavanje pitanja ekonomičnosti nastoji uključiti još u fazi projektiranja.



Slika 14. SWR 1000 - porast tlaka u pasivnom odašiljaču aktivira mehanizam kontrolnog ventila

Ne treba zaboraviti ni pitanje sigurnosti postrojenja, na čemu je i bio naglasak ovog članka. Niti jedno postrojenje, pa tako ni nuklearno ne može biti apsolutno sigurno. Međutim, vjerojatnost nekog neželjenog događaja, koja je pokazatelj sigurnosti postrojenja, smanjena je za jedan do dva reda veličine u odnosu na klasične nuklearne elektrane.

Iako je većina naprednih postrojenja predviđene snage oko ili više od 1000 MW_e, nije se zaboravilo ni na zemlje s malim ili srednjim elektroenergetskim sustavima u kojima bi ugradnja jednog takvog postrojenja negativno djelovala na stabilnost sustava. Rješenje je ponuđeno u obliku modularnog postrojenja, tj. postrojenja s više manjih jedinica koje se prema potrebi može nadograđivati.

Pitanje emisije CO₂ moglo bi biti prekretnica u prihvaćanju i izgradnji novih nuklearnih postrojenja, ovisno koliko se ozbiljno pristupi rješavanju tog problema. Podatak koji kaže da bi ukupna emisija CO₂ u svijetu iz energetskog sektora bez postojećih nuklearnih postrojenja bila gotovo trećinu veća ne bi se smio nipošto zanemariti.

Koliko će sve ove prednosti zaista ići u prilog razvoju i prihvaćanju naprednih nuklearnih postrojenja još je neizvjesno, ali rješenja za neka važna pitanja postoje i treba ih na najbolji način iskoristiti.

LITERATURA

- [1] "Advanced Reactors", Nuclear Issues Briefing Paper 16, March 1998., Uranium Information Centre
<URL: <http://www.uic.com.au/nip16.htm>> (18.03.1998.)
- [2] "Advanced Reactors", Fact Sheet, IAEA
<URL: <http://www.iaea.or.at/worldatom/inforesource/factsheets/advrea.html>> (18.03.1998.)
- [3] "Latest and next generation reactors: description and status", Nuclear Generation Study Committee, XXIV UNIPEDE Congress, Montreux 1997, UNIPEDE, May 1997.
- [4] D. FERETIĆ, N. ČAVLINA, N. DEBRECIN: "Nuklearne elektrane", Školska knjiga, Zagreb 1995.
- [5] D. FERETIĆ, N. DEBRECIN, Ž. TOMŠIĆ, D. ŠKANATA, T. BAJŠ: "Nuklearne elektrane - Razrada podloga za uključenje nuklearne opcije u programe razvoja Hrvatske elektroprivrede", Zagreb, 1997.
- [6] "Advanced Boiling Water Reactors (ABWR)"
<URL: <http://neutrino.nuc.berkeley.edu/designs/abwr/abwr.html>> (18.03.1998.)
- [7] R. C. BERGLUND: "Progress report on GE advanced reactor family", Nuclear Europe Worldscan 3-4/1993.
- [8] "GE Nuclear Energy: Advanced Reactors", GE Nuclear Energy Products & Services
<URL: <http://www.ge.com/nuclear/ne6.htm>> (19.03.1998.)
- [9] "Preparing for a nuclear return?", Modern Power Systems Supplement, May 1995.
- [10] J. RUNERMARK, I. TIREN: "ABB's program for evolutionary LWRs", Nuclear Europe Worldscan 3-4/1993.

- [11] "The ABB Combustion Engineering System 80+"
<URL: <http://neutrino.nuc.berkeley.edu/designs/sys80/sys80.html>> (19.03.1998.)
- [12] "AP600 Safety Systems", APEX Test Facility, AP600 Experiment at Oregon State University, January 20, 1996.
<URL: <http://www.ne.orst.edu/facilities/apexsafe.html>> (19.03.1998.)
- [13] "The Fifty Percent Efficiency Nuclear Power Plant", University of California, Berkeley, 1994.
<URL: http://www.nuc.berkeley.edu/thyd/ne161al-wong_ne161.html> (19.03.1998.)
- [14] R. MATANIĆ: "Napredne izvedbe nuklearnih reaktora: Europski tlakovodni reaktor (EPR)", Energija, god. 46 (1997) 5, 305-310
- [15] "The European Pressurized Reactor (EPR)", Nuclear Generation Study Committee, XXIV UNIPEDE Congress, Montreux 1997, UNIPEDE, May 1997.
- [16] F. BOUTEILLE, H. SEIDELBERGER: "The European Pressurized Water Reactor - A status report", Nuclear Engineering International, October 1997.
- [17] V. VASILENKO, V. MIKHAILOV: "Nuclear safety centres as the way to creation of new generation NPPs", International Nuclear Congress ENC'94
<URL: <http://sbor.spb.su/~niti/doklad-en.html>> (02.04.1998.)
- [18] W. BRETTSCUH, J. MATTERN: "SWR 1000 - The Boiling Water Reactor of the Future", Siemens Power Journal, International Edition 2/96, August 1996.
- [19] "Germans Explore Alternative Design for Next-Generation Reactor", NucNet, 22.05.1996.
<URL: <http://www.aey.ch/nucnet/News/960522a.html>> (26.02.1997.)

THE DEVELOPMENT STATUS OF ADVANCED THERMAL REACTORS STRESSING TECHNICAL AND SECURITY PARAMETERS

The development of the advanced nuclear reactors by the domestic producers and by reactor types is given. The characteristics of each type are described, which enables comparison among them.

EIN ÜBERBLICK DES ENTWICKLUNGSSTANDES FORTGESCHRITTENER THERMISCHER MEILER MIT BETONUNG AUF TECHNISCHE UND SICHERHEITLICHE MERKMALE

Dargestellt wird der Fortschritt in der Entwicklung von Kernmeilern, klassifiziert nach Erzeugungsländern und Typen. Der Vergleich untereinander wurde durch die Beschreibung bedeutendster Eigenschaften jedes einzelnen Typs ermöglicht.

Naslov pisca:

Renata Matanić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d. d.
Direkcija za proizvodnju
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-07-16.

SJEĆANJE

Doc. dr. sc. IVO HRS (24. svibnja 1937. - 14. siječnja 1999.)



Doc. dr. sc. Ivo Hrs umro je u Zagrebu 14. siječnja ove godine. Njegova iznenadna smrt tužno je odjeknula među njegovim prijateljima i suradnicima. Bio je vedre naravi i vješt u ophođenju, pa je stekao mnogo prijatelja i suradnika. Bolest koja ga je već davno načela, posljednjih mjeseci nakon smrti supruge, polako, ali sigurno, je učinila svoje.

Ovim nekrologom i životopisom koji govori o bogatoj stručnoj djelatnosti, opraštamo se od Ive Hrsa – čovjeka i stručnjaka.

Rođen je u Zagrebu, 24. svibnja 1937. godine, gdje je završio osnovnu i srednju školu, a 1955. godine upisao Elektrotehnički fakultet, smjer jake struje. Nakon završetka studija, 1960. godine, izabran je na Elektrotehničkom fakultetu za asistenta na predmetu "Tehnika visokog napona". U okviru rada u Zavodu za visoki napon bavio se, osim problemima nastave i visokonaponske mjerne tehnike, studijem problema iz područja koordinacije izolacije u visokonaponskim mrežama. 1966. godine zaposlio se u Institutu za elektroprivredu gdje je nastavio proučavati probleme prenapona i koordinacije izolacije i rješavati probleme iz tog područja u elektroprivrednoj praksi. Godine 1971. izabran je za direktora Instituta za elektroprivredu. Ovu dužnost obavljao do isteka mandata početkom 1975. Nastavljajući zatim istraživanja iz područja prenapona u mrežama i koordinacije izolacije, izradio je doktorsku disertaciju koju je 1977. godine obranio na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu. Godine 1978. izabran je za rukovoditelja studijske jedinice "Zavod za visoki napon i jaku struju" Instituta za elektroprivredu. Tu se posvetio razvoju ispitivanja elemenata električnih postrojenja elektroenergetskih objekata, te izgradnji visokonaponskog laboratorija u Institutu za elektroprivredu. Godine 1986. ponovno je izabran za direktora Instituta za elektroprivredu, a tu dužnost obavljao je do isteka mandata 1990. godine. Nakon toga bio je rukovoditelj studijske jedinice "Distribucijske mreže". U jesen 1994. godine prelazi u novoosnovani Energetski institut "Hrvoje Požar", gdje obavlja dužnost pomoćnika direktora Instituta. Tu dužnost obavljao je doslovce do posljednjeg dana svoga života.

Od 1974. godine nastavnik je na poslijediplomskom studiju na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu za predmet "Koordinacija izolacije u visokonaponskim mrežama". Dugogodišnji je član Studijskog komiteta 33: "Prenaponi i koordinacija izolacije" CIGRE, a na tri Savjetovanja CIGRE (1983., 1985. i 1991.) bio je i stručni izvjestitelj Studijskog komiteta 33. U nekadašnjem elektrotehničkom komitetu bio je član tehničkog odbora 28 "Koordinacija izolacije", te član odbora 37 "Odvodnici prenapona". Godine 1986. izabran je na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu u znanstveno-nastavno zvanje docenta za znanstveno područje Elektrotehnike, za grupu predmeta "Prijenos električne energije". Godine 1992. nakon osnivanja Hrvatskog komiteta CIGRE, izabran je za predsjednika Studijskog komiteta 33 "Prenaponi i koordinacija izolacije". Godine 1994., u Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo, izabran je za predsjednika "Komisije za izradu elektrotehničkih propisa u elektroenergetici", a iste godine i za člana-suradnika Hrvatske akademije tehničkih znanosti. Godinu dana kasnije izabran je za zamjenika predsjednika Glavnog odbora Zaklade "Hrvoje Požar".

Tijekom svoje plodne karijere objavio je osamdesetak stručnih i znanstvenih radova.

Zadržat ćemo ga u trajnom sjećanju.

TEMELJI POKRETNIH RADIOKOMUNIKACIJA - I. DIO: POVRŠINSKO ŠIRENJE ELEKTROMAGNETSKIH VALOVA I SVOJSTVA PRIJAMNOG POLJA

Mr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 621.396.1
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazuju se svojstva prijamnog signala i modela propagacije valova u mobilnom okruženju. Ova područja predstavljaju nužan temeljni uvod u područje pokretnih radiokomunikacija.

Ključne riječi: pokretne radiokomunikacije, elektromagnetski valovi, površinsko širenje, prijamno polje, statističke razdiobe.

Uvod

Pokretna telefonija i općenito pokretne komunikacije područje je radiokomunikacijske struke koje se nalazi u najvećem zamahu razvoja. Tome je pridonijelo više razloga u povijesnom slijedu događaja. Prije tridesetak godina najveće nade unutar radioindustrije, naravno pored radijske i televizijske difuzije, polagale su se u mikrovalne radiorelejne veze i satelitske komunikacije. U to doba je radio bio najefikasniji spojni put, veće propusne moći od široko rasprostranjenih bakrenih parica. Uvođenjem digitalnih sustava ta je prednost još povećana. Radiorelejni linkovi mogli su se ostvariti sa sve većim digitalnim brzinama, počevši od 2 Mb/s, pa do 140 Mb/s i više po nosiocu. Međutim, buran napredak optičkih komunikacija u posljednjih desetak godina iznjedrio je prijenosni medij mnogostruko većeg transmisijskog kapaciteta pa je područje uporabe radiorelejnih sustava danas značajno suženo. Pored mnogo manjeg kapaciteta, njihova komparativna mana je i vrlo mali domet, tipično do 50 km, nakon kojega je nužna regeneracija signala. Optičke komunikacije posve će potisnuti radiorelejne, osim u onim područjima gdje je uvođenje kabela infrastrukture suviše skupo radi konfiguracije terena. Mikrovalne usmjerene veze ipak imaju svoje rezervirano mjesto u domenama satelitskih i svemirskih komunikacija.

U takvoj situaciji, radiokomunikacije kao struka okrenule su se u moderno doba trima *ključnim* temama koje predstavljaju njihovu budućnost: pokretnim (mobilnim) komunikacijama, već spomenutim satelitskim i svemirskim komunikacijama i elektromagnetskoj kompatibilnosti. S obzirom da komunikacije osvajaju sve više i više frekvencijska područja, presudnu ulogu

ima i razvoj mikrovalnih i milimetarskih elektroničkih poluvodičkih komponenti, prijenosnih, filtarskih i drugih struktura. Opći problem današnjice je prodor u područja vrlo visokih frekvencija (iznad 30 GHz) i vrlo velikih brzina digitalnog signaliziranja (iznad 1 Gb/s, u optici iznad 10 Gb/s). To postavlja velike zahtjeve na opremu, ne samo u radijskom području, već i u osnovnom pojasu, jer sada i pristupna i multipleksna oprema moraju raditi u mikrovalnom frekvencijskom opsegu.

Procjenjuje se da će u 1998. godini svjetsko tržište mobilnih usluga dostići broj od 200 milijuna pretplatnika. Radi usporedbe, u 1995. godini to je tržište cijenjeno na nekih 50 milijuna korisnika. Ako je red veličine prosječne cijene jedne minute razgovora u pokretnoj mreži 0,5 DEM, jedna minuta korištenja svih svjetskih mreža stoji pretplatnike oko 100 milijuna DEM. Ako prosječni korisnik realizira mjesečno samo 4 sata pozivnih razgovora, godišnja naplata prometa može se procijeniti na oko 300 milijardi DEM. Ovaj broj treba uzeti s dosta rezerve, jer se govori samo o redu veličine. Ipak, riječ je o golemom tržišnom potencijalu za uslugu koja, priznat ćemo, možda i nije nešto najvažnije u čovjekovu životu. Svemu treba pribrojiti i tržišni kapacitet otvoren za proizvođače opreme i sve druge sudionike u izgradnji kompleksnih radiomobilnih mreža. Mobilna telefonija doista predstavlja jedan od najbržih i najisplativijih poslova današnjice. Postoje zemlje, poput npr. Švedske i Finske, u kojima čak oko 25% ukupnog stanovništva posjeduje mobilni telefon (odnosno, u kojima je broj mobilnih aparata jednak četvrtini broja svih stanovnika). Hrvatska sa svojih 2.7% ubraja se u tržišta koja su prihvatila tu tehnologiju, i koju karakterizira veliki očekivani zamah potražnje u slijedećih nekoliko godina.

U ovom i slijedeća dva broja "Energije" izaći će serija članaka pod zajedničkim naslovom "Temelji pokretnih radiokomunikacija". Ona je zamišljena kao uvod u to specifično područje, namijenjen u prvom redu inženjerima koji žele na jednom mjestu dobiti pregled osnovnih zasada struke dostatan za daljne proučavanje ozbiljne znanstvene i stručne literature. Prema tome, tekst će biti u određenoj mjeri rigorozan, premda istodobno i dovoljno lagan, kako bi mogao koristiti onome kome je to možda prvi, ali ne i zadnji susret s temom.

U čitavoj priči o pokretnim radiokomunikacijama, sam mobilni aparat, za kojega se kod nas izgleda uvriježila nespretno sročena riječ *mobitel*, je skoro najmanje važna stvar. Čak i pitanje pojedinog sustava pokretne telefonije koji se koristi ovdje ili ondje spada u nadgradnju. O nekim tehničkim i zdravstvenim aspektima uređaja mobilne telefonije već je pisano u "Energiji", u prvim brojevima iz 1997. godine. Ova serija članaka više će se posvetiti tehničkim osnovama područja pokretnih komunikacija. Današnja, prva epizoda, govorit će o propagaciji radijskih valova kroz prostor u blizini Zemljine površine, u frekvencijskim područjima interesantnim za terestrijalne mobilne sustave, te o prijamnom signalu i načinima njegova opisivanja u radiopokretnim sustavima.

Hrvatska elektroprivreda kao veliki tehničko-tehnološki sustav ima potrebe za vlastitom privatnom mobilnom mrežom, koja bi omogućila i podatkovno komuniciranje. Svrha takvog sustava primarno je u olakšanju poslova terenskim ekipama, dispečerskim službama, teritorijalno izmještenim službama, a zatim i ostalih poslovnih potreba zaposlenika poduzeća. Druge organizacije, koje mogu imati potrebe za sličnim mobilnim sustavom odijeljenim od javnoga, su: policija, vojska, hitna pomoć, zaštitarske službe, transportne organizacije, javni prijevoz, itd. U HEP-u postoji plan da se sadašnji zastarjeli i nejedinstveni sustav radio veza zamijeni obuhvatnom mrežom, koja bi omogućila izravan kontakt mobilnih korisnika preko mreže teritorijalno udaljenih korisnika, te komunikaciju sa sudionicima privatne stacionarne telefonske mreže HEP-a. Teško je reći s obzirom na znatna financijska ulaganja kada će se takvi planovi ostvariti. U svakom slučaju tehničke podloge za takav sustav postoje, i sasvim je sigurno da pokretna telefonija, čije će se osnove razložiti u ovoj seriji članaka, kao tema može unutar HEP-a naći dosta profesionalno zainteresiranih ljudi.

1. KARAKTERISTIKE PRIJAMNOG RADIJSKOG SIGNALA U UVJETIMA MOBILNOG RADIO OKRUŽENJA

Mobilne mreže su teritorijalno disperzirani sustavi baznih primopredajnika unutar kojih se mobilne stanice mogu proizvoljno kretati i ostvarivati komunikacijske veze. Dva su temeljna problema koji se

postavljaju pred projektanta i investitora takve mreže. Potrebno je, naime, osigurati pokrivanje terena signalom dostatne jakosti za kvalitetan prijam, te dodijeliti pojedinim baznim stanicama skupove radijskih kanala na kojima će one raditi, a da je pritom moguće što češće ponoviti kompletan angažirani broj radiokanala u sustavu.

Propagacija radijskih valova u mobilnom sustavu karakterizirana je presudnim utjecajem blizine tla, radi čega postoje vrlo velike razlike prema širenju vala u slobodnom prostoru. Zbog toga je bilo kakva aproksimacija koja bi zanemarila utjecaj bliske Zemljine površine naprimjenjiva.

Kada se promatra širenje radijskih valova, treba odmah naglasiti jednu njihovu temeljnu prirodnu osobinu. Naime, ako proizvoljan broj po volji, ali fiksno razmještenih odašiljača zrači elektromagnetsku energiju konstantnim snagama u prostor čije se geometrijske i elektromagnetske osobine ne mijenjaju u vremenu, u svakoj točki takvoga prostora postoji konstantna efektivna jakost polja u stacionarnom stanju, koja se *u principu* može odrediti analitički ili numerički. Ako, međutim, osobine prostora i izvora variraju u vremenu, varira tada i jakost polja u svakoj točki. Dakle, prijatelj koji bi bio smješten u toj točki zapažao bi promjene napona induciranog na svojoj anteni. U prirodi se događa upravo to: karakteristike prostora (atmosfera, tla, objekata itd.) mijenjaju se u vremenu. Primjerice, mijenjaju se vlažnost i temperatura zraka i tla, razmještaj velikih zračnih i oblačnih masa, razmještaj pokretnih objekata na zemlji, i, na kraju krajeva, *položaj* pokretnog prijatelja. Rezultantno polje na nekom mjestu nastaje kao vremenski zbroj komponenti različitih amplituda i faza. Tih komponenti zna biti dosta, čak i mnogo. Na ukupnu jakost signala snažno utječu na svakoj pojedinoj mikrolokaciji i bliski gibajući objekti, poput npr. vozila, koji su u pravilu visokorefleksivni (metalni), a dimenzije su im sumjerljive s valnim duljinama kakve se obično koriste za pokretne komunikacije.

Zamislimo da imamo prijatelj mobilnog uređaja koji se nalazi na nekom mjestu, ili se giba kroz ovako karakteriziran prostor. Prijam je to bolji što je veća jakost polja na mjestu gdje se trenutno nalazi prijateljska antena. Međutim, ta se jakost mijenja u vremenu, i sasvim je moguće da ponekad signal padne ispod razine praga prijama, tj. da se prekine komunikacija mobilne i bazne stanice. Prihvatimo li činjenicu da je nemoguće deterministički odrediti vremenski tijek jačine prijamnog signala, problemu možemo prići sa stanovišta utvrđivanja *statističkih parametara* signala prijamnog polja. Statistika je uvijek posljedica obrade nekakvih mjernih rezultata. Prema tome, potrebno je poduzeti mjerenja prijamnog signala u određenoj okolini. Statistički pristup izlaz je iz situacije u kojoj se nama interesantne pojave događaju prema determinističkim zakonitostima (Maxwellove jednadžbe), pri čemu su nam, međutim, rubni uvjeti i geometrijske konfiguracije

cije terena suviše komplicirani, a da bismo ih mogli obuhvatiti na razuman način s dovoljnom točnošću. Stoga je vrijedno pratiti jakosti signala i statističku obradu takvih podataka. Ono što time želimo saznati je:

- koja je prosječna (očekivana) jakost polja
- u kolikom postotku vremena je signal dovoljno jak (iznad praga prijama)
- koliko često signal ponire ispod praga prijama, koliko dugo u prosjeku traje takvo stanje i koliko su duboki propadi razine signala ispod praga prijama.

Mi dakle sada promatramo signal kao stohastičku varijablu. U ovom poglavlju obradit ćemo upravo standardne oblike prikazivanja osobina vremenskog tijeka prijamnog signala u mobilnom radio okruženju, a nimalo jednostavnija pitanja prostorne razdiobe signala (pokrivenosti terena) [1] tretirat ćemo u slijedećem poglavlju.

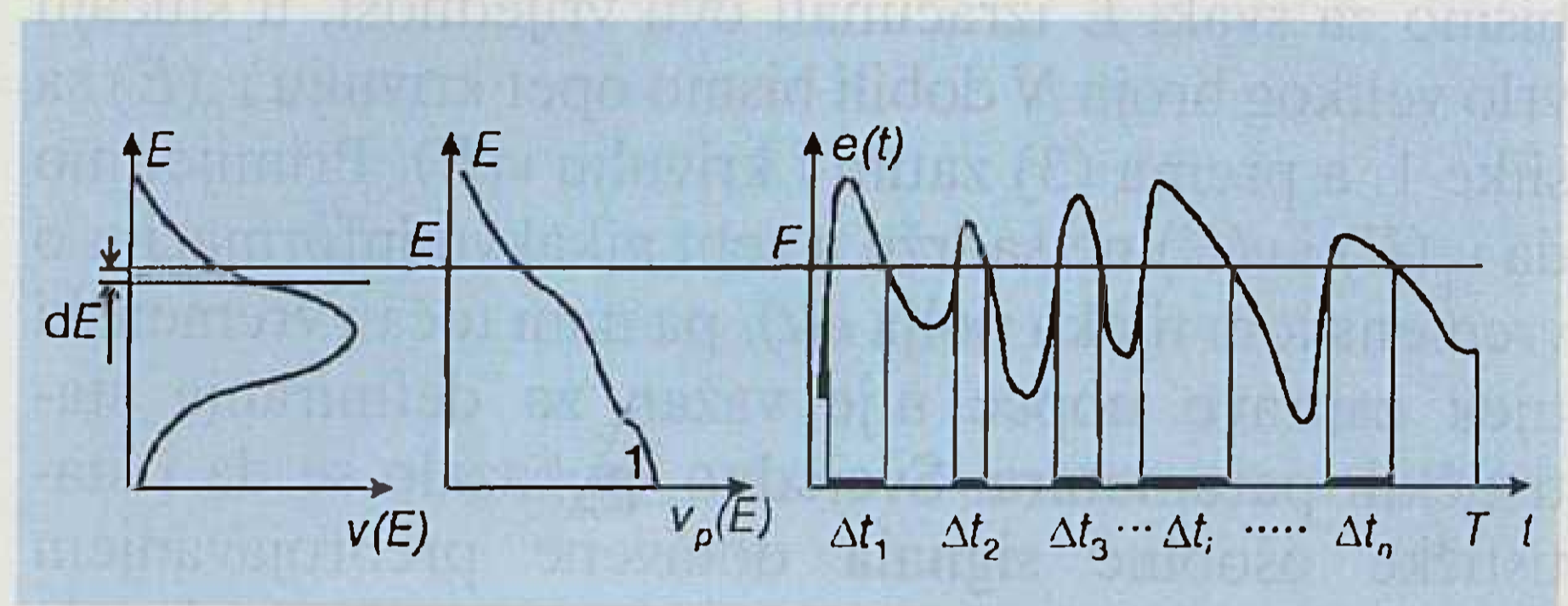
Statistika signala može dati maloprije nabrojane zanimljive parametre u obliku srednjih i medijalnih vrijednosti, te rasipanja, odnosno standardne devijacije, koje ukazuju na uobičajeni način ponašanja prijamnog polja, ali ne daje i ne može dati njegov vremenski tijek. Postoje tri uvriježene, teorijski razrađene šablone ponašanja signala, čiji se dakle parametri ponašaju po:

- Gaussovoj ili log-normalnoj razdiobi
- Rayleighevoj razdiobi
- Riceovoj razdiobi.

Značenje pojmova stohastičke varijable i njene razdiobe, te gustoće razdiobe, čitatelj može pronaći u nekom udžbeniku statistike, poput [2]. Nabrojene razdiobe nisu jedine prema kojima se ponašaju stvarni signali. Štoviše, sve su one samo aproksimativnog karaktera. Pokazalo se da Gaussova razdioba odgovara uvjetima propagacije u ruralnim i polururalnim sredinama, dočim je Rayleigheva tipična za visokourbanizirane sredine. Riceova razdioba mješavina je ove dvije. Da ne bi bilo zabune, mora se reći da *ne postoji način* kojim bi se iz neke fundamentalne teorije, npr. elektromagnetske, teorijski došlo do toga da se u određenim uvjetima signali ponašaju po ovoj ili onoj razdiobi. Razdiobe su proizvoljni tehnički modeli koji su razrađeni, a zatim uspoređeni s rezultatima proizašlim iz mjerenja, kako bi se vidjelo mogu li se ti rezultati uklopiti u koju od razdioba. Korist od toga je da se, bude li to poklapanje opaženo, promatrana razdioba može kasnije koristiti kao vjerodostojan matematički model u znanstvenim istraživanjima i projektiranju mreža. U tome je čitav smisao teorije razdioba signala - premda će se ona nekome činiti suhoparnom, radi se, ustvari, o vrlo praktičnom matematičkom alatu. Spoznajni pristup je ovdje induktivan: promatranjem statističkih osobina polja u određenoj sredini zaključujemo da i polja u drugim sredinama sa sličnom situacijom možemo opisati modelom iste

vrste. Statistika nam služi da zaobiđemo preteške matematičke probleme egzaktne analize.

Slika 1 prikazuje jedan mogući snimljeni tijek amplitude prijamne jakosti električnog polja e na mjestu antene. Ona se može snimiti npr. registriranjem regulacijskog napona u sklopu automatske regulacije pojačanja međufrekventnog stupnja pomoću uređaja s pisačem. Taj se napon može direktno izbaždariti u vrijednostima polja. Snimanje se provodi kroz duže vrijeme. Kada se pokus ponovi, rezultat će biti drugačiji, jer je jakost polja signala e stohastička varijabla, ali će statistički parametri takvoga signala biti vrlo sličnih vrijednosti. Mjerenja signala mogu trajati danima, pa i tjednima. Stohastičke osobine signala osim o trenutnim vremenskim prilikama ovise i o sezoni u godini. Zato dugotrajna mjerenja daju vjerodostojne rezultate, ali su i teža za obradu. Definirajmo sada osnovni skup stohastičkih parametara prijamnog signala, služeći se slikom 1.



Slika 1. Uz definicije statističkih parametara prijamnog signala

Snimljeni vremenski tijek polja $e(t)$ nalazi se na najdesnijem grafu slike 1. Uočimo neku vrijednost polja E i registrirajmo intervale vremena Δt_i u kojima jakost polja premašuje vrijednost E . Definirat ćemo na prirodan način *vjerojatnost prekoračenja*, kao vjerojatnost da signal bude veći ili jednak vrijednosti E :

$$v_p(E) = P(E \leq e < \infty) = \frac{1}{T} \sum_i \Delta t_i \quad (1)$$

T je ukupno vrijeme snimanja. Varirajući E od 0 do neke vrlo velike vrijednosti (veće od najveće ikad registrirane), te ponavljanjem ovog postupka za svaki E , dobili bismo funkciju vjerojatnosti prekoračenja v_p ilustriranu srednjim grafom na slici 1. Ta funkcija pada monotono od vrijednosti 1 do 0, kada amplituda polja ide od 0 ka vrlo velikim vrijednostima. To znači da vjerojatnost prekoračenja jakosti polja od 0 V/m iznosi praktički 1 (100%), dok je vjerojatnost da će polje biti veće od neke vrlo velike vrijednosti zanemariva. U statistici se uobičajeno definira funkcija distribucije ili razdiobe [2] varijable E kao vjerojatnost da će e poprimiti vrijednost manju ili jednaku od E , a koja je očito jednaka:

$$\Phi(E) = P(0 \leq e \leq E) = 1 - v_p(E) \quad (2)$$

Ta funkcija je monotono rastuća od 0 do 1 u ukupnom intervalu varijable E . Mi ćemo koristiti funkciju $v_p(E)$.

Na lijevom grafikonu slike 1 vidi se *funkcija gustoće razdiobe* statističke varijable E koja se definira kao:

$$v(E) = -\frac{dv_p(E)}{dE} \quad (3)$$

Vrijednost $-dv_p(E)$ jednaka je vjerojatnosti da se signal nađe između E i $E + dE$:

$$-dv_p(E) = P(E \leq e \leq E + dE) = v(E) dE \quad (4)$$

To je definicija gustoće razdiobe $v(E)$. Predznak (-) u (3) i (4) dolazi od toga što je $v_p(E)$ monotono padajuća po E .

Ako nemamo podatke registrirane u vremenu, ili ako zanemarimo vremenski tijek signala, možemo osnovne veličine definirati i prebrojavanjem velikog skupa registriranih vrijednosti e , na način kao u klasičnoj stohastičkoj matematiци. Primjerice, ako smo zabilježili N vrijednosti signala, a M njih je većih ili jednakih od neke vrijednosti E , tada je vjerojatnost prekoračenja te vrijednosti jednostavno jednaka: $v_p(E) = M/N$. Kada bismo za svaki E izračunali ovu vrijednost, u slučaju vrlo velikog broja N dobili bismo opet krivulju $v_p(E)$ sa slike 1, a prema (3) zatim i krivulju $v(E)$. Primijetimo da $v_p(E)$ i $v(E)$ ne sadrže u sebi nikakvu informaciju o vremenskom tijeku polja $e(t)$, pa nam točan vremenski tijek zapravo uopće nije važan za definiranje statističkih parametara. Svejedno, pokazalo se da i statističke osobine signala dobivene prebrojavanjem realizacija polja e ipak ovise o *načinu ponašanja* signala u vremenu, pa se statistički parametri mogu koristiti za predikciju osobitosti vremenskog tijeka signala. U prvom redu, to se odnosi na trajanje i učestalost *fadinga* (fading, engl zamiranje - propad jakosti polja ispod veličine minimalno potrebne za ostvarivanje nužnog odnosa signala i smetnji na ulazu prijarnika). Temeljni statistički parametri signala su:

- srednja vrijednost \bar{E}
- srednja vrijednost kvadrata $\overline{E^2}$
- prosječna efektivna vrijednost E_{EF}
- rasipanje (kvadrat standardne devijacije) σ^2
- medijan E_m .

Za opis neke određene vrste gustoće razdiobe koriste se rasipanje i srednja, ili ponekad medijalna, vrijednost. Srednjak ili medijan daju prosječnu vrijednost signala u dugačkom vremenskom intervalu, a rasipanje govori o dubini, učestalosti i trajanju fadinga. Veće rasipanje znači "veći" fading, tj. lošije uvjete prijama.

Srednja vrijednost može se definirati i statistički, i u vremenu:

$$\bar{E} = \int_{-\infty}^{\infty} E \cdot v(E) \cdot dE = \frac{1}{T} \int_0^T e(t) \cdot dt \quad (5)$$

U statističkom izrazu $v(E)$ je određena prebrojavanjem, te pomoću (3), kako je ranije objašnjeno. Granice integracije po E pružaju se od $-\infty$ do ∞ radi matematičke korektnosti definicije. Ako se promatra neka vrijednost polja, onda za nas značenje ima samo njegov iznos, pa bi donja granica integracije mogla biti i 0. Sve-

jedno, ponegdje se operira s decibelskim iznosima polja, koje su i negativne i pozitivne, pa ovakvu definiciju treba zadržati.

Srednja vrijednost kvadrata također se može utvrditi na dva načina:

$$\overline{E^2} = \int_{-\infty}^{\infty} E^2 v(E) \cdot dE = \frac{1}{T} \int_0^T e^2(t) \cdot dt \quad (6)$$

Prosječna efektivna vrijednost je jednostavno:

$$E_{EF} = \sqrt{\overline{E^2}} \quad (7)$$

Rasipanje pak iznosi:

$$\sigma^2 = \overline{E^2} - (\bar{E})^2 \quad (8)$$

Medijan je ona vrijednost E , za koju je vjerojatnost prekoračenja jednaka 0.5, tj. 50%. Prema tome, medijan se implicitno definira kao:

$$\int_{-\infty}^{E_m} v(E) \cdot dE = \int_{E_m}^{\infty} v(E) \cdot dE = \frac{1}{2} \quad (9)$$

ili jednostavno $n_p(E_m) = 0.5$.

Skup definicija u formulama (1) do (8) i popratni tekst u potpunosti definiraju način statističke obrade prijarnog signala, bilo da je on praćen u vremenu, ili da je bilježen u proizvoljnim vremenskim trenucima, bez zapisa o njima. Konačni rezultat te obrade je skup statističkih parametara prema kojemu se, kako ćemo vidjeti, može ocijeniti kojoj vrsti gustoća razdioba pripada promatrani signal, a ta nam pak informacija omogućuje evaluaciju karakteristika prijama glede očekivane jakosti polja i fadinga, odnosno dozvoljava uporabu realističkih matematičkih modela propagacijske sredine kod računalnih simulacija performancija sustava, kao što je učinjeno npr. u [3]. Pokazalo se da je većinu propagacijskih sredina moguće smjestiti u neku od tri klasične razdiobe (Gaussova, Rayleigheva ili Riceova). Teorijsko istraživanje svake od njih daje međuodnose statističkih parametara svojstvene pojedinoj razdiobi, pa se iz odnosa tih veličina izračunatih iz mjernih podataka često može zaključiti koji je model najbliži realnoj situaciji.

1.1. Gaussova log-normalna razdioba

U mnogim primjenama Gaussova razdioba ima vrlo važno mjesto. Kada se govori o statističkim osobinama prijarnog radio signala, opaženo je da pod određenim uvjetima *logaritama jakosti polja* slijedi Gaussovu razdiobu vjerojatnosti. Prema tome, decibelske vrijednosti polja su te koje se povinjuju normalnoj razdiobi. Radi toga se ona često naziva logaritmički normalnom ili log-normalnom razdiobom. Uvjeti pod kojima signal ima osobine svojstvene log-normalnoj razdiobi stječu se ako u prijamu dominira jedna direktna zraka velike jakosti (npr. u slučaju optičke vidljivosti odašiljača i prijarnika), uz postojanje više indirektnih zraka pristiglih reflektiranjem od okolnih objekata, čije faze su slučajne (zato što *ih ne možemo* izračunati točno radi

složenosti i vremenske varijabilnosti okoline, te mnogobrojnosti zraka), a amplitude mnogo manje od amplitude glavne zrake. Rasipanje po Gaussovoj razdiobi opaža se ako pod tim uvjetima intervali snimanja traju približno između jednog sata i jednog dana. Zanimljivo je da i srednje vrijednosti mnogo takvih mjerenja podliježu normalnoj razdiobi.

Ako je p razina polja u decibelima ($p = 20 \log(E/E_{\text{ref}})$), gustoća razdiobe vjerojatnosti je:

$$v(p) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(p-p_m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (10)$$

Ovom formulom definirana je poznata Gaussova zvonolika krivulja, koja ima svoj maksimum kod medijalne vrijednosti p_m . S obzirom da je krivulja simetrična oko pravca $p=p_m$, medijalna vrijednost p_m ujedno je i srednja vrijednost ili statističko očekivanje. Ona potječe od dominantne zrake, a fluktuacije prijамne razine imaju podrijetlo u indirektnim zrakama slučajnih i vremenski varijabilnih amplituda i faza.

Da bi se unificiralo računanje, vrlo često se normalna razdioba normira na medijalnu vrijednost i standardnu devijaciju σ , na taj način da se uvede transformacija $u = (p-p_m)/\sigma$, pa (10) prelazi u oblik:

$$v(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) \quad (11)$$

Ovoj funkciji medijan je jednak nuli, a standardna devijacija 1. Funkcija distribucije koja odgovara obliku (11) dana je sa:

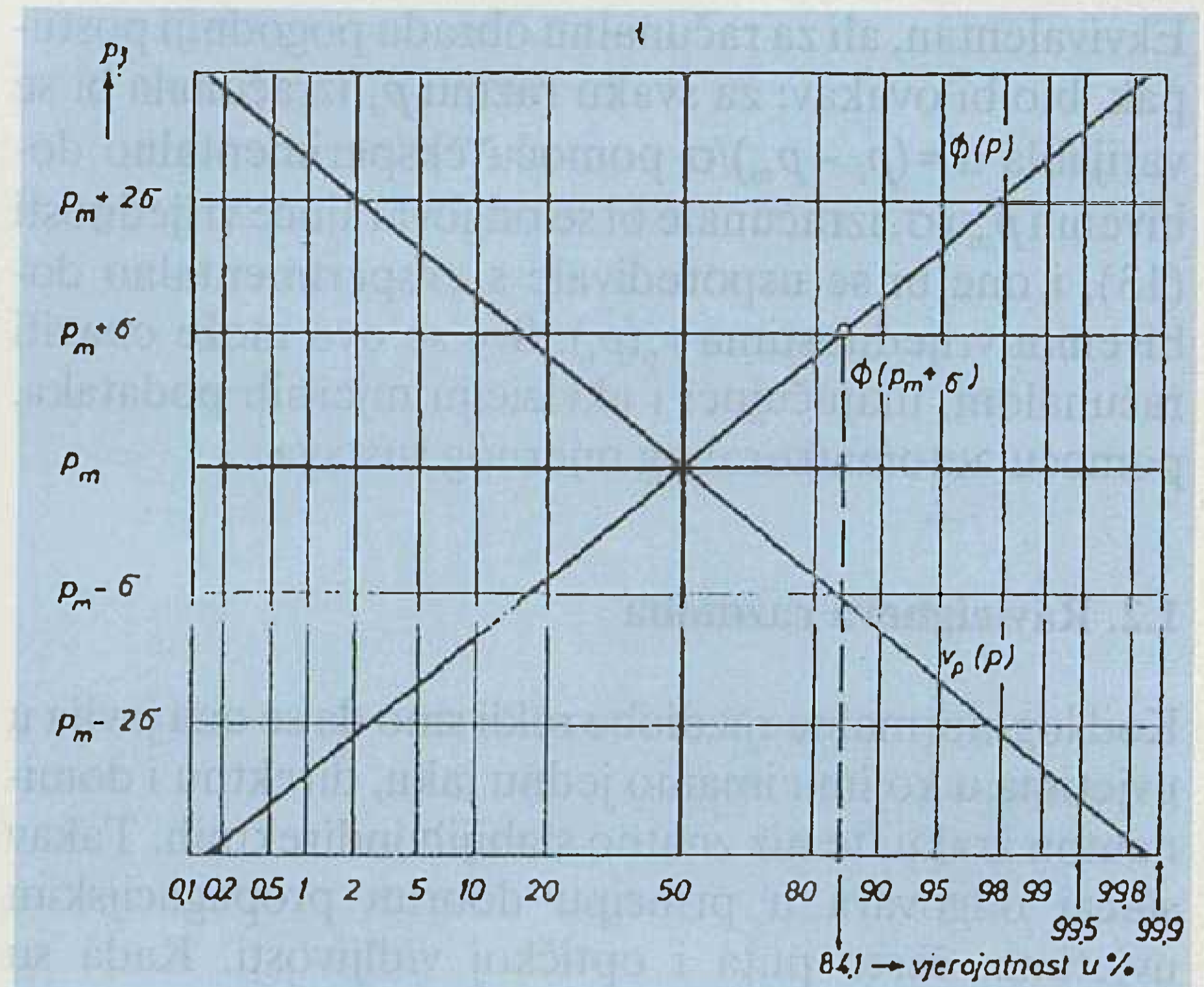
$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad (12)$$

odnosno funkcija vjerojatnosti prekoračena glasi:

$$v_p(u) = 1 - \Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad (13)$$

Integrali u (12) i (13) ne daju se riješiti analitički, već samo numerički. Vrijednosti formule (12) nalaze se tabelirane u mnogim matematičkim priručnicima.

Nama su važne funkcije distribucije, odnosno prekoračenja. Kao prvo, njih je znatno lakše odrediti iz seta izmjerenih vrijednosti nego li gustoću razdiobe, a i u primjeni nas interesiraju vjerojatnosti, a ne njihove gustoće. Zato ćemo ovdje dati grafički prikaz funkcija (12) i (13) u posebnom, tzv. vjerojatnosnom koordinatnom sustavu, kojemu je koordinatna os vjerojatnosti stisnuta tako da grafovi (12) i (13) postaju pravcima. Time je povećana preciznost grafa kod nama interesantnih vjerojatnosti prekoračenja većih od 90%, odnosno funkcija distribucije manjih od 10% (slika 2). Kada se u takav koordinatni sustav unose vjerojatnosti prekoračenja za pojedine razine signala r , dobiven iz mjerenih podataka kako je već ranije objašnjeno, linearni razmještaj unešenih točaka ukazuje nedvojbeno na log-normalnu razdiobu. Pritom je medijalna ili srednja vrijednost signala ona kod koje je



Slika 2. Funkcije (12) i (13) prikazane u vjerojatnosnom koordinatnom sustavu [1]

vjerojatnost prekoračenja jednaka 50%, a standardna devijacija σ je jednaka razlici između razine r za koju vjerojatnost prekoračenja iznosi 84.1%, i medijalne razine p_m . Rasipanje je jednako σ^2 .

1.1.1. Rezime - kako se prepoznaje Gaussova razdioba

U uvodnom odjeljku poglavlja 1 opisano je kako se pomoću podataka prikupljenih dugotrajnim promatranjem prijамnog polja, sa ili bez informacije o vremenu prikupljanja pojedinih uzoraka, dolazi najprije do funkcije vjerojatnosti prekoračenja, a zatim posredno i do funkcije gustoće razdiobe vjerojatnosti.

Da bismo provjerili jesu li naši mjerni podaci u skladu s Gaussovom razdiobom, moramo najprije same podatke imati u obliku decibelskih razina p . Uz svaku zapisanu razinu p_i vezana je odgovarajuća vjerojatnost prekoračenja $v_p(p)$. Skup svih takvih uređenih parova čini funkciju prekoračenja $v_p(p)$. Najprije trebamo uočiti dvije specifične vrijednosti varijable p : onu kod koje je vjerojatnost prekoračenja 50% (medijan), te onu kod koje je ta vjerojatnost 84.1%. Razlika tih dviju vrijednosti daje, naravno, standardnu devijaciju σ . Ta dva podatka potrebna su nam za formiranje izraza (10). Pomoću naše funkcije $v_p(p)$ dobivene iz mjernih podataka možemo konstruirati funkciju gustoće razdiobe prema (3). Uvrštavanjem ostalih mjerenih vrijednosti u formulu (10) moramo dobiti vrijednosti dovoljno podudarne s "izmjerenom" funkcijom gustoće razdiobe.

Direktniji put je ovakav: točke s vjerojatnošću prekoračenja 50% i 84.1% ucrtamo u vjerojatnosni koordinatni sustav i povučemo pravac kroz njih. Sada u isti grafikon ucrtavamo ostale točke s koordinatama $(p_i, v_p(p_i))$. Ako je riječ o normalnoj razdiobi, te točke, koje su u stvari rezultati mjerenja, dobro će pristajati uz ucrtani pravac. Naravno, pritom ne treba biti suviše sitničav.

Ekvivalentan, ali za računalnu obradu pogodniji postupak, bio bi ovakav: za svaku razinu p_i izračunala bi se varijabla $u = (p_i - p_m)/\sigma$ pomoću eksperimentalno dobivenih p_m i σ , izračunale bi se odgovarajuće vrijednosti (13), i one bi se uspoređivale s eksperimentalno dobivenim vrijednostima $v_p(p_i)$. Sve se ovo može obaviti računalom, uključujući i akviziciju mjernih podataka, pomoću automatiziranog mjernog sustava.

1.2. Rayleigheva razdioba

Kod log-normalne razdiobe rekli smo da se ona javlja u uvjetima u kojima imamo jednu jaku, direktnu i dominantnu zraku, te niz znatno slabijih indirektnih. Takav slučaj odgovara u principu dobrim propagacijskim uvjetima, često puta i optičkoj vidljivosti. Kada su propagacijski uvjeti loši, prijamno polje nastaje superpozicijom velikog broja komponenti usporedivih, ali slučajno distribuiranih jakosti, te slučajnih faznih odnosa. Za faze komponenti uzima se da su jednako distribuirane na intervalu $(0, 2\pi)$. Ukupna snaga sumarnog signala znatno je veća od snage bilo koje komponente. Pod ovakvim uvjetima signal doživljava vrlo duboke i nagle fadinge u odnosu na dugovremenu prosječnu vrijednost.

Fazor rezultatnog signala E može se prikazati kao $E = E_{RE} + jE_{IM}$. Realna i imaginarna komponenta međusobno su neovisne veličine, jer su i amplitude i faze komponenti slučajne varijable bez međuovisnosti. Komponente E_{RE} i E_{IM} sastoje se od velikog broja slučajnih neovisnih komponenti indirektnih signala. Centralni granični teorem [2] govori da će pod takvim uvjetima E_{RE} i E_{IM} imati uvijek normalnu (Gaussovu) razdiobu, bez obzira na razdiobe kojima se povinjuju mnogobrojne individualne komponente koje ih čine. Medijani varijabli E_{RE} i E_{IM} su očito jednaki nuli (slučajnost faza i amplituda), a standardne devijacije σ_{RE} i σ_{IM} su međusobno jednake, i iznose σ . Gustoće razdiobe vjerojatnosti za realnu i imaginarnu komponentu sumarnog signala su dakle:

$$\left. \begin{aligned} v(E_{RE}) &= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{E_{RE}^2}{2\sigma^2}\right) \\ v(E_{IM}) &= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{E_{IM}^2}{2\sigma^2}\right) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Budući su ove komponente neovisne, funkcija složene vjerojatnosti jednaka je umnošku pojedinačnih funkcija. Kako mi imamo posla s gustoćama vjerojatnosti, moramo se izraziti pomoću njih. U slučaju neovisnih varijabli E_{RE} i E_{IM} , za njihove diferencijalne vjerojatnosti također vrijedi jednostavno pravilo umnoška, pa se može napisati:

$$\begin{aligned} v(E_{RE}, E_{IM}) \cdot dE_{RE} \cdot dE_{IM} &= v(E_{RE}) \cdot v(E_{IM}) \cdot dE_{RE} \cdot dE_{IM} \\ &= \frac{1}{\sigma^2 \cdot 2\pi} \exp\left(-\frac{E_{RE}^2 + E_{IM}^2}{2\sigma^2}\right) \cdot dE_{RE} \cdot dE_{IM} \end{aligned} \quad (15)$$

Ovaj se izraz može integrirati analitički prelaskom u polarne koordinate, gdje se javlja varijabla $E^2 = E_{RE}^2 + E_{IM}^2$. Tada vrijedi da je $dE_{RE} dE_{IM} = E dE d\varphi$, pa se (15) pojednostavljuje. Integriranje po varijabli φ (fazni kut) provodi se od 0 do 2π .

Tako se dobija gustoća razdiobe za veličinu jakosti polja:

$$v(E) = \frac{E}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{E^2}{2\sigma^2}\right) \quad (16)$$

Vjerojatnost prekoračenja računa se kao:

$$v_p(E) = \int_E^{\infty} v(E) \cdot dE = \exp\left(-\frac{E^2}{2\sigma^2}\right) \quad (17)$$

Medijan se izračunava iz uvjeta da je $v_p(E_m) = 0.5$. Jednostavnom manipulacijom se dobiva:

$$E_m = \sqrt{\ln 4} \cdot \sigma \quad (18)$$

Izrazi li se (17) pomoću medijana, dobiva se oblik:

$$v_p(E) = \exp\left(-\frac{E^2}{E_m^2} \ln 2\right) \quad (19)$$

1.2.1 Rezime - kako se prepoznaje Rayleigheva razdioba

Iz naših eksperimentalnih podataka najlakše je konstruirati funkciju vjerojatnosti prekoračenja i iz nje jednostavno odrediti medijan E_m . Učinimo li to, imamo jedini parametar potreban za određivanje izraza (19). Devijacija σ nalazi se jednostavno pomoću (18). Sada u taj izraz uvrštavamo pojedine vrijednosti polja E i izračunavamo pripadne vrijednosti prekoračenja. Ako se one u dovoljnoj mjeri slažu s vrijednostima izračunatim iz mjernih podataka, možemo zaključiti da se radi o fadingu Rayleighevog tipa. Pritom kriterij "u dovoljnoj mjeri" ovisi o tome koliko točnim želimo imati model propagacijske sredine.

Za razliku od log-normalne razdiobe, za poznavanje Rayleigheve razdiobe dovoljno je imati samo jedan, a ne dva podatka. U fizikalnom smislu, uzrok tome je što se kod Rayleighevog fadanga događa sumiranje velikog broja podjednako jakih neovisnih komponenti, a kod Gaussovog postoji pored njih još jedna predominantna komponenta direktne zrake. Direktan signal prvenstveno određuje vrijednost medijana log-normalne razdiobe, dočim je rasipanje uvjetovano pretežno indirektnim zrakama. Kod Rayleighevog fadanga i medijan i rasipanje, tj. devijacija, potječu od indirektnih zraka, pošto direktne nema, pa su oni u vrlo jednostavnoj razmjernoj vezi, prema (18). Što je veća ukupna prosječna amplituda, ili drugim riječima, što su sve zrake u prosjeku jače, to su i fluktuacije, naravno, veće. Zato je Rayleighev fading vrlo neugodan: čak i na mjestima s prosječno dobrom osvjetljenošću radijskim signalom dolazi do strmoglavih i vrlo dubokih propada jakosti prijamnog polja. Trajanje tih propada tipično se

kreće u redu 1 ms, a učestalost ponavljanja fadingsa ovisi o konkretnoj mikrolokaciji i stanju gibanja objekata oko nje. U svakom slučaju, Rayleighov fading može se ponoviti (ali i ne mora) i više puta u sekundi. On je karakterističan za visokourbanizirane sredine, gdje su zahtjevi tržišta mobilnih usluga upravo najveći. Da bi se prevladala impulsna oštećenja informacijskog sadržaja digitalnih signala prenošenih nosiocima ugroženima Rayleighovim fadingom, potrebno je poduzeti mjere adaptivne ekvilizacije signala i kodne zaštite digitalnog sadržaja, što izaziva tipično dvostruko proširenje širine pojasa u odnosu na onu koja bi inače, uz isti postupak kodiranja izvorne govorne informacije, bila dovoljna. Prema tome, Rayleighov tip vremenskih fluktuacija prijamnog signala karakterističan je za problematične propagacijske sredine.

1.3. Riceova razdioba

Log-normalna i Rayleigheva razdioba predstavljaju ekstremne slučajeve dobre, odnosno loše propagacijske sredine. Pogledajmo u čemu se zapravo razlikuju polazne premise za određivanje jedne i druge vrste. U odnosu na Rayleighovu razdiobu, gdje su sve komponente podjednake, ali slučajno distribuiranih amplituda, te slučajno distribuiranih faza, kod Gaussove razdiobe vrijedi isto, samo što postoji još i jedna dominantna komponenta, koja je približno konstantna u amplitudi i fazi, i nosi mnogo veću energiju od ostalih, indirektnih komponenti. Strogo matematički gledano, polazišta su dakle ista. U stvarnosti, direktna zraka je toliko dominantna da se utjecaj ostalih koje se superponiraju na nju manifestira kao blagi fading log-normalnog tipa. Naprotiv, kod Rayleighovog fadingsa je upravo direktna zraka ta koja je zanemariva ili nepostojeća, pa nema toga izvora koji bi dominirao u određenju amplitude i faze rezultata. Zato se javlja duboki fading. Općenitiji slučaj, kada niti jedan od ovih dvaju načina ponašanja signala nema presudno dominantnu ulogu, modelira se Riceovom razdiobom. Fading koji slijedi takvu statističku zakonitost umjereniji je nego u slučaju Rayleighove propagacijske sredine. Riceova razdioba često se opaža u urbaniziranim i srednje urbaniziranim sredinama. Ona je u stvari kombinacija Gaussove i Rayleighove distribucije. Signal u takvim uvjetima koleba oko neke srednje vrijednosti, koja je i sama u dužim vremenskim intervalima također podložna Gaussovom tipu kolebanja. Kolebanje oko te gaussovski varijabilne srednje vrijednosti u osnovi je Rayleighovog tipa, premda je u relativnom mjerilu nešto slabije izraženo radi prisustva spomenute sporo promjenjive dominantne komponente.

Parametri karakteristični za Riceovu razdiobu su srednja vrijednost komponente s Gaussovom razdiobom E_G i standardna devijacija σ . Gustoća distribucije vjerojatnosti je:

$$v(E) = \frac{E}{\sigma^2} I_0 \left(\frac{E \cdot E_G}{\sigma^2} \right) \exp \left(-\frac{E^2 + E_G^2}{2\sigma^2} \right) \quad (20)$$

I_0 je Besselova funkcija nultog reda. Vjerojatnost prekoračenja računa se numerički kao:

$$v_p(E) = \int_E^{\infty} \frac{E}{\sigma^2} I_0 \left(\frac{E \cdot E_G}{\sigma^2} \right) \exp \left(-\frac{E^2 + E_G^2}{2\sigma^2} \right) \cdot dE \quad (21)$$

Riceova razdioba prepoznaje se i po tome što u vjerojatnosnom koordinatnom sustavu njezin graf stoji negdje između grafa Gaussove i Rayleighove razdiobe.

1.4. Rezime - statističke razdiobe

Ovdje ćemo radi jasnoće ponoviti osnovnu svrhu i značenje proučavanja statističkih svojstava prijamnog signala.

Dakle, unatoč tome što se u pozadini statističkih razdioba kriju složene teorijske koncepcije, njihov izvor su zapravo podaci sakupljeni u dugotrajnim mjerjenjima svojstava prijamnih signala. Tek obradom tog mnoštva podataka može se zaključiti koji oblik teorijske razdiobe najviše odgovara stvarnoj razdiobi. Svrha toga je uspostava jednostavnih računskih modela uvjeta prijama, koji dalje služe u znanstvenim istraživanjima i projektantskoj praksi. Prema tome, odabrana teorijska razdioba nije posljedica teorijskog predviđanja, već praktičnog zapažanja. Vrsta razdiobe ovisi o svim svojstvima prostora između odašiljača i prijarnika. Tu spadaju sve geometrijske, atmosfereke i druge osobine. Uzroci vremenske varijabilnosti signala prijama su vremenske varijacije bilo kojih od ovih svojstava, te eventualno gibanje komunicirajućih uređaja. Pomoću statističkih razdioba moguće je teorijski proučavati ponašanja radiokomunikacijskih sustava u uvjetima pojedine vrste fadingsa. Log-normalna ili Gaussova razdioba karakterizirana je relativno sporim i blagim fadingom, tipičnim za slabo urbanizirane i ruralne sredine. Rayleighov fading prepoznaje se po dubokim propadima signala u odnosu na srednju vrijednost. On je najgora, ali i vjerojatno najčešća vrsta fadingsa, koja se javlja u visokourbaniziranim sredinama. Riceova razdioba opisuje situacije kombiniranog fadingsa, kada su prisutna obilježja i Gaussovog i Rayleighovog fadingsa.

2. POVRŠINSKA PROPAGACIJA ELEKTROMAGNETSKIH VALOVA

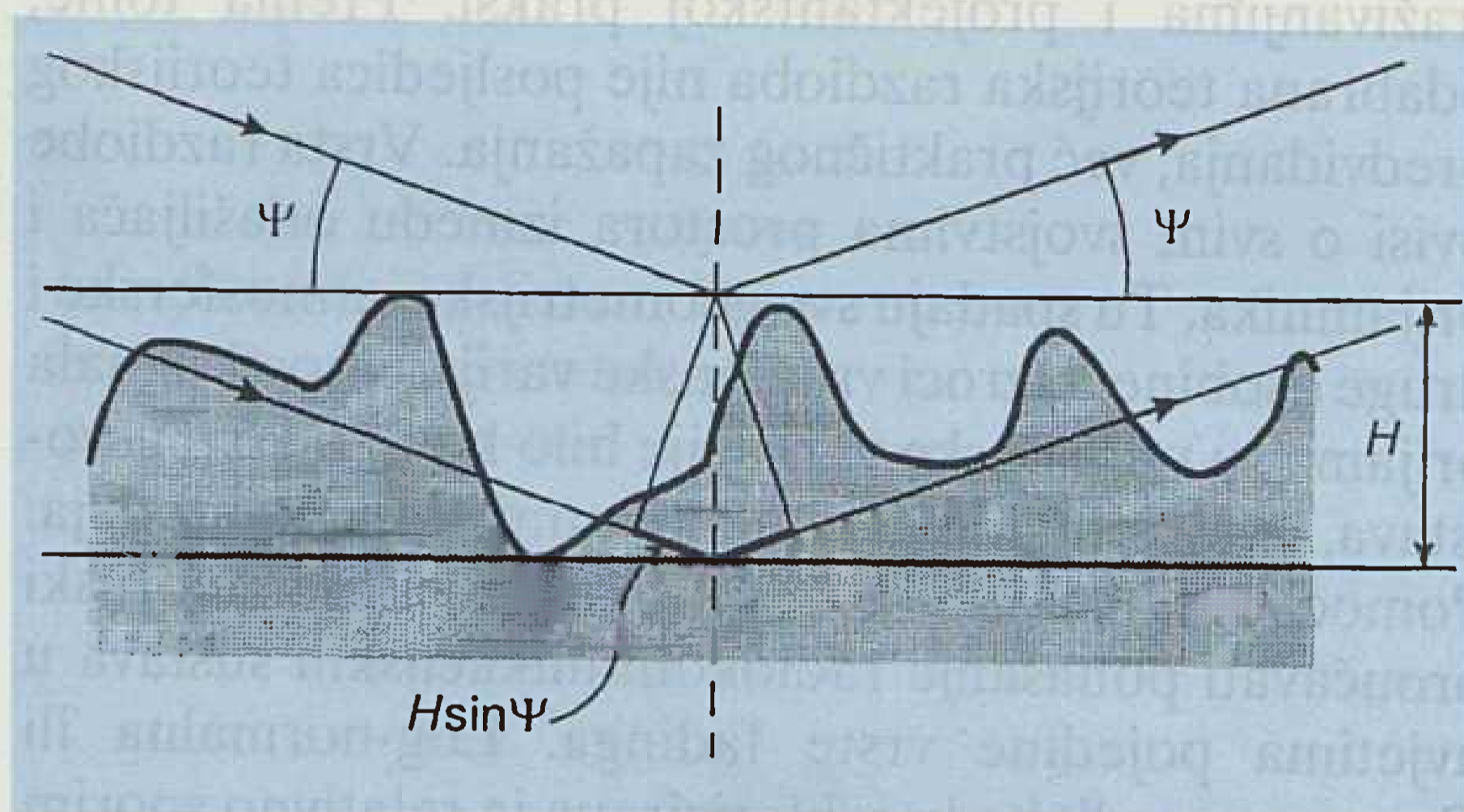
2.1 Zakon četvrte potencije

Propagacija elektromagnetskih valova u blizini tla spada u najsloženije pojave koje se proučavaju u radio-tehnici. S obzirom na iznimnu složenost oblika terena i njegovu varijabilnost, te vremensku varijabilnost parametara atmosfere, analitička predikcija jakosti polja prijama u nekoj točki prostora potpuno je nemoguća. U području radiorelejnih komunikacija moguće je ponekad uporabiti aproksimaciju kao da se val širi u slobodnom prostoru, uz korekciju radi dobitaka

odašiljačke i prijamne antene, što onda daje jednostavan izraz za jakost prijamnog polja. Lako je izračunati [1] da gušenje u slobodnom prostoru na udaljenosti d iznosi u decibelima:

$$a[\text{dB}] = 32.45 + 20 \log f [\text{MHz}] + 20 \log d [\text{km}] \quad (22)$$

Takav izraz vrijedi približno samo ako su odašiljačka i prijamna antena visoko iznad tla. U mobilnim komunikacijama današnjice antena pokretnog uređaja je tipično 1.5 do 2 m iznad tla, a niti antene baznih stanica često nisu više na velikim visinama, već na vrhovima viših zgrada. Prema tome, želimo li postaviti pojednostavnjeni model slične vrijednosti, koji bi donekle vrijedio u mobilnim komunikacijama, moramo pri računu uzeti u obzir prijam jedne direktne zrake, i jedne zrake reflektirane od bliskoga tla. Pri tome nastaje pitanje svojstava reflektivnosti samoga tla, koje ima osobine dielektričkog vodljivog materijala. Faktor refleksije i njegov fazni kut ovise o vrsti i stanju tla, frekvenciji i polarizaciji vala, te njegovom kutu upada na površinu. Važan parametar je također i "hrapavost" tla, određena Rayleighevim kriterijem, koji je ilustriran na slici 3.



Slika 3. Prikaz Rayleighevog kriterija hrapavosti tla

Kut upada računa se od horizontale i iznosi Ψ . Površina tla može se smatrati glatkom ako dvije upadne zrake koje se reflektiraju, jedna od najniže, a druga od najviše točke tla u promatranom reljefu, prevaljuju puteve koji se radi toga razlikuju za manje od $1/8$ valne duljine. Ako je H visinska razlika najviše i najniže točke reljefa, vrijedi očito uvjet:

$$2H \sin \Psi < \lambda / 8, \quad (23)$$

iz čega slijedi Rayleighev uvjet:

$$H [\text{m}] < \frac{1074}{\Psi [^\circ] f [\text{MHz}]} \quad (24)$$

Drugim riječima, površina sa stanovišta upadnog vala izgleda to glađa, što su manji kut upada i frekvencija.

Kod glatkog upada vala na površinu pod kutem Ψ mogu se izračunati kompleksni faktori refleksije, koji se razlikuju za horizontalnu i vertikalnu polarizaciju [4]. Svaki ravni val se može prikazati kao suma jedne komponente horizontalne i jedne komponente verti-

kalne polarizacije, pri čemu međusobni amplitudni i fazni odnosi tih komponenti određuju elipsu polarizacije vala. Refleksija dakle mijenja polarizaciju vala. Pritom komponenta vertikalne polarizacije može pod određenim kutem upada imati faktor refleksije jednak nuli kod reflektiranja na dielektriku bez omskih gubitaka, odnosno vrlo male vrijednosti kod reflektiranja od dielektrika s gubicima. Pri tom kutu, koji se naziva Brewsterovim kutem upada, reflektirani val biva skoro potpuno horizontalno polariziran, pošto je vertikalna komponenta potpuno ili znatno prigušena. Ako se sa n označi kompleksni indeks loma tla,

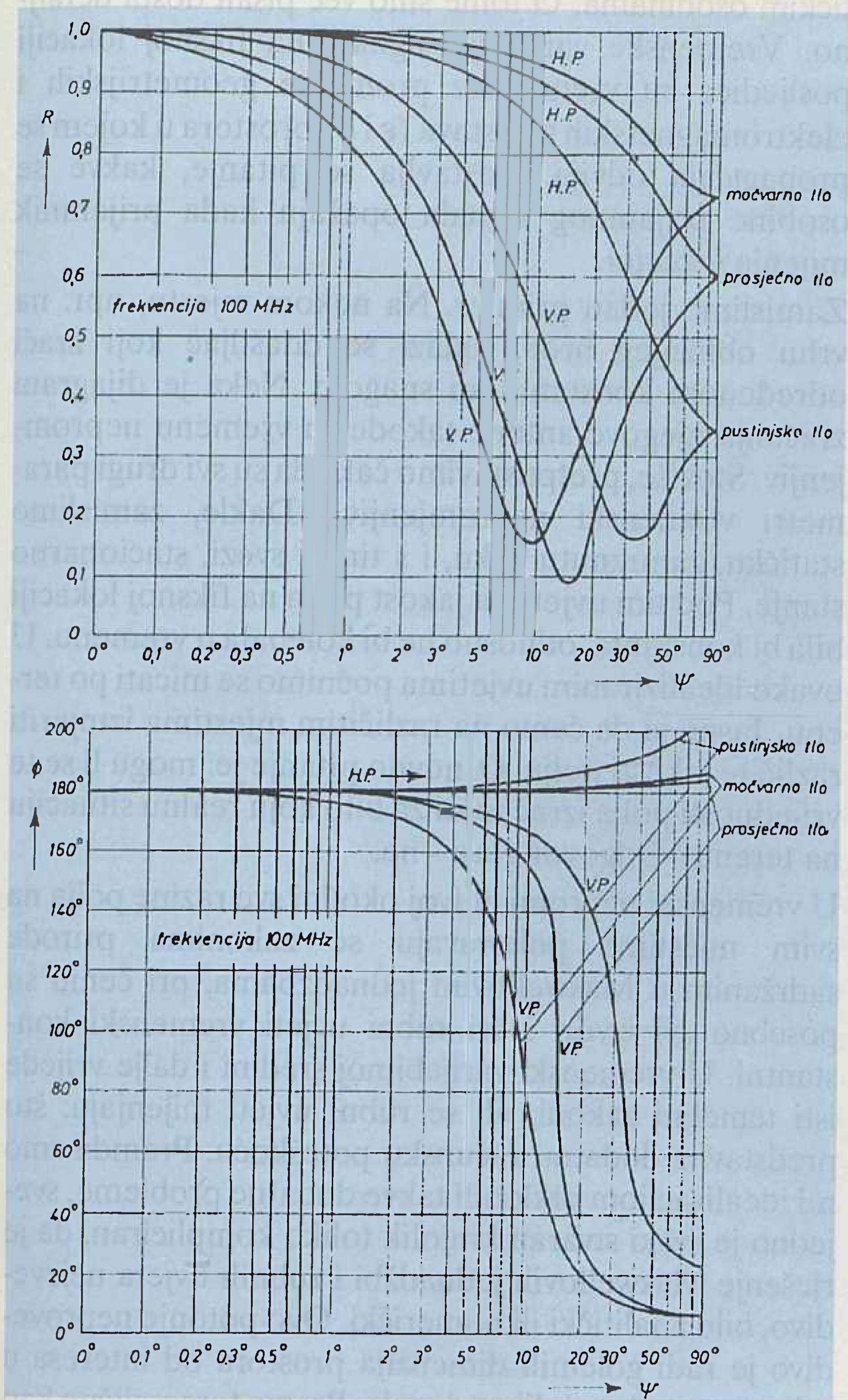
$$n = \sqrt{\epsilon_r - j \frac{\sigma}{2\pi f \epsilon_0}}, \quad (25)$$

gdje je ϵ_r relativna dielektrična konstanta tla, σ vodljivost tla [S/m], f frekvencija [Hz], a ϵ_0 dielektričnost vakuuma (8.85×10^{-14} As/Vm), moduli faktora refleksije za horizontalnu i vertikalnu polarizaciju, R_H i R_V , i fazni kutevi Φ_H i Φ_V , mogu se izraziti kao:

$$R_H \exp(j\Phi_H) = \frac{\sin \Psi - \sqrt{n^2 - \cos^2 \Psi}}{\sin \Psi + \sqrt{n^2 - \cos^2 \Psi}} \quad (26)$$

$$R_V \exp(j\Phi_V) = \frac{n^2 \sin \Psi - \sqrt{n^2 - \cos^2 \Psi}}{n^2 \sin \Psi + \sqrt{n^2 - \cos^2 \Psi}} \quad (27)$$

Parom vrijednosti (ϵ_r, σ) zadane su pojedine vrste tla. Naravno, te vrijednosti ovise i o vlažnosti tla i njegovu sastavu, koji se razlikuje od mjesta do mjesta na Zemlji, pa se moraju razmatrati samo neke prosječne vrijednosti. Pošto dielektričnost i vodljivost ovise o frekvenciji, na različitim frekvencijama tlo različito reflektira valove. Primjera radi, ovdje je dan grafički prikaz iznosa i faznog kuta faktora refleksije za tri skupine tala pri frekvenciji od 100 MHz (slika 4). Vidimo da Brewsterov kut poprima vrijednosti između nekih 10° i 35° , ovisno o vrsti tla, te da kod malih upadnih kuteva, ispod 1° , faktor refleksije za obje polarizacije biva po iznosu blizak jedinici, a po faznom kutu 180° . To znači da kod malih upadnih kuteva (približno horizontalan upad vala) tlo praktički potpuno reflektira val i reverzira njegovu fazu. Radi toga, kako ćemo vidjeti, prijamno polje pada vrlo brzo s povećanjem udaljenosti odašiljačke i prijamne antene. U mobilnom radio okruženju često puta je kut upada sasvim mali, s obzirom da su antene relativno nisko iznad tla, i da njihova udaljenost naspram visinske razlike zna biti velika. Kod frekvencija viših od 100 MHz ove konstatacije vrijede još bolje: za $\Psi < 1^\circ$ faktori refleksije po iznosu su još znatno bliži jedinici, a po faznom su kutu bliski 180° u sve širem i širem opsegu upadnih kuteva. Na mikrovalnim frekvencijama, koje su u mobilnim komunikacijama sve interesantnije, horizontalna polarizacija praktički za sve upadne kuteve doživljava zakret faze od 180° , a vertikalna isto tako, ali samo do Brewsterovog kuta, kod kojega se fazni



Slika 4. Iznos i fazni kut faktora refleksije različitih tipova tla za horizontalnu (H.P.) i vertikalnu (V.P.) polarizaciju, pri frekvenciji od 100 MHz [1]

zakret pri refleksiji naglo mijenja u 0° . Sam Brewsterov kut ne ovisi jako o frekvenciji.

Sada ćemo, uvaživši ovo općenito jednostavno ponašanje tla u uvjetima mobilnog radiokruženja i interesantnog frekvencijskog područja, izvesti zakon propagacije u kojemu će biti zanemareni utjecaji svih drugih reflektirajućih objekata, osim samoga tla. Situacija je ilustrirana slikom 5. Tu su nacrtane dvije antene na različitim visinama s označenim geometrijskim mjerama važnim za proračun, i vektorski dijagram električnog polja na mjestu prijama, na visini prijamne antene h_p . Označena je i direktna zraka koja stiže putem duljine d_0 , te jedina moguća reflektirana zraka, koja stiže putanjom sastavljenom od d_1 i d_2 . Pri reflektiranju ona ne mijenja amplitudu koju ima na tom mjestu, ali joj se faza zakreće za 180° .

Duljina puta d_0 pomoću Pitagorinog teorema može se izraziti kao:

$$d_0 = \sqrt{d^2 + (h_0 - h_p)^2} = d \sqrt{1 + \left(\frac{h_0 - h_p}{d}\right)^2}. \quad (28)$$

Kako je razlika visina prijamne i odašiljačke antene redovito značajno manja od razmaka antena d , ovaj izraz može se razviti u Taylorov red, nakon čega se mogu odbaciti svi članovi reda višeg od drugog, pa ostaje približan izraz:

$$d_0 \approx d \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_0 - h_p}{d}\right)^2 \right]. \quad (29)$$

Na isti način slijedi:

$$\begin{aligned} d_1 + d_2 &= \sqrt{d^2 + (h_0 + h_p)^2} = \\ &= d \sqrt{1 + \left(\frac{h_0 + h_p}{d}\right)^2} \approx d \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_0 + h_p}{d}\right)^2 \right], \end{aligned} \quad (30)$$

pošto je po pretpostavci i $h_0 + h_p$ znatno manje od d . Fazna razlika nastala uslijed razlike prevaljenih puteva je:

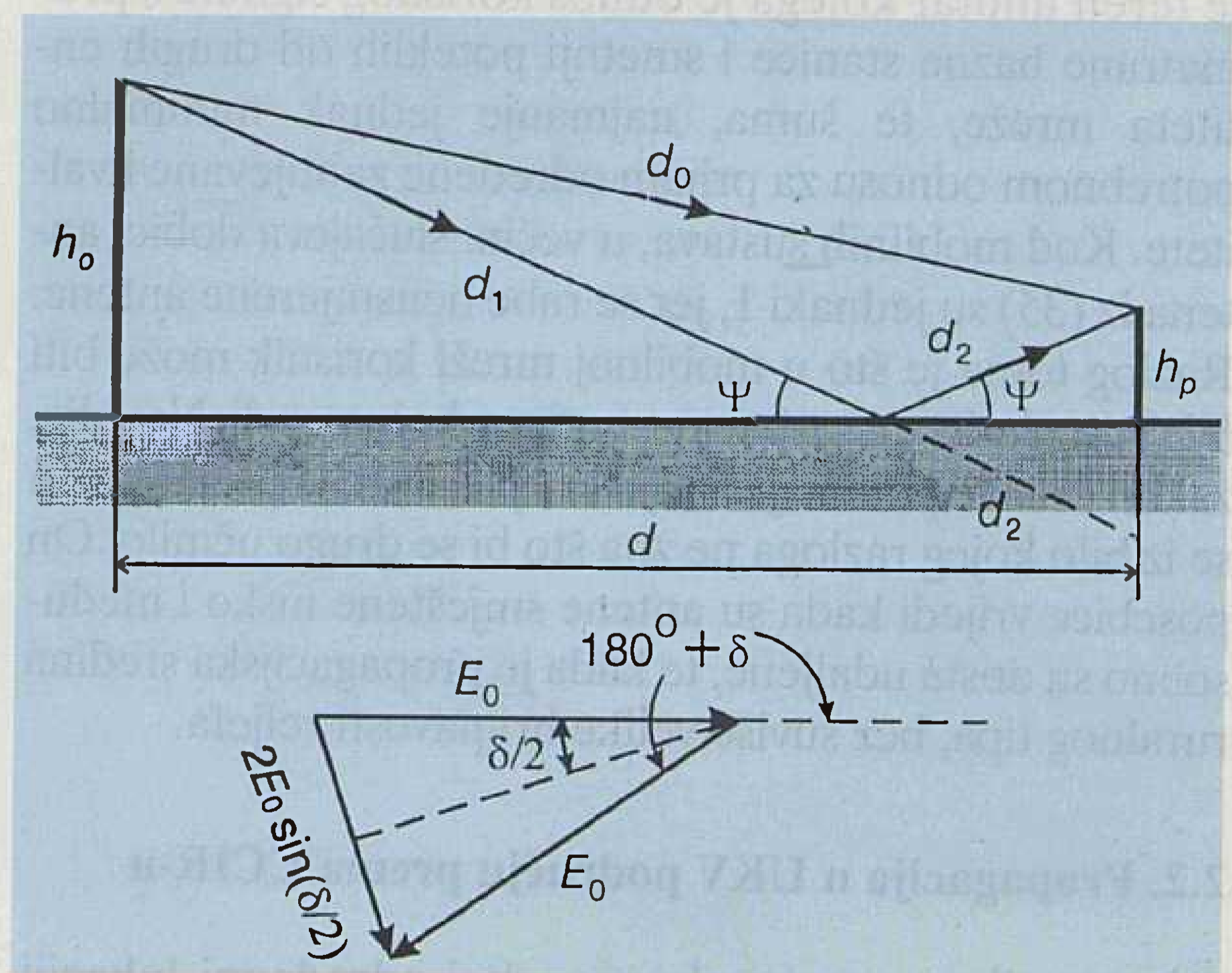
$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} [(d_1 + d_2) - d_0] \approx \frac{4\pi h_0 h_p}{\lambda d}, \quad (31)$$

što se dobija oduzimanjem (29) od (30). Ta razlika u putevima, normirana na duljinu puta d_0 , vrlo je mala, pa na prijamnom mjestu direktna i reflektirana zraka imaju praktički istu amplitudu E_0 . Međutim, na slici 5 vektori polja nisu nacrtani pod kutem δ , već pod $\delta + 180^\circ$, pošto tlo reflektiranu zraku okreće u fazi. Rezultantna jakost polja E iznosi očito:

$$E = 2E_0 \sin(\delta / 2). \quad (32)$$

Za male kuteve δ vrijedi, naravno, da je $\sin(\delta / 2) \approx \delta / 2$, pa slijedi:

$$E = E_0 \cdot \delta = E_0 \cdot \frac{4\pi h_0 h_p}{\lambda d}. \quad (33)$$



Slika 5. Model propagacije elektromagnetskog vala iznad glatkog tla

Raspoloživa snaga prijema W_p u razmjeri je s kvadratom rezultantnog polja. Prema tome:

$$W_p \dots E_0^2 \cdot \left(\frac{4\pi h_0 h_p}{\lambda d} \right)^2 \quad (34)$$

No, i E_0 , koji se dobiva po zakonu širenja u slobodnom prostoru, obratno je razmjernan udaljenosti d , što se vidi iz (22). S obzirom da u (34) figurira veličina E_0^2 , može se konačno napisati:

$$W_p \dots W_0 \cdot g_0 \cdot g_p \cdot \frac{K}{d^4} \quad (35)$$

Ovdje je W_0 odašiljačka snaga, g_0 je dobitak odašiljačke antene, a g_p je dobitak prijamne antene, u smjeru zračenja, odnosno prijama. K je konstanta koja obuhvaća sve ostale faktore ovisne o visinama antena, valnoj impedanciji prostora, itd.

Izraz (35) naziva se *zakonom četvrte potencije*. Njegova poanta je jasna: kod širenja vala uz površinu tla, ako je udaljenost antena mnogo veća od njihovih visina, snaga prijama pada sa četvrtom potencijom udaljenosti. To je vrlo rapidan pad, čiji je uzrok u suštini promjena faze indirektnog vala pri reflektiranju od tla. Dakle, za svako udvostručenje udaljenosti d , snaga prijama pada 16 puta ili 12 dB. Kod širenja slobodnim prostorom taj pad je bio samo 6 dB.

Zakon četvrte potencije primjenjuje se često puta u teorijskoj obradi mobilnih mreža, posebno glede organiziranja ćelija. Pojam "ćelija" (engl. cell) označuje zonu terena u kojoj dominira signal jedne bazne stanice, pa su slijedom toga mobilne stanice koje se nađu u toj zoni upućene na rad s njom. U idealnom slučaju ravnog terena bazne stanice smještene su u čvorove mreže istostaničnih trokuta, a njihove ćelije ograničene su linijama jednakih jakosti polja sa susjednima, što daje poznati heksagonalni oblik sustava ćelija. Zone pokrivanja u idealiziranim sustavima su kružnoga oblika, jer se koriste neusmjerene dijagrami zračenja. U stvarnosti to, naravno, nije slučaj. "Zona pokrivanja" je teren unutar kojega je odnos korisnog signala s promatrane bazne stanice i smetnji poteklih od drugih entiteta mreže, te šuma, najmanje jednak minimalno potrebnom odnosu za prijam određene zahtijevane kvalitete. Kod mobilnih sustava, u većini slučajeva dobici antena iz (35) su jednaki 1, jer se rabe neusmjerene antene. Razlog tome je što u mobilnoj mreži korisnik može biti *bilo gdje* u odnosu na baznu stanicu s kojom radi. Nadalje, zakon četvrte potencije smije se uporabiti i u praksi, kada se iz bilo kojeg razloga ne zna što bi se drugo učinilo. On posebice vrijedi kada su antene smještene nisko i međusobno su dosta udaljene, te kada je propagacijska sredina ruralnog tipa, bez suviše velike hrapavosti reljefa.

2.2. Propagacija u UKV području prema CCIR-u

Jakost prijamnog signala na nekoj određenoj lokaciji varira u vremenu na nepredvidiv način, a prosječna svojstva takvoga signala opisuju se njegovim statis-

tičkim osobinama. O tome smo već pisali dosta detaljno. Vremenske varijacije signala na fiksnoj lokaciji posljedica su vremenske promjene geometrijskih i elektromagnetskih svojstava (ϵ i σ) prostora u kojem se propagacija odvija. Postavlja se pitanje, kakve se osobine prijamnog signala opažaju kada prijatelj mijenja *lokaciju*.

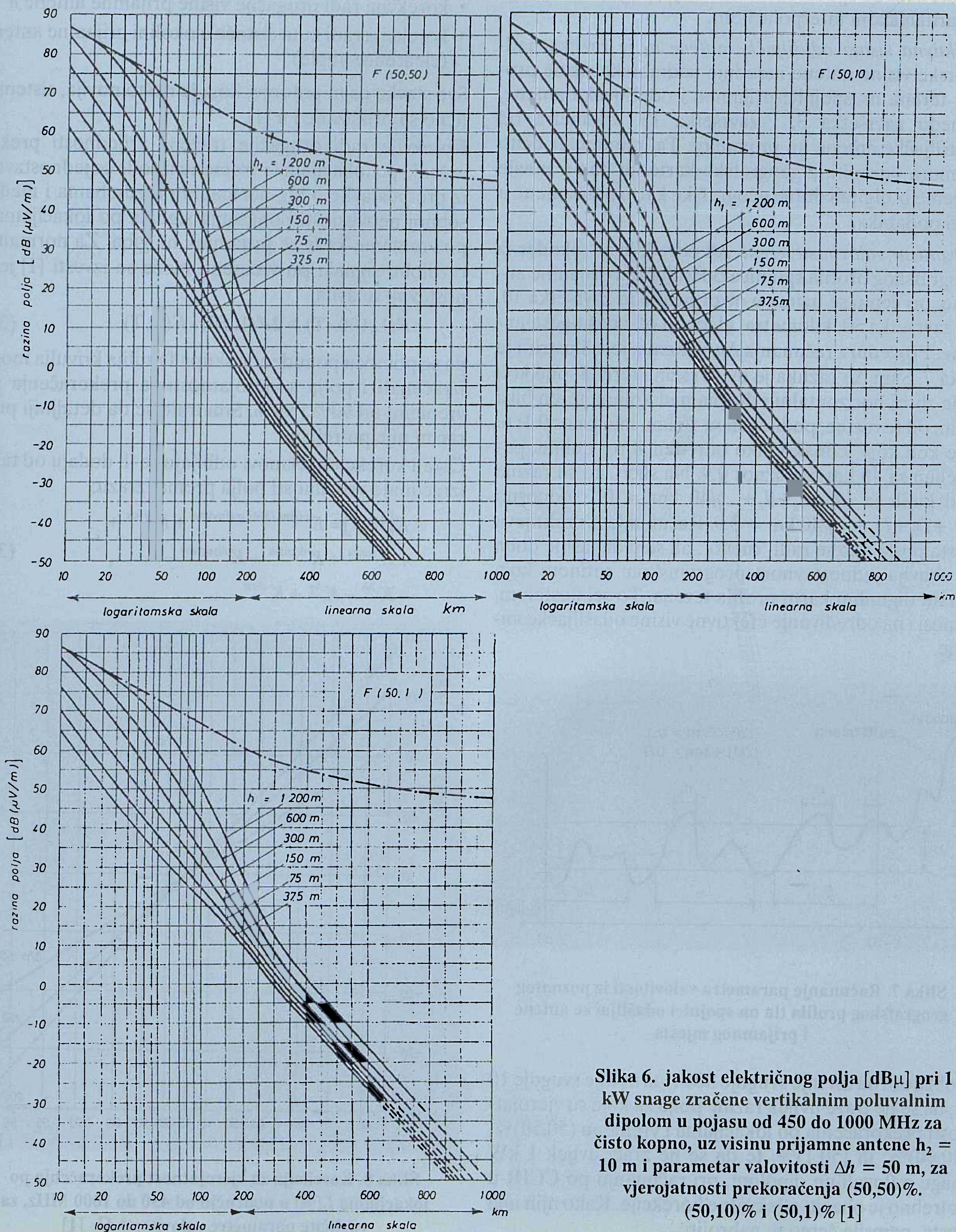
Zamislimo jedan primjer. Na nekom mjestu, npr. na vrhu obližnjeg brda, nalazi se odašiljač koji zrači određenom konstantnom snagom. Neka je dijagram zračenja njegove antene također u vremenu nepromjenjiv. Štoviše, pretpostavimo čak i da su svi drugi parametri vremenski nepromjenjivi. Dakle, zamislimo statičku, zamrznutu sliku, i s tim u svezi, stacionarno stanje. Pod tim uvjetima jakost polja na fiksnoj lokaciji bila bi konstanta, odnosno ne bi kolebala u vremenu. U ovako idealiziranim uvjetima počnimo se micati po terenu. Jasno je da ćemo na različitim mjestima izmjeriti različite jakosti polja. Osnovno pitanje je: mogu li se te vrijednosti polja izračunati za bilo koju realnu situaciju na terenu? Odgovor glasi - ne.

U vremenski nepromjenjivoj okolini sve razine polja na svim mjestima pokoravaju se zakonima prirode sadržanim u Maxwellovim jednadžbama, pri čemu su posebno svi izvori i svi rubni uvjeti vremenski konstantni. U vremenski varijabilnoj sredini i dalje vrijede isti temeljni zakoni, ali se rubni uvjeti mijenjaju, što predstavlja dodatnu računsku poteškoću. Premda smo mi idealizacijom otklonili takve dodatne probleme, svejedno je svaki stvaran krajolik toliko kompliciran, da je rješenje Maxwellovih jednadžbi i rubnih uvjeta neizvedivo, bilo analitički ili numerički. Ovo potonje neprovedivo je radi golemih dimenzija prostora od interesa u odnosu na valnu duljinu signala. Prema tome, slično kao kod problema vremenske ovisnosti prijamnog signala, možemo i u slučaju promatranja polja u fiksnom trenutku vremena na različitim lokacijama ustvrditi da će signal prijama varirati na *nepredvidiv način*, što nas odmah upućuje na definiranje statističkih osobina signala po lokacijama prijama. Ukupno, prijamni signal je varijabilan i po lokacijama i po vremenu. Naravno, jasno je kao dan da će signal biti prostorno promjenjiv - u najmanju ruku, što smo bliže odašiljaču, polje će u prosjeku biti jače. Problem je samo u tome što se radi složenosti terena ta ovisnost ne da nikako izračunati. Dakle, radi naše matematičke ograničenosti, moramo pristupiti statističkoj obradi iskustveno stečenih podataka.

Opis propagacije elektromagnetskih valova u području od 30 MHz do 1000 MHz dao je CCIR (Comite Consultatif International des Radiocommunications, Međunarodni konzultativni komitet za radiokomunikacije) [5] skupinom familija krivulja i opisom postupaka za izračunavanje očekivanih jakosti polja na lokacijama oko odašiljača, uz određenu vjerojatnost prekoračenja po lokacijama i po vremenu. Razine polja dane su jedinicom dBm (dB prema 1 μ V/m) za određeni postotak lokacija i vremena, uz snagu odašiljača od 1 kW zračenu vertikalnim poluvalnim dipolom,

čiji je dijagram zračenja u vodoravnoj ravnini izotropan. Krivulje su nastale na temelju mnogobrojnih dugotrajnih mjerenja, a dane su za propagacijske sredine tla i mora, te za frekvencijske opsege od 30 do 250 MHz i od 450 do 1000 MHz. Izvorno su one bile namijenjene za uporabu u predikciji širenja televizijskih signala. CCIR pretpostavlja normalnu razdiobu

po lokacijama i po vremenu, što omogućuje specifičnije samo po tri familije krivulja za svaki opseg i propagacijsku sredinu. Naime, preporuka daje samo krivulje za vjerojatnosti prekoračenja $F(L,T)$ od (50,50)%, (50,10)% i (50,1)%. Oznaka L označuje postotak lokacija, a oznaka T postotak vremena. Kao primjer, na slici 6 dane su tri familije krivulja rele-

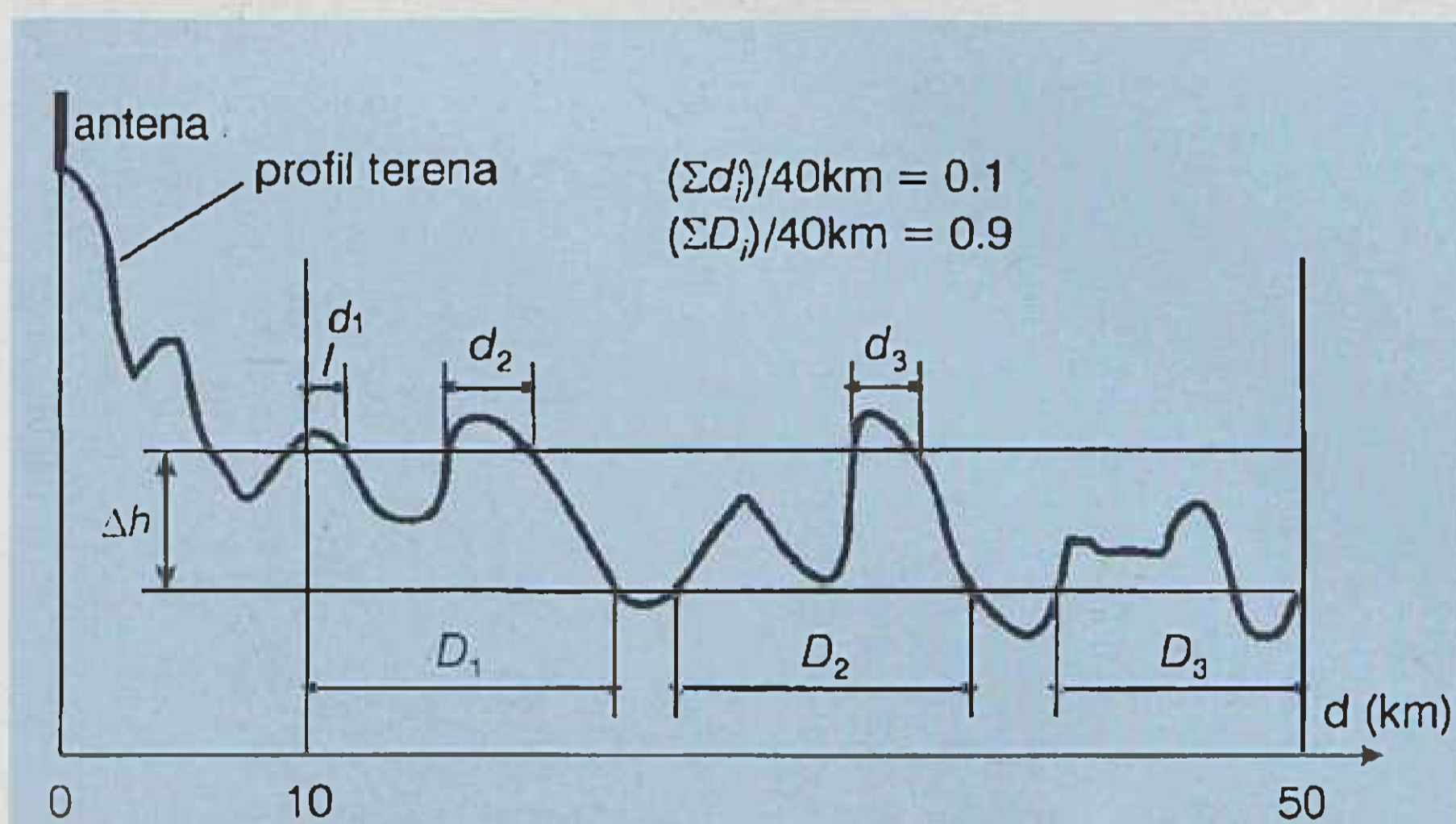


Slika 6. jakost električnog polja [dB μ] pri 1 kW snage zračene vertikalnim poluvalnim dipolom u pojasu od 450 do 1000 MHz za čisto kopno, uz visinu prijamne antene $h_2 = 10$ m i parametar valovitosti $\Delta h = 50$ m, za vjerojatnosti prekoračenja (50,50)%, (50,10)% i (50,1)% [1]

vantne za nama interesantni pojas frekvencija od 450 do 1000 MHz. Sve krivulje iz [5] odnose se na snagu zračenja od 1 kW poluvalnim dipolom, visinu prijemne antene od $h_2 = 10$ m, te parametar valovitosti terena $\Delta h = 50$ m. Svaka krivulja u familiji odnosi se na pojedinu ekvivalentnu visinu odašiljačke antene h_1 . Za onu visinu h_1 za koju nije nacrtana krivulja, već se ona nalazi između specificiranih krivulja, polje se određuje logaritamskom interpolacijom.

Efektivna visina odašiljačke antene h_1 je razlika nadmorske visine antene i srednje nadmorske visine profila terena na spojnici prijamne i odašiljačke antene, između završetka 3. i završetka 15. kilometra od odašiljačke antene ka prijamnoj. Taj parametar očito se mora odrediti iz geografske karte, ili pak u novije vrijeme iz digitalizirane geografske karte pohranjene u bazi podataka.

Parametar valovitosti terena Δh određuje se također iz geografskog profila spojnice odašiljačke i prijamne antene, pri čemu se uzima u obzir profil od završetka 10. do završetka 50. kilometra, gledano od odašiljačke antene. Procedura računanja Δh složenija je, a ilustrira je slika 7. Sam Δh razlika je dviju razina terena: one kod koje zbroj horizontalnih dužina nad kojima teren biva višim od te razine, podijeljen sa 40 km, ima iznos 0.1; te one kod koje jednako tako određen zbroj duljina podijeljen sa 40 km ima iznos 0.9. Na slici 7 to su razine kod kojih je $(d_1 + d_2 + d_3 + \dots) / 40 \text{ km} = 0.1$; odnosno $(D_1 + D_2 + D_3 + \dots) / 40 \text{ km} = 0.9$. Računanje Δh zahtijeva dosta posla ako se radi "ručno", ali se u današnje doba to obavlja jednostavnom programskom rutinom koja koristi digitalnu kartu profila terena. To se, uostalom, odnosi i na određivanje efektivne visine odašiljačke antene.



Slika 7. Računanje parametra valovitosti iz poznatog geografskog profila tla na spojnici odašiljačke antene i prijamnog mjesta

S obzirom da Δh nije svugdje 50 m, da h_2 nije svugdje 10 m, da se ne traže uvijek razine polja za koje su vjerojatnosti prekoračenja po lokacijama i vremenu (50,50)%, (50,10)%, ili (50,1)%, te da se ne zrači uvijek 1 kW snage poluvalnim dipolom, pri računanju po CCIR-u potrebno je obaviti adekvatne korekcije. Kako njih ima dosta, najprije ćemo ih nabrojiti:

- korekcija radi drugačije tražene vjerojatnosti prekoračenja po vremenu
- korekcija radi drugačije tražene vjerojatnosti prekoračenja po lokacijama
- korekcija radi drugačije zračene snage, dobitka antene odašiljača i njenog nejednolikog dijagrama zračenja
- korekcija radi drugačijeg parametra Δh
- korekcija radi drugačije visine prijamne antene h_2
- korekcija radi kuta čistoće u okolini prijamne antene (clearance angle).

Sve stavke osim potonje, koja je nešto novija, sistematično su prikazane i u [1].

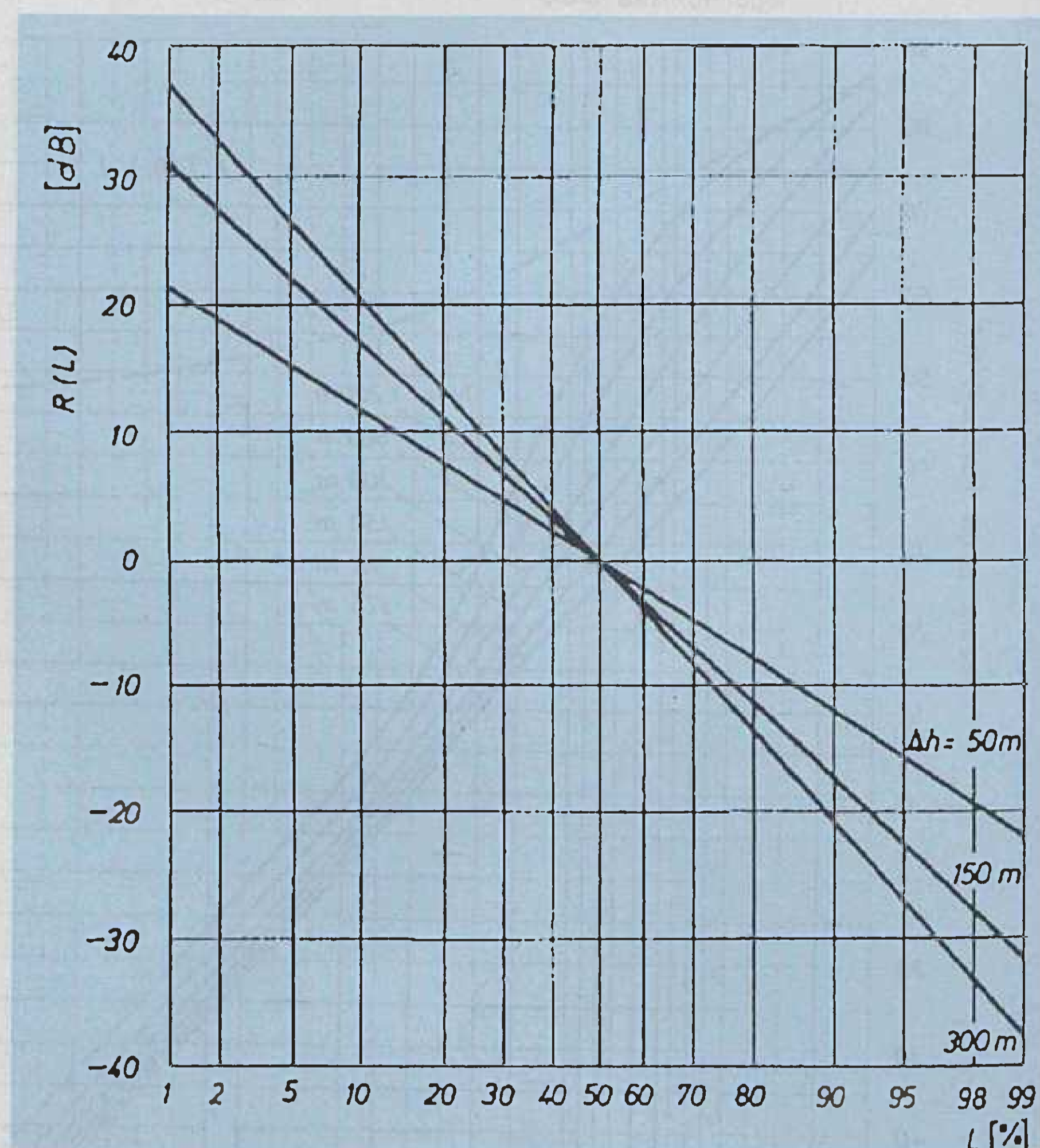
Korekcije radi drugačije tražene vrijednosti prekoračenja po lokacijama i vremenu izvode se jednostavno iz pretpostavke o log-normalnim razdiobama i međusobnoj neovisnosti ponašanja signala po lokacijama i po vremenu, kada se prijamnik ne giba. Za normalnu razdiobu signala po vremenu može se izvesti [1] jednostavna relacija:

$$F(L, 100 - T) = 2F(L, 50) - F(L, T), \quad (36)$$

pa se pomoću ponuđenog skupa familija krivulja mogu izračunati i polja s vjerojatnostima prekoračenja po vremenu od 90% i 99%. Smatralo se da detaljniji proračun nije potreban.

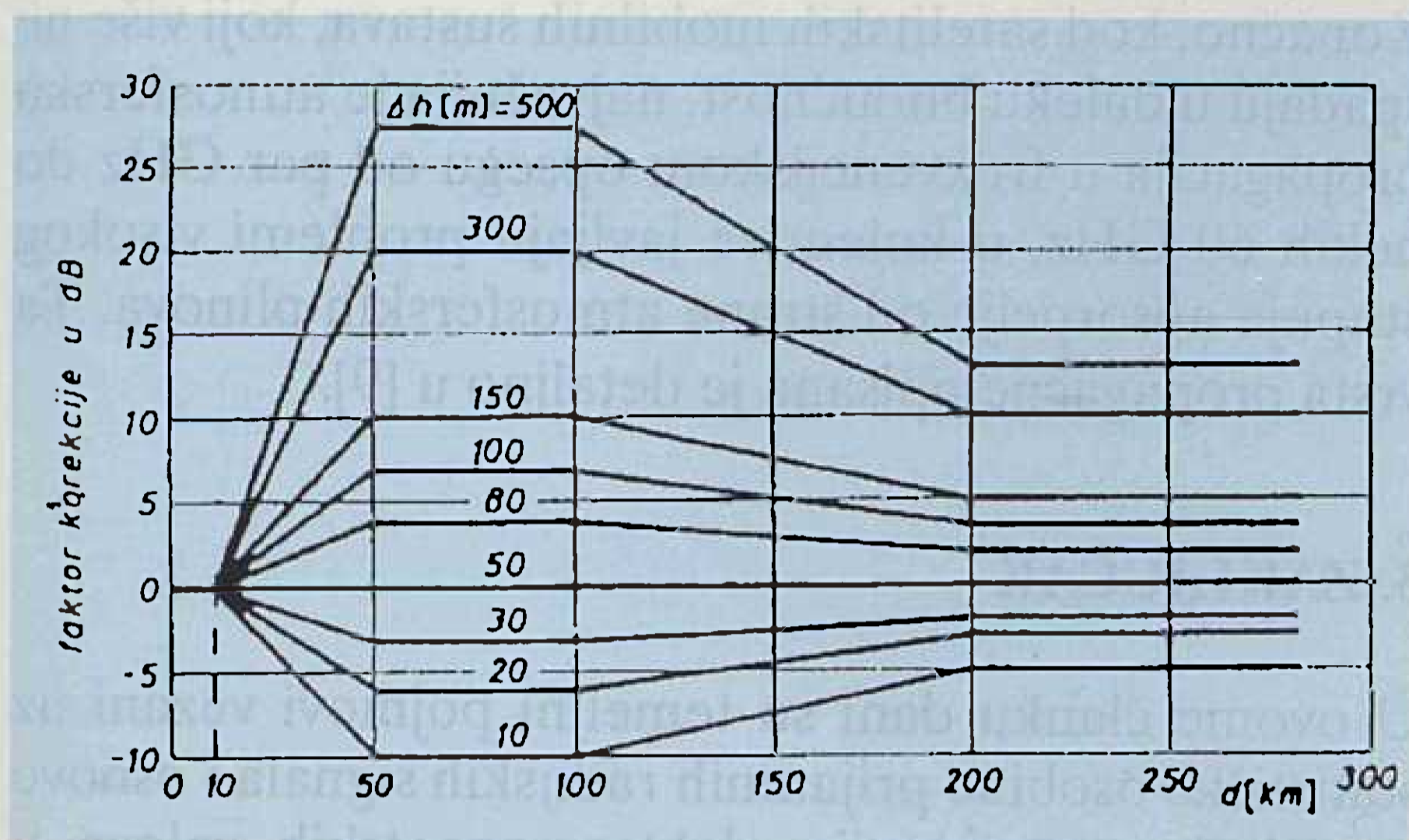
Ostali korekcionni članovi odbijaju se ili dodaju od tako izračunate vrijednosti polja prema izrazu:

$$E[\text{dB}_\mu] = E^{\text{prema (36) i grafovima}} + R^{\% \text{lok}} + K^{\text{snaga}} + K^{\text{dobitak}} + K^{\text{dijagram}} - K^{\Delta h} - K^{h_2} + K^{\text{clear}}. \quad (37)$$

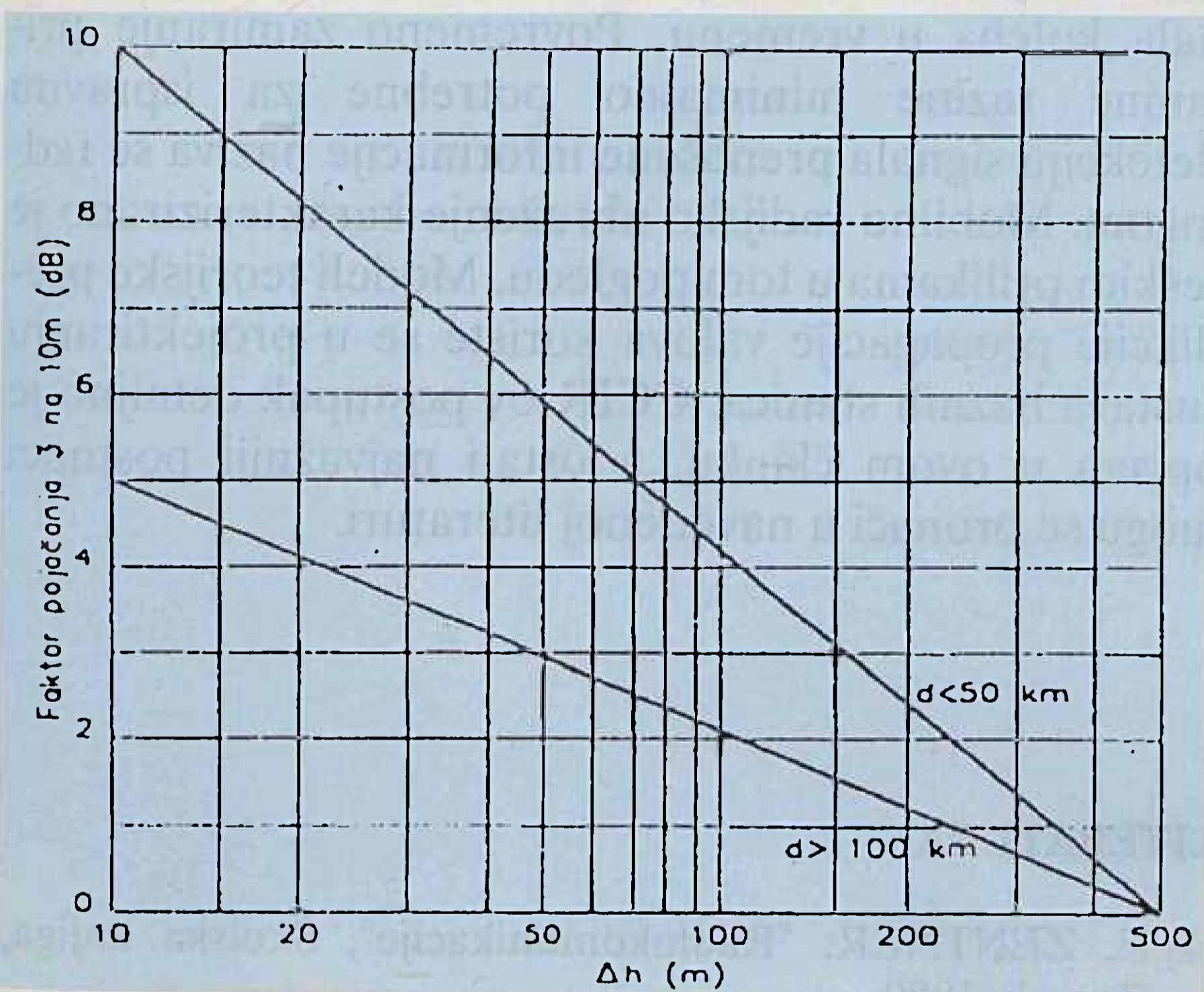


Slika 8. Korekcija za vjerojatnost prekoračenja po lokacijama L [%] u području od 450 do 1000 MHz, za različite parametre valovitosti Δh [1]

Korektivni pribrojnik za lokacije zadan je slikom 8, koja se odnosi na opseg 450-1000 MHz. Što je tražena vjerojatnost prekoračenja manja, jakost polja koja njoj odgovara je, naravno, veća. Korekcija za snagu iznosi: $K^{\text{snaga}} = 10\log(P_{\text{odaš}}/1\text{kW})$. Pribrojnik K^{dobitak} jednak je decibelskom iznosu dobitka antene, a K^{dijagram} ima vrijednost $20\log(E_{\alpha}/E_{\text{max}})$, gdje je E_{α} jakost polja daleke zone u smjeru α , a E_{max} jakost polja daleke zone na istoj udaljenosti, u smjeru maksimalnog zračenja. Ovaj decibelski iznos uvijek je, dakako, negativan. Korekcija $K^{\Delta h}$ dana je na slici 9, opet za područje 450-1000 MHz.



Slika 9. Korekcija za parametar Δh u području od 450 do 1000 MHz [1]

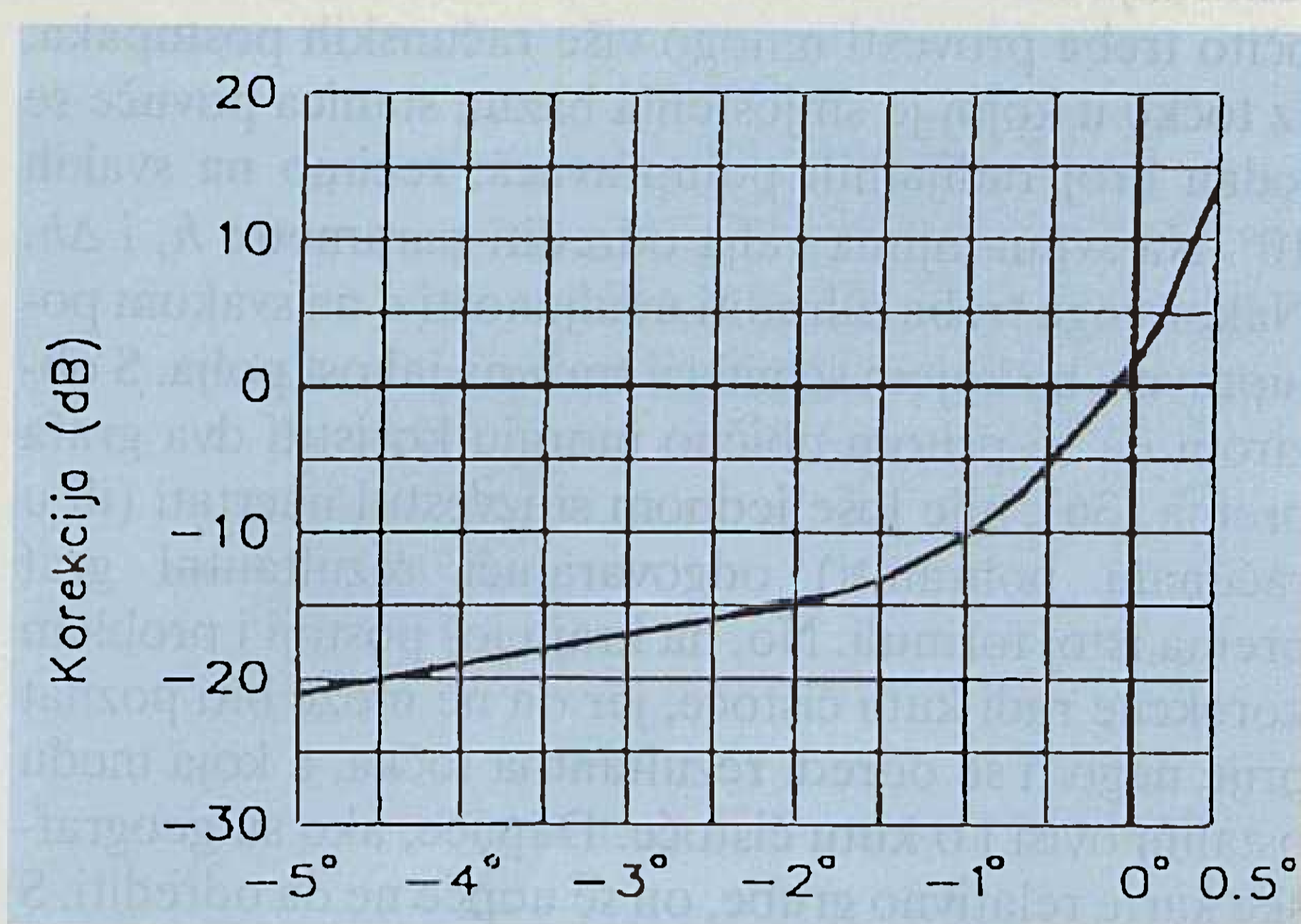


Slika 10. Korekcija radi visine prijemne antene različite od 10 m (ovdje: $h_2 = 3$ m) u frekventijskom opsegu od 450 do 1000 MHz

Što je teren valovitiji, to je očekivana jakost polja manja. Korekcija K^{h_2} , koja obuhvaća utjecaj stvarne visine prijemne antene, u frekventijskom opsegu 450-1000 MHz dana je na slici 10 kao funkcija Δh i udaljenosti odašiljačke i prijemne antene d . Za vrijednosti d između 50 i 100 km vrši se linearna interpolacija. Što je prijemna antena bliža tlu, očekivano prijemno polje je manje.

Kut čistoće je kut između minimalno moguće nagnute ravne linije koja prolazi kroz prijamnu antenu na visini

10 m i ostavlja ispod sebe sve prepreke na spojnici od odašiljačke ka prijamnoj anteni koje se nalaze do završetka 16. kilometra od prijamne antene, i horizontalne linije koja prolazi kroz prijamnu antenu na visini 10 m. Ako je prijamna antena smještena niže od prepreka, taj kut se uzima negativnim, a ako je viša od cjelokupnog definiranog profila, on je pozitivan. U mobilnim sustavima redovito je prijamna antena okružena uzvisinama, pa je kut čistoće negativan, a korekcijski pribrojnik K^{clear} ima negativnu decibelsku vrijednost danu slikom 11.



Slika 11. Korekcija za kut čistoće (clearance angle) u frekventijskom području od 450 do 1000 MHz

Kako bismo bili do kraja jasni, izradit ćemo jedan primjer. Neka je odašiljač lociran na nekoj uzvisini. Mi želimo postići u gradiću udaljenom 50 km jakost polja od $10 \text{ dB}\mu$ pri $f = 900 \text{ MHz}$ i vjerojatnostima prekoračenja $L = 80\%$ i $T = 90\%$. Odašiljačka antena je polovalni dipol. Teren je takav da su iz mjerodavnog profila izračunate vrijednosti efektivne visine antene $h_1 = 300 \text{ m}$ i $\Delta h = 150 \text{ m}$. Kut čistoće neka je -2° , a visina prijemne antene $h_2 = 3 \text{ m}$. Pitanje glasi, kolika mora biti snaga odašiljača, da bismo dobili tražene vjerojatnosti prekoračenja po lokacijama i vremenu za razinu polja od $10 \text{ dB}\mu$?

Najprije ćemo pretpostaviti zračenu snagu od 1 kW. Kada izračunamo rezultatnu razinu prijemnog polja, koja će se zacijelo razlikovati od traženih 10 dBm , korigirat ćemo snagu odašiljača za potrebni iznos. Dakle, za $T = 90\%$ prema (36) moramo rabiti krivulje CCIR-a za $F(50,50)$ i $F(50,10)$, koje su dane slikama 6 a) i b). Za $d = 50 \text{ km}$ i $h_1 = 300 \text{ m}$ imamo da je $2F(50,50) - F(50,10) = 2 \times 46.5 - 47.5 = 45.5 \text{ dB}\mu$. Korekcija po postotku od 80% za lokacije očita se sa slike 8, i iznosi -12 dB . Korekcija za snagu, dobitak i dijagram zračenja u ovom primjeru nije potrebna. Korekcija za Δh očita se sa slike 9 i iznosi 10 dB . Korekcija za h_2 čita se sa slike 10. Ona iznosi 3 dB . Konačno, na slici 11 vidimo da je korekcija za kut čistoće jednaka -15 dB . Sada se sve ove vrijednosti zbroje i oduzmu prema (37):

$$E = 45.5 + (-12) + 0 + 0 + 0 - 10 - 3 + (-15) = 5.5 \text{ dB}\mu.$$

Prema tome, nedostaje nam 4.5 dB snage, što znači da bi odašiljač trebao zračiti snagom većom za 4.5 dB, dakle umjesto 30 dBW sa 34 dBW, tj. 2.818 kW.

Upravo opisani postupak daje nam podatak kolika je razina polja za koju možemo očekivati vjerojatnosti prekoračenja od T% po vremenu i L% po lokacijama u blizini izračunatoga mjesta. Zadatak smo mogli postaviti i obratno - tako da se pronađe zona u okolini odašiljača, unutar koje će se ostvariti zadane vjerojatnosti prekoračenja neke unaprijed tražene jakosti polja. To je redovno potrebno kod organiziranja i projektiranja mreže baznih stanica mobilnih sustava. Sada očitito treba provesti mnogo više računskih postupaka. Iz točke u kojoj je smještenja bazna stanica povuče se jedan broj radijalnih polupravaca, recimo na svakih 10°. Na svima njima valja odrediti parametre h_1 i Δh . Nakon toga treba odrediti udaljenosti d na svakom polupravcu, na kojem se nalazi tražena jakost polja. S obzirom da se pritom obično moraju koristiti dva grafa prema (36), nije loše jednom si izvesti i nacrtati (ili u računalu pohraniti) odgovarajući rezultatni graf prema istoj formuli. No, na kraju još postoji i problem korekcije radi kuta čistoće, jer on ne može biti poznat prije nego li se odredi rezultatna točka, a koja među ostalim ovisi i o kutu čistoće. Dapače, ako su geografske karte relativno grube, on se uopće ne da odrediti. S obzirom da je ipak kut čistoće pojam od lokalnog značenja, pitanje je koliko se vrijedi opterećivati njime kod proračuna mobilnog sustava. Naravno, uvijek se može uzeti neka decibelska zaštitna margina, kako bi se kompenzirali mogući lokalni utjecaji nepovoljnog kuta čistoće. Ona tada, međutim, podiže razinu polja u čitavoj zoni pokrivanja. Odredivši za svaki od 36 polupravaca udaljenosti d , možemo si spajanjem tako dobivenih točaka na karti predočiti izgled zone pokrivanja.

Zamislamo sada proračun pokrivanja za sustav od stotinjak baznih stanica, gdje je potrebno vršiti izračune na oko 3600 smjerova širenja. Treba reći da 100 baznih stanica nije neki veliki broj, čak ni za malene zemlje poput naše. Sav ovaj posao, kada bi se radilo "pješice", nad geografskim kartama, bio bi gotovo beznadan. Radi toga su pomoć elektroničkog računala i posjedovanje digitalnih karata terena ključni faktori za uspješnost projektiranja suvremenih mobilnih sustava.

2.3. Drugi modeli propagacije

Upravo opisani model po CCIR-u ima dva velika nedostatka. S obzirom da je zasnovan na pretpostavci neovisnih log-normalnih distribucija po lokacijama i vremenu, kao takav nije baš upotrebljiv u urbanim sredinama, već više odgovara ruralnom geografskom okruženju. Također, današnje digitalne karte su još uvijek pregrube za izračune u gradskom okružju, u kojemu se pak mobilni sustavi najviše koriste. Konačno, mobilne komunikacije sele se u sve viša frekventijska

područja, koja nisu pokrivena u [5]. Radi svega toga, postoje još neki propagacijski modeli koji omogućuju analizu takvih situacija. Isto tako, sve više proizvođača programske podrške nudi komercijalne programe za analizu propagacije u gradskim sredinama.

Sažeti opis propagacijskih modela koji više priliče gradskim sredinama dan je u [6]. Najvažniji su postupci po Okumuri i Hati [7] i po Lee-u [8]. Tipičan radius ćelija mobilnih sustava u velikim gradovima kreće se danas u redu veličine 1 km. Kod još usitnjenijih, tzv. nanocelularnih sustava, koji su u fazi razvoja, nastaje pitanje propagacije unutar pojedinih većih zgrada. Konačno, kod satelitskih mobilnih sustava, koji više ne spadaju u daleku budućnost, najvažnija je atmosferska propagacija u frekventijskom opsegu od par GHz do nekih 60 GHz, u kojem se javljaju problemi visokog stupnja apsorpcije od strane atmosferskih plinova. Ta vrsta propagacije opisana je detaljno u [9].

3. ZAKLJUČAK

U ovome članku dani su temeljni pojmovi vezani uz statističke osobine prijamnih radijskih signala i osnove površinske propagacije elektromagnetskih valova u stvarnim uvjetima kakvi vladaju na površini Zemlje. Radi vremenske promjenjivosti elektromagnetskih i geometrijskih osobina prostora, razina prijamnog signala koleba u vremenu. Povremeno zamiranje prijамne razine minimalno potrebne za ispravnu detekciju signala prenošene informacije naziva se fadingom. Mobilno radijsko okruženje karakterizirano je teškim prilikama u tom pogledu. Modeli teorijske predikcije propagacije valova koriste se u projektiranju sustava baznih stanica. CCIR-ov postupak detaljno je opisan u ovom članku, a ostali najvažniji postupci mogu se pronaći u navedenoj literaturi.

LITERATURA

- [1] E. ZENTNER: "Radiokomunikacije", Školska knjiga, Zagreb, 1989.
- [2] N. L. JOHNSON, F. C. LEONE: "Statistics and Experimental Design in Engineering and the Physical Science", 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc, New York 1997.
- [3] K. FEHER: "MODEMS for Emerging Digital Cellular Mobile Radio Systems", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 40, No. 2, May 1991.
- [4] T. BOSANAC: "Teoretska elektrotehnika", I. dio, Tehnička knjiga, Zagreb 1973.
- [5] CCIR: "Preporuka 370-5."
- [6] R. L. FREEMAN: "Telecommunication System Engineering", 3rd ed, John Wiley & Sons, Inc, New York 1996.
- [7] M. HATA: "Empirical Formula for Propagation Loss in Land - Mobile Radio Services", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol 29, No. 2, 1980.

- [8] W. C. Y. LEE: "Mobile Communication Design Fundamentals", 2nd ed, John Willey & Sons, Inc, New York 1993.
- [9] R. L. FREEMAN: "Reference Manual for Telecommunication Engineering", 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc, New York 1994.

**BASIC MOBILE RADIOCOMMUNICATIONS - PART I:
SURFACE SPREADING OF ELECTROMAGNETIC
WAVES AND RECEPTION FIELD CHARACTERISTICS**

The report shows the reception signal characteristics and the wave propagation model in mobile surroundings. These fields present the necessary basic review of mobile radio-communications.

**GRUNDZÜGE BEWEGLICHER LANDFUNKNETZE – I.
TEIL: FLÄCHENVERBREITUNG
ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN UND
EIGENSCHAFTEN DES EMPFANGSBEREICHES**

Dargestellt werden die Eigenschaften des Empfangszeichnes und des Modells der Wellenverbreitung in der beweglichen Umgebung. Diese Wissensgebiete stellen unumgängliche Grunderkenntnisse für den Bereich beweglicher Landfunknetze dar.

Naslov pisca:

**mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1998-04-16.

GENERIČKO KABLIranJE POSLOVNIH ZGRADA PREMA MEĐUNARODNOJ NORMI ISO/IEC 11801

Mr. sc. Suzana Javornik Vončina, Zagreb

UDK 621.396.1:681.3
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazan je pristup kabliranju prihvaćen kao međunarodna norma prema kojem je kabliranje generička infrastruktura zgrade namijenjena podršci širokog raspona aplikacija uključivo: govor podaci, tekst, slika i video. Opisana je struktura generičkog kabliranja i način njegove implementacije. Dan je pregled zahtjeva za performanse pojedinih kablinskih veza i zahtjeva za usklađenje s normom.

Ključne riječi: generičko kabliranje, kategorije kabela, razredi kablinskih veza, razredi aplikacija.

Uvod

Generičko kabliranje prema normi [1] je telekomunikacijski kablinski sustav strukturiran tako da može podržavati čitav niz aplikacija, s tim da se može instalirati bez da se unaprijed zna koje će se točno aplikacije u zgradi zahtijevati.

Nekada je u zgradama postojala potreba za samo jednom vrstom kabela, kabelom za prijenos električne energije. Onda do današnjeg informatičkog doba situacija se stubokom promijenila. Električnoj instalaciji prva se pridružila telefonska.

Pojava računala koja omogućuju istodoban rad većem broju korisnika rezultirala je potrebom povezivanja terminala i pisača na takvo centralno računalo. Proizvođači računalnih sustava razvijali su vlastite sustave kabliranja i vlastito sklopovlje za priključak na takvo kabliranje nekompatibilne s proizvodima konkurenata, nastojeći vezati kupce uz vlastita rješenja.

Kasnije, brz razvoj osobnih računala i radnih stanica zahtijeva njihovo povezivanje u lokalne računalne mreže, što dovodi do razvoja niza mrežnih tehnologija (kao najuspješnija pokazao se Ethernet). Svaka tehnologija podrazumijeva različitu vrstu kabela i različitu topologiju mreže, a obično je podržava grupa proizvođača.

Rezultat je da su često unutar zgrade zastupljene različite tehnologije, svaka sa svojom vrstom kabela i svojom topologijom, ugrađene u različitim vremenima u skladu s tadašnjim potrebama i procjenama korisnika. Njihovo održavanje i međusobno povezivanje skupo je i vrlo otežano. Uz to, prilikom mijenjanja tehnologije ili preseljenja priključaka, često se radi uštede vremena stari kabeleli ne uklanjaju. Šupljine zidova,

prostori duplih podova i spuštenih stropova, kao i sve vrste usponskih kanala u zgradama postaju pretrpane različitim vrstama kabela za različite informatičke sustave nad kojima je otežan nadzor i mogućnost otkrivanja kvarova. U konačnici se može dogoditi da pri potrebi novih preseljenja ili promjena u kanalima više nema mjesta za nove kabele. Također, otežan je nadzor nad kabliranjem, kao i otkrivanje neispravnih mjesta u mreži.

Problem dolazi sve više do izražaja, budući da današnje poslovne organizacije obilježavaju česte organizacijske promjene, povećavanja ili smanjivanja odjela, premještanja osoblja ili čitavih odjela, kao i promjene načina poslovanja, što rezultira promjenom broja osoblja koje koristi određenu tehnologiju, promjenom mjesta s kojeg se ona koristi ili promjenom same tehnologije.

Nadalje, više nisu samo ljudi ti koji koriste instalacije zgrade, već i same zgrade u kojima se radi zahtijevaju vlastito kabliranje za ispravan rad svojih servisa, kao što su dizala, vatrodjavni i alarmni sustavi, klimatski uređaji i sigurnosni sustavi zgrade.

Osiguravatelji podatkovnih i telekomunikacijskih usluga uočili su da postoji potreba za standardiziranim kablinskim sustavom sa standardnim kabelima i utičnicama u cijeloj zgradi, koji bi se uz minimalne dodatne uređaje mogao koristiti za sve ili većinu aplikacija potrebnih u zgradi. Kako bi kabliranje bilo prilagodljivo za sadašnje i buduće potrebe u kvantitativnom pogledu, poželjno je postaviti utičnice na sve moguće lokacije u zgradi potencijalno interesantne budućim korisnicima, što omogućuje jednostavno širenje i reorganizaciju odjela, kao i premještanje osoblja. Kako bi se osigurala podrška za postojeće i buduće potrebe mora biti moguća jednostavna rekonfiguracija kablinskog sustava.

S tako postavljenim ciljevima krenulo se na izradu odgovarajuće norme.

Glavni posao izvela su zajedno američka udruženja EIA (Electronic Industries Association) i TIA (Telecommunications Industries Association). U srpnju 1991. u SAD-u je objavljena prva verzija norme za telekomunikacijsko kabliranje poslovnih zgrada EIA/TIA 568 [2]. Osnovna zamisao vuče podrijetlo iz telekomunikacijskih sustava tvrtki kao što je AT&T, koji su koristili upredene parice, ožičavali unaprijed sva potencijalna mjesta priključka, obavljali prospajanje na centralnom mjestu, a bili su namijenjeni isključivo prijenosu glasa (u doba pojave lokalnih računalnih mreža upredene se parice držalo neprikladnima za prijenos podataka - napretkom tehnologije situacija se promijenila).

U kolovozu 1991. objavljen je bilten TSB-36 (Technical System Bulletin) [3] u kojem se definiraju kategorije 3, 4 i 5 kabela s uprednim paricama, a u kolovozu 1992. TSB-40 [4] u kojem se definira spojni pribor. U siječnju 1994. TSB-40 revidiran je u TSB-40A, a 1995. su i TSB-36 i TSB-40A uključeni u revidiranu normu koja mijenja naziv u TIA/EIA 568A [5]. Ta se norma zasniva na tehnologiji i kabelima koji su u širokoj uporabi u Sjevernoj Americi.

Međunarodna organizacija za normizaciju ISO (International Organization for Standardization) u suradnji s međunarodnom komisijom za elektrotehniku IEC (International Electrotechnical Commission) preuzela je zadatak razviti međunarodnu normu oslanjajući se značajno na američku normu uz uvođenje dodatnih

Tablica 1. Podržane aplikacije

aplikacija	izvor	dodatno ime	datum	broj parica
balansirani kabel - veze razreda A (definirane do 100 kHz)				
PBX	nacionalni zahtjevi			1 do 4
X.21/V.11	ITU-T Recs. X.21/V.11		1994.	2
balansirani kabel - veze razreda B (definirane do 1 MHz)				
S0-Bus (prošireni)	ITU-T Rec. I.430	ISDN Basic Access (Phys. Layer)	1993.	2 do 4 ¹⁾
S0-point-to-point	ITU-T Rec. I.430	ISDN Basic Access (Phys. Layer)	1993.	2 do 4 ¹⁾
S1/S2	ITU-T Rec. I.430	ISDN Primary Access (Phys. Layer)	1993.	2
CSMA/CD 1Base5	ISO/IEC 8802-3		1993.	2
balansirani kabel - veze razreda C (definirane do 16 MHz)				
CSMA/CD 10BaseT	ISO/IEC 8802-3		1993.	2
Token Ring 4 Mb/s	ISO/IEC 8802-5		1992.	2
Token Ring 16 Mb/s ²⁾	ISO/IEC 8802-5		1992.	2
balansirani kabel - veze razreda D (definirane do 100 MHz)				
Token Ring 16 Mb/s ²⁾	ISO 8802-5		1992.	2
ATM (TP) ³⁾	ITU-T i ATM Forum	B-ISDN		2
TP-PMD ³⁾	ISO/IEC 9314-xx	Twisted Pair DDI		2
optičke veze				
CSMA/CD FOIRL	ISO/IEC 8802-3	FO inter-repeater link	1993.	2
CSMA/CD 10Base-F	ISO/IEC 8802-3 AM 14		1994.	2
Token Ring	ISO/IEC TR 11802-4	FO station attachment	1994.	2
FDDI	ISO/IEC 9314-3	Fibre Distributed Data Interface	1990.	2
LCF FDDI	ISO/IEC CD 9314-9	Low cost FDDI		2
SM FDDI	ISO/IEC DIS 9314-4	Single-mode FDDI		2
HIPPI	ISO/IEC 11518-1	High Performance Parallel Interface	1995.	2
ATM	ITU-T Rec. I.432	B-ISDN	1992.	2
FC	ISO/IEC CD 14165-1	Fibre Channel		2
Napomene				
¹⁾ ITU-T specificira 3. i 4. paricu za opsijske izvore napajanja 2 i 3				
²⁾ Za podršku aplikacije Token Ring na 16 Mb/s uz korištenje aktivnih koncentratora, veze razreda C trebaju imati vrijednost parametra ACR bar za 6 dB višu od vrijednosti definiranih u točki 3. Rješenja s pasivnim koncentratorima nisu podržana.				
³⁾ U vrijeme izdavanja norme (1995.) sučelja za ATM i TP-PMD na bakrenim kabelima nisu bila međunarodno normirana; u obzir su uzeti očekivani prijenosni zahtjevi i takvi su podržani generičkim kabliranjem				

vrsta kabela i načina implementacije, rezultat čega je međunarodna norma za generičko kabliranje poslovnih zgrada, ISO/IEC 11801 [1].

Prvi korak u razvoju norme za generičko kabliranje bila je analiza aplikacija navedenih u tablici 1 kako bi se utvrdili zahtjevi koje kabliranje treba zadovoljiti. Ti zahtjevi korišteni su zajedno sa statističkim podacima o lokacijskim osobinama poslovnih kompleksa (skupa poslovnih zgrada) različitih zemalja pri definiranju zahtijevanih svojstava komponenata kabliranja i pravila za njihovo međusobno povezivanje u sustave kabliranja.

Kao rezultat takvog pristupa, generičko kabliranje namijenjeno je uobičajenom uredskom okruženju smještenom u jednoj ili više zgrada poslovnog kompleksa koji se proteže do 3000 metara, obuhvaća do 1.000.000 m² uredskog prostora i u kojem radi od 50 do 50.000 osoba, te podržava širok spektar usluga, uključivo: govor, podatke, tekst, slike i video. Očekivani vijek trajanja sustava generičkog kabliranja je između 10 i 15 godina.

Norma [1] definira strukturu i minimalnu konfiguraciju generičkog kabliranja, zahtjeve pri njegovoj implementaciji, zahtjeve za performanse pojedinih kablinskih veza, te zahtjeve za usklađenost s normom i procedure potvrđivanja valjanosti, što je u glavnim crtama prikazano u ovom članku.

1. STRUKTURA GENERIČKOG KABLIRANJA

Struktura generičkog kabliranja je hijerarhijska zvijezda koju tvore do tri podsustava različite hijerarhije (horizontalno kabliranje, kabliranje okosnice zgrade i kabliranje okosnice kompleksa), od kojih svaki koristi zvjezdasto kabliranje. Rekonfiguracija jednog podsustava ne utječe na cjelokupni sustav.

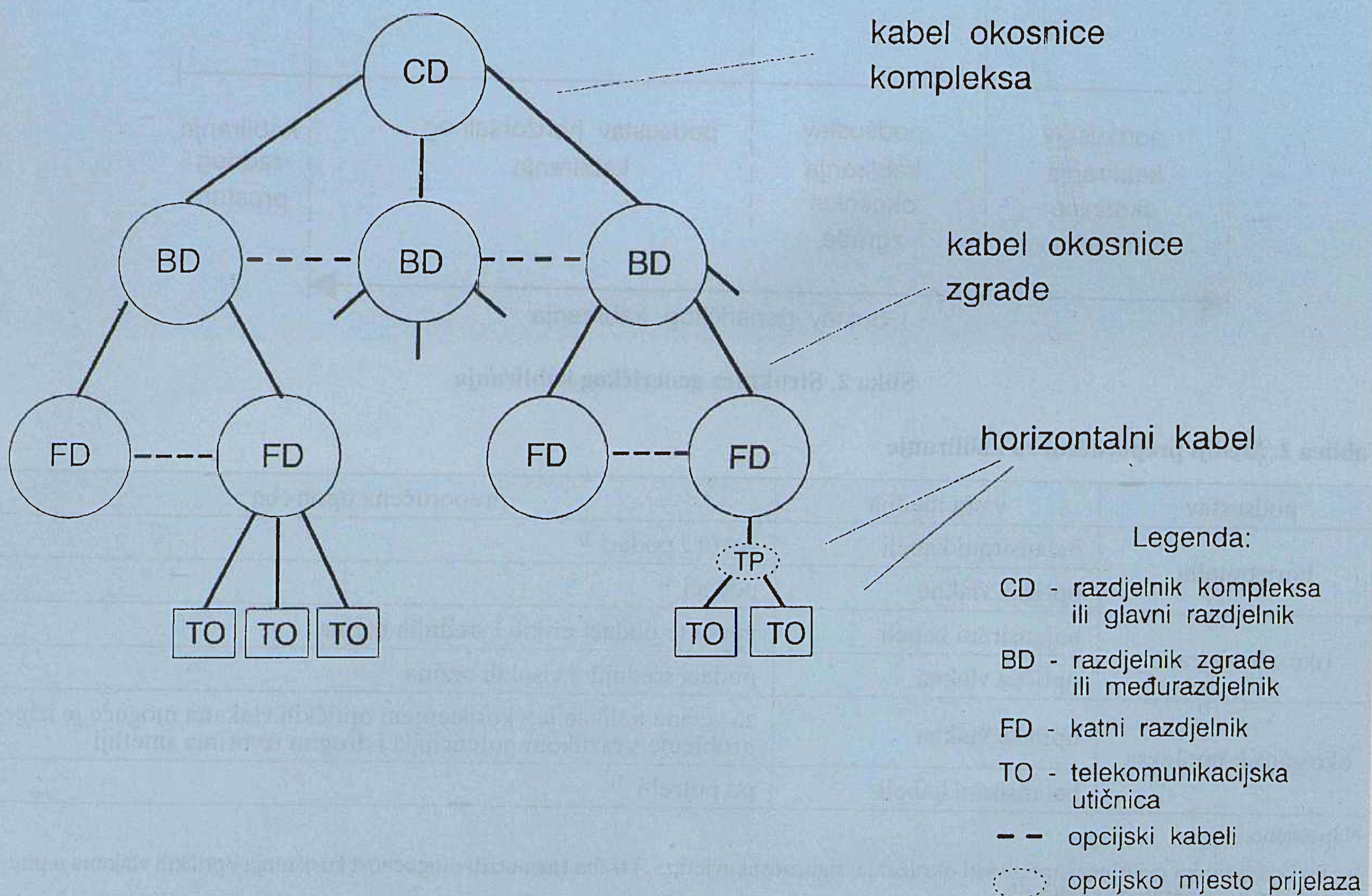
Glede položaja u hijerarhiji razlikuju se tri čvorna mjesta kabliranja:

- katni razdjelnik (FD - Floor Distributor),
- razdjelnik zgrade ili međurazdjelnik (BD - Building Distributor), te
- razdjelnik kompleksa ili glavni razdjelnik (CD - Campus Distributor).

Moguće je objediniti funkcije više razdjelnika.

Razdjelnici se smještaju u posebne prostorije za komunikacijsku opremu (equipment room) ili u telekomunikacijske ormare (TC - Telecommunications Closet). Razdjelnik kompleksa je najviša razina hijerarhije, dok su telekomunikacijske utičnice (TO - Telecommunications Outlet) namijenjene priključku korisnikovih krajnjih uređaja najniža razina hijerarhije generičkog kabliranja.

Kabeli se instaliraju između razdjelnika susjednih razina u strukturi kabliranja.



Slika 1. Funkcijski elementi generičkog kabliranja

Na slici 1 prikazani su svi funkcijski elementi generičkog kabliranja međusobno povezani u hijerarhijsku zvijezdu. Vidljivo je da se dopušta i spajanje razdjelnih točaka iste hijerarhije, kao i da je dopuštena jedna točka prijelaza (TP - Transition Point) u horizontalnom kabliranju koja smije sadržavati samo pasivni spojni pribor.

Podsustavi generičkog kabliranja prikazani su na slici 2. Podsustav horizontalnog kabliranja proteže se od katnog razdjelnika do jedne ili više utičnica. Potreban je barem jedan katni razdjelnik za svakih 1000 m² podnog prostora rezerviranog za urede. Za svaki kat potreban je barem jedan katni razdjelnik. Ako je na katu malo korisnika, dopušta se da katni razdjelnik sa susjednog kata bude zajednički.

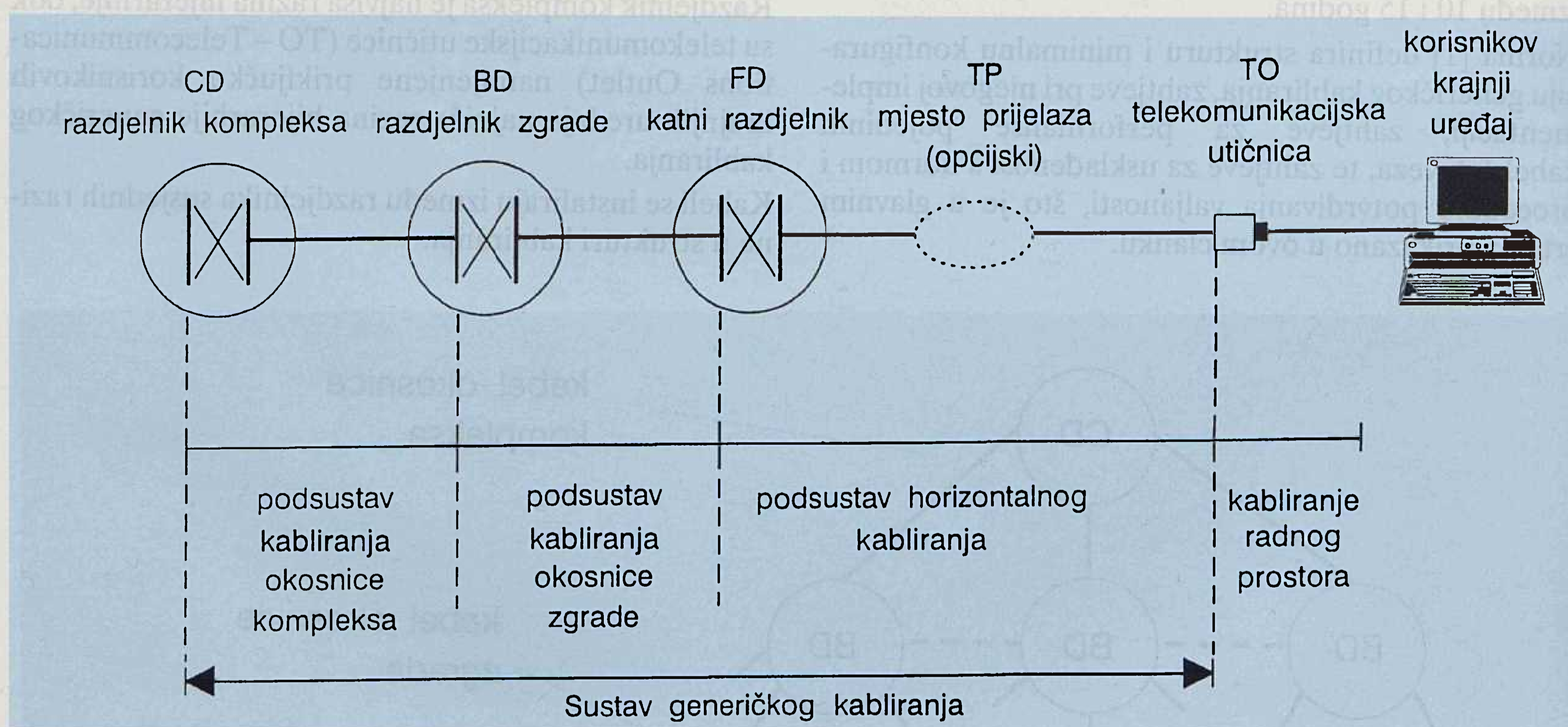
Podsustav kabliranja okosnice zgrade u pravilu predstavlja vertikalno kabliranje zgrade koje povezuje razdjelnik zgrade s katnim razdjelnicima, dok se podsustav kabliranja okosnice kompleksa koristi za povezivanje razdjelnika kompleksa s razdjelnicima zgrade.

Broj i vrsta podsustava uključenih u generičko kabliranje zavisi o smještaju i veličini kompleksa ili zgrade te strategiji korisnika. Npr., u kompleksu koji se sastoji od samo jedne zgrade glavna razdjelna točka je međurazdjelnik i nema potrebe za podsustavom kabliranja okosnice kompleksa.

Sučelja na generičko kabliranje smještene su na krajevima svakog podsustava i na tim se točkama mogu spojiti uređaji specifični za pojedinu aplikaciju, tj. željena aplikacija ostvaruje se priključkom odgovarajuće opreme na telekomunikacijske utičnice i/ili razdjelnike. Komponente koje se koriste za to spajanje nisu dio generičkog kabliranja, ali norma propisuje osnovne smjernice za njihov odabir.

Različite mrežne topologije (točka-točka, prsten, sabirnica, stablo) postižu se međusobnim povezivanjem elemenata kabela (parica, vlakno) u razdjelniku, te uređajima specifičnim za pojedinu aplikaciju.

U tablici 2 preporučeno je odabir medija zavisno o podsustavu i namjeni mreže. Vidljivo je da se preporuča



Slika 2. Struktura generičkog kabliranja

Tablica 2. Mediji preporučeni za kabliranje

podstav	vrsta medija	preporučena upotreba
horizontalni	balansirani kabele	govor i podaci ¹⁾
	optička vlakna	podaci ¹⁾
okosnica zgrade	balansirani kabele	govor te podaci niskih i srednjih brzina
	optička vlakna	podaci srednjih i visokih brzina
okosnica kompleksa	optička vlakna	za većinu aplikacija - korištenjem optičkih vlakana moguće je izbjeći probleme s razlikom potencijala i drugim izvorima smetnji
	balansirani kabele	po potrebi ²⁾
Napomene		
¹⁾ Pod određenim uvjetima (npr. uvjeti okruženja, sigurnosni uvjeti, ...) treba razmotriti mogućnost korištenja optičkih vlakana u podsustavu horizontalnog kabliranja		
²⁾ u podsustavu kabliranja okosnice kompleksa mogu se koristiti balansirani kabele u slučajevima kad se ne zahtijeva veća propusnost, npr. za PBX linije		

Tablica 3. Električne karakteristike balansiranih kabela karakteristične impedancije 100 Ohm-a

Karakteristike kabela			Kategorije kabela		
električne karakteristike na 20° C	jedinica mjere	frekvencija MHz	3	4	5
najmanje prigušenje preslušavanja na bližem kraju (NEXT) ²⁾	dB na 100 m duljine kabela	0,772	43	58	64
		1	41	56	62
		4	32	47	53
		10	26	41	47
		16	23	38	44
		20	n.p.s.	36	42 ¹⁾
		31,25	n.p.s.	n.p.s.	40 ¹⁾
		62,5	n.p.s.	n.p.s.	35 ¹⁾
		100	n.p.s.	n.p.s.	32 ¹⁾
karakteristična impedancija	Ohm	0,064	125 +/- 25 (z.d.i.)	125 +/- 25 (z.d.i.)	125 +/- 25 (z.d.i.)
		>= 1	100 +/- 15	100 +/- 15	100 +/- 15
najveće prigušenje	dB na 100 m duljine kabela	0,064	0,9	0,8	0,8
		0,256	1,3	1,1	1,1
		0,512	1,8	1,5	1,5
		0,772	2,2	1,9	1,8
		1	2,6	2,1	2,1
		4	5,6	4,3	4,3
		10	9,8	7,2	6,6
		16	13,1	8,9	8,2
		20	n.p.s.	10,2	9,2 ¹⁾
		31,25	n.p.s.	n.p.s.	11,8 ¹⁾
		62,5	n.p.s.	n.p.s.	17,1 ¹⁾
		100	n.p.s.	n.p.s.	22,0 ¹⁾
Napomene					
z.d.i. = za daljnje istraživanje					
n.p.s. = ne primjenjuje se					
¹⁾ Alternativno, mogu se koristiti kabele čije su vrijednosti prigušenja preslušavanja 41, 39, 33, 29 redom, uz vrijednosti prigušenja 8.0, 10.3, 15.0, 19.0 redom (npr. kabele s vodičima promjera 0,6 mm).					
²⁾ Ukoliko nije specificirano drugačije, performanse trebaju biti određene koristeći ispitivanje "kombinacije parica koja predstavlja najlošiji slučaj". U normi [1] u poglavlju 8.3 navedeni su dodatni zahtjevi za parametar NEXT za slučaj vertikalnog kabliranja kablom s više od dvije parice, te za slučaj zajedničkog kabela za više utičnica.					

uporaba balansiranih kabela ili optičkih kabela. Termin "balansirani kabel" koristi se kako bi se obuhvatili kabele različitog dizajna (parice, četvorke) i konstrukcije (oklopljeni, neoklopljeni).

Za svaki radni prostor potrebno je osigurati najmanje dva telekomunikacijska priključka, s tim da barem jedan bude ostvaren 100 ili 120 Ω -skim balansiranim kablom (preporuča se 100 Ω -ski). U mnogim je zemljama praksa dva priključka za najviše 10 m² uredskog prostora.

Na osnovu izloženog vidljivo je da struktura generičkog kabliranja pruža visoku razinu prilagodljivosti, omogućava ostvarenje različitih topologija i može osigurati podršku većem broju različitih aplikacija.

2. IMPLEMENTACIJA GENERIČKOG KABLIRANJA

Generičko kabliranje se projektira i instalira u svrhu osiguranja normom definirane razine kvalitete primjerene određenoj grupi aplikacija.

Normom [1] kategorizirani su kabele i spojni pribor, te definirane dopuštene udaljenosti, čime je definiran pristup implementaciji generičkog kabliranja željenih performansi. U ovoj točki je u glavnim crtama dan pregled takvog pristupa.

Tablica 4. Električne karakteristike spojnog pribora namijenjenog uporabi s balansiranim kabelima karakteristične impedancije 100 Ohm-a ili 120 Ohm-a

Karakteristike kabela			Kategorije konektora		
električne karakteristike na 20° C	jedinica mjere	frekvencija MHz	3	4	5
najmanje prigušenje preslušavanja na bližem kraju (NEXT) ¹⁾	dB	1	58	> 65	> 65
		4	46	58	> 65
		10	38	50	60
		16	34	46	56
		20	n.p.s.	44	54
		31,25	n.p.s.	n.p.s.	50
		62,5	n.p.s.	n.p.s.	44
		100	n.p.s.	n.p.s.	40
najveće prigušenje ¹⁾	dB	1	0,4	0,1	0,1
		4	0,4	0,1	0,1
		10	0,4	0,1	0,1
		16	0,4	0,2	0,2
		20	n.p.s.	0,2	0,2
		31,25	n.p.s.	n.p.s.	0,2
		62,5	n.p.s.	n.p.s.	0,3
		100	n.p.s.	n.p.s.	0,4

Napomene

n.p.s. = ne primjenjuje se

¹⁾ Za spojni pribor koji osigurava prespajanje (cross-connections) bez korištenja savitljivih spojnih kabela prigušenje ne smije biti veće od prigušenja dva konektora i savitljivog spojnog kabela duljine 5 metara iste kategorije. Također, u tom slučaju prigušenje preslušavanja na bližem kraju smije biti najviše za 6 dB manje od vrijednosti u ovoj tablici.

2.1. Preporučeni kabeli i spojni pribor

Za horizontalno kabliranje preporuča se uporaba 100 Ω -skog balansiraniog kabela ili 62.5/125 μm -skih višemodnih optičkih vlakana, a dopušta se i 120 ili 150 Ω -ski balansirani kabel te 50/125 μm -ska višemodna optička vlakna.

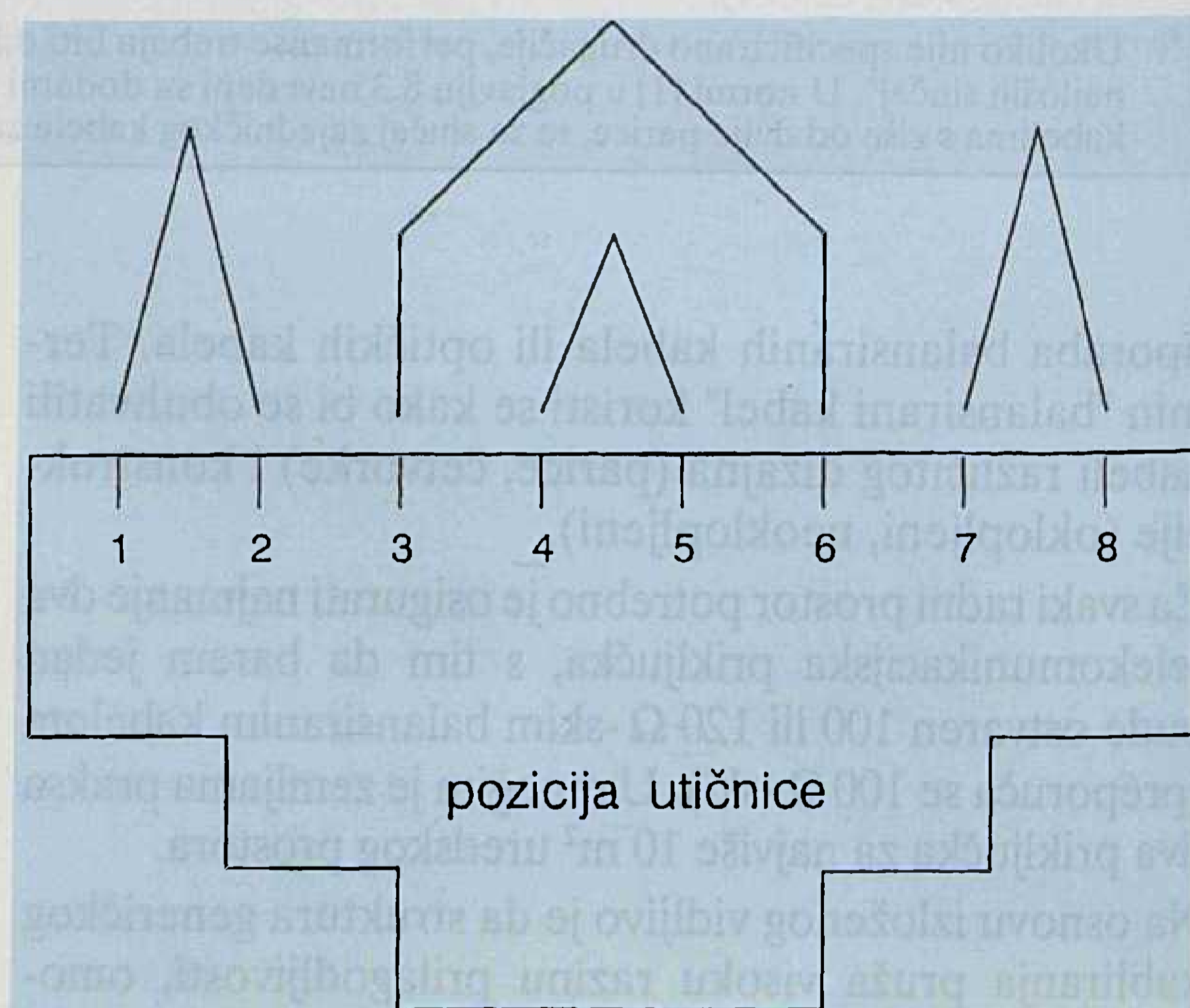
Za vertikalno kabliranje preporuča se uporaba 100 Ω -skog balansiraniog kabela ili 62.5/125 μm -skih višemodnih optičkih vlakana, a dopušta se i 120 ili 150 Ω -ski balansirani kabel te 50/125 μm -ska višemodna optička vlakna ili jednomodna optička vlakna.

Bitna mehanička i prijenosna svojstva tih medija propisana su u normi [1] u poglavlju 8, dok su napuci i zahtjevi za pripadni spojni pribor dani u poglavlju 9. Pri tom su balansirani kabeli karakteristične impedancije 100, odnosno 120 Ω i pripadni spojni pribor kategorizirani u skladu s performansama. Prijenosne karakteristike za komponente kategorije 3, 4 i 5 specificirane su do 16, 20, odnosno 100 MHz.

Budući da su u najširoj uporabi 100 Ω -ski balansirani kabeli, u tablici 3 dana su osnovna električna svojstva 100 Ω -skih balansiranih kabela kategorije 3, 4 i 5, a u tablici 4 prijenosna svojstva spojnog pribora kategorije 3, 4 i 5, namijenjenog za uporabu s tim kabelima.

Većinom se za tražena svojstva kabela i spojnog pribora poziva na normizaciju međunarodne komisije za elektrotehniku IEC.

100 i 120 Ω -ski horizontalni kabeli u utičnicama trebaju završavati na 8-pinskim konektorima definiranim normom [6] uz način grupiranja pinova u parice prikazan na slici 3.



Slika 3. Pridruživanje pinova i parica kod 8-pinske utičnice

Za optičke kabele preporuča se uporaba dvojnih SC konektora normiranih u [7], ukoliko se radi o novoj instalaciji.

Unutar istog podsustava i/ili veze mogu se koristiti kabele i spojni pribor različite kategorije, ali je u tom slučaju prijenosna karakteristika veze određena kategorijom komponente koja ima najslabije performanse. Unutar veze ne smiju se miješati kabele različite nominalne karakteristične impedancije.

Unutar veze ne smiju se miješati optički kabele različitog promjera omotača.

2.2. Udaljenosti

Najveća dopuštena duljina horizontalnog kabela je 90 metara nezavisno o mediju koji se koristi. To je udaljenost od mehaničkog završetka kabela u katnom razdjelniku do telekomunikacijske utičnice u radnom prostoru. Pri utvrđivanju te najveće dopuštene duljine uzeta je u obzir duljina od 10 metara za priključni kabel za povezivanje korisnikovog krajnjeg uređaja, spojni kabel za prespajanje u razdjelniku i priključni kabel za povezivanje na aktivnu mrežnu opremu u bilo kojem horizontalnom segmentu. Duljina spojnog kabela u katnom razdjelniku ne smije premašiti 5 metara.

U kabliranju okosnice ne smije biti više od dvije hijerarhijske razine prespajanja kako bi se ograničila degradacija signala za pasivne sustave i pojednostavnilo administriranje.

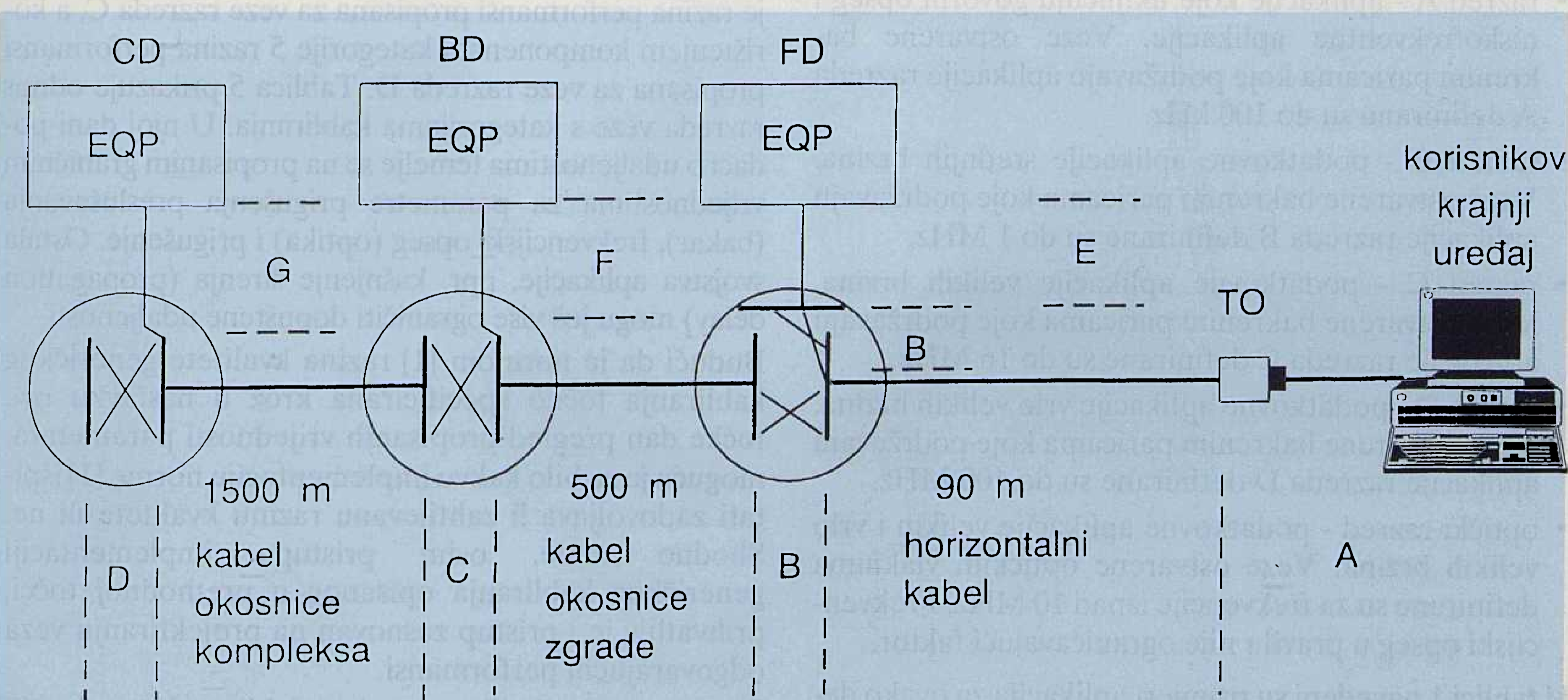
Najveća dopuštena udaljenost između razdjelnika kompleksa i pripadnog katnog razdjelnika je 2000 metara, a između razdjelnika zgrade i pripadnog katnog razdjelnika 500 metara. 2000 metara maksimalne udaljenosti od katnog razdjelnika do razdjelnika kompleksa može se povećati na 3000 metara ukoliko se koristi kabliranje s jednomodnim optičkim vlaknima.

Ovisno o fizičkom izgledu lokacije poslovnog kompleksa, elementi kabela (npr. optička vlakna) koji završavaju na različitim mjestima mogu biti dio istog kabela na dijelu svoje trase ili mogu biti poseban kabel na cijeloj trasi.

U međurazdjelniku i glavnom razdjelniku duljina savitljivih spojnih kabela ne bi trebala premašiti 20 metara. Duljina iznad 20 metara treba se odbiti od maksimalne dozvoljene duljine vertikalnog kabela. Za kabele koji povezuju telekomunikacijsku opremu direktno na međurazdjelnik ili glavni razdjelnik pretpostavlja se da nisu dulji od 30 metara. Duljina iznad 30 metara treba se odbiti od maksimalne dopuštene duljine kabela okosnice kompleksa.

Na slici 4 prikazane su najveće dopuštene duljine kabela u generičkom kabliranju.

Uporaba propisanih kabela i spojnog pribora, uz poštivanje propisanih udaljenosti i strukture, te kvalitetan rad na instalaciji, jamči razinu performansi kabelskog sustava definiranu normom [1], a opisanu u sljedećoj točki ovog članka.



$A+B+E = < 10 \text{ m}$ - zbrojena duljina priključnog kabela za korisnikov krajnji uređaj, spojnog kabela i priključnog kabela za aktivne uređaje

$C \text{ i } D = < 20 \text{ m}$ - spojni kabel u BD-u i CD-u

$F \text{ i } G = < 30 \text{ m}$ - priključni kabel za aktivne uređaje u BD-u i CD-u

Sve duljine su mehaničke duljine

EQP = uređaji zavisni o aplikaciji

Slika 4. Najveće dopuštene duljine kabela

3. SPECIFIKACIJA VEZA U GENERIČKOM KABLIRANJU

Pojam veza označava prijenosni put između bilo koja dva sučelja generičkog kabliranja, s tim da ne uključuje opremu niti priključne kabele za povezivanje korisnikovog krajnjeg uređaja. Prema tome, instalirano generičko kabliranje sastoji se od jedne ili više veza. Kvaliteta veza je karakteristika koja se treba ostvariti projektiranjem i instaliranjem kabelskog sustava. U ovoj točki dana je specifikacija kvalitete veza generičkog kabliranja prema normi [1].

Kao što je već rečeno, jedno od polazišta pri izradi norme [1] bila je analiza aplikacija koje su se koristile ili čija je definicija bila u tijeku u doba nastanka norme. Na osnovi te analize, aplikacije su grupirane u pet razreda, a to su A, B, C, D i optički razred, čime je osigurano da ograničavajući zahtjevi nekog sustava nepotrebno ne opterećuju druge sustave.

Sukladno grupaciji aplikacija, norma definira razrede veza s obzirom na razinu kvalitete koju jamče, tako da veze razreda A, B, C, D, odnosno optičkog razreda osiguravaju minimalne prijenosne performanse potrebne za podršku aplikacija razreda A, B, C, D, odnosno optičkog razreda. Veza određenog razreda podržava aplikacije tog i svih nižih razreda, s tim da se najnižim smatra razred A.

Razredi aplikacija definirani su kako slijedi:

- razred A - aplikacije koje uključuju govorni opseg i niskofrekventne aplikacije. Veze ostvarene bakrenim paricama koje podržavaju aplikacije razreda A definirane su do 100 kHz.
- razred B - podatkovne aplikacije srednjih brzina. Veze ostvarene bakrenim paricama koje podržavaju aplikacije razreda B definirane su do 1 MHz.
- razred C - podatkovne aplikacije velikih brzina. Veze ostvarene bakrenim paricama koje podržavaju aplikacije razreda C definirane su do 16 MHz.
- razred D - podatkovne aplikacije vrlo velikih brzina. Veze ostvarene bakrenim paricama koje podržavaju aplikacije razreda D definirane su do 100 MHz.
- optički razred - podatkovne aplikacije velikih i vrlo velikih brzina. Veze ostvarene optičkim vlaknima definirane su za frekvencije iznad 10 MHz. Frekvencijski opseg u pravilu nije ograničavajući faktor.

U tablici 1 navedeni su primjeri aplikacija za ovako definirane razrede aplikacija.

Norma [1] definira performanse veza ostvarenih bakrenim paricama, odnosno veza ostvarenih optičkim vlaknima, određivanjem dopuštenih vrijednosti parametara navedenih i opisanih u nastavku u točkama 3.1, odnosno 3.2.

Performanse veza u generičkom kabliranju specificiraju se za sučelje i između sučelja veza. Sučelja kabliranja definirana su na telekomunikacijskim utičnicama, te na svim točkama gdje je moguće spajanje uređaja zavisnih o aplikaciji; priključni kabel za

korisnikov krajnji uređaj i priključni kabel za aktivnu mrežnu opremu nisu uključeni u vezu.

Zahtjevi za performanse veza trebaju biti zadovoljeni na svakom sučelju.

Također, veza treba zadovoljavati specificirane performanse na svim temperaturama na kojima će kabliranja raditi. Mjerenje performansi može se obaviti na sobnoj temperaturi, ali pri tom treba uračunati odgovarajuća odstupanja uslijed temperaturne zavisnosti komponenta u skladu s podacima proizvođača. Ustvari, najbolje je mjeriti performanse za najgori slučaj.

Mjerenje performansi veza treba napraviti nakon instalacije svakog podsustava kabliranja. Ispitivanje spojenih podsustava treba provesti ukoliko to zahtijeva predviđena aplikacija.

Prilikom specificiranja i projektiranja kabliranja treba obratiti pozornost na moguća buduća spajanja podsustava kabliranja i stvaranje duljih veza. Performanse takvih duljih veza bit će slabije od performansi bilo koje pojedine veze od kojih je dulja veza sastavljena.

Mjerenje svih definiranih parametara nije nužno, jer je usklađenost s normom [1] moguće osigurati odgovarajućim projektiranjem opisanim u prethodnoj točki, tj. poštujući zahtjeve o najvećim dopuštenim udaljenostima, te koristeći propisane kabele i spojni pribor (norma [1] poglavlja 8 i 9) uz kvalitetan rad na instalaciji.

Pri takvom pristupu implementaciji generičkog kabliranja, korištenjem komponenata kategorije 3 zajamčena je razina performansi propisana za veze razreda C, a korištenjem komponenata kategorije 5 razina performansi propisana za veze razreda D. Tablica 5 prikazuje odnos razreda veza s kategorijama kabliranja. U njoj dani podaci o udaljenostima temelje se na propisanim graničnim vrijednostima za parametre prigušenja preslušavanja (bakar), frekvencijski opseg (optika) i prigušenje. Ostala svojstva aplikacije, npr. kašnjenje širenja (propagation delay) mogu još više ograničiti dopuštene udaljenosti.

Budući da je normom [1] razina kvalitete generičkog kabliranja točno specificirana kroz u nastavku ove točke dan pregled propisanih vrijednosti parametara, moguće je za bilo kakvu implementaciju norme [1] ispitati zadovoljava li zahtijevanu razinu kvalitete ili ne. Shodno tome, osim pristupa implementaciji generičkog kabliranja opisanog u prethodnoj točki, prihvatljiv je i pristup zasnovan na projektiranju veza odgovarajućih performansi.

Prema tome, ukoliko se odstupa bilo od propisanih najvećih dopuštenih udaljenosti, bilo od specifikacije dopuštenih vrsta kabela i spojnog pribora, definirani zahtjevi za performanse koriste se za ispitivanje usklađenosti s normom [1], naravno koristeći normom propisane ispitne metode.

3.1. Performanse veza ostvarenih bakrenim paricama

U nastavku slijedi opis parametara koji se odnose na oklopljene ili neoklopljene elemente kabela sa ili bez zajedničkog oklopa, ukoliko nije navedeno drugačije.

Tablica 5. Ostvarive duljine kanala zavisno o kategoriji i vrsti kabela

Medij	duljina kanala				
	razred A	razred B	razred C	razred D	optički razred
balansirani kabel kategorije 3	2 km	200 m	100 m ¹⁾	-	-
balansirani kabel kategorije 4	3 km	260 m	150 m ³⁾	-	-
balansirani kabel kategorije 5	3 km	260 m	160 m ³⁾	100 m ¹⁾	-
balansirani kabel impedancije 150 Ohm-a	3 km	400 m	250 m ³⁾	150 m ³⁾	-
višemodna optička vlakna	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	2 km
jednomodna optička vlakna	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	3 km ²⁾

Napomene

n.p.s. = ne primjenjuje se

¹⁾ Udaljenost od 100 m uključuje i 10 m za priključni kabel za korisnikov krajnji uređaj, savitljivi spojni kabel i priključni kabel za aktivnu mrežnu opremu zajedno. Specifikacija veze odgovara horizontalnom kabelu duljine 90 m, savitljivom spojnom kabelu električne duljine 7,5 m i trima konektorima iste kategorije. Podrška aplikacijama osigurana je uz pretpostavku da se koriste priključni kabeli za korisnikov krajnji uređaj i za opremu čija je zajednička električna duljina najviše 7,5 m.

²⁾ 3 km je granica određena normom, a ne ograničenjem samog medija

³⁾ Ukoliko se za neku aplikaciju želi koristiti balansirani kabel u podsustavu horizontalnog kabliranja duljine veće od 100 m, potrebno je provjeriti da li norma koja definira tu aplikaciju dopušta takve duljine

Ispitne konfiguracije za sva mjerenja na balansiranom kabliranju dane su u dodatku A norme [1], ukoliko nije istaknuto drugačije.

Za mjerenja na visokim frekvencijama potrebni su specijalni mjerni instrumenti. Njihovu kvalitetu specificira bilten [8], TSB 67, kojim su definirane dvije razine točnosti ispitnih instrumenata: razina I i razina II (bolja).

U uporabi su prijenosni ispitni instrumenti proizvođača Fluke Corp., Wavetek Corp., Datacom Technologies Inc., Microtest Inc. i Scope Communications Inc., čiju usporedbu daje članak [9].

• *karakteristična impedancija (Characteristic impedance)*

Nominalna karakteristična impedancija kabela veze treba biti 100 (preporučena vrijednost), 120 (rašireno u Francuskoj) ili 150 Ω (rašireno u Njemačkoj) na frekvencijama između 1 MHz i najviše frekvencije definirane za odgovarajući razred veze. Tolerancija karakteristične impedancije za danu vezu iznosi najviše 15 Ω u istom frekvencijskom opsegu.

Neprilagođenja spojeva i sučelja u kablskoj vezi uslijed promjene karakteristične impedancije mogu uzrokovati refleksiju signala, čime dolazi do gubitka dijela snage signala (return loss).

Mjerenje vrijednosti karakteristične impedancije za instalirani kabljski sustav predmet je daljnjeg proučavanja. Potvrda valjanosti karakteristične impedancije kabljske veze je odgovarajuće projektiranje, te izbor odgovarajućeg kabela i spojnog pribora.

• *prigušenje zbog refleksije (Return loss)*

Prigušenje zbog refleksije uzrokovano je refleksijom signala na mjestima promjene karakteristične impedancije u vezi. Vrijednost tog parametra mjerena na bilo kojem sučelju treba zadovoljiti ili biti bolja od

vrijednosti danih u tablici 6. Tijekom ispitivanja, udaljeni kraj veze treba završiti otpornikom čiji je otpor jednak nominalnoj karakterističnoj impedanciji.

Tablica 6. Najmanje prigušenje refleksije za svako sučelje kabliranja

frekvencija MHz	najmanje prigušenje refleksije dB	
	razred C	razred D
$1f \leq f \leq 10$	18 (z.d.i.)	18 (z.d.i.)
$10 \leq f \leq 16$	15 (z.d.i.)	15 (z.d.i.)
$16 \leq f \leq 20$	n.p.s.	15 (z.d.i.)
$20 \leq f \leq 100$	n.p.s.	10 (z.d.i.)

Napomene

z.d.i. = za daljnje istraživanje

n.p.s. = ne primjenjuje se

• *prigušenje (Attenuation)*

Prigušenje je mjera slabljenja signala pri njegovom prostiranju kablskom vezom, te definira koliko signala dopijeva do prijamnika. Ne smije premašiti vrijednosti dane u tablici 7, te treba odgovarati projektiranoj duljini kabela i materijalima korištenim pri kabliranju.

Prigušenje veze treba mjeriti prema točki 3.3.2 norme [10], osim što izmjereno prigušenje ne treba izraziti za standardnu duljinu. Za veze razreda D, zahtjevi za parametar ACR mogu zahtijevati niže vrijednosti prigušenja od onih navedenih u tablici 7.

• *prigušenje preslušavanja na bližem kraju (Near-end crosstalk loss - NEXT)*

Prigušenje preslušavanja na bližem kraju je mjera neželjene energije koja se prenosi iz jedne parice u

Tablica 7. Propisane vrijednosti parametara prigušenje, NEXT i ACR

frekvencija MHz	najveće prigušenje dB				najmanje prigušenje preslušavanja na bližem kraju (NEXT) dB				najmanji ACR dB
	razred A	razred B	razred C	razred D	razred A	razred B	razred C	razred D	razred D
0,1	16	5,5	n.p.s.	n.p.s.	27	40	n.p.s.	n.p.s.	-
1,0	n.p.s.	5,8	3,7	2,5	n.p.s.	25	39	54	-
4,0	n.p.s.	n.p.s.	6,6	4,8	n.p.s.	n.p.s.	29	45	40
10,0	n.p.s.	n.p.s.	10,7	7,5	n.p.s.	n.p.s.	23	39	35
16,0	n.p.s.	n.p.s.	14	9,4	n.p.s.	n.p.s.	19	36	30
20,0	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	10,5	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	35	28
31,25	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	13,1	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	32	23
62,5	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	18,4	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	27	13
100,0	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	23,2	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	24	4

Napomena
n.p.s. = ne primjenjuje se

drugu paricu istog kabela, s tim da se mjeri na kraju veze gdje se nalazi izvor signala. Budući da predstavlja razliku energije predanog signala i energije signala induciranog u drugoj parici, veća vrijednost ovog parametra predstavlja manju interferenciju među paricama.

Prigušenje preslušavanja za kabelsku vezu treba zadovoljiti ili biti bolje od vrijednosti danih u tablici 7, te odgovarati projektiranoj duljini kabela i materijalima korištenim pri kabliranju. Treba ga mjeriti u skladu s točkom 3.3.4 norme [10], osim što izmjereno prigušenje ne treba izraziti za standardnu duljinu. Kako bi procjena veze bila ispravna, mjerenje treba obaviti na oba kraja kabelskog segmenta.

Kod balansiranih kabela sa četiri parice ovaj parametar treba izmjeriti između svih parica međusobno i sve dobivene vrijednosti moraju biti jednake ili bolje od vrijednosti propisanih u tablici 7.

Za veze razreda D, ACR zahtjevi mogu zahtijevati bolje vrijednosti parametra NEXT od vrijednosti navedenih u tablici 7.

Preslušavanje nije jedini izvor smetnji u prijenosnom sustavu. Najveće prihvatljive vrijednosti prigušenja preslušavanja određene su uz pretpostavku da je snaga preslušavanja za barem 10 dB veća od snage smetnji iz svih ostalih izvora i to na svim razmatranim frekvencijama.

- *odnos prigušenja i prigušenja preslušavanja (Attenuation to crosstalk loss ratio - ACR)*

Ovaj parametar je razlika između prigušenja preslušavanja NEXT i prigušenja veze u decibelima, te osigurava da je signal koji se prenosi kabelom na prijamnoj strani dovoljno jači od ometajućeg signala izazvanog preslušavanjem s drugih parica. Prijenosni zahtjevi aplikacija navedenih u tablici 1 bit će zadovoljeni ukoliko se zadovolje zahtjevi za parametre prigušenje,

NEXT i ACR. Vrijednosti parametra ACR za veze razreda A, B i C dobivaju se oduzimanjem pripadnih vrijednosti za parametre NEXT i prigušenje propisanih u tablici 7. Za veze razreda D, zahtjevi za parametar ACR stroži su od vrijednosti koje bi se dobile direktnim izračunavanjem razlike propisanih vrijednosti za NEXT i prigušenje, a trebaju odgovarati ili biti bolje od vrijednosti za ACR navedenih u tablici 7. Na taj način osigurana je izvjesna prilagodljivost pri izboru komponenata kabliranja, tj. ograničeno usklađivanje između prigušenja (duljina kabela) i performansi preslušavanja kabliranja.

- *DC otpor (DC resistance)*

Otpor petlje za parice treba biti manji od 560 Ω -a za veze razreda A, 170 Ω -a za veze razreda B, odnosno 40 Ω -a za veze razreda C i D.

Mjeri se u skladu s točkom 5.1 norme [11]. Na udaljenom kraju parice potrebno je napraviti kratki spoj, a mjeri se na bližem kraju. Izmjerena vrijednost treba odgovarati duljini i promjeru vodiča u kabelu.

- *kašnjenje prostiranja (Propagation delay)*

Kašnjenje prostiranja, mjereno na način opisan u dodatku A norme [1], treba biti manje od vrijednosti danih u tablici 8. Izmjerene ili izračunate vrijednosti trebaju odgovarati duljinama i materijalima ko-

Tablica 8. Najveće dopušteno kašnjenje prostiranja signala

mjerna frekvencija MHz	razred veze	kašnjenje μ s
0,01	A	20,0
1	B	5,0
10	C	1,0
30	D	1,0

rištenim u kabliranju. Najveća vrijednost ovog parametra u podsustavu horizontalnog kabliranja ne smije prijeći 1 μ s.

- *prigušenje konverzije uzdužnog signala u poprečni - simetrija (Longitudinal to differential conversion loss - balance)*

Ovaj parametar opisuje balansiranost dva vodiča unutar parice. Zbog moguće nesimetrije veze (npr. nesimetričnost kabela ili konektora) longitudinalni napon pretvara se u poprečni (diferencijalni) napon koji se superponira na signal koji se prenosi vezom.

Za ovaj su parametar značajne dvije vrste mjerenja simetričnosti definiranih u normi [12]: prigušenje konverzije uzdužnog napona u poprečni (LCL - Longitudinal Conversion Loss) i prigušenje konverzije uzdužnog prenesenog (drugi kraj linije) signala u poprečni (LCTL - Longitudinal Conversion Transfer Loss). LCL je mjerenje na pojedinačnom sučelju važno za otkrivanje nesimetrija blizu predajnika. LCTL je mjerenje između dva sučelja na krajevima veze važno za otkrivanje poprečnih smetnji koje prima prijateljnik.

Dobivene vrijednosti trebaju premašivati vrijednosti dane u tablici 9. Mjerenje ovog parametra za instalirani kabelski sustav još nije razrađeno. Dovoljna potvrda zadovoljavanja vrijednosti je putem projekta.

- *prenošena impedancija oklopa (Transfer impedance of shield)*

Ovaj se parametar odnosi samo na oklopljene kabele. Zahtjevi za prenesenu impedanciju oklopljenih kabela i konektora dani su u poglavljima 8 i 9 norme [1]. Mjerenje ovog parametra za instalirani kabelski sustav još nije razvijeno. Praksa stavljanja konektora može se provjeriti laboratorijskim mjerenjem reprezentativnog uzorka kratkih kabela s konektorima. Također, kod oklopljenih instalacija treba poštovati sljedeće općenite napomene:

- Oklop treba uzemljiti. Oklop kabela spaja se na telekomunikacijski ormar.

Tablica 9. Prigušenje konverzije uzdužnog signala u poprečni

frekvencija MHz	najmanje prigušenje konverzije uzdužnog signala u poprečni dB			
	razred A	razred B	razred C	razred D
0,1	30	45	35	40
1,0	n.p.s.	20	30	40
4,0	n.p.s.	n.p.s.	z.d.i.	z.d.i.
10,0	n.p.s.	n.p.s.	25	30
16,0	n.p.s.	n.p.s.	z.d.i.	z.d.i.
20,0	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	z.d.i.
100,0	n.p.s.	n.p.s.	n.p.s.	z.d.i.
Napomena				
z.d.i. = za daljnje istraživanje				
n.p.s. = ne primjenjuje se				

- Put do uzemljivača zgrade treba biti stalan i kontinuiran.
- Uzemljivački sustav zgrade treba biti takav da razlika potencijala između njegovih točaka ne prelazi 1 V efektivno i da je među njima mali otpor.

Prema [8] prijenosni ispitni instrumenti provjeravaju spojnu mapu (wiremap) i mjere parametre NEXT i prigušenje, te duljinu.

3.2. Performanse veza ostvarenih optičkim vlaknima

Zahtjevi za performanse veza ostvarenih optičkim vlaknima definirani su uz pretpostavku da se unutar veze koristi ista valna duljina unutar istog prijenosnog prozora. U nastavku slijedi opis parametara koji se odnose na veze ostvarene jednomodnim i višemodnim optičkim vlaknima. Ukoliko nije istaknuto drugačije, ispitne procedure dane su u dodatku A norme [1].

- *optičko prigušenje (Optical attenuation)*

Najveće prigušenje (uneseno prigušenje - insertion loss) ne smije premašiti vrijednosti dane u tablici 10 za prijenosne prozore specificirane u tablici 11. Uz to, prigušenje optičkih veza koje sadrže više podsustava

Tablica 10. Prigušenje u podsustavima ožičenja izvedenima optičkim vlaknima

podsustav kabliranja	duljina veze ¹⁾ m'	optičko prigušenje dB			
		jednomodni		višemodni	
		1310 nm	1550 nm	850 nm	1300 nm
horizontalni	100	2,2	2,2	2,5	2,2
okosnica zgrade	500	2,7	2,7	3,9	2,6
okosnica kompleksa	1500	3,6	3,6	7,4	3,6
Napomena					
¹⁾ Navedene duljine veza su najveće duljine postignute uz upotrebu optičkih komponenata propisanih u poglavljima 8 i 9 norme [1]. Ukoliko se koriste različite komponente od tamo propisanih, moguće je postići druge udaljenosti					

Tablica 11. Prijenosni prozori optičkih vlakana i valne duljine

	nominalna valna duljina	donja granica	gornja granica	valna duljina referentnog ispitivanja	najveća dopuštena spektralna širina
više-modna optička vlakna	850	790	910	850	50
	1300	1285	1330	1300	150
jednomodna optička vlakna	1310	1288	1339	1310	10
	1550	1525	1575	1550	10

kabliranja ne smije premašiti 11 dB za optička vlakna dimenzija $62,5/125 \mu\text{m}$ i $8/125 \mu\text{m}$ na nominalnim valnim duljinama. Vrijednosti prigušenja propisane u tablici 10 proračunate su za optičke veze svakog podsustava kabliranja uz pretpostavku najlošijeg slučaja instalacije, a to je slučaj konektora i spoja (splice) na svakom kraju podsustava.

Kod kratkih optičkih veza potrebno je osigurati da predajna optička snaga ne preoptereti (overload) prijamnik.

- *višemodni modalni opseg*
(Multimode modal bandwidth)

Za veze ostvarene višemodnim optičkim vlaknima modalni opseg mora premašiti 100 MHz za valnu duljinu 850 nm, odnosno 250 MHz za valnu duljinu 1300 nm. Disperzija korištenog vlakna mjeri se prema ispitnoj metodi opisanoj u normi [13]. Udaljenosti koje je moguće postići dane su u tablici 5.

- *prigušenje refleksije* (Return loss)

Prigušenje optičke refleksije bilo kojeg sučelja optičke veze ne smije biti manje od vrijednosti propisanih u tablici 12.

Tablica 12. Najmanje prigušenje refleksije kod optičkih kabela

jednomodna vlakna		višemodna vlakna	
1310 nm	1550 nm	850 nm	1300 nm
26 dB	26 dB	20 dB	20 dB

- *kašnjenje širenja* (Propagation delay)

Neke aplikacije mogu zahtijevati ograničenje kašnjenja širenja signala.

4. USKLAĐENOST S NORMOM

Instalacija kabliranja u skladu je s normom [1] ukoliko je zadovoljeno sljedeće:

- Konfiguracija treba odgovarati zahtjevima čiji je pregled dan u točki 1.
- Sučelja na kabliranje trebaju odgovarati zahtjevima iz poglavlja 9 norme [1].
- Cijeli sustav treba biti sastavljen od veza koje zadovoljavaju nužnu razinu performansi čiji je pregled dan u točki 3.
- Administriranje generičkog kabliranja je obvezno, kako bi se u potpunosti mogla iskoristiti njegova fleksibilnost. Potrebno je pridijeliti jedinstvenu oznaku svakom kabeu, razdjelniku, utičnici i završnoj točki kabliranja, te prikladno označiti kabele kanalice, telekomunikacijske ormare i ostale prostore u kojima je kabliranje instalirano. Na svim elementima kabliranja treba biti istaknuta čitljiva oznaka elementa lako vidljiva korisniku. Kabele treba označiti na oba kraja.

Obvezno treba voditi bilješke o svim promjenama u kabliranju.

Izričito se preporuča korištenje računala za vođenje zapisa o generičkom kabliranju.

- Lokalni propisi u svezi sigurnosti i elektromagnetske kompatibilnosti (EMC – Electromagnetic Compatibility) moraju biti zadovoljeni.

Performanse veza opisane u točki 3 u skladu su s načinom implementacije opisanim u točki 2 uz korištenje kabela i spojnog pribora specificiranih u poglavljima 8 i 9 norme [1]. Instalacija treba biti korektno izvedena i u skladu s uputama proizvođača. U tom slučaju nije potrebno ispitivanje prijenosnih karakteristika instaliranih veza.

Ispitivanje je potrebno u sljedećim slučajevima:

- duljine kablinskih dionica u vezi ne odgovaraju duljinama čiji je pregled dan u točki 2.2
- veze su izvedene korištenjem komponenata različitih od onih specificiranih u poglavljima 8 i 9 norme [1]
- želi se utvrditi da li je kapacitet instaliranog kabliranja zadovoljavajući za podršku određene grupe aplikacija
- želi se potvrditi valjanost performansi kabliranja instaliranog u skladu s normom [1] propisanom strukturom, kabeima i spojnim priborom.

ZAKLJUČAK

U poslovnim je kompleksima važnost infrastrukture kabliranja jednaka važnosti ostalih fundamentalnih instalacija zgrade, kao što su grijanje, rasvjeta i električno napajanje. Kao i kod tih instalacija, neispravnost kabliranja ima ozbiljne posljedice. Loša kvaliteta usluge uslijed lošeg predviđanja potreba prilikom dizajniranja sustava, korištenja neodgovarajućih komponenata, nekorektnih instalacija, slabe administracije ili neodgovarajuće podrške ozbiljna su prijetnja djelotvornosti poslovne organizacije.

Pri instalaciji generičkog sustava kabliranja postoji čitav niz dodatnih troškova:

- instalira se mnogo više veza od početnih zahtjeva
- potrebna je dodatna oprema kako bi se zvezdasta topologija strukturiranog sustava kabliranja prilagodila topologiji korištene komunikacijske mreže
- većina aplikacija zahtijevat će korištenje specijalnih prilagodnika/pretvarača kako bi instalirani kabel bio prikladan za tu aplikaciju.

S druge strane, s generičkim kabliranjem vezane su i početne uštede kako slijedi:

- korišteni kabele i konektori često su jeftiniji i jednostavnije ih je nabaviti nego vlastita rješenja pojedinih tvrtki
- instalacija kabela i konektora korištenih pri generičkom kabliranju jednostavnija je i brža nego kod vlastitih rješenja pojedinih proizvođača, čime je cijena instalacije niža

- kabel je relativno malog promjera pa su veće promjene zgrade u svrhu prilagodbe za kabliranje najčešće nepotrebne

Jednom instaliran sustav generičkog kabliranja ima značajno nižu cijenu radnog održavanja u odnosu na stara vlastita rješenja pojedinih proizvođača, tj. nestrukturirano kabliranje.

Za razmještaj i promjene ne trebaju dodatni uređaji i provode se veoma brzo. Dodavanje novog korisnika sustava ne zahtijeva novo kabliranje. Vrijeme potrebno za rekonfiguriranje mreže značajno je smanjeno čime se smanjuje i ometanje poslovnog procesa.

Značajno je smanjen zastoj rada mreže (network downtime).

Osim navedenog, prednosti koje možda nisu očigledne na prvi pogled su:

- vrlo brzo rješavanje problema - zvjezdasta topologija i mogućnost centraliziranog konfiguriranja često omogućuju znatno jednostavnije i brže određivanje i rješavanje problema
- smanjen broj problema - centralizirana konfiguracija generičkog sustava povlači bolji režim kontrole i pruža veću sigurnost
- jednostavnije poslovno odlučivanje - pri odlučivanju o osoblju, organizaciji i strategiji ne treba voditi računa o kabliranju.

Sumarno, norma za generičko kabliranje poslovnih zgrada nudi sljedeće:

- Korisnik raspolaže s kabliranjem nezavisnim o aplikaciji i na raspolaganju mu je otvoreno tržište za nabavu komponenata kabliranja. Shodno tome, komponente su jeftinije i lakše ih je nabaviti, a mogu biti od različitih proizvođača. Može se reći da je vrijednost mreže povećana, jer je u njoj moguće koristiti proizvode različitih proizvođača.
- Korisnik raspolaže s kabliranjem prilagodljive strukture; dobro isplanirano generičko kabliranje omogućuje ostvarenje velikog broja promjena u mreži na jeftin način i bez ometanja organizacije.
- Profesionalnom osoblju uključenom u izgradnju ili rekonstrukciju zgrada (npr. arhitektima) norma daje smjernice za instalaciju kablenskog sustava bez prethodnog znanja koje će se aplikacije u zgradi zahtijevati.
- Norma za generičko kabliranje je postavljena i prihvaćena od industrijskih tijela zaduženih za normizaciju, podržava njihove postojeće proizvode i osnova je za razvoj njihovih budućih proizvoda. Za komponente kablenskog sustava oslanja se na normizaciju komisije IEC. Podržava aplikacije zajedničkog tehničkog komiteta ISO/IEC JTC1 i studijskih grupa međunarodne telekomunikacijske udruge ITU-T-a. Pokazatelj prihvaćenosti generičkog kabliranja je i činjenica da se pri razvoju ATM normi odlučilo koristiti balansirane kabele.

Na taj način sigurnost korištenja kabliranja i njegov životni vijek više nisu prepušteni slučaju, već su pokriveni i zajamčeni normom [1].

LITERATURA

- [1] ISO/IEC 11801:1995, "Information technology – Generic cabling for customer premises"
- [2] ANSI/EIA/TIA 568:1991, "Commercial Building Telecommunications Wiring Standard"
- [3] EIA/TIA Technical Systems Bulletin TSB 36:1991, "Additional Cable Specifications for Unshielded Twisted Pair Cables"
- [4] EIA/TIA Technical Systems Bulletin TSB 40: 1991, "Additional Transmission Specifications for Unshielded Twisted Pair Connecting Hardware"
- [5] ANSI/TIA/EIA 568A:1995, "Commercial Building Telecommunications Wiring Standard"
- [6] IEC 603-7:1990, "Connectors for frequencies below 3 MHz for use with printed boards - Part 7: Detail specification for connectors, 8 way, including fixed and free connectors with common mating features"
- [7] IEC 874-14:1993, "Connector for optical fibres and cables – Part 14: Sectional specification for fibre optic connector – Type SC"
- [8] TIA/EIA Technical Systems Bulletin TSB 67: 1995, "Transmission Performance Specifications for Field Testing of Unshielded Twisted-Pair Cabling Systems"
- [9] JOANNA MACRIS, "Getting a Grip Cable Testers", Data Communications, October 1997.
- [10] IEC 1156-1:1994, "Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: Generic specification"
- [11] IEC 189-1:1986, "Low-frequency cables and wires with p.v.c. insulation and p.v.c. sheath – Part 1: General test and measuring methods"
- [12] ITU-T G.117:1988, "Transmission aspects of unbalance about earth (definitions and methods)"
- [13] IEC 793-1: 1992, "Optical fibres – Part 1: Generic specification"

GENERIC CABLING OF OFFICE BUILDINGS IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL ISO/IEC 11801 NORMS

The report shows cabling accepted as the international norm, where cabling is a generic infrastructure of a building in order to support a wide range of applications including speech, text, photos and video. The generic cabling structure and its implementation are described. The list of demands regarding certain cable connection performances and their accordance with the norms are given.

AUSWÄHLBARE VERKABELUNG DER GESCHÄFTSGEBÄUDE GEMÄSS DER INTERNATIONALEN NORM ISO/IEC 11801

Dargestellt ist der als internationale Norm angenommene Zutritt zur Verkabelung. Danach ist die Verkabelung als Infrastruktur des Gebäudes mit Auswahlmöglichkeiten zwecks Verwirklichung einer weiten Spanne der Anwendungsfälle, wie Sprache, Text, Bild und Videokommunikation angenommen. Beschrieben ist die Gliederung der auswählbaren Verkabelung und deren Realisierungsweise. Ein Überblick der Ansprüche an Leistungsfähigkeiten einzelner Kabelverbindungen und der normgerechten Forderungen ist gegeben worden.

Naslov pisca:

mr. sc. Suzana Javornik Vončina, dipl. inž.
Hrvatska elektroprivreda
Sektor za poslovnu informatiku
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-10-13.

ISPRAVAK

U Energiji 4, u članku dr. sc. Dušana Vujevića "Pretvornici umjesto strujnih i naponskih transformatora", pogrešno su otisnuti neki simboli.

U ovoj tablici donosimo njihov ispravak:

STRANA	STUPAC	REDAK	PIŠE	TREBA PISATI	STRANA	STUPAC	REDAK	PIŠE	TREBA PISATI
303	d	15.	SF6	SF ₆	307	d	7.	A	μA
304	d	47.	100/(3V	100/√3	307	d	15.	SF6	SF ₆
304	l	58.	(6([6]	308	l	32.	Ve	Ve
304	d	30.	SF6	SF ₆	308	l	33.	I	I
305	l	3.	(W.	μW	309	l	20.	mV	m _v
305	d	2.	oC	°C	309	l	22.	(,	γl
305	d	5.	(1	±1	309	l	24.	(γ
305	d	7.	(0,2	±0,2	309	l	24.	d	d
306	l	16.	L	L	309	l	37.	(5([5]
306	l	21.	p	Π	310	l	3.	(0,2	±2
306	l	40.	(p	~	310	l	5.	(0,5	±0,5
306	d	formula 4	xH	N=ExH	310	l	11.	(21([21]
307	l	8.(odozdo)	90o	90°	310	l	13.	(0,3	±0,3

Ispricavamo se gospodinu Vujeviću, a čitatelje molimo da obrate pozornost na ovaj ispravak.

Uredništvo

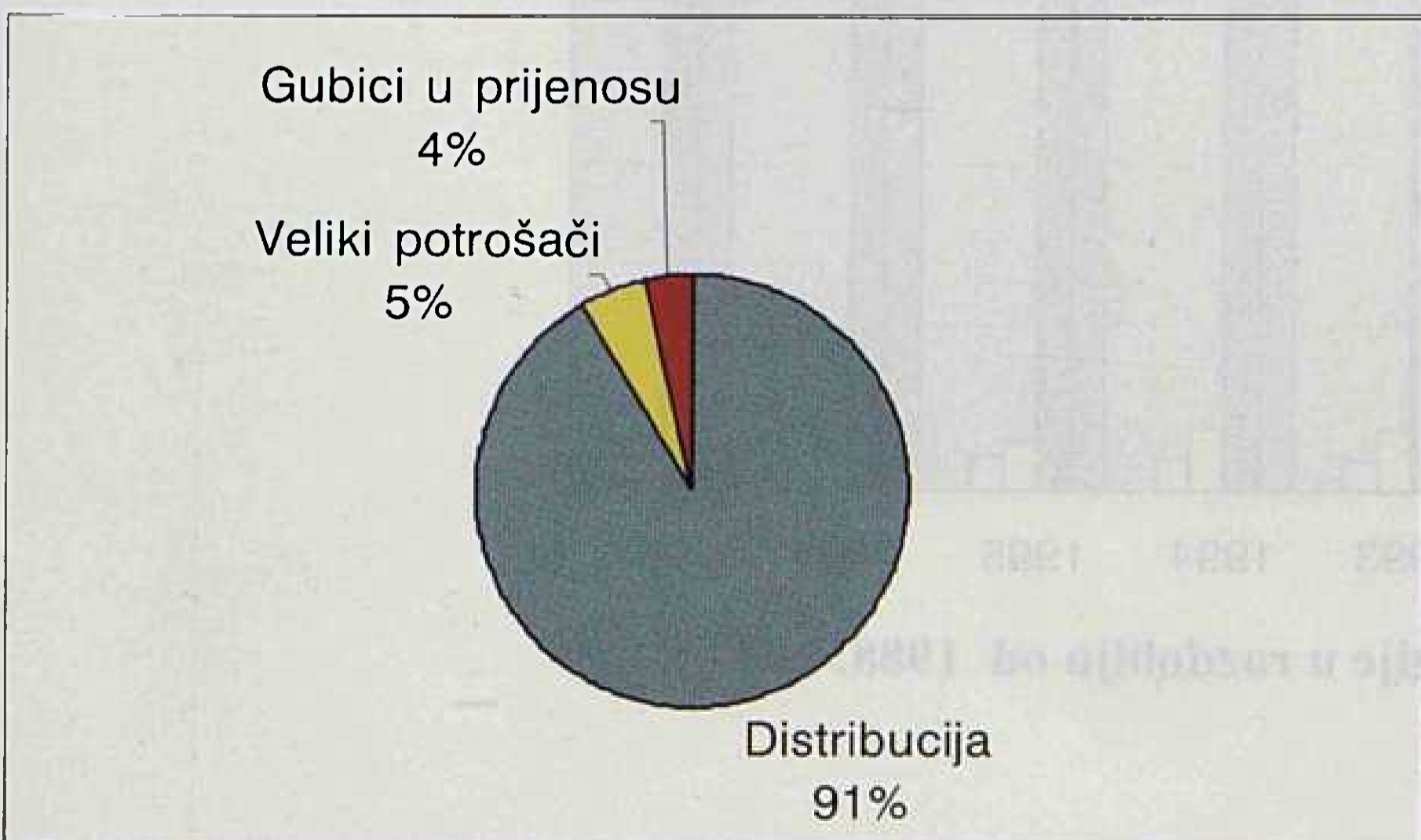
ELEKTROPRIVREDA U BROJKAMA

Elektroenergetska bilanca za 1997. godinu (preliminarni podaci)

U tablici 1. te na slikama 1 i 2 prikazani su preliminarni podaci o potrošnji i proizvodnji električne energije u 1997. godini.

Tablica 1. Ostvarena elektroenergetska bilanca u 1997.

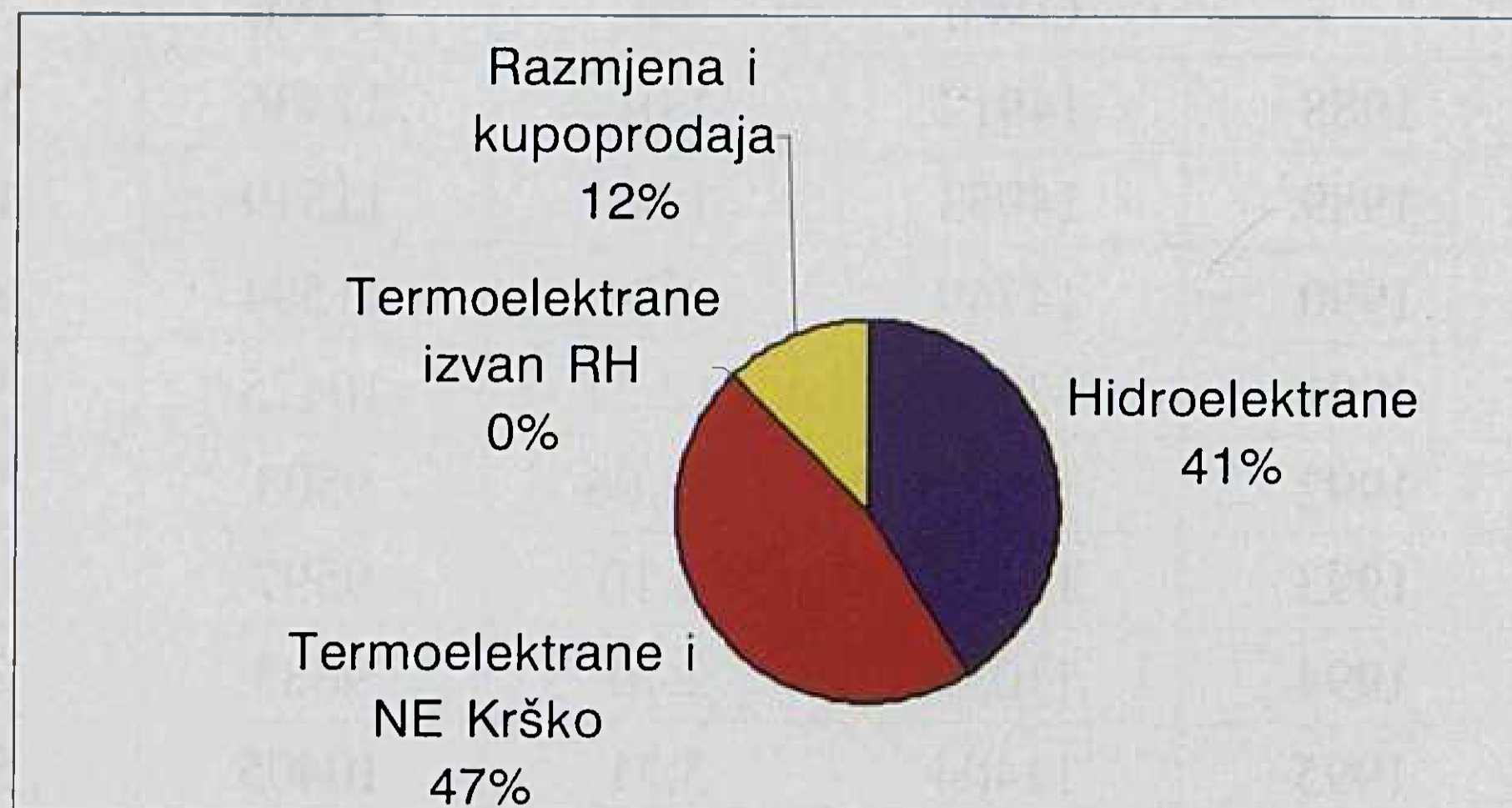
	GWh		
	1996	1997	1997/1996 %
Potrebe za električnom energijom			
Distribucija	11102	11704	5.42
Veliki potrošači	512	638	24.61
Gubici u prijenosu	444	457	2.93
Ukupne potrebe	12058	12799	6.15
Raspoloživa električna energija			
Hidroelektrane	7190	5246	-27.04
Termoelektrane i NE Krško	4702	5968	26.92
Termoelektrane izvan RH	0	0	-
Razmjena i kupoprodaja	166	1585	954.82
Ukupno raspoloživo	12058	12799	6.15



Slika 1. Struktura potrošnje električne energije u 1997.

Ukupne potrebe za električnom energijom od 12799 GWh (slika 1.) prema preliminarnim podacima za 1997. godinu pokrivena su proizvodnjom u hidroelektranama sa 5246 GWh i termoelektranama sa NE Krško sa 5968 GWh. Preostali dio potreba od 12 % odnosno 1585 GWh pokriven je uvozom električne energije (slika 2).

U usporedbi s 1996. godinom ukupne potrebe su porasle prosječno za 6.15 %. Najveći porast je zabilježen kod velikih potrošača – 24.61 %.



Slika 2. Struktura proizvodnje električne energije u 1997.

Hidroelektrane zbog svoje ovisnosti o hidrološkim prilikama proizvele su u 1997. godini 27.04 % manje električne energije nego u 1996. godini. Ovaj manjak u proizvodnji hidroelektrana nadoknadile su većim dijelom termoelektrane koje su proizvele 26.92 % više električne energije nego u 1996. godini. Manjak je pokriven uvozom, koji je u 1997. godini bio 954.82 % veći od uvoza u 1996. godini.

Potrošnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997.

Kad se promatra desetgodišnje razdoblje od 1988. do 1997. godine (tablica 2 i slika 3) uočljiv je pad proizvodnje u ratnim godinama. Godinu 1992. karakterizira najveći pad potrošnje u iznosu od 50.46 % u odnosu na prethodnu godinu kod velikih potrošača, a u distribuciji 9.28 %. Tako je pad u ukupnoj potrošnji bio 16.06 %.

Iz slike 3 je vidljivo da u 1997. godini nije dostignut nivo ukupne potrošnje iz 1988. godine kada je ona iznosila 14912 GWh. Ukupna potrošnja u 1997. godini je za 14,17 % manja od ostvarene potrošnje u 1988. godini.

Razlog ovom padu je znatno smanjena potrošnja velikih potrošača, koja u 1997. godini iznosi samo 21.50 % potrošnje velikih potrošača u 1988. godini.

Za razliku od velikih potrošača distributivna potrošnja je porasla u odnosu na istu u 1988. godini za 2.30 %.

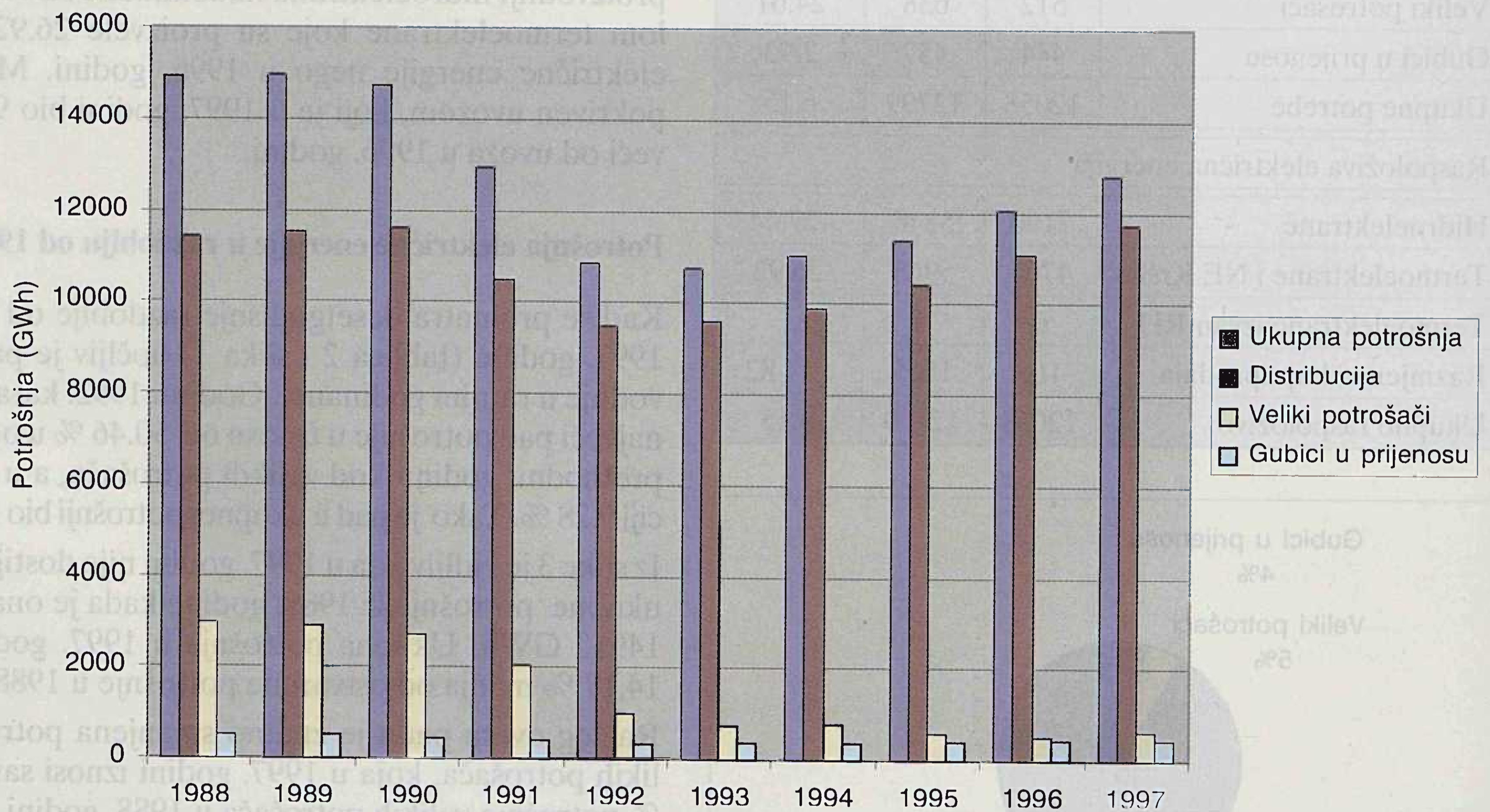
Proizvodnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997.

Proizvodnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997. godina prikazana je u tablici 3 te dijagramom na slici 4. Prema strukturi izvora tijekom 1998., 1989. i 1990. godine potrošnja električne energije je pokrivena većim dijelom iz termoenergetskih izvora (uključujući termoelektrane izvan RH: Obrenovac, Tuzla, Kakanj i Gacko). U 1991., 1992. i 1993. godini podjednako u zadovoljavanju potrošnje sudjeluju hidro i termo izvori. Od 1994. do 1997. godine proizvodnja u hidroelektranama je više zastupljena.

Tablica 2. Potrošnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997.

Ukupna potrošnja		Distribucija		Veliki potrošači		Gubici u prijenosu		
Godina	Potrošnja GWh	Promjena %	Potrošnja GWh	Promjena %	Potrošnja GWh	Promjena %	Potrošnja GWh	Promjena %
1988	14912	1.01	11436	1.01	2968	1.17	508	1.09
1989	14953	1.00	11519	1.01	2903	-0.02	531	1.05
1990	14749	-1.34	11594	0.67	2702	-7.02	453	-14.04
1991	12940	-12.27	10475	-9.65	2045	-24.32	420	-7.28
1992	10862	-16.06	9503	-9.28	1013	-50.46	346	-17.62
1993	10743	-1.10	9597	0.99	761	-24.88	385	11.27
1994	11039	2.76	9883	2.98	796	4.60	360	-6.49
1995	11404	3.31	10405	5.28	584	-26.63	415	15.20
1996	12058	5.73	11102	6.70	512	-12.33	444	6.00
1997 ¹	12799	6.15	11704	5.42	638	24.61	457	2.93

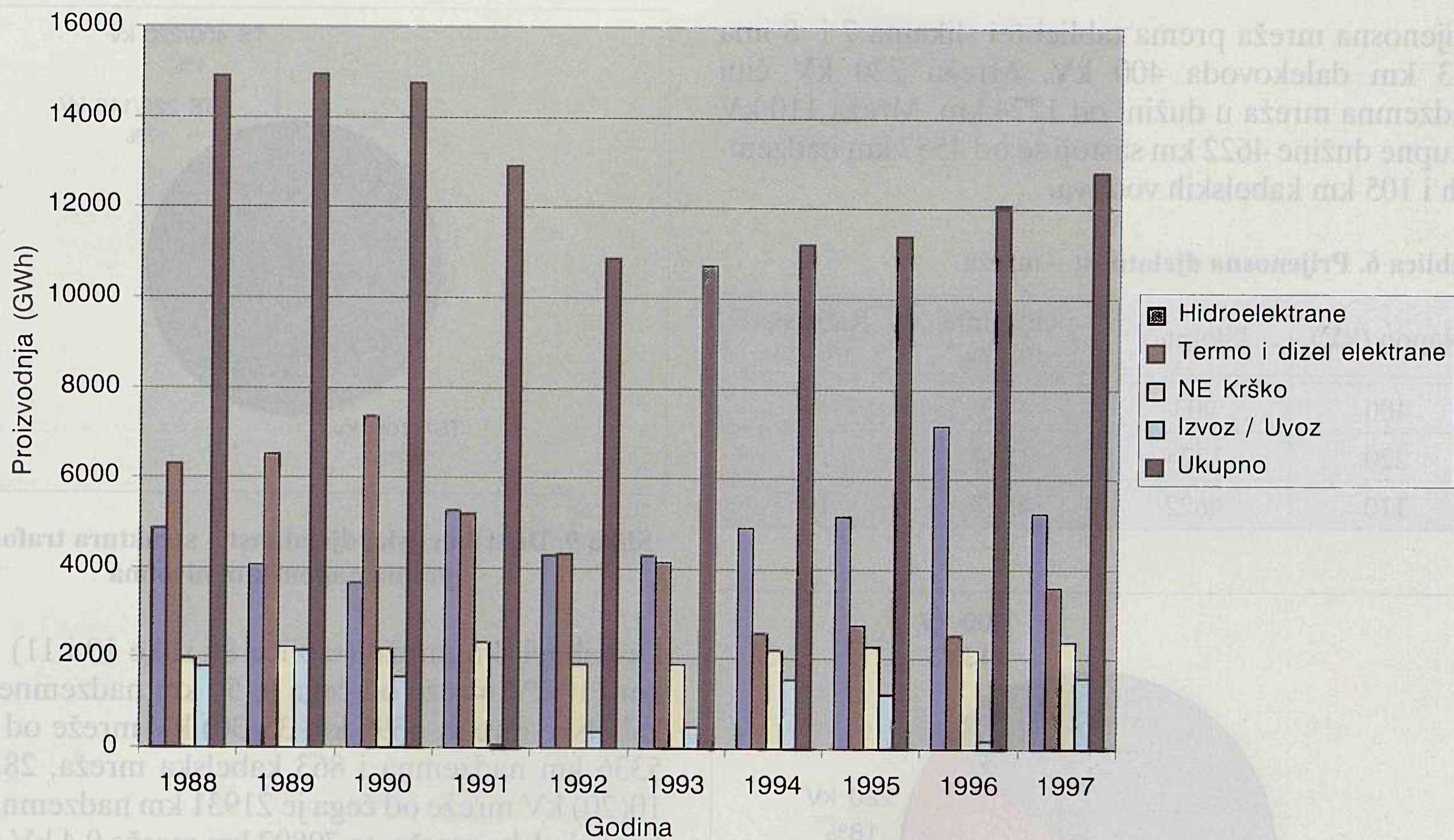
¹ Podaci su procijenjeni



Slika 3. Potrošnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997.

Tablica 3. Proizvodnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997.

Godina	GWh									
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Hidroelektrane	4855	4053	3654	5286	4293	4287	4889	5164	7185	5246
Termo i dizel elektrane	6300	6511	7343	5197	4319	4121	2568	2740	2529	3575
NE Krško	1966	2228	2191	2354	1876	1875	2196	2279	2182	2393
Izvoz / Uvoz	1791	2161	1561	83	374	460	1539	1221	187	1585
Ukupno	14912	14953	14749	12920	10862	10743	11192	11404	12083	12799



Slika 4. Proizvodnja električne energije u razdoblju od 1988.-1997.

Osnovni pogonski podaci

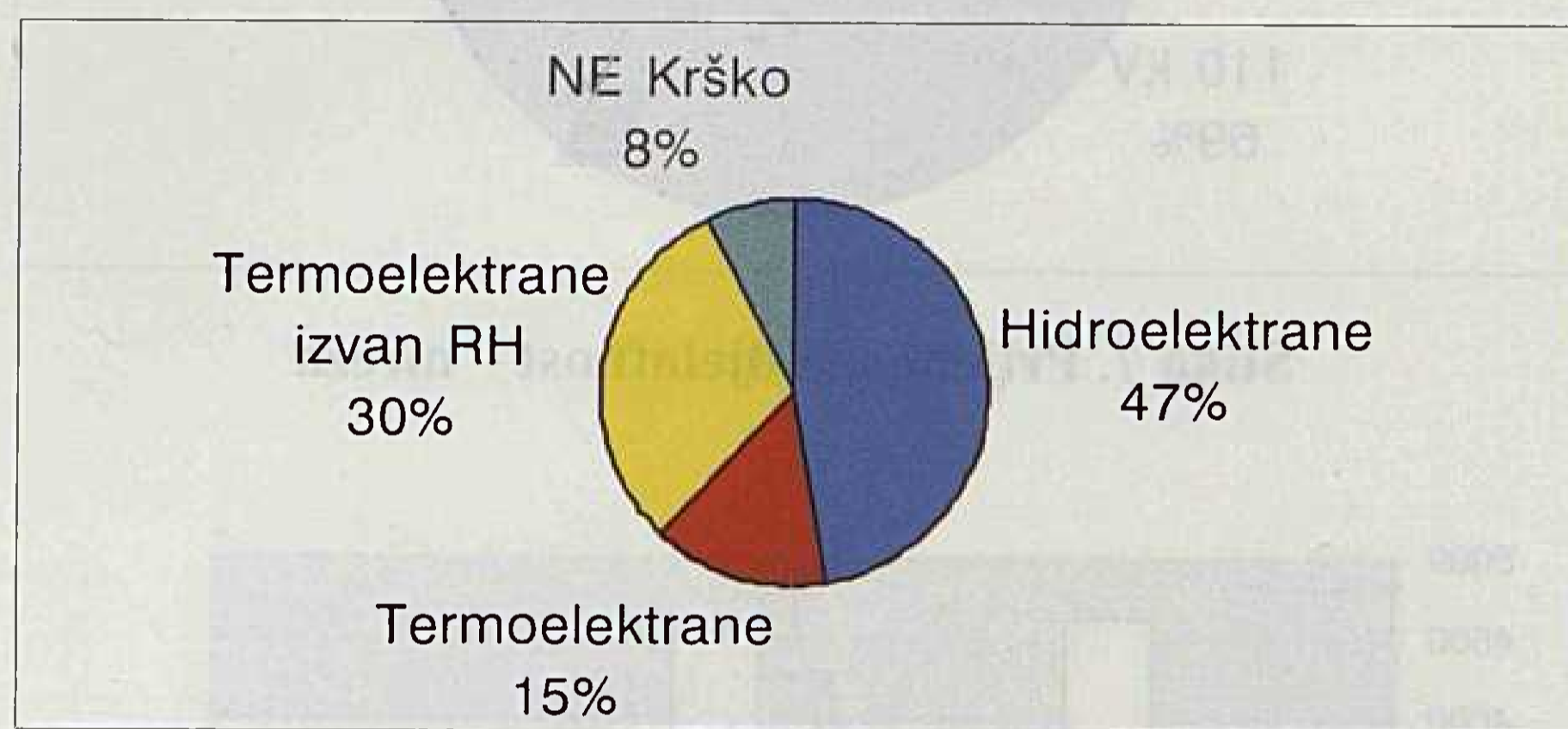
Od pogonskih podataka iskazani su podaci o instaliranom kapacitetu u djelatnosti proizvodnje, prijenosa i distribucije. Instalirana snaga proizvodnih kapaciteta prikazana je u tablici 4 i na slici 5, broj trafostanica u prijenosu i distribuciji u tablicama 5 i 7 i slikama 6 i 9, kao i dužini vodova (nadzemnih vodova i kabela) u prijenosu i distribuciji prema tablicama 6 i 8, te slikama 7, 8, 10 i 11.

Hidroelektranama pripada 47 % od ukupno instaliranog proizvodnog kapaciteta, a 46 % termoelektranama. Međutim, 650 MW u termoelektranama izvan Hrvatske, odnosno 15 % proizvodnog kapaciteta nije raspoloživo.

Tablica 4. Instalirana snaga proizvodnih kapaciteta

	MW	%
Hidroelektrane	2076	47
Termoelektrane	1339	31
Termoelektrane izvan RH	650	15
NE Krško	332	7
Ukupno	4397	100

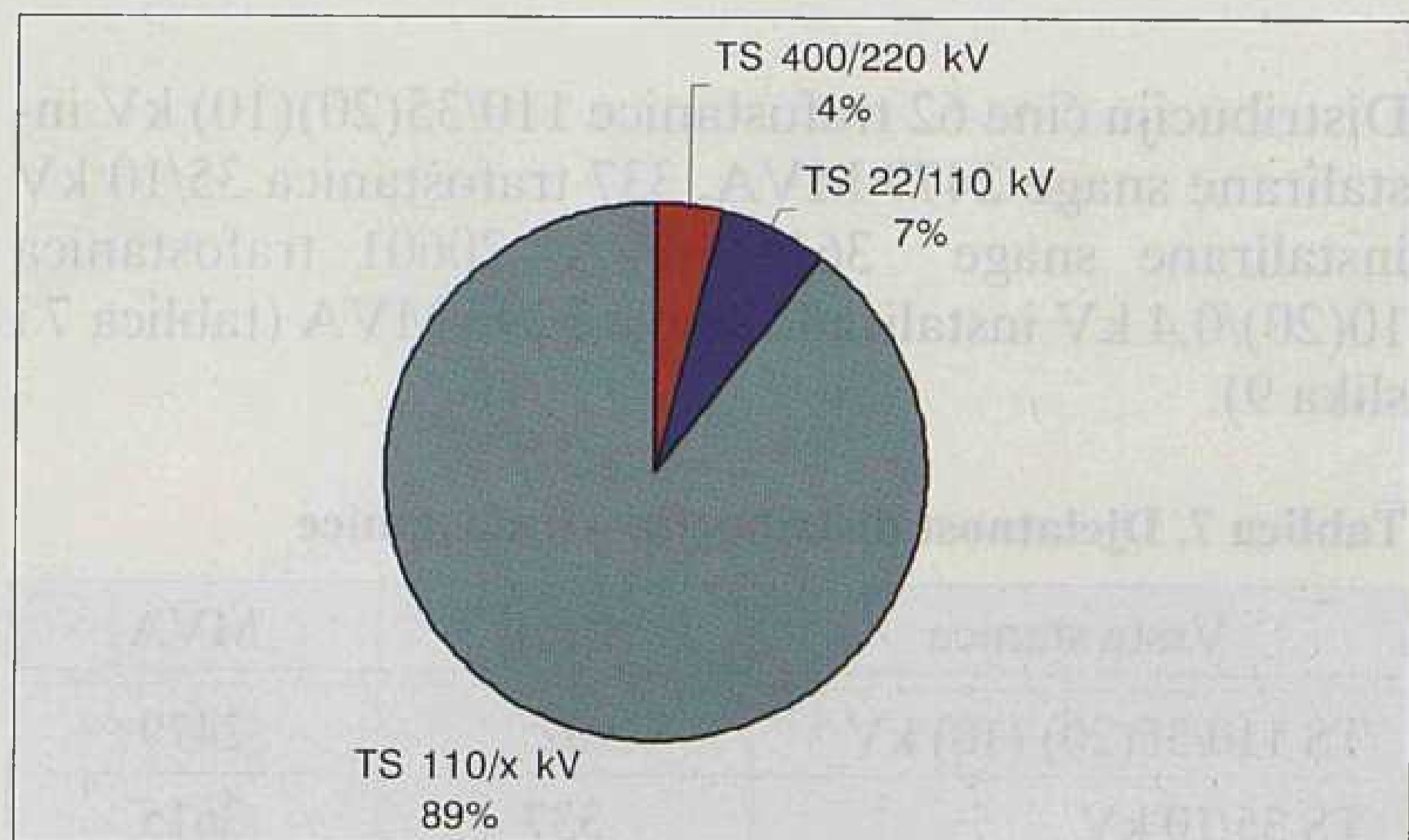
Prijenosna djelatnost (tablica 5 i slika 6) ima 4 trafostanice 400/220 kV (Melina, Konjsko, Tumbri i Ernestinovo) instalirane snage 3700 MVA, 7 trafostanica 22/110 kV (Brinje, Pehlin, Đakovo, 1505/2, Bilice, Mraclin i Međurić) instalirane snage 2075 MVA, te 95 trafostanica 110/x kV instalirane snage 4085 MVA.



Slika 5. Instalirana snaga proizvodnih kapaciteta

Tablica 5. Prijenosna djelatnost – trafostanice (stanje 1996.)

Vrsta stanice	Broj	MVA
TS 400/220 kV	4	3700
TS 220/110 kV	7	2075
TS 110/x kV	95	4085

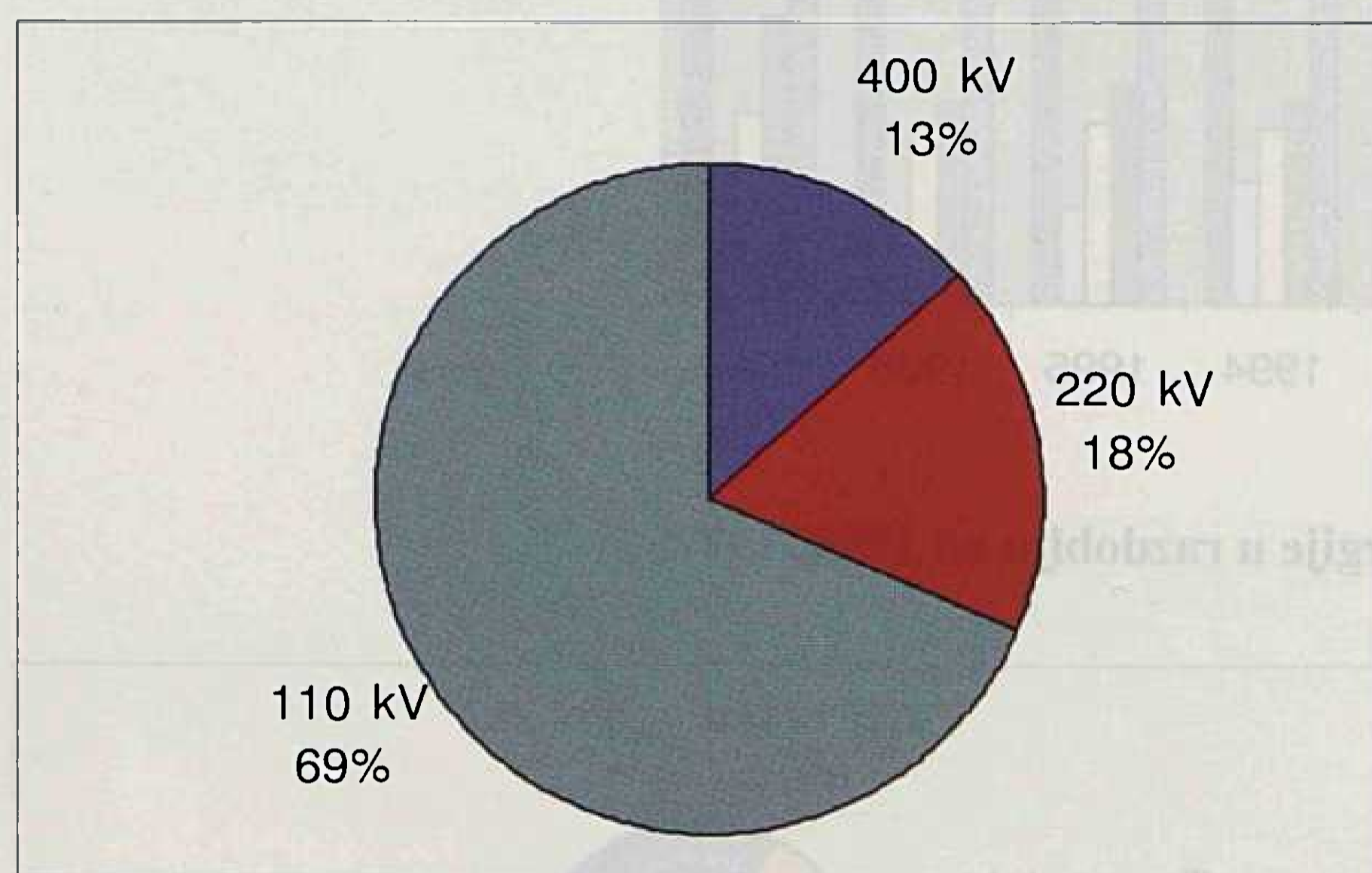


Slika 6. Prijenosna djelatnost – trafostanice

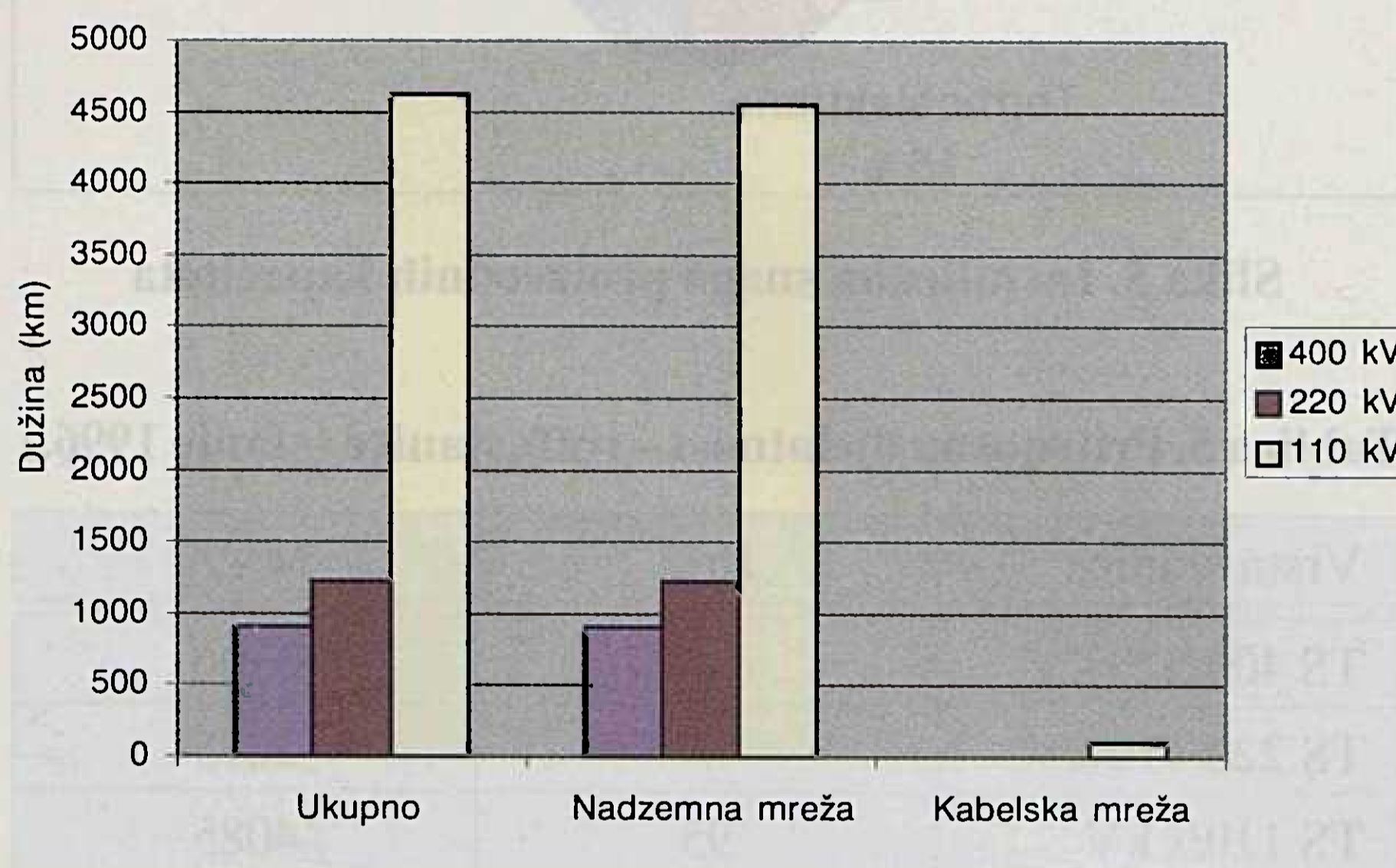
Prijenosna mreža prema tablici 6 i slikama 7 i 8 ima 903 km dalekovoda 400 kV. Mrežu 220 kV čini nadzemna mreža u dužini od 1224 km. Mreža 110 kV ukupne dužine 4622 km sastoji se od 4557 km nadzemnih i 105 km kabelskih vodova.

Tablica 6. Prijenosna djelatnost – mreža

Napon (kV)	Ukupno	Nadzemna mreža	Kabelska mreža
400	903	903	0
220	1224	1224	0
110	4622	4557	105



Slika 7. Prijenosna djelatnost – mreža

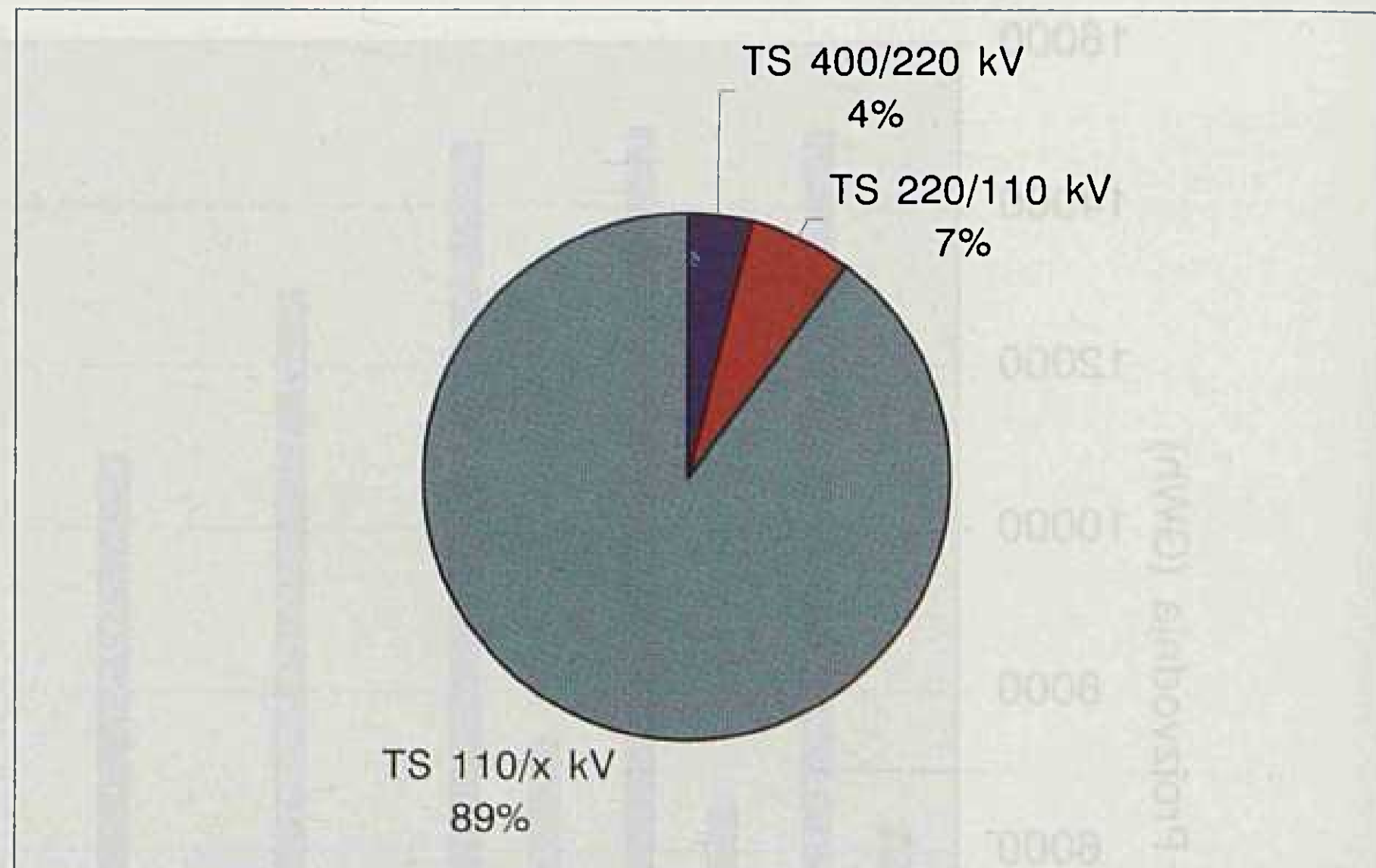


Slika 8. Prijenosna nadzemna i kabelska mreža

Distribuciju čine 62 trafostanice 110/35(20)(10) kV instalirane snage 2479 MVA, 337 trafostanica 35/10 kV instalirane snage 3615 MVA, 20601 trafostanica 10(20)/0,4 kV instalirane snage 5292 MVA (tablica 7 i slika 9).

Tablica 7. Djelatnost distribucije – trafostanice

Vrsta stanice	Broj	MVA
TS 110/35(20) (10) kV	62	2479
TS 35/10 kV	337	3615
TS 10(20)/0,4 kV	20601	5292

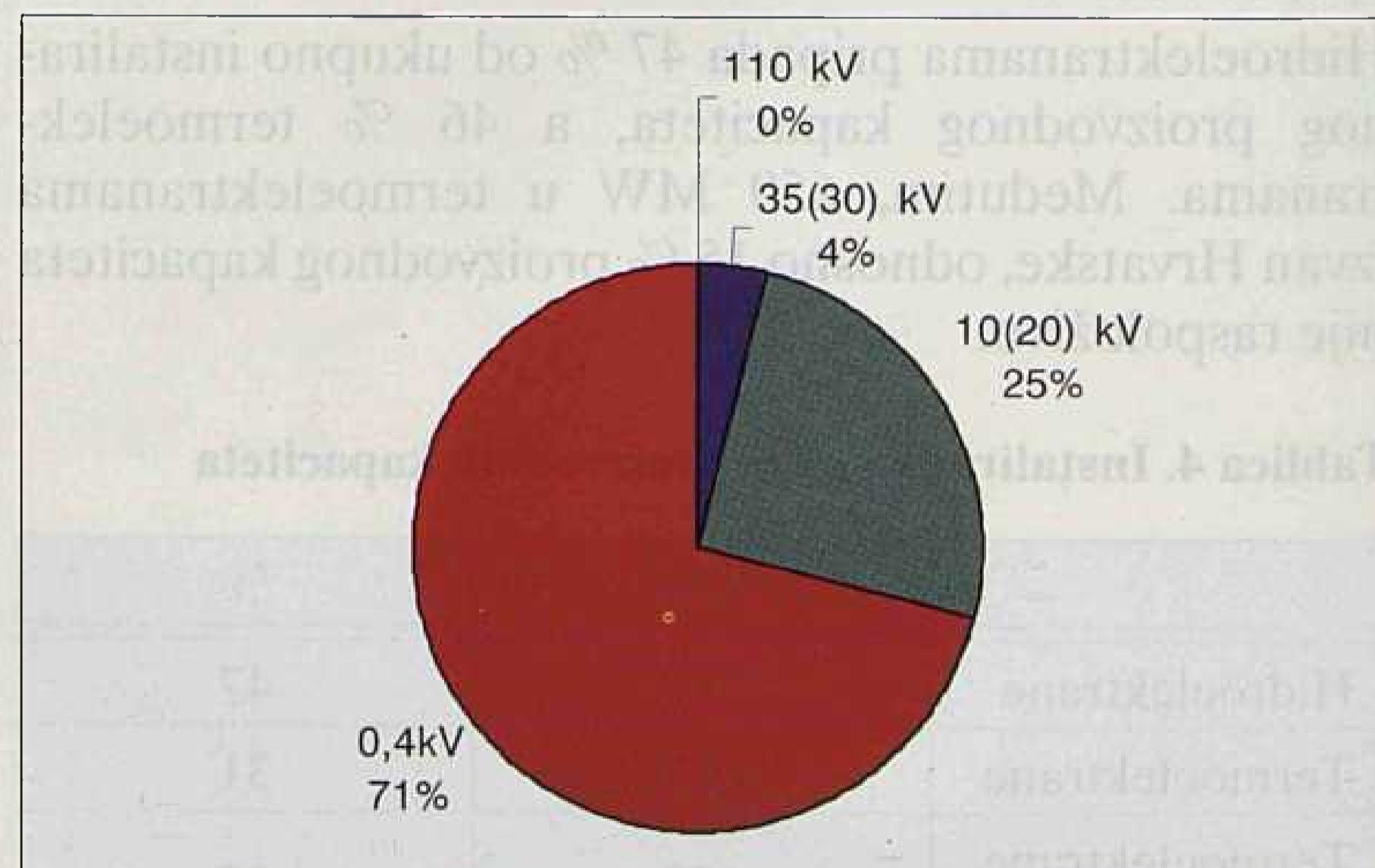


Slika 9. Distribucijska djelatnost – struktura trafostanica prema naponskim nivoima

Distribucijsku mrežu (tablica 8 i slike 10 i 11) čini 54 km 110 kV mreže od čega je 50 km nadzemne i 4 km kabelske mreže, 4399 km 35(30) kV mreže od čega je 5336 km nadzemna i 863 kabela mreža, 28112 km 10(20) kV mreže od čega je 21931 km nadzemna i 6181 km kabela mreža, te 79892 km mreže 0,4 kV od čega je 61058 km nadzemna i 17834 km kabela mreža.

Tablica 8. Djelatnost distribucije - mreža (km)

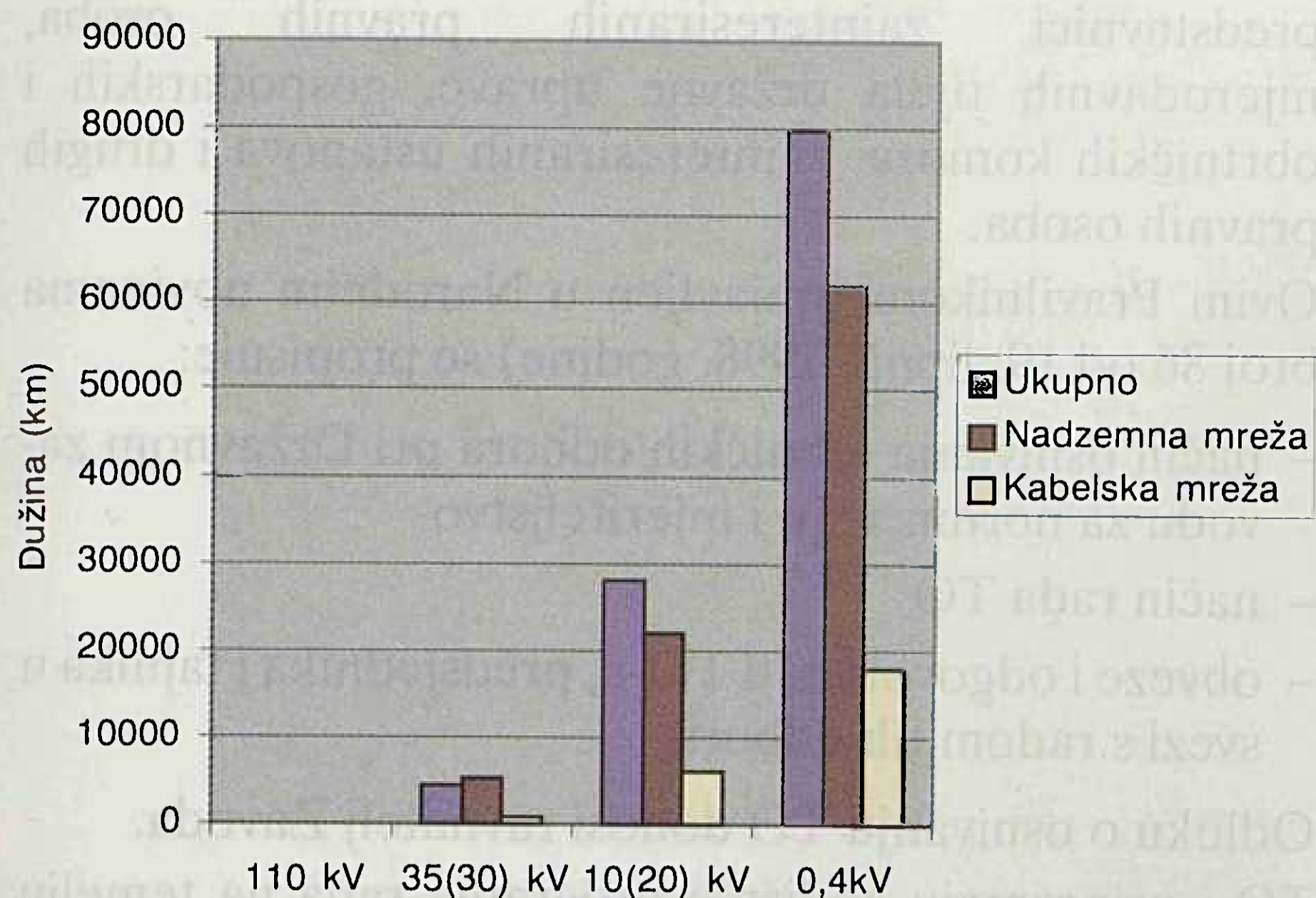
Napon (kV)	Ukupno	Nadzemna mreža	Kabelska mreža
110 kV	54	50	4
35(30) kV	4399	5336	863
10(20) kV	28112	21931	6181
0,4kV	79892	62058	17834



Slika 10. Distribucijska djelatnost – mreža

Zaposleni

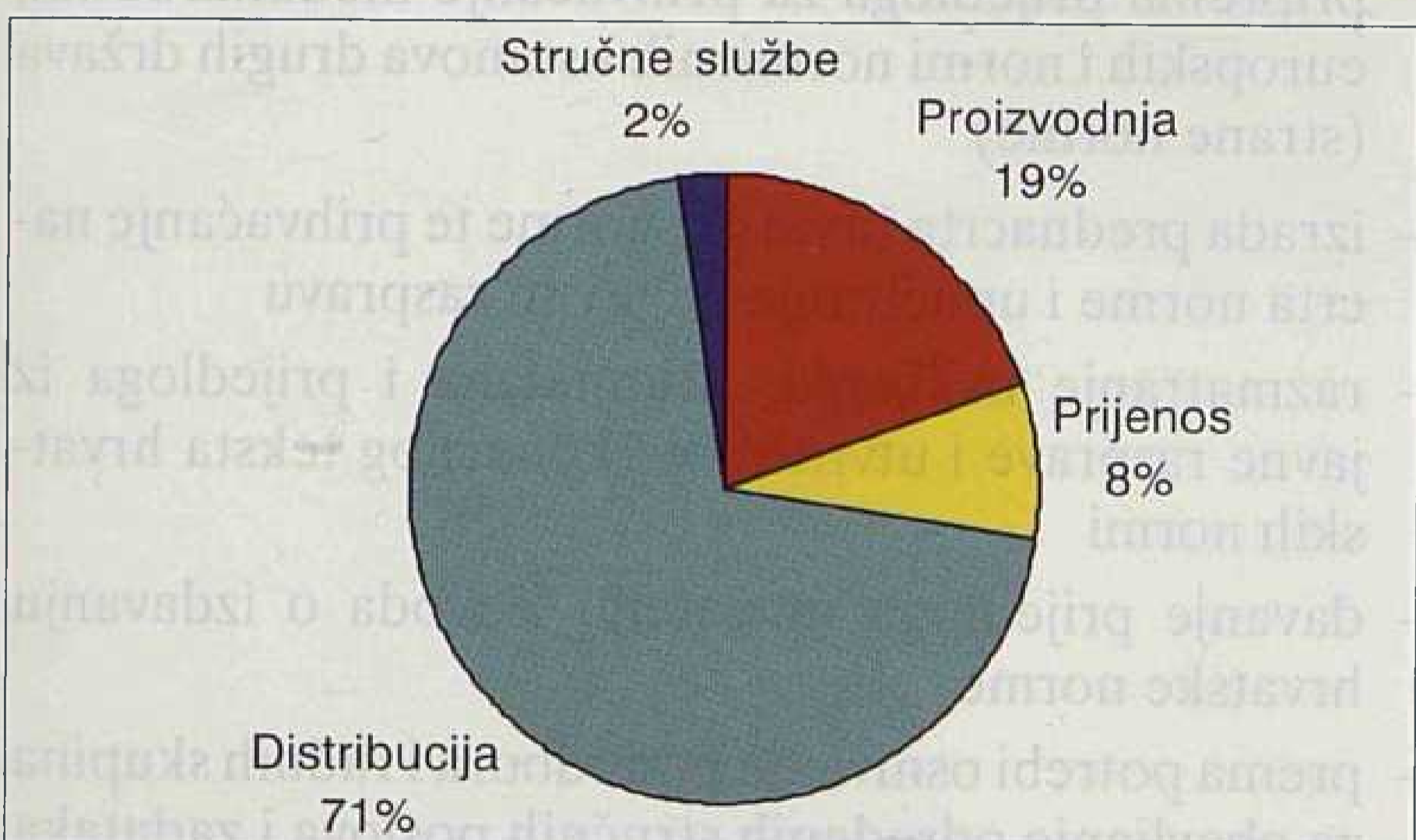
Podaci o zaposlenima prikazani su u tablici 9, te na slikama 12 i 13. Odnose se na stanje 31.12.1997. godine. Najveći broj zaposlenih u iznosu 11165 ili 70.18 % je u djelatnosti distribucije. U djelatnosti proizvodnje je zaposleno 3076 djelatnika ili 19.33 %. U djelatnosti prijenosa je zaposleno 1289 djelatnika ili 8.1 %, dok je u stručnim službama zaposleno 380 djelatnika ili 2.39 %.



Slika 11. Distribucijska nadzemna i kabelska mreža

Tablica 9. Podaci o zaposlenima

	Broj	%
Proizvodnja	3076	19.33
Prijenos	1289	8.1
Distribucija	11165	70.18
Stručne službe	380	2.39

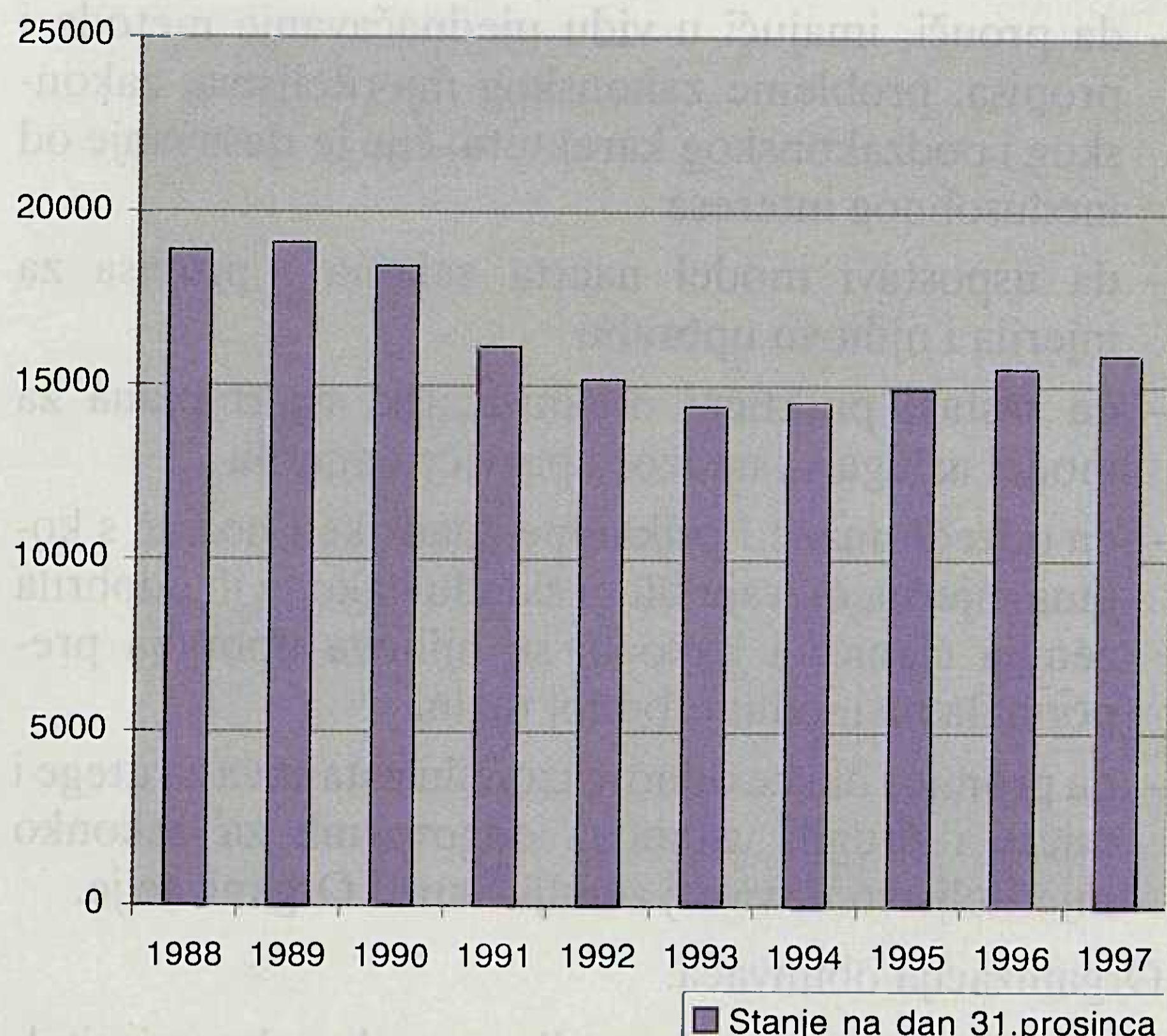


Slika 12. Hrvatska elektroprivreda – zaposleni po djelatnostima (Stanje 31.12.1997.)

U razdoblju od 1988.-1997. najveći broj zaposlenih je bio u 1989. godini i iznosio je 19077 djelatnika, dok je najmanji broj djelatnika bio 1993. godine i iznosio je 14410. Od 1993. godine je broj zaposlenih u blagom porastu, tako da 31.12.1997. godine iznosi 15508 djelatnika.

Tablica 10. Podaci o zaposlenima u razdoblju 1988.-1997.

Godina	Stanje na dan 31.prosinca
1988	18852
1989	19077
1990	18426
1991	16123
1992	15170
1993	14410
1994	14492
1995	14878
1996	15508
1997	15910



Slika 13. Broj zaposlenih u razdoblju 1988.-1997. na dan 31. prosinca

SBK

STATUT HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE – pročišćeni tekst

U Biltenu HEP-a broj 70 od 30. rujna objavljen je pročišćeni tekst Statuta Hrvatske elektroprivrede d.d. U ovom pročišćenom tekstu obuhvaćen je tekst Statuta donešenog 4. srpnja objavljenog u Biltenu HEP-a broj 50 od 18. kolovoza 1995. godine, tekst izmjena Statuta usvojenih 24. veljače 1997. godine objavljen u Biltenu HEP-a broj 56 od 3. ožujka 1997. godine, te tekst izmjena i dopuna Statuta od 16. siječnja 1998. godine objavljen u Biltenu HEP-a broj 65 od 26. siječnja 1998. godine.

Kako je Statut osnovni akt društva svi ostali opći akti moraju biti usklađeni s njegovim odredbama.

Stupanjem na snagu ovog Statuta prestaje važiti Statut Hrvatske elektroprivrede d.d. donešen 7. prosinca 1994. godine.

SBK

KONVENCIJA KOJOM SE OSNIVA MEĐUNARODNA ORGANIZACIJA ZA ZAKONSKO MJERITELJSTVO

Svrha Međunarodne organizacije za zakonsko mjeriteljstvo je:

- da se uspostavi dokumentacijski i informacijski centar
- da provede i objavi tekstove zakonskih zahtjeva za mjerila i njihovu uporabu koji su na snazi u različitim državama, sa svim tumačenjima koja proizlaze iz ustavnih i upravnih zakona tih država,
- da odredi opća načela zakonskog mjeriteljstva

- da prouči, imajući u vidu ujednačavanje metoda i propisa, probleme zakonskog mjeriteljstva, zakonskog i podzakonskog karaktera, čije je rješavanje od međusobnog interesa
- da uspostavi model nacrtu zakona i propisa za mjerila i njihovu uporabu
- da sastavi praktični organizacijski nacrt plana za model usluga za nadzor i provjeru mjerila
- da odredi nužne i prikladne značajke i norme s kojima mjerila moraju biti u skladu kako bi ih odobrila zemlja članica i kako bi se njihova uporaba preporučila na međunarodnoj razini
- da promiče bliske odnose između ustanova za utegu i mjere i drugih ustanova odgovornih za zakoniko mjeriteljstvo u svakoj zemlji članici Organizacije.

Organizacija obuhvaća:

- Međunarodnu konferenciju za zakonsko mjeriteljstvo
- Međunarodni odbor za zakonsko mjeriteljstvo
- Međunarodni ured za zakonsko mjeriteljstvo.

Međunarodna konferencija za zakonsko mjeriteljstvo proučava pitanja koja se odnose na ciljeve Organizacije i donosi sve odluke s obzirom na njih. Osim toga, ona osigurava uspostavu upravnih tijela čiji je zadatak vođenje rada Organizacije. Također odobravaju izvješća različitih tijela za zakonsko mjeriteljstvo, koji su načinjeni po završetku njihova rada.

Zemlje članice jamče da će dostaviti Konferenciji svu dokumentaciju u njihovu vlasništvu koja po njihovom mišljenju omogućuje Organizaciji izvedbu povjerenih joj zadataka.

Međunarodni odbor za zakonsko mjeriteljstvo je radno tijelo, koje poduzima i izvodi zadatke Međunarodne konferencije. Čine ga predstavnici svih država članica Organizacije.

Rad Konferencije i Odbora osigurava **Međunarodni ured za zakonsko mjeriteljstvo**, pod upravom i nadzorom Odbora. Ured je odgovoran za pripremu sjednica Konferencije i provedbu njenih odluka. Također mora osnovati dokumentacijski i informaciski centar. Sjedište Ureda je u Francuskoj. Ovo je nevladina organizacija i financira se doprinosom država članica, prodajom publikacija, subvencijama, donacijama, priložima itd.

Konvencija je objavljena u Narodnim novinama – Međunarodni ugovori, broj 12 od 2. listopada 1998. godine.

SBK

PRAVILNIK O NAČINU OSNIVANJA I RADA TEHNIČKIH ODBORA

Tehnički odbori su stručna radna tijela ravnatelja Zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo (skraćeno: Zavod), koji imaju predsjednika, tajnika i članove. Članovi tehničkih odbora (skraćeno: TO) priznati su stručnjaci –

predstavnici zainteresiranih pravnih osoba, mjerodavnih tijela državne uprave, gospodarskih i obrtničkih komora, zainteresiranih ustanova i drugih pravnih osoba.

Ovim Pravilnikom (objavljen u Narodnim novinama broj 86 od 19. lipnja 1998. godine) se propisuje:

- način osnivanja tehničkih odbora pri Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo
- način rada TO
- obveze i odgovornosti TO-a, predsjednika i tajnika u svezi s radom tih odbora

Odluku o osnivanju TO donosi ravnatelj Zavoda.

TO-i pripremaju godišnje programe rada na temelju kojih se donose programi normizacije Zavoda. Prema tome zadaci TO su slijedeći:

- pripremanje prijedloga programa i planova izrade hrvatskih normi, ispravak, izmjena i dopuna postojećih normi
- priprema i razmatranje prijedloga za izdavanje hrvatskih normi i davanje mišljenja o osnovanosti prijedloga
 - priprema prijedloga za prihvaćanje međunarodnih, europskih i normi normiranih ustanova drugih država (strane norme)
- izrada prednacrtu hrvatske norme te prihvaćanje nacrtu norme i upućivanje na javnu raspravu
- razmatranje mišljenja, primjedaba i prijedloga iz javne rasprave i utvrđivanje konačnog teksta hrvatskih normi
- davanje prijedloga ravnatelju Zavoda o izdavanju hrvatske norme
- prema potrebi osnivanje pododbora i radnih skupina za obavljanje određenih stručnih poslova i zadataka
- suradnja s programskim odborom i drugim TO-ima
- praćenje rada stručnih tijela međunarodnih i europskih organizacija, razmatranje dokumenata u postupku izrade međunarodnih i europskih normi, te izjašnjavanje o tim dokumentima
- predlaganja predstavnika u stručna tijela međunarodnih i europskih organizacija.

SBK

ODLUKA O OBJAVI SPORAZUMA IZMEĐU REPUBLIKE HRVATSKE I REPUBLIKE SLOVENIJE O PRAVODOBNOJ RAZMJENI INFORMACIJA U SLUČAJU RADIOLOŠKE OPASNOSTI

U Narodnim novinama – Međunarodni ugovori, broj 9 od 7. srpnja 1998. godine objavljen je tekst Sporazuma između Republike Hrvatske i Republike Slovenije o pravodobnoj razmjeni informacija u slučaju radioaktivne opasnosti. Ovaj sporazum se primjenjuje za obavješćivanje i slanje informacija u slučaju poduzi-

manja mjera širokog opsega sa svrhom da se zaštiti stanovništvo u slučaju kvarova na reaktoru, na postrojenju nuklearnog gorivog ciklusa, na postrojenju za zbrinjavanje radioaktivnog otpada koje su prouzročile opsežnije ispuštanje radioaktivnih tvari ili zapaženih nenormalnih stupnjeva radioaktivnosti na nuklearnim postrojenjima, pri prijevozu ili skladištenju nuklearnog goriva i radioaktivnog otpada na vlastitom teritoriju.

Sporazumom je utvrđena obveza izvođenja programa mjerenja ionizirajućeg zračenja i radionukleida u okolišu, posebno uz nuklearna postrojenja. Program mjerenja mora sadržavati mjerenja koncentracije radionukleida u zraku, pitkoj vodi, površinskoj vodi, zemlji, padalinama, prehrambenim proizvodima i stočnoj hrani, kao i podatke o emisijama. Mjerenja moraju sadržavati podatke koji su nužni za izračun izlaganja zračenja vlastitog stanovništva.

Obveza je da se jednom godišnje održi zajedničko stručno savjetovanje na kojem se utvrđuje primjena ovog sporazuma, razmatraju dostavljene informacije ugovornih strana, utvrđuju rezultati programa mjerenja, te razmatraju druga, aktualna pitanja nuklearne i radiološke sigurnosti.

Za koordinaciju odgovorno je za RH Ministarstvo gospodarstva.

Sadržaj informacija koje je ugovorna strana primila od druge ugovorne strane svaka ugovorna strana može upotrijebiti za informiranje javnosti, ukoliko tu informaciju druga ugovorna strana nije proglasila povjerljivom.

SBK

ZAKON O ODGOVORNOSTI ZA NUKLEARNU ŠTETU

Ovim Zakonom uređuju se pitanja odgovornosti za nuklearnu štetu koja nastaje kao posljedica korištenja nuklearne energije u mirnodopske svrhe, osiguranje od te odgovornosti i druga jamstva za pokriće te odgovornosti.

Pod nuklearnom štetom podrazumijeva se šteta uzrokovana smrću, tjelesnom ozljedom ili drugo narušavanje zdravlja čovjeka, gubitak ili oštećenje imovine koje nastane ili je posljedica radioaktivnih svojstava ili kombinacije tih svojstava s otrovnim, eksplozivnim ili drugim opasnim svojstvima nuklearnog goriva ili radioaktivnih proizvoda ili otpada koji se nalaze u nuklearnom postrojenju ili nuklearnog materijala koji je upućen u nuklearno postrojenje ili je u njemu proizveden ili se iz njega odašilje. Isto tako se smatra nuklearnom štetom i šteta uzrokovana smrću, tjelesnom ozljedom ili drugo narušavanje zdravlja čovjeka, gubitak ili oštećenje imovine koja nastane ili je posljedica dugog ionizirajućeg zračenja, koje potječe od bilo kojeg izvora zračenja u nuklearnom postrojenju.

Za nuklearnu štetu, uzrokovanu nuklearnom nezgodom, korisnik odgovara ako je šteta nastala u njego-

vom nuklearnom postrojenju, u svezi s nuklearnim materijalom koji šalje ili je uskladišten u njegovom nuklearnom postrojenju, kao i u svezi s nuklearnim materijalom koji je upućen u njegovo nuklearno postrojenje.

Prema ovom Zakonu korisnik odgovara za nuklearnu štetu do iznosa od 320 milijuna kuna po svakoj nuklearnoj nezgodi.

Međutim, korisnik ne odgovara za štetu ako je ona uzrokovana nuklearnom nezgodom koja je neposredna posljedica oružanog sukoba, neprijateljstva, građanskog rata ili iznimno teške elementarne nepogode.

Nuklearni materijal može se uvoziti ili prevoziti preko područja Republike Hrvatske ako prijevoznik koji prevozi taj materijal ima odgovarajuću dokumentaciju propisanu ovim zakonom.

Usvajanjem ovog Zakona (Narodne novine, broj 143 od 30. listopada 1998.) prestaje važiti Zakon o odgovornosti za nuklearne štete objavljen u Narodnim novinama broj 53/91.

SBK

PRAVILNIK O OBRAČUNU I PLAĆANJU NAKNADE ZA KORIŠTENJE VODA

Ovim se Pravilnikom propisuje način određivanja naknade za korištenje voda, pojedinačno utvrđivanje iznosa naknade, način i rokovi plaćanja, obveza vođenja evidencije naknade, te provođenje nadzora nad obračunom i plaćanjem naknade.

Hrvatska elektroprivreda kao korisnik vodne snage za proizvodnju električne energije dužna je također plaćati naknadu, koja se određuje prema izrazu:

$$N = N_2 \times E$$

gdje je:

- N = ukupni iznos naknade,
- E = količina proizvedene električne energije u kWh u obračunskom razdoblju na pragu svih elektrana
- N₂ = visina naknade za 1 kWh prema Odluci.

Količina proizvedene električne energije utvrđuje se prema ukupno evidentiranoj proizvodnji električne energije na pragu svih hidroelektrana. Hrvatska elektroprivreda dužna je voditi podatke o proizvodnji električne energije na pragu svih hidroelektrana i ostvarenoj ponderiranoj cijeni električne energije. Prema ovom Pravilniku podatke je Hrvatska elektroprivreda dužna dostavljati Hrvatskim vodama jednom jesečno za prethodni mjesec i jednom godišnje do 31. ožujka za prethodnu godinu. Ukoliko to ne učini ili dostavi netočne podatke, Hrvatske vode obračunat će naknadu na temelju podataka nadzora ili s najviše dopuštenim količinama iz vodopravne dozvole, ili na temelju vlastite stručne prosudbe.

Hrvatska elektroprivreda samostalno obračunava i plaća naknadu za obračunsko razdoblje od:

- kalendarskog mjeseca, prema privremenom obračunu i
- kalendarske godine, prema konačnom obračunu.

Privremeni obračun naknade se obračunava na temelju ostvarene ponderirane cijene električne energije u prethodnoj godini i ukupne količine proizvedene električne energije u tijeku prethodnog mjeseca. Plaćanje se obavlja do kraja tekućeg mjeseca za prethodni mjesec.

Konačni obračun naknade obračunava se na temelju ponderirane cijene električne energije u prethodnoj godini i ukupne količine proizvedene električne energije u obračunskoj godini. Tako obračunata naknada umanjuje se za iznos uplaćene naknade. Plaćanje razlike obavlja se do 15. travnja tekuće godine za prethodnu godinu.

Ovaj Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 94 od 10. srpnja i primjenjuje se od 1. srpnja 1998. godine.

SBK

UREDBA O JAVNOJ RASPRAVI U POSTUPKU DONOŠENJA PROSTORNIH PLANOVA

Ovom Uredbom određuje se način i postupak provođenja javne rasprave o prijedlogu prostornog plana te prijedlogu izmjena, dopuna i stavljanja izvan snage prostornog plana, te način i sudjelovanje u tom postupku svih zainteresiranih. U tijeku javne rasprave građani i udruge sudjeluju u javnoj raspravi na način da imaju pristup i uvid u prijedlog prostornog plana, da mogu upisati prijedloge i primjedbe u knjigu primjedbi, postavljanjem pitanja u javnom izlaganju o predloženim rješenjima, da daju prijedloge i primjedbe u zapisnik o javnom izlaganju. Isto tako mogu dostavljati svoje pismene prijedloge i primjedbe nositelju izrade predmetnog plana. Prijedlozi i primjedbe moraju biti čitko napisani i potpisani imenom i prezimenom uz adresu podnositelja da bi bili pravovaljani..

Javni uvid u prijedlog prostornog plana županije traje 30 dana, a u prijedloge ostalih prostornih planova 30 dana.

Uredba je objavljena u Narodnim novinama broj 101 od 28. srpnja 1998. godine.

SBK

PRAVILNIK O SADRŽAJU, MJERILIMA KARTOGRAFSKIH PRIKAZA, OBVEZNIH PROSTORNIH POKAZATELJIMA I STANDARDU ELABORATA PROSTORNIH PLANOVA

Ovim Pravilnikom (Narodne novine broj 106 od 7. kolovoza 1998. godine) određuju se sadržaj, mjerila kartografskih prikaza prostornih planova, obvezni brojevi i grafički prostorni pokazatelji s planskim znak-

ovljem i norma elaborata koja se primjenjuje u izradi prostornih planova. U sastav Pravilnika ulaze obrazac s podacima za ovjeru prostornog plana, tablični pregledi brojčanih prostornih pokazatelja za prostorni plan županije, općine ili grada i prilog s grafičkim prostornim pokazateljima i planskim znakovljem.

Kartografski prikazi prostornih planova osim detaljnih planova uređenja izrađuju se u boji. Površine, crte/linije i točke prikazuju se u sedam boja (žuta, narandžasta, crvena, ljubičasta, plava, smeđa, zelena) te crnoj i bijeloj, a jedna boja može se primijeniti najviše u tri tona odnosno rastera. U izradi kartografskih prikaza i grafičkih priloga koriste se grafički prostorni pokazatelji sa odgovarajućim planskim znakovljem, koji su za područje elektroenergetike utvrđeni u prilogu Pravilnika na stranicama 2827 i 2828.

Danom stupanja na snagu ovog Pravilnika prestaje važiti Pravilnik o načinu izrade i sadržaju prostornih planova te o geodetskim podlogama za izradu prostornih planova (Narodne novine broj 3/87 i 28/87), osim za izradu izmjena i dopuna prostornih planova koji su doneseni do dana stupanja na snagu ovog Pravilnika i za prostorne planove u izradi, čiji nacrt prijedloga je dostavljen poglavarstvu radi utvrđivanja prijedloga za javnu raspravu do dana stupanja na snagu ovog Pravilnika, kao za izradu izmjena i dopuna tih prostornih planova.

SBK

DEKLARACIJA UDRUGE HRVATSKIH PROIZVOĐAČA OPREME ZA OBNOVLJIVE IZVORE I ENERGETSKU EFIKASNOST

Prema riječima predsjednika Udruga hrvatskih proizvođača opreme za korištenje obnovljivih izvora energije i energetske efikasnost - UHPO osnovana je s ciljem da se stvore povoljni uvjeti prvenstveno za aktiviranje svih domaćih stručnih, proizvodnih i uslužnih resursa i da se upravo oni stave u funkciju razvoja dalmatinskih otoka, priobalja i zaobalja, gdje se korištenjem sunca i vjetera u sprezi s plinom i vodnim snagama zatvara energetska krug Dalmacije, bez korištenja ekoloških nepovoljnih krutih i tekućih fosilnih energenata koji nisu kompatibilni s osnovnim prioritetima obalnog i otočnog gospodarstva, a posebno ne s turizmom, koji je glavna privredna grana. Cilj Deklaracije je da upozna u formi javnog obraćanja i pokrene na akciju javnost, tehničke i stručne institucije, ekološke udruge i pokrete, HEP, uprave županija i gradova kao i političke čimbenike, saborske zastupnike i vodstvo svih političkih stranaka, koji bi trebali skupa s članovima ove udrugom nastaviti bitku za ispravne dugoročne odluke koje odlučuju o sudbini Hrvatske pa sve do predsjednika Republike.

Energetska podloga za ovu deklaraciju su energetska programa koje je izradio Energetski institut Hrvoje Požar. Deset prezentiranih energetska programa

obrađuje plin, obnovljive izvore energije (sunce, vjetar, biomasu, male vodne snage i geotermalnu energiju), čime je otvorena nova stranica u energetske strategiji Hrvatske.

Sjedište UHPO je u Splitu na lokaciji tvornice Končar – Solarne ćelije.

SBK

RAZVITAK I ENERGETIKA

Krajem listopada predstavljena je knjiga Razvitak i energetika akademika Bože Udovičića. Knjiga je pisana na način da je posve razumljiva i čitatelju prosječne naobrazbe. Knjiga sadrži slijedeća poglavlja: Energija i razvoj, Razvoj i zaštita okoliša, Razvoj potrošnje električne energije u budućnosti, Energetsko tržište, Temeljne postavke za određivanje odnosa cijena među pojedinim oblicima energije, Potrebna ulaganja u energetski razvoj, Načela i temeljne postavke razvojne politike, te Organizacija i vlasništvo u energetskim sektorima. Knjiga nastoji temeljne odrednice budućeg razvoja energetike i ekonomije približiti svakom čitatelju kako bi ga poučile nužnosti promjene dosadašnjeg načina razmišljanja i ponašanja u korištenju i proizvodnji električne energije.

SBK

MEĐUNARODNI KONGRES U OPATIJI – ENERGIJA I OKOLIŠ

Krajem listopada održan je u Opatiji 16. po redu međunarodni kongres Energija i okoliš. Pod pokroviteljstvom Ministarstva znanosti i tehnologije te Ministarstva gospodarstva kongres su organizirali Tehnološki fakultet iz Rijeke, Hrvatsko udruženje za sunčevu energiju i ljubljanski Fakultet za strojništvo u suradnji s Energetskim institutom Hrvoje Požar i Ekonomskom komisijom UN za Europu.

Na kongresu su se okupili osim domaćih stručnjaka i znanstvenika i brojni znanstvenici iz Europe, te znanstvenici iz Izraela i SAD.

Prezentirani su nacionalni energetske programi, čiji je cilj povećanje energetske efikasnosti, korištenje obnovljivih izvora energije te povećano korištenje prirodnog plina kao ekološki najprihvatljivijeg fosilnog goriva.

Naime, Vlada Republike Hrvatske prihvatila je 1995. godine znanstvenoistraživački program Razvoj i organizacija hrvatskog energetskog sektora – PROHES. Rezultati ovih istraživanja trebali su pomoći u koncipiranju razvitka energetskog sektora u svim njegovim segmentima. Prvi objavljeni rezultati 1995. godine bili su polazna osnova istraživanja temeljena na dotadašnjim istraživanjima i saznanjima. Kako postojeća osnova istraživanja nije omogućila kvalitetno vrednovanje svih razvojnih mogućnosti energetskog sektora, trebalo je provesti veći opseg istraživanja da bi se sagledale razvojne mogućnosti Hrvatske. Isto tako je trebalo provesti istraživanje mogućnosti plinifikacije Hrvatske, kao i povećanja efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

Tijekom 1996. godine načinjeno je nekoliko studija (gospodarski razvitak, industrija, usluge, promet, stanogradnja, šumarstvo i poljoprivreda). Time je omogućeno sagledavanje razvitka energetskog sektora, jer su provedbom istraživanja stvorene pretpostavke za sagledavanje razvoja elektroenergetskog tržišta, tržišta naftnih derivata i plinskog tržišta.

Početak 1997. godine Vlada je donijela odluku o pokretanju deset nacionalnih energetskih programa radi stvaranja pretpostavki za izgradnju nove energetske politike zemlje. Ovi programi bi predstavljali model organizirane skrbi o kvalitetnom gospodarenju energijom. Dovršetakom prve faze istraživanja na nacionalnim energetskim programima, kao i dovršetkom studije o razvitku energetskog sektora, te tržišta naftnih derivata stvorene su pretpostavke za izradu Strategije razvitka energetskog sektora u Hrvatskoj.

Ekološki problemi često se smatraju samo zaštitom prirode, no ekologija je mnogo više i zadire u sve sektore, pa tako i u energetski. Energija i okoliš postaju društvene kategorije bez kojih je teško zamisliti budućnost svijeta. Ciljevi postavljeni u Nacrtu strategije energetskog razvitka Hrvatske istovjetni su ciljevima moderno razvijenih zemalja. Prema ovom dokumentu reforma cijelog energetskog sektora polazi od zakonodavnog okvira u kojem je definirano tržište električne energije, plina i derivata nafte kao i odgovornosti od države do lokalne zajednice.

SBK

AUSTRIJA UNAPREĐUJE OBNOVLJENU ENERGIJU

Austrija koja, od sviju zemalja EU, ima najveći udio hidroenergije u pokrivanju svojih energetske potreba nastoji povećati iskorištenje obnovljivih energetske izvora, odnosno izgraditi takve izvore energije koji, što je moguće manje štete okolišu.

Od prosinca 1997. godine u pogonu je prva etapa parka vjetroelektrana u mjestu Zurndorfu u pokrajni Burgenland.

Izgrađeno je 6 jedinica po 500 kW, ukupne instalirane snage od 3 MW. Predviđa se da će njihova godišnja proizvodnja iznositi oko 6 milijuna kWh, a to je jasan putokaz koristi od vjetra.

Burgeland (Gradišće) također je vodeća austrijska pokrajina u korištenju toplinskih crpki. Na 1000 stanovnika instaliran je 21 uređaj, dok je austrijski prosjek 16 toplinskih crpki na 1000 stanovnika. Sve veći broj takvih instalacija traži i odgovarajuće stručne majstore i za to se pobrinulo poduzeće BEWAG koje je stručnoj školi za vode i plinske instalatere u Mattersburgu poklonilo školski model uređaja toplinske crpke koja može normalno raditi i vrlo je pogodna za praktično učenje budućih majstora. U zemlji se potiče i korištenje biomase kao goriva. Ono je naročito pogodno za toplane manjih naselja u šumskim područjima.

U mjestu Pottenstein u pogon je stavljena u jeseni 1997. nova toplana, tehničke snage 1,5 MW, koja koristi biomasu okolnih šuma i drvne pilanske otpatke. Uređaj toplane stajao je 20 milijuna šilinga. Polovicom te svote projekt su pokrivile savezna i pokrajinska vlada. Važno je naglasiti da se pri izgradnji biomase ne opterećuje atmosfera dodatnim ugljičnim dioksidom, jer se izgaranjem oslobađa toliko CO₂ koliko je raslinje preuzelo iz zraka tijekom svog rasta*.

U Austriji se također sve više ugrađuju sunčevi kolektori za pripremu tople vode, kako bi se dobile pravilne upute za planiranje, gradnju i pogon kolektora izdane su norme (Onorm M 7731) kojima se reguliraju gospodarska, pravna i tehnička pitanja vezana za takve uređaje. Treba napomenuti da se u okviru EU izrađuju obične norme, kojima će se ove austrijske prilagoditi.

VEO Journal, 1998. br. 5.

Mrk

KORIŠTENJE BIOMASE U NJEMAČKOJ

Energetska postrojenja koja koriste biomasu kao gorivo sve više grade i u Njemačkoj, većinom privatnim sredstvima, ali uz pomoć elektroprivrede i države. Kao dobar primjer može se uzeti izgradnja toplane za zagrijavanje ložene biomasom. Oko 65 mještana u mjestu Obersees - Bayrent složilo se i uz pomoć lokalnog dobavljača energije i države izgradilo toplanu termičke snage 450 kW. U sve je uređenje investirano 2,1 milijun DEM, od toga u samu toplanu 1,8 milijuna DEM.

* O energetskej uporabi biomase vidi *Energiju* god 44 (1995) br. 5/6 god 45 (1996) br. 2 i 5, god 47 (1998) br. 3.

Loženjem slabim drvetom od ukupno 5000 m³ godišnje uštedjet će se 400000 loživog ulja i smanjiti emisija štetnih plinova. Ovo je postrojenje četvrto takve vrste nakon toplane na biomasu u mjestu Neualbenrenth (3000 kW) i Walsdorf (320 kW i 500 kW). Zatim će slijediti toplane u mjestu Eltmann (2600 kW) i Weisendorf kod Erlangena (2000 kW).

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 12

Mrk

PETI (5.) EUROPSKI PROGRAM ISTRAŽIVANJA

Nakon suglasnosti o 5. europskom okvirnom programu za znanstvena istraživanja u ministarskom savjetu EU, europska je istraživačka politika učinila značajan korak. Sve je učinjeno da europski istraživački program počne na vrijeme teći, početkom godine 1999. Odobreno je da se do godine 2002. utroši 14 milijardi ECU, a to je za 800 milijuna ECU više nego je odobreno za 4. okvirni program.

Savjet je osim toga povećao sredstva za program "Sokrates" kojim se pomaže izmjena između europskih visokih škola.

ETZ, god. 119 (1998), br. 12

Mrk

STRANI STUDENTI U NJEMAČKOJ

Da je Njemačka ponovno postala atraktivna za strane studente pokazuje znatno povećanje upisanih stranaca u zimskom semestru godine 1996./97. Tada ih se ukupno upisalo 150000, a to je znatno više nego prijašnjih godina. Strani su studenti odabirali vrlo različite studije. Svaki četvrti odabrao je studij jezika ili kulture, oko 25% pravo, ekonomiju ili socijalne znanosti. Oko 22% odlučilo se za tehniku, a oko 14% za matematiku i prirodne znanosti.

ETZ, god. 119 (1998), br. 12

Mrk

NJEMAČKI IZDACI ZA OBRAZOVANJE I ISTRAŽIVANJA

U 1996. godini u Njemačkoj su država i privreda izdale 305,4 milijardi DEM za obrazovanje i istraživanja. Najveći dio od toga otpao je na obrazovanje, 178,9 milijardi DEM, na područno obrazovanje 45,8 DEM a na istraživanje i razvoj 80,7 milijardi DEM. Preko polovice ovog iznosa, tj. 168,9 milijardi DEM osigurala je država, a ostalo njemačka poduzeća. U usporedbi s godinom 1992. to je povećanje od okruglo 8%, a prvenstveno se odnosi na financiranje obrazovanja. Povećanje za istraživanje i razvoj iznosi 5,6%.

ETZ, god. 119 (1998), br. 12

Mrk

NJEMAČKO POSLOVANJE S UKRAJINOM

Njemačka već sada ima vrlo jake gospodarske veze sa istočnom Europom. Volumen razmjene sa zemljama bivšeg istočnog bloka iznosi 167,3 milijarde DEM, a to je više od 10% ukupne njemačke vanjske trgovine. Ukrajina je za njemačku vrlo zanimljiva. Danas ima više od 500 zajedničkih poduzeća (joint ventures). To je golemo tržište što je uvidjela i savezna vlada, koja je Ukrajinu poduprla svotom od 3 milijarde DEM kao pomoć u transformaciji. Zato se za velesajam strojogradnje, koji će se u studenom održati u Kijevu, iz Njemačke prijavilo 60 izlagača na izložbenom prostoru od 200 m².

ETZ, god. 119 (1998) br. 13/14

Mrk

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NUKLEARKAMA ZEMALJA EU

U 15 zemalja Europske unije (EU) u godini 1997. proizvedeno je ukupno 2246 Twh (U 1996. godini 2222 Twh) električne energije, od toga 36% u nuklearnim elektranama. Osam zemalja EU ima nuklearke. Najeveći udio električne energije iz nuklearnih elektrana (78%) ima kao i do sada, Francuska. Udjeli u ostalim zemljama EU dani su u slijedećem pregledu:

Francuska	78%	Njemačka	32%
Belgija	60%	Finska	30%
Švedska	46%	V. Britanija	29%
Španjolska	32%	Nizozemska	3%

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998) br. 12

Mrk

SREDNJA STAROST VISOKONAPONSKIH PREKIDAČA

Prema statistici Saveza njemačkih elektrana (VDEW) prosječna starost visokonaponskih prekidača u zapadnom dijelu Njemačke bila je, prema naponskim nivoima kako slijedi:

10 kV	18,4 god	220 kV	21,6 god
20 kV	16,4 god	380 kV	15,3 god
110 kV	17,2 god		

Općenito se smatra da je prosječni vijek trajanja visokonaponskog prekidača oko 35 godina.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998) br. 12

Mrk

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ STAGNIRA

Potrošak električne energije u Njemačkoj sve je racionalniji. Nacionalno gospodarstvo raste brže od potrošača struje. Na to ukazuje podatak da je godine 1991. za 1000 DEM bruto društvenog proizvoda trebalo utrošiti 189 kWh električne energije, a 1997. godine samo 175 kWh. Glavni je razlog ovakvog pada veća učinkovitost industrije.

Potrošnja električne energije stagnira. Industrija je zbog konjunktura potrošila više, a široka potrošnja manje, prvenstveno zbog blage zime.

Prema daljnjim podacima Saveza njemačkih elektrana (VDEW), od godine 1991. pao je udio električne energije iz elektrana na smeđi ugljen s 30% na 27%. Glavni je razlog tome pad proizvodnje termoelektrana na smeđi ugljen u istočnom dijelu Njemačke. No, smeđi je ugljen za nuklearnog goriva najznačajniji energent u proizvodnji električne energije i u godini 1997.

U znaku tržišnog natjecanja već danas u Njemačkoj 12% električne energije dolazi od industrije i privatnih proizvođača. U nekim zemljama EU taj je postotak znatno veći. Najveći je u Finskoj gdje iznosi 30%, u Nizozemskoj 25%, a u Italiji 19%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 12

Mrk

GORIVE ČELIJE DANAS

Na zasjedanju "Dobava električne energije iz gorivih ćelija" koje je organizirala Udruga njemačkih inženjera (VDI) u ožujku 1998. u Essenu, iz izlaganja mnogih stručnjaka iz industrije i znanstvenih ustanova, može se dobiti dobar uvid u današnje stanje razvoja gorivih ćelija (o gorivim ćelijama Energija, god 45 (1996.) br. 5, god 46/1997.) br. 6, god 47 (1998.) br. 4).

Općenito se može reći za sve tipove gorivih ćelija da je to elektrokemijski element koji kontinuirano transformira kemijsku energiju goriva i oksidacijskog sredstva u električnu energiju. Pri tome im je iskoristivost vrlo visoka. Ona se kreće kod ćelija nižih temperatura oko 40% a kod ćelija viših temperatura do oko 50%. Okruglo 40% do 45% primarne energije može se iskoristiti kao toplotna energija, pri tome je emisija štetnih plinova vrlo mala. Pogon ćelija potpuno je automatiziran, radi bešumno i nema pokretnih dijelova. Kao primarna energija mogu osim vodika služiti zemni plin, plinske smjese iz fosilnih goriva, plin iz biomase, metan i metanol. Za stacionarne uređaje mogu se graditi od nekoliko kilovata za kućne potrebe do 1000 kW za komunalne potrebe i blok toplane.

Danas su u pogonu kao demonstracijski uređaji ili u tijeku razvoja pred komercijalnom uporabom 4 tipa gorivih ćelija.

Do sada su najraširenije i jedine na tržištu bile gorive ćelije na bazi fosforne kiseline, (PAFC), koje u SAD proizvodi tvrtka Onsi. Corp. Najdulja pogonska iskustva s takvom ćelijom tipa PC 25A imaju u Njemačkoj. Snaga joj je 200 kW električki i dodatno 200 kW toplinskih, montirana je godine 1990. u Darmstadtu. Postrojenje pokazuje znakove starenja. Iskorištenje je palo od 40% na 35%, a povećala se i emisija štetnih plinova. Pogonska raspoloživost iznosila je 89%. Smanjenje raspoloživosti nije izazvala sama goriva ćelija, već njeni pomoćni uređaji.

Novi poboljšani tip PS 25 C za polovicu je manji i za trećinu lakši. Prema tvrdnji proizvođača za dvije do tri godine u pogonu će biti u svijetu oko 100 takvih uređaja.

Gorive ćelije s polimernom membranom (PEFC) glavni su tip ćelije koju razvija automobilska industrija za pogon elektrovozila. Takva vrsta gorivih ćelija još ne dolazi u obzir za stacionarna postrojenja. Radi se na daljnjem razvoju malih jedinica 1 kW do 5 kW za stambene zgrade, a 200 kW do 300 kW (električnih) za decentralizirane toplane - elektrane.

Mnogo se ulaže u razvoj te vrste gorivih ćelija. Zbog velikih troškova razvojnih radova, mnoge se automobilske tvrtke udružuju u tom radu.

Tip gorive ćelije s rastavljenim karbonatom (M C F C) koji radi na temperaturi od 650°C, poslije tipa P A F C najbliži je komercijalnoj uporabi. U SAD u mjestu Santa Clara upravo se gradi takav tip goriva ćelije, snage 1,8 MW za zemni plin kao gorivo.

Prednost je ovakve srednje pogonske temperature koja je dovoljno visoka za proizvodnju pare, ali i dovoljno niska da se primjene za izvedbu uobičajni materijali. Na razvoju ovakvog tipa gorivih ćelija rade u Europi i SAD, a veliki se program izvodi u Japanu, gdje je u njemu angažirano 15 poduzeća, pa će 1999. godine ući u pogon pokusni uređaj od 1 MW.

Zanimljiva alternativa za stacionarnu uporabu je oksid-keramički tip (SOFC). Sastoji se samo do čvrstih dijeolova, a radi na temperaturi 900°C do 1000°C. Za sada mu je cijena vrlo visoka, jer je zbog visoke temperature potrebno primijeniti vrlo skupe legure. Ukoliko bi uspjelo sniziti radnu temperaturu na 700°C vjerojatna je komercijalna uporaba. Do sada su realizirane dvije vrste ovakvih ćelija i to: cijevni koncept od tvrtke Westinghouse i Hexio koncept koji razvija tvrtka Sulzer iz Švicarske.

Sustav koji razvija Westinghouse stigao je najdalje. U SAD su stavljene dvije jedinice od 25 kW u pogon, a u 1998. dovršava se u Nizozemskoj SOFC uređaj od 100 kW.

Plošni (?) koncept gorivih ćelija razvija tvrtka Sulzer pod nazivom Hexis-sistem. Uređaj ima cinčano-keramičke pločice, a radi na temperaturi 900°C do 1000°C. Pokusno su u Duisburgu sagrađene gorive ćelije tog tipa snage 7kW. Pri pogonu od 5000 sati nije opažen pad snage.

S O F C koncept plosnatih ćelija s kvadratičnim gorivim ćelijama u Njemačkoj razvija Siemens s razvojnim centrom u J•lichu. Siemens namjerava do godine 2001. izgraditi jedan uređaj od 100 kW, a za tržište bi se uređaji gradili oko 2010. godine.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 12

Mrk

GRIJANJEM TOPLINSKIM CRPKAMA SMANJUJE SE EMISIJA CO₂

Grijanje prostorije fosilnim gorivima znatno pridonosi emisiji štetnih plinova, prvenstveno CO₂, zato i u ovom području treba poduzeti mjere kako bi se emisija što više smanjila. Jedan od načina da se šteti toplinska energija jest gradnja toplinski izoliranih kuća, a drugi da se toplinska energija stvara u uređajima koji što manje štete okolišu. Unatoč većim investicijama, gledajući narodno-gospodarski, troškovi za smanjenje emisije CO₂ su relativno mali. Dok se takvi troškovi kod fotonaponskih uređaja kreću od 1000 DEM do 3000 DEM / t CO₂, pri gradnji kuća koje štede toplinu oni iznose 1000 DEM do 1300 DEM CO₂. Kod vjetroelektrana ti su iznosi 40 DEM do 200 DEM / t CO₂, a kod štetnih svjetiljaka 75 DEM / t CO₂.

Za narodno je gospodarstvo naročito povoljna kombinacija grijanja toplinskom energijom, uzimajući u račun i potencijalna poboljšanja u kombiniranim plinskim termoelekttranama. Ukupni troškovi za smanjenje emisije kreću se od 55 DEM do 110 DEM / t. Upravo navedene prednosti pridonose u najnovije vrijeme, porastu korištenja tehnike grijanja toplinskim crpkama.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 11

Mrk

ZAŠTITNA ODJEĆA OD ELEKTRIČNOG LUKA

Prigodom radova na električnim uređajima, unatoč svim sigurnosnim mjerama, može doći do kratkog spoja uz pojavu električnog luka. To može kod radnog osoblja izazvati teške opekline pa i smrt. Prema statističkim podacima samo u Njemačkoj bilo je u godini 1993. oko 500 takvih nesreća, od toga 7 smrtnih. Obična radna odjeća može se upaliti i goriti. Zbog toga potrebna je posebna zaštitna odjeća koja je izrađena, npr. na bazi Dupont-Nomex materijala. Tvrtka Dupont (osnovana godine 1802.) ubraja se među vodeća poduzeća kemijske industrije sa 97000 zaposlenih. Mnogo pažnje posvećuje izradi različitih specijalnih vlakana. Dupont-Ženeva izgradila je u mjestu Le Grand Saconnex istraživački centar gdje se uz osnovna istraživanja ispituju i testiraju zaštitne odjeće protiv električnog luka. Za razvoj novih tkanja i materijala postoji veliko zanimanje industrije i elektro industrije posebno.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97. (1998), br. 11

Mrk

VEÖ I ZAKLJUČCI U KYOTU

Austrijska elektroprivreda razvila je akcioni plan tzv. "čiste klime" kojim se nastoji smanjiti emisija štetnih plinova, intenzivirati unapređenje domaće obnovljive energije, osigurati radna mjesta i zaštititi kvalitetu života ljudi. Program obuhvaća proizvodnju električne energije i topline termičkom obradom otpadaka, razgradnju deponije smeća iz kojih izlazi metan, jedan od plinova koji pridonosi efektu staklenika. Osim toga povećat će se korištenje toplinskih crpki, čime se smanjuje emisija CO₂, koju bi proizvelo fosilno gorivo, kao i korištenje biomase.

Udruga austrijskih elektrana (VEÖ) se trudi da ostvari ciljeve koje je utvrdila konferencija o klimi u Kyotu, ali začuđuje šutnja austrijske savezne vlade u svezi s tim pitanjem, tim više što je Austrija u drugoj polovici godine 1998. preuzela predsjedanje Savjetu EU. Time austrijski ministar za okoliš preuzima cijelu odgovornost za provođenje zaključaka iz Kyota, tj. da se emisija plinova koji utječu na klimu u cijeloj Europi smanji do godine 2012, za 8%. Budući da je Austrija unutar EU već danas uzorna, VEÖ ne vidi nikakav razlog da se graničnih 8% već sada snizi. Dobrovoljno sniženje ispod 8% previše bi opteretilo austrijsku elektroprivredu što bi u globalu štetilo natjecanju na energetskom slobodnom tržištu i prouzročilo osjetljivi gubitak radnih mjesta. Cilj je sviju inicijativa da se do sljedeće 4. svjetske konferencije o klimi, koja će se održati u studenom 1998. u Buenos Airesu riješe sva otvorena pitanja i dobiju konkretni prijedlozi. Austrija će zbog svog predsjedanja u Savjetu EU imati značajan utjecaj na rezultate konferencije i veliku odgovornost za razumne i gospodarski prihvatljive zaključke.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998) br. 10

Mrk

PRISUSTVO EDF U BRAZILU

Francuska elektroprivredna tvrtka EdF ima veliki udio u elektroprivredi Brazila. Brazilsko elektroprivredno poduzeće "Light" (opskrbljuje 2,8 milijuna potrošača u regiji Rio de Janeiro) pod vodstvom je EdF-a. Sada je ta tvrtka

preuzela i veliki dio akcija brazilskog elektroprivrednog poduzeća "Metroplitana" (opskrbljuje 4,2 milijuna potrošača u regiji Sao Paulo), čime je EDF povećao svoje prisustvo u Brazilu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 11

Mrk

FRANCUSKA PLANIRA IZGRADNJU VJETROELEKTRANA

Francusko elektroprivredno poduzeće EeF traži ponude europskih proizvođača i korisnika vjetroelektrana za izgradnju takvih postrojenja ukupne instalirane snage od 100 MW. Od toga bi se na Korzici i francuskim prekomorskim područjima instaliralo 25 MW, a u Francuskoj 75 MW.

Postrojenja bi se gradila u okviru plana EOLE 2005, prema kojemu bi Francuska do godine 2005. izgradila parkove vjetroelektrana ukupne instalirane snage od 500 MW.

ETZ, god. 119 (1998) br. 9/10

Mrk

VJETROELEKTRANE U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj je izgrađeno preko 5200 vjetroelektrana koje daju u javnu električnu mrežu okruglo 2000 MW. Time je Njemačka prestigla SAD i Dansku koji su bili pioniri u izgradnji takvih postrojenja. U prošloj 1997. godini u pogon je ušlo 890 takvih elektrana. Ova su postrojenja MW-tipa koja pojedini proizvođači već rade u serijama. Nešto je manja ugradnja vjetroelektrana reda veličine oko 300 kW.

ETZ, god. 119 (1998), br. 9/10

Mrk

PRILOG NJEMAČKE INDUSTRIJE ZA ISTRAŽIVANJA I RAZVOJ

Njemačka je industrija za istraživanja i razvoj dala u 1997. godini 61,7 milijardi DEM, a to je skoro 4% više nego prethodne godine. Time su očekivanja iz devedesetih godina premašena. Premda su izdvajanja za istraživanja i razvoj, u odnosu na bruto domaći proizvod, smanjene za 1,5% između godine 1991. i 1995., Njemačka je za takva izdvajanja još uvijek treća, iza SAD i Japana.

ETZ, god. 119. (1998) br. 7/8

Mrk

MJESEČNI RAČUN ZA STRUJU NJEMAČKOG KUĆANSTVA

U prosjeku tročlano njemačko kućanstvo troši godišnje 3500 kW, što oko 290 kWh mjesečno. U siječnju 1998. za to je trebalo platiti 91 DM, od toga je 70 DM plaćeno za potrošenu električnu energiju, 9 DM za osnovnu uplatu, a 12 DM je porez na dodanu vrijednost koji iznosi 16%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 8

Mrk

UDIO POJEDINIH ENERGENATA U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Prema podacima udruge njemačkih elektrana (VDEW), glavni energenti u proizvodnji električne energije u Njemačkoj u 1997. godini bili su ugljen i uran.

Udio pojedinih energenata u godinama 1996. i 1997. dani su u okruglim postocima u slijedećem pregledu:

Energenti	1996	1997
uran	34%	36%
kameni ugljen	26%	25%
smeđi ugljen	28%	27%
zemni plin	6%	6%
voda	4%	4%
nafta i mazut	1%	1%
obnovljivi izvori	1%	1%

Pod "obnovljivi izvori" obuhvaćena je električna energija dobivena izgaranjem smeća, plinova iz deponije, vjetra i sunca u uređajima uključenih na javnu mrežu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998) br. 8

Mrk

ENERGOHRČAK

U nastojanju da se što više električne energije proizvode iz obnovljivih izvora, koji nisu štetni za klimu i okoliš predložio je dr. ing. H. C. Funke da se iskoriste hrčci za dobivanje električne energije.

Pokazalo se da hrčak u krletki 45% svog aktivnog vremena provodi u okretanju pokretnog kotača i pri tome izvede u jednoj noći oko 3000 okretaja. Prema prijedlogu pokretnim bi se kotačem okretao mini-asinkroni generator. Izmjereno je da trajna hrčkova snaga iznosi 65 MW u trajanju od 6 noćnih sati.

Uzimajući u račun cijenu uređaja, prehranu hrčka i potrebno osoblje, cijena tako dobivene električne energije navodno je niža od energije dobivene iz solarnih elektrana.

Energohrčci ne mogu riješiti problem dobivanja električne energije, ali ga mogu umanjiti. S obzirom na brzo razmnožavanje hrčaka već za dvije godine moglo bi se tako dobiti 650 MW, tvrdi g. dr. Funke.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998), br. 8

Mrk

NOVI KONCEPT TRANSFORMACIJE ENERGIJE VJETRA U ELEKTRIČNU ENERGIJU

S obzirom na promjenjivu brzinu rotora vjetroelektrane sinkroni se generator može koristiti samo ugrađnjom usmjerivača. No takav uređaj, osim razmjerno visoke cijene nabave, proizvodi harmoničke nadvalove neugodne za električnu mrežu, a uz to smanjuje korisnost vjetroelektrane. Već prema vrsti usmjerivača električna mreža na koju je vjetroelektrana vezana mora biti, zbog stabilnosti pogona, razmjerno jaka.

Prema novom konceptu sinkroni generator ima tzv. prošireni sinkroni pogon. Rotor generatora stalno je u sinkronizmu bez obzira na brzinu propelera vjetroelektrane. To se postiže

time što stator pomoću regularnog uređaja drži sinkronizam vrtnjom. On također regulira snagu koju generator daje u mrežu. Digitalnom se simulacijom pokazala izvanredna regulacijska sposobnost i stabilnost. Novi koncept garantira ugodan priključak park-vjetroelektrane i zbog jednostavnosti pruža i gospodarske prednosti.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97 (1998) br. 9

Mrk

VISOKA TEHNIKA ZA VISINSKE KRAJEVE

Veći dio britanskih hidroelektrana nalazi se u Škotskoj. Budući da nisu predivdene nove hidroelektrane, obnavljanje i modernizacija postojećih postrojenja igraju sve značajniju ulogu za energetiku Škotske. Tako je posao na kompletnoj modernizaciji hidroelektrane **Rannoch** u Škotskoj dobila firma ELIN Energieversorgung zajedno sa Kvaerner Boving UK, dok ugovorna svota koja otpada na ELIN Energieversorgung GmbH iznosi 82 milijuna ATS.

Kod odlučivanja o povjeravanju posla presudnu ulogu su igrala tehnička i gospodarska stajališta. Ugovor za moderniziranje triju generatora po 18 MVA sadrži isporuku novih statora, sveobuhvatnu sanaciju rotora kao i rekonstrukciju ležaja te potpuno obnavljanje tehnike vođenja, koju realizira ELIN - SAT. Ortak u poslu Kvaerner Boving vodi računa o svim komponentama koje se odnose na turbine pa isporučuje tri nove turbine za postojeću tlačnu cijev. Demontažu, ponovnu montažu i stavljanje u pogon obaviti će lokalno osoblje pod vodstvom isporučitelja.

HE Rannoch je druga od trideset hidroelektrana koju će privatizirati Scottish Hydro Electric temeljito sanirati. Sljedećih 15 godina predviđa se obnavljanje ostalih postrojenja u toj zemlji.

Elin News, 23. travanj 1998.

E. H.

MEGAPROJEKT S 1060 MW

U vremenskom razdoblju od pet godina i uz investicijske troškove od preko milijarde DEM gradi se u Thuringen-u do sada najveća njemačka crpno-akumulacijska elektrana GOLDSTAHL, ukupne snage 1060 MW. Nakon međunarodnog natječaja poduzeća VEAG, Vereinigte Energiewerke AG, Berlin, konzorcij sastavljen od ELIN Energieversorgung sa AEG Energietechnik GmbH, Frankfurt i VEM Elektroantriebe GmbH Sachsenwerk, Dresden, zaključio je ugovor za konstrukciju, izradu, montažu i puštanje u rad četiriju motor-generatora uključujući pripadajuće uređaje uzbude i pretvarače frekvencije. Puštanje u rad predviđeno je u 2002. godini. Ugovorna vrijednost koja se odnosi na konzorcij iznosi više od 100 milijuna DEM.

Za prvu veliku hidroelektranu u Njemačkoj poslije 1973. godine ELIN Energieversorgung će zajedno sa VEM Elektroantriebe isporučiti četiri motor-generatora po 340 MVA. Dvije proizvodne jedinice bit će izvedene kao normalni sinhroni strojevi s uređajima uzbude, a druge dvije kao asinhroni strojevi s promjenljivom brzinom vrtnje sa direktnim pretvaračima. Za zalet strojnih grupa u crpni pogon predviđena su dva pretvarača frekvencije za zalet. Upora-

bom moderne učinske elektronike povezane s usavršenom generatorskom tehnikom s elektranom GOLDISTHAL nastaje elektrana koja ukazuje na europsku budućnost.

Od 2002. godine ova crpno-akumulacijska elektrana će isporučivati u mrežu energiju za pokrivanje vršnih opterećenja i nadopunjavati energiju iz istočnonjimačkog mrkgo ugljena.

Ovim objektom ELIN Energieversorgung će nastaviti svoju desetljećima dugačku tradiciju o konstruiranju i isporučivanju motor-generatora za crpno-akumulacijske elektrane diljem svijeta. Lûk 45.-godišnjeg iskustva polazi od austrijskih crpno-akumulacijskih elektrana kao što su Kaprun Oberstufe i Haeusling/Zillertal preko međunarodnih crpno-akumulacijskih elektrana kao što su Shi San Ling i Tian Huang Pin u Kini pa do obnavljanja crpno-akumulacijskog postrojenja Vianden u Luksemburgu.

Elin News, 23 travanj 1998.

E. H.

DALEKOVOD PREKO BOSPORA

Tursko energetska poduzeće TEAS (Tuerkiye Elektrik Uretim - Lletim A. S.) ugovorilo je s konzorcijem pod vodstvom Siemens AG za više od 50 milijuna DEM izgradnju treće trase dalekovoda preko Bospora. Financiranje je preuzela Svjetska banka. Ova četiri trofazna sustava od ljeta 1999. godine trebaju prenositi iz sustava elektrana na europskoj strani Ambarli, Hamidabad, Trakya Elektrik i Unimer na azijsku stranu tjesnaca 1400 MW po sustavu. Siemens je još 1983. Izgradio drugu strujnu trasu preko Bospora. Ona je još i danas u pogonu, ali je sada opterećena do granice svog kapaciteta.

Kao voditelj konzorcija Siemens preuzima odgovornost za inženjering, isporuku cjelokupne užadi i radova s njima preko Bospora. Dozemna užad su izvedena sa svjetlovodom za širokopojasni prijenos informacija. Turski konzorcijalni partner STFA (Stfa Eneriji Telekommunikasyon Sanay ve Ticaret AS) izvodi montažu i proizvodi stupove kao i kompletne priključne vodove. Na obalama, koje su s obadvije strane visoke, bit će postavljena dva nosna stupa visoka po 160 m, pri čemu će biti utrošeno ukupno 1200 tona čelika. Slobodno ovješena užad koja premoštavaju Bospor u dužini od 1880 metara, teška su ukupno 250 tona. Da ne bi brodski promet ni u kom slučaju bio ometen, užad na najnižem mjestu više još u visini od 73 metra iznad razine mora.

Nova veza predviđena je za četiri 380-kV trofazna sustava, koje je moguće preraditi na dva sustava 800 kV.

Siemens ev Report, travanj 1 / 98.

E. H.

VISOKONAPONSKA ISTOSMJERNA VEZA MALEZIJA - TAJLAND

Nedavno je Siemens potpisao ugovor za visokonaponski istosmjerni prijenos (HG₂) za 300 MW između Malezije i Tajlanda u iznosu preko 185 milijuna DEM.

Projekt po sistemu ključ u bravu obuhvaća obadvije konvertorske stanice, dalekovod 300 kV, rasklopna postrojenja na izmjeničnoj strani te sve potrebne građevinske radove.

Obadvije stanice Gurun i Khlong Ngae mogu prenositi električnu energiju u oba smjera. S ugovornim partnerom Elec-



tricity Generating Authority of Thailand (EGAT) i Tenaga Nasional Berhad (TNB) ugovorena je primopredaja, odnosno puštanje u pogon sredinom 1999. godine.

Siemens ev Report, travanj 1/98.

E. H.

OBJEDINJAVANJE DJELATNOSTI BROJILA LANDIS & GYR -A I SIEMENS -a

Od 1. travnja 1998. godine Siemens preuzima diljem svijeta vodene poslove poznate pod imenom Landis & Gyr Utilities u području brojila švicarske Elektrowatt-grupacije. S tim u vezi je formiranje Siemens Metering AG sa sjedištem u Zug-u (Švicarska). Siemens Metering AG bit će vođen kao poslovna oblast Siemens-ovog područja. Prijenos i razdioba električne energije (EV) te će obuhvatiti i dosadašnje poslove EV-a koji se odnose na brojila. Preuzimanje djelatnosti brojila od Elektrowatt-a prvi je konkretan korak uključivanja industrijskog dijela švicarske grupacije u Siemens AG.

Sa Siemens Metering AG Siemens će zauzeti međunarodno vodeći položaj na tržištu kao ponuđač integriranih usluga za mjerenje potrošnje, obrade i obračuna struje, plina, topline i vode.

Novo poduzeće će u početku dosegnuti predvidivi opseg prometa od oko 1,2 milijarde DEM. Ono sada zapošljava diljem svijeta preko 6000 suradnika.

Ubuduće će u Zug-u biti globalni nadležni centar Siemens Metering AG za cjelokupne djelatnosti brojila Siemens-a. Ime Landis & Gyr će se zadržati na razini proizvoda.

Siemens ev Report, travanj, 1 / 98.

E. H.

STABILNI UVJETI

Za zadovoljenje sve većih potreba infrastrukture srednjena-ponskih mreža, a da bi bili zadovoljeni sigurnosni i ekološki uvjeti, često ćemo posegnuti da za napajanje postavimo GEAFOL - učinske transformatore izvedene s umjetnom smolom i stupnjevitom regulacijskom preklopkom bez ulja.

Ove transformatore Siemens već godinama isporučuje do snage od 20 MVA. Prisilnim hlađenjem snaga se može povećati za 40%. Područje nazivnog napona se proteže do 36 kV, a najviši dopušten udarni napon iznosi 200 kV. Uglavnom se ovi transformatori postavljaju u modernim industrijskim pogonima, bolnicama, stambenim i poslovnim središtima.

Maksimalna snaga takvih transformatora definirana je dimenzijama, težinom i hlađenjem. Težina iznosi djelomično do 40 t, pri čemu mjere u dužinu, širinu i visinu mogu dostići do 5 m. Stoga su za prijevoz nužni opsežni poslovi pakiranja i osiguranja. Razdioni transformatori u slučaju požara ne smiju povećavati vatrenu stihiju. Stoga ovaj uvjet skoro na idealan način ispunjavaju GEAFOL-transformatori s umjetnom smolom i stupnjevitom regulacijskom sklopkom bez ulja.

Željezna jezgra je iz visokovrijednih trafo-limova. Namoti nižeg napona su iz aluminijskih traka koje su izolirane višeslojnim vezivnim materijalom. Visokonaponski namoti su iz aluminijske folije pouzdanog spajanja pojedinačnih svitaka. Svitci zaliveni umjetnom smolom u vakuumu moraju zadovoljiti zahtjevima naprezanja udarnim naponom, moraju biti bez pojava djelomičnog izbijanja te pogonski sigurni.

Da bi regulacijska sklopka omogućila veliki regulacijski opseg, namot višeg napona je smješten na poseban način koji osigurava da neizbježni dodani gubici budu što manji. Ova vrsta transformatora principijelno se oprema sustavom za nadziranje temperature (upozorenje ili iskapčanje), pa se za to mogu koristiti, npr. sustavi za mjerenje temperature s optičkim vlaknima.

Spajanjem po triju jednopolnih modula stupnjevite preklopke formira se trolna regulacijska stupnjevita sklopka za takve transformatore spojena u zvijezdu ili u trokut. Maksimalni opseg regulacije koristi se samo do 20% nazivnog napona.

Mehanički pogon regulacijske sklopke riješen je serijski izrađenim motornim pogonom. Za nadziranje se koristi pokazivanje pogonskog položaja regulacijske preklopke, alarm, iskapčanje te pokazivanje na licu mjesta i daljinsko.

Moguće je i automatsko upravljanje transformatora putem elektroničkog regulatora napona koji upravlja motornim pogonom preklopke.

U posljednje vrijeme Siemens isporučuje više GEAFOL-transformatora s regulacijom napona snage do 16 MVA, npr. za nebodere u Šangai-u (Kina) te za tvornicu poluvodiča u Kini.

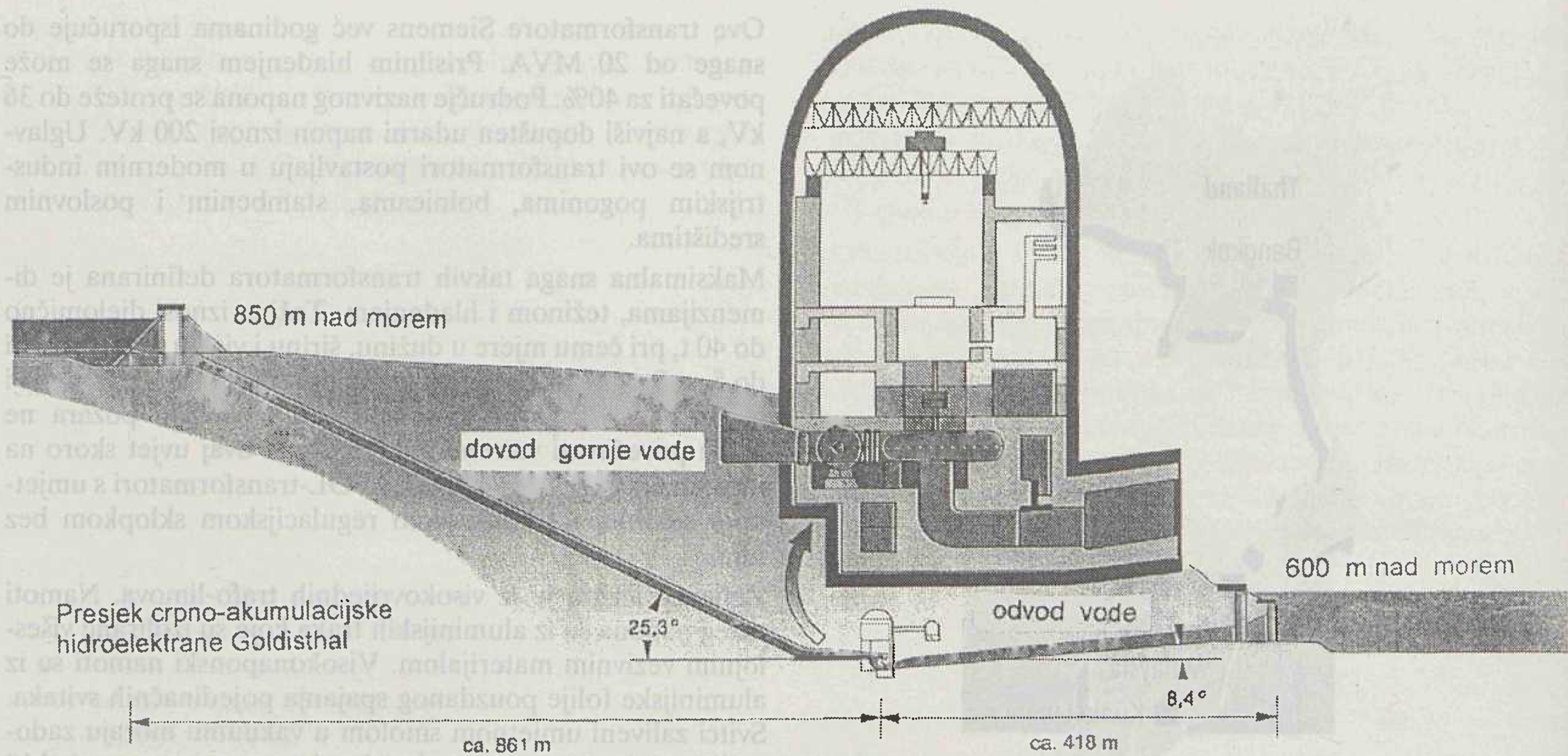
Siemens ev Report, travanj, 1 / 98.

E. H.

CRPKE-TURBINE I AKUMULACIJSKE CRPKE

Crpno-akumulacijske elektrane se grade još od kraja 19. stoljeća. Njihova uloga u energetsom sustavu još je i danas vrlo važna.

VEAG, Berlin (Udružene energane), investira 1,2 milijarde DEM u crpno-akumulacijsku elektranu GOLDISTHAL u Thuringeškoj Šumi. Novo postrojenje će od 2002. davati snagu 1200 MW. Da bi se što manje diralo u ekologiju, dio postrojenja će biti pod zemljom (V. sliku). Gornji i donji kompenzacijski bazen sadrže 19, odnosno 12 milijuna m³. Od četiriju proizvodnih jedinica dvije se sastoje iz crpke-turbine i



sinhronog motor-generatora, a dvije daljnje iz crpke-turbine i asinhronog motor-generatora s promjenljivom brzinom vrtnje. Nazivna snaga jedne proizvodne jedinice u turbinском pogonu iznosi 265 MW.

To je prva izvedba tako velikih crpki-turbina s promjenljivom brzinom vrtnje, koje jamče, da frekvencija mreže kod neželjenih razmjena snage također i u crpnom pogonu ostaje konstantna. Prednost ovakvog tehnički zahtjevnog rješenja je u tom da se stupanj korisnosti poboljšava do 5%.

Sulzer Hydro, vodeći u konzorciju, odgovara za osnovni inženjering Francis crpki-turbina uključivši ostale bitne pripadne isporuke kao i za pomoćne pogone.

Hidroelektrana KALAYAAN, investitora Noational Power Corporation, Manila, u blizini filipinskog glavnog grada Manile, središta distributivne i industrijske potrošnje te države. Elektrana dobiva vodu iz jezera Caliraya i povezana je s akumulacijom Lumot. Prvo su bile predviđena dva stupnja elektrana s četiri reverzibilne vertikalne Francis crpke-turbine, pa su za takvo rješenje i izvedeni vodozahvati na brani.

Prva etapa elektrane dovršena je u ljeto 1982., kada su puštene u rad dvije crpke-turbine po 150 MW (nije isporučio Sulzer). Ispitivanja na objektu su pokazala da nije dostignuta hidrodinamička snaga. Snaga koju su uzimale crpke bila je prevelika, a u turbinском radu kod oko 50% tereta pojavljivale su se oscilacije. Nakon nekoliko godina pogona strojevi su bili mehanički u nezadovoljavajućem stanju: kavitacijska oštećenja na rotoru, pojave pukotina na lopaticama rotora i sprovodnog kola, olabavljeni, odnosno slomljeni vijci spojke osovine strojne grupe kao i druga oštećenja.

Kolovoza 1995. dan je prijedlog za potpunu prepravku crpki-turbina. Poslije modernizacije elektrana bi trebala raditi bez kavitacije u cijelom opsegu snage u obadvije vrste funkcioniranja, omogućiti turbinский rad od 9% tereta (!) do pune snage i ispuniti garancijske vrijednosti koje se odnose na nazivni pad (v. tabelu). Sulzer je zatim dobio zadatak da izvrši modernizaciju jednog od rotora. Znatno poboljšanje hidrodinamičke efikasnosti moglo se riješiti jedino potpuno novim razvojem rotora numeričkom modernom metodom kao što je CFD (Computational Fluid Dynamics).

Tehnički podaci crpke-turbine Kalayaan

	Snaga prije sanacije	Očekivana snaga	Dostignute vrijednosti nakon sanacije
Turbina, Pad 286,5 m	158,1 MW	172,1 MW	177,6 MW
Crpka, dobavna visina 284,5 m	160,0 MW	155,3 MW	150,0 MW

Poslije ugradnje rotora u HE Kalayaan u studenom 1997. obavljeno je puštanje u rad, a rezultati su:

- Potrebna snaga u crpnom pogonu iznosila je pri maksimalnoj dobavnoj visini približno 150 MW, što odgovara očekivanoj vrijednosti.
- Dostignuta snaga u turbinском pogonu iznosi pri otvoru sprovodnog kola 97% približno 177,6 MW te na taj način premašuje garantiranu vrijednost.
- Turbinский pogon je moguć bez ikakvih ograničenja pri svim djelomičnim teretima.

Dostignuta snaga u turbinском pogonu povećana je za približno 9%, dok je istodobno potrošak energije crpke smanjen za oko 3%. Svi podaci numeričke prognoze koji se odnose na snagu za novi rotor potvrđeni su na modelskom ispitivanju.

30 kilometara uzvodno od Hamburga je Hamburgische Elektrizitaets-Werke AG pustilo u rad na obali rijeke Elbe crpno-akumulacijsku elektranu GEESTHACHT. Elektrana se nalazi na ušću rijeke Elbe, koja je tu zajažena. Gornji kompenzacijski bazen, 80 m više lociran, umjetna akumulacija korisne sadržine 3,3 milijuna m³, varira do 14 m i odgovara proizvodnji 600.000 kWh. U postrojenju su tri strojne jedinice, od kojih se svaka sastoji iz akumulacijske crpke, motor-generatora i Francis-turbine. Dvostrujne jednostupanjske akumulacijske crpke snage po 33 MW isporučio je svojedobno Escher Wyss. Bez obzira na redovno održavanje, mogla su oštećenja od korozije, radi velikog sadržaja soli u vodi Elbe, biti samo djelomično otklonjena. Rotori crpki su stoga poslije gotovo četrdeset godina optimirani pomoću CFD-a u okviru projektiranja obnavljanja. Oni će imati novi hidraulički oblik; rotor će umjesto 2x11 lopatica imati samo 2x7 lopatica. Pomoću numerike strujanja poboljšanja korisnost u

najvišoj točki iznosit će 92,9%, odnosno bit će viša od dosadašnje za 3,3%. Prvi rotor će biti pušten u pogon koncem 1998. godine.

Umjesto da služi za pokrivanje vršnih opterećenja postrojenja Geesthacht danas u biti služi za reguliranje karakteristika mreže (sekundarna regulacija) i za održavanje frekvencije (primarna regulacija) u Sjevernoj Njemačkoj. Crpno-akumulacijsko postrojenje do sada je taj zadatak moglo ispunjavati samo tako dugo dok je bilo vode u akumulaciji. Uvođenjem hidrauličkog vodnog kratkog spoja, jedne vrste pogona u kružnom toku, sada je to moguće 24 sata dnevno, jer se voda koju dobivljaju crpke dovodi do turbina koje se mogu regulirati do 100%. Tako do tri strojne grupe - regulirane uvjetima u mreži - njišu između - 100 MW i +50 MW (po potrebi i do +140 MW) naviše i naniže.

Za mnoge projekte numeričko proračunavanje strujanja igra odlučujuću ulogu, što prikazujemo na primjeru modernizacije jedne crpke-turbine.

Opremanje reverzibilne crpke-turbine novim rotorom ide u najkompliciranije zadatke za proizvođača turbina, jer:

- strujanje mora biti optimirano za oba smjera strujanja (složenije od običnih Francis-turbina ili akumulacijskih crpki),
- dodatni izazov je istodobna izmjena nazivne snage za turbinski i crpni pogon i
- geometrijska izvedba postojećeg postrojenja predstavljaju teške rubne uvjete za konstrukciju.

Općenito se za novu konstrukciju postupka prema slijedećoj shemi:

1. Izrada CAD-sloga podataka koji prikazuje postojeće postrojenje. Kao osnovica služe ili raspoloživi nacrti ili podaci izmjere profila postojećeg rotora snimljeni specijalnim instrumentom "Snake" (v. Sulzer Technical Review 4/95, str. 34).
2. CFD-analiza postojećeg stroja u raznim pogonskim točkama. To će omogućiti usporedbu između izračunatog strujnog polja sa stvarnim pogonskim iskustvima, što razjašnjava prijašnje pogonske probleme i opisuje postojeći potencijal poboljšanja.
3. Utvrđivanje strategije konstrukcije novog rotora, pri čemu su vrlo korisni rezultati već obavljanih modelskih pokusa.

Nova osnova počinje crpnim pogonom. Pomoću Navier-Stokes-jednadžbe, uzimajući u obzir utjecaje trenja i turbulencije, osigurava CFD-konstrukcija za novi rotor, da će stabilni podaci u potrebnom pogonskom području crpke biti ispunjeni, da će se gubici trenja svesti na najmanju moguću mjeru i da će pri promjenama dobavne visine kavitacijsko ponašanje rotora zadovoljiti zahtjevima u istraživanim pogonskim točkama.

Zatim se za razne pogonske točke turbine provodi proračun strujanja. CFD-rezultati starih i novih rotora stalno se međusobno uspoređuju, kako bi se postigla željena poboljšanja. U slučajevima veoma kompleksno postavljenih zahtjeva, kao npr. za elektranu Kalayaan pokusi u laboratoriju još ne mogu biti smatrani zastarjelim. Stoga se izvode, ukoliko se smatra nužnim, da bi se dobila potvrda garancija, poslije numeričkog razvoja, homologna ili semihomologna ispitivanja na modelu.

Sulzer Technical Review, 2 / 1998.

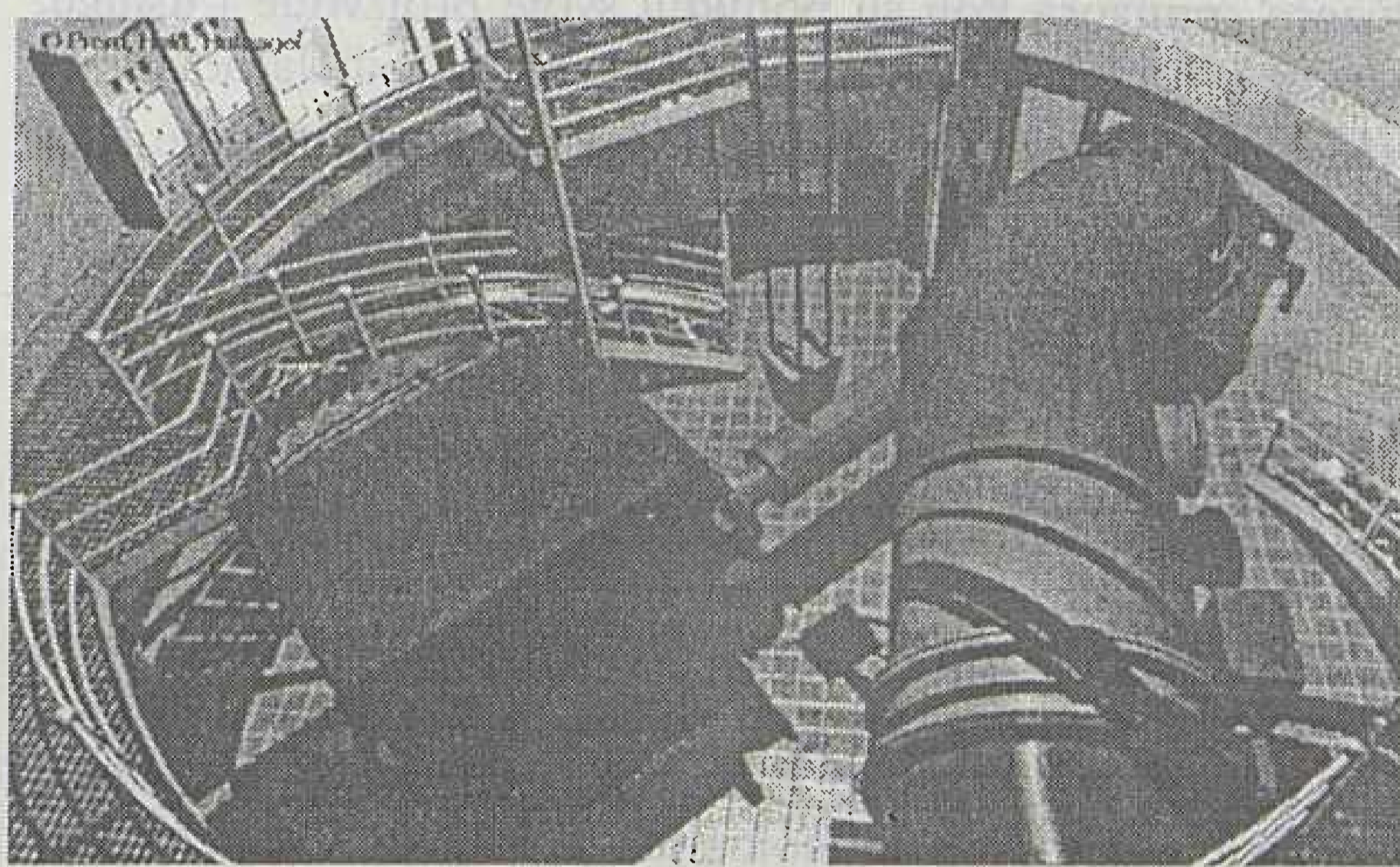
E. H.

USPJEH ZA CAT

Prvi ugovor za novo koncipiranu Compact Axial Turbine (CAT) napravio je Sulzer Hydro sa Landeskraftwerke Regensburg (D). Turbina će koristiti vodu rijeke Isar nizvodno od akumulacijskog bazena Sylvenstein te će pri padu od 28 m i protoci 15 m/s davati snagu 3,8 MW. Kao doprinos zaštiti voda stroj će u potpunosti biti izveden bez korištenja ulja: Svi dijelovi koji dolaze u dodir s pogonskom vodom bit će podmazivani vodom. Ugovor uz turbinu obuhvaća još i leptirasti zatvarač promjera 2500 mm kao i uređaje upravljanja.

Kod CAT radi se o novo razvijenoj, dvostruko reguliranoj Kaplan-cijevnoj turbini kompaktne izvedbe: ovaj se tip turbine dokazao u projektu SILVENSTEIN sučeljen konvencionalnoj Kaplan i Francis turbini kao i izvedbi građevinskih radova kao i u strojnoj tehnici kao tehnički bolje i po troškovima povoljnije rješenje.

U lipnju 2000. godine će prva CAT-turbina, kako je prikazana na grafici računala biti priključena na električnu mrežu u Gornjoj Bavarskoj.



Sulzer Technical Review, 2 / 1998.

E. H.

HK CIGRE III SIMPOZIJ O SUSTAVU VOĐENJA EES-a

U Cavtatu je od 25. do 28. listopada 1998. godine održan Treći simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sustava u organizaciji Hrvatskog komiteta CIGRE, odnosno njegovih studijskih komiteta **STK 34** Zaštita i lokalno upravljanje EES-a, **STK 35** Telekomunikacije i daljinsko upravljanje EES-a i **STK 39** Pogon i vođenje EES-a.

Na simpoziju su raspravljane slijedeće preferencijalne teme:

1. Revitalizacija centara vođenja elektroenergetskog sustava
2. Isustva i značajke koordiniranih sustava za zaštitu, upravljanje i mjerenje
3. Revitalizacija sustava zaštite, upravljanja, mjerenja i telekomunikacija
4. Revitalizacija ISDN mreže u elektroprivredi kao cjelovito rješenje telekomunikacijskih potreba
5. Modeliranje korištenja procesnih informacija elektroenergetskog sustava

Svaka je tema obrađena u pozvanom referatu, a uz njih je prezentirano još 38 redovnih referata od čega 13 referata inozemnih autora.

Na simpoziju je prisustvovalo oko 250 sudionika koji su u svih pet grupa vodili vrlo žive i interesantne diskusije. Očekuje se da će sugestije iz referata i diskusija poslužiti kao vrlo korisne upute HEP-u u procesu revitalizacije sustava vođenja.

U okviru simpozija održana je i izložba domaćih i stranih poduzeća sponzora koji su ponudili svoje proizvode i usluge, odnosno održali predavanja iz domene svoje djelatnosti.

HK CIGRE će kao i uvijek izdati kompletno izvješće simpozija.

Z. C.

RADNI TEČAJ "RAZVOJ I PROCJENA NUKLEARNIH TEHNOLOGIJA"

U razdoblju od 7. do 11. rujna, u organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju i Ministarstva gospodarstva u RH, održan je u Zagrebu radni tečaj pod nazivom "Razvoj i procjena nuklearnih tehnologija". Domaćin tečaja bila je Hrvatska elektroprivreda koja je i omogućila stručnu podršku u organizaciji i provedbi tečaja. Tečaj je obuhvatio teme iz četiri područja:

- nuklearna tehnologija
- nuklearna sigurnost
- licenciranje nuklearnih postrojenja
- ekonomika nuklearne tehnologije.

Hrvatska u području nuklearne tehnologije ima višu razinu stručnosti od većine zemalja koje trenutno nemaju nuklearna postrojenja u pogonu. Razlog tome je nuklearna elektrana Krško koja je u 50%-tnom hrvatskom vlasništvu, a u čijem radu i aktivnostima vezanim za tehničku potporu sudjeluju i hrvatski stručnjaci. Osim toga, neka hrvatska poduzeća osiguravaju tehničku potporu i drugim nuklearnim postrojenjima pored NE Krško. Uz poslove vezane na rad nuk-

learne elektrane pokrivena su i područja gospodarenja gorivnim ciklusom te radioaktivnim otpadom.

Vremenski okvir u kojem bi Hrvatska počela razmatrati uključivanje nuklearne opcije kreće se između 2010.-2015. U tom razdoblju moguće je da će zahvaljujući tehnološkim i tržišnim uvjetima postojati jedinstvena europska elektroenergetska mreža te uvjeti otvorenog energetskog tržišta. Prema tome, snaga nuklearnog postrojenja ne bi nužno morala biti ograničavajući faktor za uklapanje takvog postrojenja u hrvatski elektroenergetski sustav. Ono što se do tada može postići je uspostavljanje dobro strukturiranog procesa prikupljanja kvalitetnih informacija na kojima će se moći donijeti odluka o izboru odgovarajućeg tipa nuklearnog postrojenja.

S obzirom da se Hrvatska obvezala na poštivanje međunarodnih konvencija vezanih na nuklearno područje, trebala bi usvojiti i međunarodne standarde o nuklearnoj sigurnosti i licenciranju nuklearnih postrojenja. Takvi standardi trebali bi pridonijeti i prihvaćanju nuklearnih postrojenja od strane javnosti. Detaljni aspekti procedura nuklearne sigurnosti i licenciranja trebali bi se implementirati u dogovoru s drugim organizacijama za nadzor nuklearne sigurnosti i licenciranja tek nakon što je proveden odabir tipa nuklearnog postrojenja. To bi trebalo omogućiti uspostavu nadzornog sustava koji najbolje odgovara odabranoj tehnologiji.

Ako nuklearna energetika želi biti konkurentna u uvjetima otvorenog energetskog tržišta u zadanom vremenskom okviru potrebni su djelotvorni i uhodani postupci dobivanja dozvola i nadzora nad nuklearnom sigurnošću. S tim u svezi od međunarodne suradnje očekuje se važna uloga u osiguravanju tehničke potpore i nadzornim i elektroprivrednim organizacijama. Drugi važni faktori uključuju: stabilnost u području regulative, propise koji potiču poboljšanje proizvodnje, a ne samo njihovo ispunjavanje, suradnju između nadzornih organa i elektroprivrede te jednostavan i transparentan proces licenciranja postrojenja.

Danas još nije jasno hoće li problemi zaštite okoliša, primjerice globalnog zagrijavanja rezultirati u određivanju vladine politike za smanjenje emisija štetnih plinova nastalih radom energetskih postrojenja uvođenjem poreza na CO₂ ili nekih sličnih mjera. No ako se takve mjere i ne uvedu, nuklearna postrojenja moraju biti projektirana, izgrađena i vođena tako da mogu biti konkurentna drugim izvorima energije, osobito postrojenjima na fosilna goriva. Pri tome treba imati na umu da nuklearna postrojenja imaju veće troškove izgradnje po instaliranom MW nego postrojenja na fosilna goriva, ali su im troškovi goriva znatno niži. Veličina postrojenja utječe na troškove pri čemu su troškovi postrojenja većih snaga po instaliranom MW manji od troškova postrojenja manjih i srednjih snaga. Važno je kod projektiranja nuklearnih postrojenja postići optimalno trajnije izgradnje te pojednostavljenje izvedbe čime se omogućuje smanjenje troškova izgradnje, pogona i održavanja postrojenja. Tražena raspoloživost postrojenja kreće se oko 85% i više. Sigurnosni ciljevi trebaju se zacrtati što je ranije moguće u fazi projektiranja. S obzirom na ekonomske prednosti standardizirane izvedbe postrojenja, jednom kad se izvrši odabir odgovarajuće tehnologije, svaka promjena u izvedbi trebala bi se izbjegavati.

Renata Matanić

IZDAVAČI - PUBLISHER

Godište 47 (1998)

Zagreb 1998

Br. 6

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET - THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: "Energetski sistemi", dr. sc. Goran Granić, dipl. ing. – "Hidroelektrane", Vladimir Prizl, dipl. ing. – "Termoelektrane i toplane", Ivan Vučetić, dipl. ing. – "Prijenos električne energije", mr. sc. Zdenko Tonković, dipl. ing. – "Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije", Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – "Ekonomsko poslovanje i tarifna politika", dr. sc. Jure Šimović, dipl. ecc., mr. sc. Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – "Ekologija", dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing. – "Informatika", Nikola Las-trić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun Čagalj, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. sc. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1998 - 12 - 15

SADRŽAJ

<i>Jelavić B.</i> : Nacionalni energetske programi (Pregledni članak) . . .	443
<i>Glavan B. – Prpić E.</i> : Arhitektura središnjeg računalnog sustava vođenja turboagregata, elektroenergetskih i pomoćnih postrojenja u HEP TE "Rijeka" 1 x 320 MW – pregled izvedenog stanja (Pregledni članak)	447
<i>Domac J.</i> : Uloga biomase u elektroenergetskom sustavu (Pregledni članak)	451
<i>Rajić F.</i> : Sustavi racionaliziranja potrošnje energije individualiziranjem troškova grijanja i uporabe vode (Pregledni članak)	459
<i>Sabolić D.</i> : Temelji pokretnih radiokomunikacija – II. dio: Planiranje mreža (Prethodno priopćenje)	471
<i>Mehmedović M. – Babić S. – Kolundžić D.</i> : Granica dinamičke stabilnosti nereguliranog i reguliranog sinkronog generatora (Stručni članak)	485
Vijesti iz elektroprivrede	491
Iz strane stručne literature	498
Savjetovanja i konferencije	508

Fotografija na omotnoj stranici

DALEKOVODNI STUP

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6125-641 i 6125-111/641, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "pre-sude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštovati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.

Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizičke veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.

5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.

6. Svaki članak mora imati:

– **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.

– **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.

– **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.

– **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

– ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.

– ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVEDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

NACIONALNI ENERGETSKI PROGRAMI

Dr. sc. Branka Jelavić, Zagreb

UDK 621.039.001
PREGLEDNI ČLANAK

Početak 1997. godine Vlada Republike Hrvatske donijela je odluku o pokretanju deset Nacionalnih energetske programa radi stvaranja pretpostavki za izgradnju nove energetske politike, koja mora voditi računa o održivom razvitku tako da stimulira plinifikaciju, povećanje energetske efikasnosti i korištenje obnovljivih izvora energije vodeći pri tom brigu o zaštiti okoliša. Prva faza izrade Nacionalnih energetske programa je završena u svibnju ove godine i rezultati su pokazali da u Hrvatskoj ima realne osnove za njihovu primjenu, pa je u tijeku pokretanje pilot projekata, te nastavak aktivnosti na stvaranju povoljnog okruženja za njihovu realizaciju.

Ključne riječi: nacionalni energetske programi, strategija energetske razvitka.

1. UVOD

Početak 1991. godine u Hrvatskom državnom saboru prihvaćena je Strategija razvoja energetske sektora, koja je pokušala sagledati hrvatsku energetiku kao samostalni subjekt. No, ratna su zbivanja nametnula Hrvatskoj druge prioritete, a postojeći energetske sustav pretrpio je goleme materijalne štete.

Početak 1994. godine Vlada Republike Hrvatske usvojila je novi znanstveno-istraživački program PROHES - Razvoj i organizacija hrvatske energetske sektora, čiji su glavni ciljevi:

- utvrđivanje nove strategije razvitka hrvatske energetske i energetske politike,
- utvrđivanje regionalne politike energetske razvitka,
- racionalizacija potrošnje i štednja energije
- povećanje energetske efikasnosti
- povećanje sigurnosti opskrbe
- osiguranje kvalitete energenata
- utvrđivanje izvora financiranja za razvitak energetske
- vođenje ekološke politike.

Energetske institut "Hrvoje Požar" (EIHP) imenovan je voditeljem i koordinatorom programa PROHES, a prvi rezultati programa (objavljeni 1995. godine) pokazali su da je za ostvarenje gornjih ciljeva nužno izraditi detaljne studije razvitka Hrvatske, kako globalno tako i po sektorima. U tom je dokumentu po prvi put inicirana ideja o pokretanju Nacionalnih energetske programa (NEP-a), kao važnog preduvjeta izrade nove energetske strategije.

Tijekom 1996. godine slijedila je izrada sedam studija, koje su analizirale budući gospodarski razvitak Hrvatske, te budući razvitak industrijske proizvodnje, us-

luga, prometa i veza, graditeljstva, gospodarenja šumama, te potrošnje energije u poljoprivredi.

Istodobno, EIHP, kao nosilac PROHES-a, počeo je široku akciju promocije Nacionalnih energetske programa, a koja je uz pomoć Ministarstva gospodarstva, Ministarstva znanosti i tehnologije, HEP-a, INE i mnogih drugih zainteresiranih subjekata, rezultirala Odlukom Vlade Republike Hrvatske o pokretanju NEP-a u ožujku 1997. godine. Radi se o sljedećih deset Nacionalnih energetske programa:

1. PLINCRO - program plinifikacije Hrvatske
2. KOGEN - program kogeneracije
3. MIEE - mreža industrijske energetske efikasnosti
4. MAHE - program izgradnje malih hidroelektrana
5. SUNEN - program korištenja energije sunca
6. BIOEN - program korištenja energije biomase i otpada
7. ENWIND - program korištenja energije vjetra
8. GEOEN - program korištenja geotermalne energije
9. KUENZgrada - program energetske efikasnosti u zgradarstvu
10. KUENcts- program energetske efikasnosti centraliziranih toplinskih sustava.

Nakon nekoliko pripremnih sastanaka, početkom lipnja 1997. godine formirana su Upravna vijeća i Radne grupe svih deset Nacionalnih energetske programa. U Upravna vijeća NEP-a uključeno je ukupno 92 stručnjaka iz raznih ministarstava, državnih uprava i zavoda, Hrvatskih voda i šuma, Hrvatske gospodarske komore, HEP-a, INE, te Instituta građevinarstva i EIHP. Također su formirane i pripadne Radne grupe sastavljene od eminentnih stručnjaka iz pojedinih područja. Kroz Radne grupe na programima je dosada uključeno 122 stručnjaka, a prema potrebi pro-

grama, moguće je da neke Radne grupe budu i proširene. Voditelji programa, dakle njih deset, stručnjaci su iz EIHP, a ekipi je pridruženo još tri suradnika, koji su zaduženi za ekonomsko, financijsko i zakonodavno okružje NEP-a. Dakle, sveukupno je preko dvjesto stručnjaka uključeno na izradi i praćenju NEP-a. Važno je napomenuti da broj programa nije ograničen, već je intencija da se on poveća i to u smislu obrade energetske problema, koji su značajni za daljnje unaprjeđenje energetske efikasnosti i zaštitu okoliša.

2. NACIONALNI ENERGETSKI PROGRAMI

Osnovni zadaci i ciljevi Nacionalnih energetske programa su:

PLINCRO - program plinifikacije Hrvatske

Osnovni zadatak ovoga programa je povećanje udjela plina u strukturi potrošnje energije, kao i stvaranje pretpostavki za širenje plinske mreže na područja, koja do sada nisu bila plinificirana. Plinski je sustav razvijen u sjeverozapadnoj i istočnoj Hrvatskoj, a za osiguranje potrebnih količina prirodnog plina odgovorna je INA kao nacionalna naftna i plinska kompanija. Razvitak plinifikacije moguć je uz osiguranje dovoljnih količina plina, stvaranje povoljnog okruženja u zakonodavnom, organizacijskom i institucionalnom smislu, promociju i edukaciju, kao i definiranje raznih stimulativnih mjera (izrada tarifnog sustava, izmjena i dopuna poreznog sustava, carinskih tarifa itd.). Danas je oko 15 posto hrvatskih domaćinstava plinificirano, a očekuje se da će taj udio narasti na 40 posto do 2025. godine. Aktivna uloga županija, odnosno lokalne zajednice vrlo je značajna za daljnji razvoj ovoga programa.

KOGEN - program kogeneracije

U Hrvatskoj se kogeneracijska postrojenja koriste već dugi niz godina i to kako u centraliziranim toplinskim sustavima (radi se o termoelektranama-toplanama u Zagrebu i Osijeku), tako i u industrijskim energanama. Ove elektrane pokrivaju oko deset posto potrošnje električne energije u Hrvatskoj. Zadatak ovog programa je stvaranje svih preduvjeta i uklanjanje barijera za povećanu izgradnju kogeneracijskih postrojenja tamo gdje se toplinska i električna energija koriste zajedno u tehnološkom procesu ili procesu grijanja i hlađenja. Jasno je da pri tome treba voditi brigu i o ekonomskoj isplativosti projekta. Zadatak programa je uklanjanje zapreka bržem provođenju programa, a koje leže u nepostojanju specifičnog zakonodavstva, povoljnih kredita i subvencija, nerealnim cijenama otkupa energije, i sl.

MIEE - mreža industrijske energetske efikasnosti

Iskustva u području energetske efikasnosti ukazuju na činjenicu da jedino organiziran i sustavan pristup

ovom problemu, uz uključanje svih skupina potrošača može dati trajna poboljšanja. Stoga su veći potrošači grupirani u tri skupine: industriju, sektor komercijalnih usluga i javni sektor. Mreža bi omogućila povezivanje potrošača s predstavnicima državnih tijela, stručnim ustanovama i svim drugim zainteresiranim subjektima. Formirala bi se stručna savjetodavna i operativna tijela, koja bi istražila postojeće stanje, te pružila savjet i sve potrebne informacije glede kvalitetne pripreme i realizacije zahvata na poboljšanju energetske efikasnosti. Važna odrednica ovog programa je i njegova edukativna uloga.

MAHE - program izgradnje malih hidroelektrana

Ovaj program treba stvoriti povoljne uvjete za povećanu izgradnju malih hidroelektrana. Potrebno je otkloniti sve barijere i odrediti poticajne mjere. Formalno nema prepreke za realizaciju izgradnje malih hidroelektrana, ali u stvarnosti postoji niz prepreka koje destimuliraju ulagače. Cilj je optimiranje i usklađivanje svih aktivnosti koje prate investitora na putu od ideje o investiciji do izgrađenog objekta, a što znači izbjegavanje ponavljanja nekih koraka u dosadašnjoj proceduri. Nakon analize postojeće dokumentacije definirano je 49 lokacija na kojima će se izvoditi pilot projekti. Danas je instalirana snaga u malim hidroelektranama oko 24 MW, a na osnovi postojećih podloga računa se da je tehnički iskoristiv potencijal oko 177 MW (570 GWh).

SUNEN - program korištenja energije sunca

Cilj programa je osigurati uvjete za značajnije korištenje primarne sunčeve energije u okviru podmirjenja finalnih energetske potreba, a naročito toplinske i električne energije. Za Hrvatsku su u ovom trenutku najzanimljivije i najisplativije niskotemperaturne aplikacije, što podrazumijeva pripremu potrošne tople vode, grijanje, hlađenje i klimatizaciju. Za primjenu sunčeve energije osobito su prikladni hrvatski otoci i priobalje. Po instaliranim površinama kolektora, koje su, prema procjeni, još u funkciji (25-50 tisuća m²), Hrvatska se nalazi na samom dnu Europe. Ekonomski potencijal pretpostavljen je uz sadašnje stanje u gospodarstvu i bez poticajnih mjera države, a odnosi se na niskotemperaturnu potrošnju svih priobalnih županija: za 2000. godinu procijenjeni potencijal je 1,4 PJ, za 2010. godinu oko 5 PJ, a za 2020. godinu oko 15 PJ. Ekonomski potencijal pasivne solarne arhitekture procijenjen je na 350 TJ za 2000. godinu i 6430 TJ za 2020. godinu.

BIOEN - program korištenja energije biomase i otpada

Cilj programa je osiguranje svih preduvjeta i uklanjanje prepreka za poticanje i povećano korištenje ogrjevnog drva, drvnog ostatka, slame, otpada, te plinovitih (bioplin) i tekućih (etanol, metanol i bio-

nafta) biogoriva u proizvodnji energije. Rad na programu podijeljen je na područje biomase i otpada, a tako su određene i buduće aktivnosti. Iako je Hrvatska zemlja sa značajnim šumskim i poljoprivrednim potencijalom do sada proizvodnja energije iz biomase, osim iz ogrjevnog drveta, nije zauzimala značajnije mjesto, a za energetska iskorištavanje otpada postoje tri peći za termičku obradu. Ukupni energetska potencijal biomase u Hrvatskoj iznosi oko 50 PJ, pri čemu je 39 PJ tehnički potencijal, koji je moguće početi iskorištavati već danas. Prema različitim scenarijima očekuje se da će tehnički potencijal biomase u 2030. godini iznositi između 50 i 80 PJ. Do sada se koristila manja količina raspoložive biomase (oko 16 PJ) i to većinom na energetska neefikasan način za grijanje kućanstva.

ENWIND - program korištenja energije vjetra

Program je pokrenut s ciljem da se procijeni potencijal energije vjetra u Hrvatskoj, a zatim da se na osnovi analize prepreka, predlože poticajne mjere za razvitak ovog programa. Tehnički potencijal energije vjetra za proizvodnju električne energije na 29 izabranih kopnenih makrolokacija u priobalju i na otocima, koja bi se predavala distribucijskoj elektro-mreži, procijenjen je na 400-800 GWh godišnje, zavisno o jediničnoj snazi promatranih vjetroturbina za pretvorbu (250 do 750 kW). Potencijal iznad morske površine je između 170 i 250 GWh godišnje u ovisnosti o promatranim jedinicama, no prema sadašnjim procjenama korištenje ovog potencijala ne predviđa se prije 2020. godine. Potencijal energije vjetra za vodoopskrbne sustave na otocima, poglavito za turizam i poljoprivredu, procijenjen je na 40 GWh godišnje.

GEOEN - program korištenja geotermalne energije

U Hrvatskoj postoji višestoljetna tradicija korištenja geotermalne energije iz prirodnih izvora u medicinske svrhe i za kupanje (Varaždinske, Daruvarske, Lipičke i mnoge druge toplice). Geotermalni gradijent u Hrvatskoj ($0,049^{\circ}\text{C}/\text{m}$) je znatno viši od europskog prosjeka ($0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$), što znači da bi geotermalna energija mogla biti značajni obnovljivi izvor energije. Danas se u Hrvatskoj u energetska svrhe koristi 75 kg/s geotermalne vode, ukupne instalirane snage 15 MW_e, iz koje se dobiva 70 TJ energije godišnje. Ukupan geotermalni energetska potencijal u Hrvatskoj je oko 800 MW_e, i 46 MW_e. Potencijal je proračunat na osnovi pretpostavke da će se geotermalna energija koristiti na samom ležištu za proizvodnju električne energije do temperature 80°C , a za grijanje do temperature 50°C . Program bi trebao osigurati sve pretpostavke za privođenje geotermalnih ležišta proizvodnji, kao i korištenje geotermalne energije na najracionalniji način. Razvitak ovog programa uvelike će ovisiti i o poticajnim mjerama države.

KUEN_{zgrada} - program energetska efikasnosti u zgradarstvu

Glavni cilj programa je uspostava mehanizama, koji će trajno smanjiti energetska potrebe pri projektiranju, izgradnji i korištenju novih zgrada, te sanaciji postojećih zgrada. Na potrošnju toplinska energije za grijanje i hlađenje zgrada, utječe velik broj faktora, a godišnja potrošnja toplinska energije po metru kvadratnom kreće se od 45 kWh/m² (niskoenergetska zgrada) do 250 i čak 500 kWh/m² za loše izolirane stare zgrade. Uspješna implementacija mjera energetska efikasnosti u zgradarstvu ovisi u najvećoj mjeri o zakonodavnom okruženju. Važeći propisi o toplinskoj zaštiti zgrada u Hrvatskoj su zastarjeli i nepotpuni. Buduće aktivnosti trebale bi se odvijati u dva pravca: inovacija postojećih hrvatskih normi s područja toplinska zaštite i izrada novih tehničkih propisa o građevinskoj toplinskoj zaštiti. Nakon donošenja novih propisa od iznimne je važnosti pronaći mjere efikasne kontrole njihove provedbe. Razvitak ovoga programa uvelike će ovisiti o poticajnim mjerama države, naročito kada se radi o sanaciji postojećih zgrada.

KUEN_{cts} - program energetska efikasnosti centraliziranih toplinskih sustava

Program ima za cilj omogućiti smanjenje gubitaka i racionalizaciju proizvodnje, transporta, distribucije i potrošnje toplinska energije. Centralizirani toplinski sustavi su efikasni sustavi korištenja energije primarnog goriva (prirodnog plina, derivata nafte, ugljena, otpada ili biomase) za proizvodnju i opskrbu toplinska energije vrela vode, odnosno vodene pare u većim naseljima, industrijskim centrima i gradovima. Veliki sustavi centralizirane opskrbe potrošača toplinskom energijom postoje u Zagrebu i Osijeku, a sustavi opskrbe iz lokalnih toplana u više gradova. Energetska efikasnost, zbog nepostojanja mjerenja kod svakog potrošača, kao i zbog ukupnih odnosa u tom energetska sektoru, nije na zavidnoj razini i omogućava znatna poboljšanja. Cilj programa je poboljšanje postojećih sustava, povezivanje lokalnih toplana u centralizirane sustave opskrbe, te uvođenje centralizirane opskrbe toplinskom energijom u naselja i gradove, gdje takovih sustava još nema. Potencijal postojećeg toplinskog sustava u Zagrebu procijenjen je na mogući priključak 250 MW_e novog toplinskog opterećenja, bez dodatne proizvodnje.

3. REZULTATI NACIONALNIH ENERGETSKIH PROGRAMA

Rezultati prve faze rada na Nacionalnim energetska programima, koji su u poglavlju 2 samo kratko opisani, prezentirani su javnosti u svibnju 1998. godine. Tiskano je ukupno 11 knjiga, od čega po jedna za svaki NEP i jedanaesta Uvodna knjiga. Na samoj presenta-

ciji promoviran je i polusatni video film, koji prikazuje organizaciju rada na NEP-u, kao i svaki NEP posebno. Za svaki Nacionalni energetske program, u zasebnoj knjizi, razrađeno je sljedeće:

- osnovne karakteristike programa i iskustva drugih
- analiza energetske potencijala programa za Hrvatsku
- tehničke i tehnološke karakteristike programa
- ekološke karakteristike i doprinos zaštiti okoliša
- ekonomske i financijske karakteristike
- zakonodavno okruženje i potrebne izmjene i dopune
- mjere za provedbu programa
- organizacija provedbe programa
- pilot programi
- marketing i obrazovanje.

U Uvodnoj knjizi dan je pregled zakonodavstva i politike Europske unije u području energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije, kratak pregled svih NEP-ova, mogući razvitak energetske sustava do 2030. godine, potrebne mjere za provedbu NEP-a, preporuke za stvaranje poticajnog zakonodavnog okruženja, ekonomsko-financijski aspekti implementacije NEP-a, pilot projekti, zaštita okoliša s aspekta energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije, te promocija programa i preporuke.

Rezultati Nacionalnih energetske programa, zajedno sa svim studijama, koje su napravljene u okviru PROHES projekta, omogućili su izradu nacrt Strategije energetske razvitka Republike Hrvatske za potrebe Ministarstva gospodarstva, koji je dovršen u srpnju ove godine.

Nacrt Strategije donosi kompletnu reformu energetske sektora, a time ujedno započinje i proces tranzicije. Mjere, koje su potrebne da se Strategija realizira su:

- **konceptualne**, što znači prihvaćanje Strategije od strane Vlade Republike Hrvatske i Hrvatskog državnog sabora
- **zakonodavne**, što znači izradu novih zakona (predlaže se izrada Zakona o energiji, Zakona o tržištu plina, Zakona o tržištu nafte i naftnih derivata, Zakona o tržištu električne energije, Zakona o regulaciji javnih usluga, te izmjena i dopuna postojećeg zakonodavstva)
- **restrukturiranje i privatizacija** (predlaže se zadržati javno (državno) vlasništvo za prijenosnu (transportnu) i distribucijsku mrežu, pri čemu se tržište otvara korak po korak na strani potrošnje i na strani proizvodnje)
- **ekonomske** (predlaže se izrada novih tarifnih sustava za prodaju energije u umreženim sustavima: plin, električna i toplinska energija, osnivanje posebnog fonda: NEP_ za financiranje programa i sl.)
- **organizacijske i institucionalne** (predlaže se izrada Programa provedbe Strategije, osnivanje Nacionalnog energetske vijeća, energetske centara po županijama i velikim energetske tvrtkama itd.)
- **edukativne, informativne i promotivne.**

Bitno je istaknuti da su Nacionalni energetske programi sastavni dio nacrt nove energetske strategije, koja predlaže niz mjera za uklanjanje prepreka razvitku plinifikacije, energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj.

LITERATURA

- [1] G. GRANIĆ, B. JELAVIĆ i autori: "Nacionalni energetske programi. Uvodna knjiga", Zagreb: Energetske institut "Hrvoje Požar", 1998.
- [2] G. GRANIĆ, B. JELAVIĆ i autori: "Strategija energetske razvitka Republike Hrvatske, Nacrt", Zagreb: Energetske institut "Hrvoje Požar", 1998.

NATIONAL ENERGY PROGRAMMES

At the beginning of 1997 the Government of the Republic of Croatia decided to launch ten National Energy Programs with the aim of creating a new energy policy which should take into account the sustainable development by stimulating gasification, energy efficiency increase and renewable energy resources' utilization with the necessary environmental protection. The first phase of the National Programs was completed in May 1998 and the results showed that in Croatia there is a realistic basis for their application, so at the moment pilot projects are being started as well as the activities that should enable their realization.

STAATLICHE ENERGETISCHE PROGRAMME

Wegen der Schaffung von Vorbedingungen für eine neue energetischen Politik hat die Regierung der Republik Kroatien anfangs 1997 entschieden zehn Staatliche Energie-Programme in Gang zu setzen. Diese neue energetischen Politik soll von der aufrechterhaltbaren Entwicklung und Umweltschutz Rechnung tragen, indem sie die den Brenngasverbrauch, die Energiewirksamkeit und die Nutzung erneubarer Energiequellen ermuntern wird. Die erste Stufe der Erstellung dieser Programme ist im Mai d. J. fertig gemacht und die Ergebnisse zeigen daß Kroatien reelle Gründe für deren Anwendung hat; deshalb sind richtunggebende Projekte sowie ein weiteres Bestreben für die Schaffung günstiger Umstände für ihre Verwirklichung in Gang gesetzt.

Naslov pisca:

Dr. sc. Branka Jelavić, dipl. ing.
Energetske institut "Hrvoje Požar"
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-11-30.

ARHITEKTURA SREDIŠNJEG RAČUNALNOG SUSTAVA VOĐENJA TURBOAGREGATA, ELEKTROENERGETSKIH I POMOĆNIH POSTROJENJA U HEP TE "RIJEKA" 1X320 MW - PREGLED IZVEDENOG STANJA

Mr. sc. Boris Glavan – Emil Prpić, Rijeka

UDK 681.14
PREGLEDNI ČLANAK

Procesna računalna mreža u TE "Rijeka" instalirana 1995. godine u sklopu novog sustava vođenja (proizvođača Elsag Bailey & Hartmann Braun) turbine, proširivana je minulih godina instaliranjem novog sustava vođenja rekonstruirane pomoćne kotlovnice (1996.) i novog sustava vođenja skladištenja (novoizgrađeni spremnik teškog loživog ulja 60000 m³) i transporta goriva (1997.). U remontu 1998. godine zamijenjen je cjelokupni sustav vođenja elektroenergetskog dijela pogona TE "Rijeka" čijim su povezivanjem u postojeću procesnu računalsku mrežu zaokruženi i povezani sustavi vođenja tehnoloških cjelina turboagregata, elektroenergetskog rasklopnog postrojenja i razvoda, pomoćne kotlovnice i mazutnog gospodarstva. Potonji radovi predstavljaju dovršenje izgradnje procesne računalske mreže sustava vođenja navedenih dijelova pogona TE "Rijeka", sastavljene od istovrsne opreme jednog proizvođača, a otvorenog za povezivanje s drugim sustavima vođenja preostalog dijela pogona (tehnološka cjelina generatora pare i dr.).

Ovaj rad daje pregled cijelog sustava i detaljan opis njegove organizacije i arhitekture na svim razinama, od najniže - razmjene signala s procesima - do najviše - računalnog nadzora i vođenja iz komandne sobe.

Ključne riječi: sustav vođenja, procesna računalska mreža, turboagregat, elektroenergetsko postrojenje.

Uvod

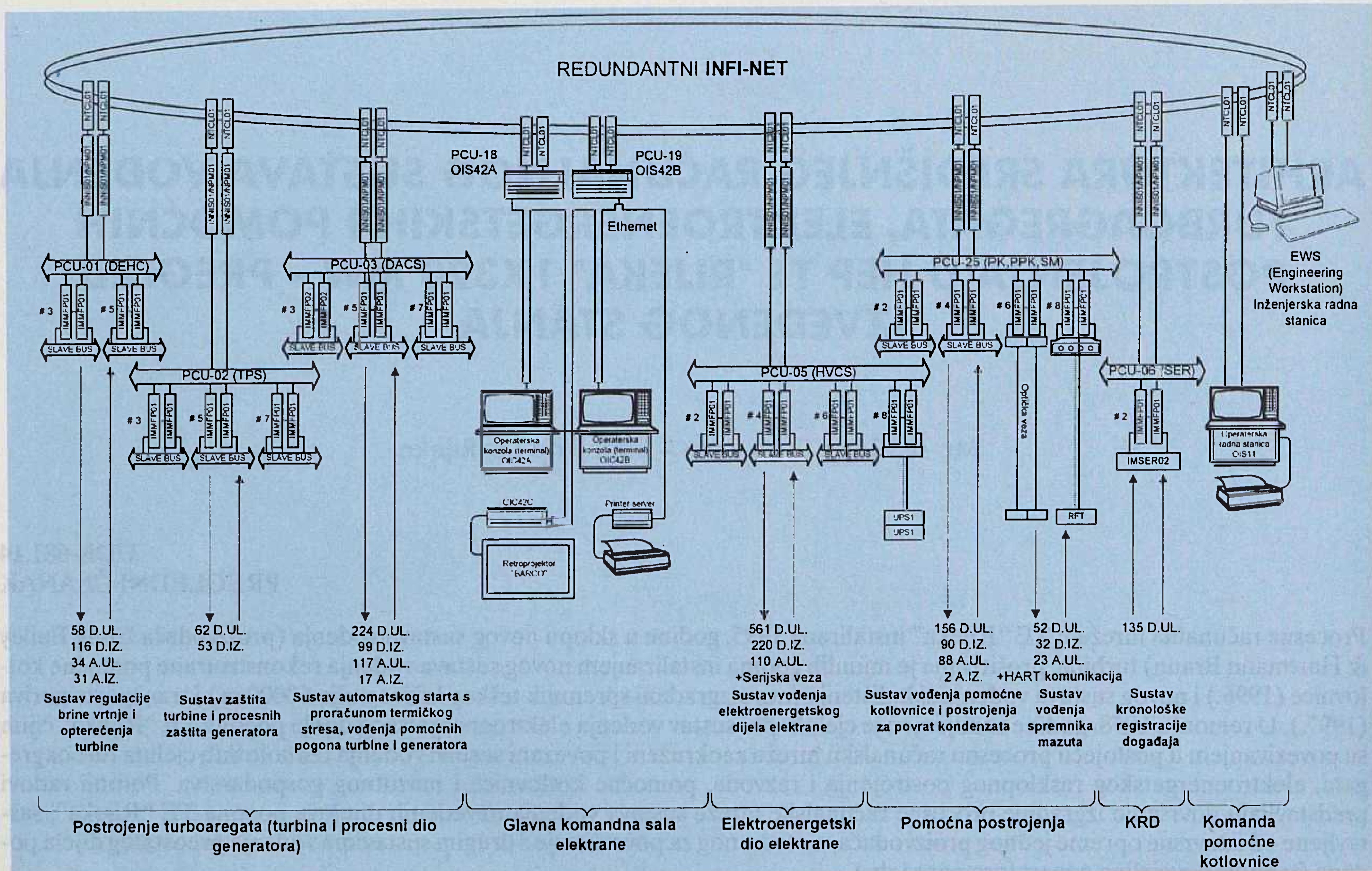
Sustav vođenja turbine instaliran 1995. godine (opisan u [L.1]) bio je prvi korak u izgradnji novog središnjeg sustava vođenja koji postupno zamjenjuje stari sustav vođenja zasnovan na analogno-hibridnoj tehnici. Od 1995. godine do sada, tijekom svakog remonta elektrane, sustav vođenja je dograđivan novim cjelinama, pa su u sustav do sada uvršteni i sustavi vođenja rekonstruirane pomoćne kotlovnice i postrojenja za povrat kondenzata (1996. godine), kao i sustav vođenja skladištenja (novoizgrađeni spremnik teškog loživog ulja 60000 m³ i dosadašnja dva spremnika od po 20000 m³) i transporta goriva (1997. godine). U remontu 1998. (lipanj) zamijenjen je sustav vođenja elektroenergetskog dijela postrojenja u TE "Rijeka" koji je do sada bio podijeljen u nekoliko zasebnih nezavisnih dijelova izvedenih u različitoj tehnici i od različitih proizvođača, a sve češći poremećaji u radu i poteškoće ili nemogućnost nabave rezervnih dijelova predstavljali su sve veći problem u održavanju i radu ovog za elektranu važnog dijela. Uvrštavanjem ovog dijela sustava vođenja u novoizgrađivani središnji sustav vođenja, zaokružen je jedinstveni, središnji sustav vođenja turboagregata (turbina i procesni dio generatorskog postrojenja) zajedno s važnijim pomoćnim postroje-

njima (pomoćna kotlovnica i skladištenje i transport goriva). Ovaj rad daje pregled konfiguracije središnjeg računalskog sustava vođenja spomenutih dijelova pogona u TE "Rijeka" sa stanjem iza remonta 1998. godine, odnosno nakon što je instaliran novi sustav vođenja elektroenergetskog dijela pogona.

1. SUSTAV VOĐENJA TURBINE

Ova tehnološka cjelina sustava vođenja sastoji se od tri PCU-a (Process Control Unit), adresirana na slijedeći način: PCU-01, PCU-02 i PCU-03 (slika 1). Pregledni opis ovog sustava vođenja i općenite strukture i glavne terminologije INFI 90 sustava nalazi se u [1]. Sustav se je od puštanja u rad 1995. godine do danas pokazao vrlo pouzdanim i nisu se pojavili zahtjevi za bitnijim izmjenama strukture (niti sklopovske, niti programske).

Najveća promjena odnosi se na novu operatorsku radnu stanicu OIS42 sa znatno jačim performansama [1], dok je prvobitna operatorska radna stanica OIS11 premještena u novu komandnu salu rekonstruirane pomoćne kotlovnice. OIS42 predstavlja jednu od dvije operatorske stanice koje nakon instaliranja sustava vođenja elektroenergetskog dijela pogona jedna



Slika 1. Arhitektura "INFI 90" sustava vođenja u TE "Rijeka"

drugoj predstavljaju stopostotnu rezervu, samo se prema organizaciji rada i strukama operaterskog osoblja u glavnoj komandnoj sali jedna stanica koristi za vođenje turboagregata, a druga stanica za vođenje elektroenergetskog dijela pogona. U slučaju kvara na jednoj od operaterskih radnih stanica, sa druge se stanice može voditi cjelokupan nadzor i upravljanje svim tehnološkim cjelinama. Instaliranjem sustava vođenja elektroenergetskog dijela, na dio za vođenje turboagregata dodan je određeni broj ulazno-izlaznih signala (na PCU-01: 5 digitalnih izlaza; na PCU-02: 25 digitalnih ulaza, 11 digitalnih izlaza; na PCU-03: 64 digitalna ulaza, 23 digitalna izlaza, 28 analognih ulaza i 3 analogna izlaza). Time su u turbinski dio vođenja uvrštene i zaštite, nadzor i upravljanje podsustava generatorskog brtvenog ulja, rashladnog vodika i statorske rashladne vode. Zbog boljeg uvida u veličinu pojedinih dijelova sustava vođenja na Slici 1 navedeni su brojevi i struktura ulazno-izlaznih signala od pojedinih PCU-ova, odnosno pojedinih tehnoloških cjelina.

2. SUSTAV VOĐENJA POMOĆNE KOTLOVNICE, POSTROJENJA ZA POVRAK KONDENZATA I POSTROJENJA ZA SKLADIŠTENJE I TRANSPORT GORIVA

Ovaj dio sustava vođenja konfiguriran je tako da su jednim PCU-om (PCU-25) obuhvaćene tri tehnološke cjeline sustava pogona TE "Rijeka" koje predstavljaju važniji dio pomoćnih postrojenja.

Prvobitno izgrađeni sustav vođenja pomoćne kotlovnice sadržavao je uz postrojenja za dobavu i termičku pripremu vode za pomoćne kotlove, dobavu, dnevno skladištenje i termičku pripremu goriva za pomoćne kotlove i vođenje postrojenja za povrat kondenzata iz vanjskih pogona dogrijavanja goriva. Ostvaren je sustav regulacija opterećenja i izgaranja pomoćnih kotlova koji omogućava njihov potpuno automatski rad i u paralelnom pogonu na zajednički sabirnik pare.

Sljedeće, 1997. godine, na isti PCU dograđen je i sustav vođenja postrojenja za skladištenje (novoizgrađeni spremnik teškog loživog ulja 60000 m³ i dosadašnja dva spremnika od po 20000 m³) i transporta goriva (nova pumpaona goriva i postrojenje za podno grijanje novog spremnika goriva). To je ostvareno dodavanjem još dva (redundantna) para MFP-ova [1] (programabilni upravljački moduli). Prvi par povezan je optičkom vezom s periferijom (ulazno-izlazni "slave" i "termination" moduli) u novoj pumpaoni za transport i grijanje spremnika udaljenoj cca 300 m. Drugi par MFP modula povezan je MODBUS (moguć je i HART) komunikacijskim protokolom s "Micromotion RFT" obračunskim mjerilom ulaznog protoka goriva od INE u TE "Rijeka", udaljenim cca 400 m. Na taj se način prikupljaju mjerne veličine kao što su maseni protok, temperatura, gustoća, viskozitet goriva za nadzor preko INFI 90 sustava.

PCU-25 fizički je smješten iza komandne sale pomoćne kotlovnice, a redundantnom INFI-NET petljom povezan je s ostalom opremom INFI 90 sustava.

smještenom iza glavne komandne sale elektrane. U komandnoj sali pomoćne kotlovnice nalazi se operaterska radna stanica OIS11 pomoću koje je ostvareno sučelje prema operateru za vođenje tehnoloških cjelina u sklopu PCU-25.

3. SUSTAV VOĐENJA ELEKTROENERGETSKOG DIJELA ELEKTRANE

Sustav vođenja elektroenergetskog dijela elektrane, koji je instaliran u remontu ove godine, ostvaren je u sklopu PCU-5, sačinjavajući najopsežniji sustav u smislu broja ulazno-izlaznih signala. Ovim sustavom obuhvaćeno je vođenje rasklopištem 220 kV, razvodom 6 kV i 0.4 kV, energetskim transformatorima, uzbuđnim sustavom generatora 374 MVA i nadzorom UPS1 i UPS2 (redundantni sustavi statičkog besprekidnog napajanja 220 VAC), uz vođenje i zaštite sustava generatorskih pomoćnih pogona (brtveno ulje, rashladni vodik i statorska rashladna voda) koji su uvršteni u sklopu sustava turbinskog vođenja (PCU-01, PCU-02 i PCU-03), što je opisano u prvom odjeljku ovog članka. Uz standardne ulazno-izlazne "slave" i "termination" module, prikupljanje signala je ostvareno i serijskom vezom prema sustavima statičkog besprekidnog napajanja 220 VAC UPS1 i UPS2 (pomoću MFP-ova adresiranih s #8).

Instaliranjem novog sustava vođenja elektroenergetskog dijela elektrane, uveden je i novi sustav kronološke registracije događaja (KRD), u terminologiji proizvođača - SER (Sequence Events Recorder) sustav, u sklopu zasebnog PCU-06. Osnovne karakteristike SER sustava su razlučljivost od 1 ms u akviziciji digitalnih ulaza, i maksimalni broj od 256 ulaznih signala. U prvoj etapi spojeni su samo glavni alarmni signali elektroenergetskog dijela elektrane (135 digitalnih ulaza), a planira se nadalje i spajanje glavnih tehnoloških alarmnih signala preostalog dijela pogona elektrane, što bi trebalo predstavljati veliku pomoć pri analiziranju uzroka poremećaja i ispada pogona.

PCU-5 fizički je smješten u relejnom prostoru iza glavne komandne sale elektrane u tri nova ormara koji dolaze na mjesto starih, a PCU-6 u još jedan novi zasebni ormar.

4. SUČELJE PREMA OPERATERIMA

Iz dosadašnjeg prikaza vidljivo je da se radi o relativno velikom sustavu vođenja, što predstavlja zahtjev za kvalitetnim sučeljem prema operateru. To je u glavnoj komandnoj sali ostvareno dvjema operaterskim konzolama, velikim retroprojektorom na vertikalnoj ploči i s dva pisača (jedan u boji koji je u mogućnosti tiskati grafiku npr. tekuće procesne dijagrame i drugi brzi matrični za tiskanje lista događaja i raznih izvješća), a u komandnoj sali pomoćne kotlovnice s operaterskom radnom stanicom i matričnim pisačem u boji za grafiku i tekst.

4.1. Oprema u glavnoj komandnoj sali elektrane

Kao što je opisano u prvom odjeljku ovog članka, u glavnoj komandnoj sali termoelektrane smještene su dvije jednake operaterske konzole OIC42 (Operator Interface Console). One su spojene na Ethernet računalnu mrežu i predstavljaju terminale od operaterskih radnih stanica OIS42 (Operator Interface Station). Oba para OIS42 i OIC42 istovjetno su konfigurirana u smislu nadzora i vođenja procesa i omogućuju nadzor nad svim dijelovima postrojenja koji su obuhvaćeni cjelokupnim sustavom vođenja, a vođenje svim dijelovima osim pomoćnom kotlovnicom (za to postrojenje dozvoljen je samo nadzor u glavnoj komandnoj sali, a cjelokupno vođenje dozvoljeno je samo u komandi pomoćne kotlovnice, budući da se tamo nalazi radno mjesto pogonskog strojara). Dakle obje operaterske konzole i radne stanice predstavljaju jedna drugoj stopototnu rezervu u slučaju kvara na jednoj od njih, ali se prema organizaciji rada i strukama operaterskog osoblja u glavnoj komandnoj sali u normalnom pogonu jedna koristi za vođenje turbine i generatorskih pomoćnih procesnih postrojenja, transporta i uskladištenja goriva i nadzor pomoćne kotlovnice (strojar-vođa bloka), a druga operaterska konzola i radna stanica za vođenje elektroenergetskog dijela elektrane (uklopničar).

Zbog bolje i pouzdanije vizualizacije procesa, postoji treća operaterska konzola koja je spojena na zajednički veliki retroprojektor "Barco" na vertikalnoj ploči u glavnoj komandnoj sali. Na tom se velikom zaslonu mogu prema potrebi trajno birati i prikazivati jedan ili nekoliko procesnih dijagrama od strane oba operatera, sa svrhom omogućavanja što potpunijeg brzog pregleda stanja procesa. Nadalje, još je na Ethernet računalnoj mreži spojen Printer Server koji omogućava posluživanje do 8 pisača.

Operaterske radne stanice smještene su u posebnom ormaru u relejnom prostoru iza glavne komandne sale, dok je ostala oprema smještena u glavnoj komandnoj sali u pultu (operaterske konzole), na stolu (printer) i na vertikalnoj ploči (retroprojektor).

4.2. Oprema u komandnoj sali pomoćne kotlovnice

U komandnoj sali pomoćne kotlovnice smještena je operaterska radna stanica OIS11 pomoću koje se vodi pogon u pomoćnoj kotlovnici i isto tako i transport i skladištenje goriva (dakle transport i skladištenje goriva može se voditi i iz glavne komandne sale i iz pomoćne kotlovnice) i štampač.

5. ZAKLJUČAK

Napravljen je pregled konfiguracije središnjeg računalnog sustava vođenja INFI 90 u pogonu TE "Rijeka" sa stanjem iza remonta 1998. godine, odnosno nakon što je instaliran novi sustav vođenja elektroenerget-

skog dijela pogona. Prethodno instalirani dijelovi sustava vođenja turbine (opisan u [1]), pomoćne kotlovnice i transporta i skladištenja goriva pokazali su se rubusnim i pouzdanim u radu, jednostavnim za održavanje i otvorenim za modifikacije i dogradnje na relativno jednostavan i pristupačan način. Montažom, instaliranjem i puštanjem u rad novog sustava vođenja elektroenergetskog dijela pogona TE "Rijeka" zaokružena je ova cjelina sustava vođenja omogućavanjem i redundancija na razini operatorskih radnih stanica kako to u pogonu reda veličine kao što je TE "Rijeka" treba biti. Glede radova koji su napravljeni na instaliranju ovog sustava vođenja, a s obzirom da se radi uglavnom o rekonstrukcijama starih sustava vođenja, bitno je naglasiti i složenost planiranja, projektiranja i provođenja montaže, instalacije i uklapanja u postojeći sustav vođenja elektrane (vođenje glavnog kotla, nadzorni KRD i DAS sustavi) koji su predstavljali težak zadatak svima uključenima u navedene aktivnosti, potvrđujući pravilo da su rekonstrukcije složeniji zadaci od novih gradnji.

LITERATURA

- [1] B. GLAVAN, M. BAKULA: "Zamjena sustava vođenja turbine u TE 'Rijeka' " - Zbornik radova savjetovanja "Energetska i procesna postrojenja", Dubrovnik, 1996. g.

GENERAL REVIEW OF CENTRAL COMPUTER SYSTEM ARCHITECTURE FOR TURBO-GENERATOR SET, ELECTRIC ENERGY AND AUXILIARY EQUIPMENT MANAGEMENT IN 1X320MW HEP TPP RIJEKA

TPP Rijeka's computer network, installed in 1995 in the frame of the new turbine operation control (produced by El-sag Baily & Hartmann Braun), was in 1996 extended by a new control system of the reconstructed auxiliary engine room and in 1997 by a new storage system (newly built heavy oil tank, 60,000m³) and fuel transport. During the 1998 maintenance the whole control system of the TPP Rijeka's electric part was changed thus finalizing the connection into the existing process network of all the control systems of the technological units of turbo-generator set, electric substation and switching, auxiliary engine room and heavy oil management. These activities marked the end of the process computer network installation into the TPP Rijeka's operation control, consisting of the single producer equipment and open to the connection with other control systems of the remaining operational parts (steam generator's technological unit, etc.)

This work gives a review of the whole system and a detailed description of its organization and architecture on all levels, from the lowest - exchange of signals with processes; to the highest - computer control and management from the control room.

DIE STRUKTUR DES ZENTRALEN RECHNERSYSTEMS DER STEUERUNG DER TURBOSÄTZE, DER ELEKTROENERGETISCHEN HILFSANLAGEN IM ERDÖLKRAFTWERK "RIJEKA" DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IX320 MW - ÜBERSICHT DES AUFBAUES

Der Prozessrechnernetz des Kraftwerkes Rijeka wurde im Jahre 1955 im Rahmen des neuen Turbinensteuerungssystems (Hersteller El-sag Baily & Hartmann Braun) installiert und in den vergangenen Jahren durch die neuen Steuerungssysteme der umgebauten Kesselhilfsanlage (1996), der Brennstoff-Lagerung (Neuer Behälter für das schwere Heizöl von 60000 m³) und - Förderung (1997) erweitert. Innerhalb der Überholung im Jahre 1998 ist das ganze Svestern der Steuerung des elektroenergetischen Teiles des Betriebes des Kraftwerkes "Rijeka" ausgetauscht worden, wobei durch dessen Koppelung in das bestehende Prozessnetz der Steuerungssysteme von Turbosätzen, Schaltanlagen, Energieverteilung, Kesselhilfsanlagen und Schwerheizölwirtschaft sein Einschliessen und Untereinanderverbinden mit anderen Werken vollbracht wurde. Das letzterwähnte Unterfangen stellt den Abschluss des Ausbaues des Prozessrechnernetzes oben erwähnter Teile des Kraftwerkes Rijeka dar, welches Netz von der gleichartigen Ausrüstung eines Erzeugers stammt und für die Koppelung an Steuerungssysteme anderer Teile des Betriebes (technologische Einheiten von Dampferzeugern u.a.) offen ist.

Diese Arbeit gibt eine Übersicht des ganzen Systems und die ausführliche Beschreibung seiner Organisation sowie seiner Struktur auf allen Ebenen, von der niedrigsten - dem Austausch von Meldungen innerhalb der Prozesse - bis zur höchsten - der Aufsicht durch Rechneranlagen und Führung aus der zentralen Steuerwarte.

Naslov pisaca:

Mr. sc. Boris Glavan, dipl. ing.

Emil Prpić, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda

TE Rijeka, Urinj bb

51221 Kostrena, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:

1998-11-06

ULOGA BIOMASE U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

Julije Domac, Zagreb

UDK 620.95:621.039.1
PREGLEDNI ČLANAK

Biomasa je poslije velikih hidroelektrana najznačajniji obnovljivi izvor energije. Iako je u prošlosti korištena uglavnom za dobivanje toplinske energije, u novije se vrijeme sve više podižu i postrojenja na biomasu za dobivanje električne energije, a očekuje se da će se takav trend nastaviti i u budućnosti. U radu se ukratko opisuju tehnologije za proizvodnju električne energije iz biomase i iznose prednosti korištenja biomase kao goriva. Analiziraju se mogući budući scenariji proizvodnje električne energije iz biomase u Hrvatskoj te navode iskustva razvijenih zemalja kao što su Švedska, Danska, Finska i Velika Britanija.

Ključne riječi: biomasa, električna energija, scenariji razvitka.

1. UVOD

Osnovna uloga elektroenergetskog sustava je neprekidna isporuka potrebnih količina električne energije, određene kvalitete i uz prihvatljive ekonomske uvjete dobave. O radu i razvitku elektroenergetskog sustava ovisi korištenje prirodnih resursa, razvitak gospodarstva te unaprjeđenje životnog standarda ljudi. Međutim, kako se u proizvodnji električne energije i općem razvitku mogu iskorištavati različiti primarni izvori energije, planiranje izgradnje elektroenergetskog sustava predstavlja vrlo specifično područje razvitka.

Elektroenergetski sustav čini proizvodnja, prijenos i distribucija električne energije. U principu postoji vrlo mnogo tehnički mogućih rješenja (različiti tipovi elektrana, različiti parametri tih tipova elektrana, različiti naponi, konfiguracije mreža, lokacije postrojenja, itd.). Isto tako, postoji i niz ograničenja uvjetovanih geografskim položajem, rezervama energetske izvora, lokacijom potrošača, itd. Zbog svega je toga potrebno odrediti strategiju razvitka elektroenergetskog sustava kojom se određuju temeljni pravci razvitka. Među te pravce mogu se uvrstiti daljnje iskorištavanje vodnih snaga s određivanjem prioriteta prema vodotocima, određivanje strukture termoelektrana, izgradnja toplana i centraliziranih toplinskih sustava za grijanje gradova i opskrbu industrije, povećanje energetske efikasnosti naročito na strani potrošnje, primjena obnovljivih izvora energije, realne cijene energije, tarifni sustavi za umrežene energente itd.

Biomasa je poslije velikih hidroelektrana najznačajniji obnovljivi izvor energije. Iako je u prošlosti korištena uglavnom za dobivanje toplinske energije, u novije se vrijeme sve više podižu i postrojenja na biomasu za dobivanje električne energije, a očekuje se da će se takav trend nastaviti i u budućnosti.

U velikom broju razvijenih zemalja prisutan je, ili je čak već u velikoj mjeri uznapredovao trend deregulacije tržišta električne energije i restrukturirajućih promjena u svim djelovima elektroenergetskog sustava. Sličan se proces očekuje i u Hrvatskoj, te se procjenjuje da će njegove posljedice imati značajan učinak na buduću proizvodnju električne energije iz biomase. Kako će se proces tranzicije razvijati, pojačavat će se i potreba za ekonomski konkurentnom, niskom cijenom električne energije, ali i primjenom ekološki prihvatljivih tehnologija i goriva. Iako su ova dva zahtjeva naizgled u suprotnosti, takav je trend već vidljiv u brojnim zemljama kao što su SAD, Finska, Nizozemska i sl. [1]. Osim značajnih strukturnih promjena, značajan utjecaj se očekuje od promjene zakonodavnog okruženja. U Hrvatskoj su ovi zakoni tek pred izradom, ali se njihove posljedice, kao i izravan utjecaj na elektroprivredu i male proizvođače električne energije u brojnim razvijenim zemljama već mogu uočiti. Već poznate mjere kao što su "Zelena etiketa" (obveza proizvođača da određenu količinu električne energije proizvedu iz obnovljivih izvora, pri čemu potrošači mogu sami izabrati dobavljača), "Fond za javnu dobrobit" (sredstva koja se izdvajaju iz cijene električne energije, a služe za poticanje proizvodnje i podizanje postrojenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora), ali i ekološki porezi (porez na energiju, porez na emisiju CO₂, SO₂ i NO_x) izrazito mijenjaju odnose na tržištu goriva za proizvodnju električne energije i omogućavaju znatno povećanje konkurentnosti svih obnovljivih izvora, a pogotovo biomase [1].

Za potrebe Europske unije nedavno su načinjena tri scenarija budućeg energetske razvitka. Prema tim scenarijima mogući udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u 2010. godini bi mogao iznositi

između 9,9 i 12,5 posto. Sadašnji udio od oko 6 posto obnovljivih izvora uključuje i velike hidroizvore, koji su za budućnost vrlo ograničeni. Najveći doprinos u ispunjenju cilja od 12 posto obnovljivih izvora se očekuje od biomase, čiji bi se udio sa sadašnjih 1700 PJ povećao na čak 5500 PJ [19].

2. TEHNOLOGIJE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ BIOMASE

Danas se električna energija iz biomase komercijalno proizvodi jedino spaljivanjem (izgaranje na rešetki, različite izvedbe izgaranja u fluidiziranom sloju) te proizvodnjom pare za pogon motora ili turbine i dobivanje električne energije. Iako se para iz biomase može proizvesti s vrlo visokim stupnjem efikasnosti, konverzija u električnu energiju je puno manje efikasna. Efikasnost varira od 5 do 10% za postrojenja snage do 1 MWe, 10 do 25% za postrojenja od 1 do 5 MWe te 15 do 30% za postrojenja snage veće od 5 MWe. Na primjer, prosječna efikasnost elektrana na biomasu u SAD je 18%, a ukupno je instalirano 7000 MWe [2].

Daleko najznačajniji način proizvodnje električne energije iz biomase, danas su kogeneracijska postrojenja (istodobna proizvodnja toplinske i električne energije). Osim malih, pojedinačnih sustava u sklopu europskih elektroprivreda trenutačno je instalirano preko 1200 MWe [3]. Biomasa (najviše otpad iz drvne industrije i poljoprivrede te komunalni otpad) se koristi za proizvodnju električne energije u sustavima s konvencionalnom parnom turbinom. U SAD je u takvim sustavima instalirano više od 8000 MWe [4]. Iako su takva postrojenja prilično male snage, najčešće oko 20 MWe, a zahtijevaju relativno visoke investicijske troškove, ipak je moguće proizvesti električnu energiju koja je cijenom konkurentna tamo gdje su na raspolaganju dovoljne količine jeftine biomase.

Višu efikasnost i niže investicijske troškove je moguće postići u sustavima koji će koristiti plinske turbine. Trenutačno se najviše razvijaju sustavi integriranog rasplinjavanja biomase i plinske turbine (BIG/GT, od engl. *Biomass Integrated Gasifier/Gas Turbine*) [2].

U svim dosad opisanim slučajevima tehnologija parnih turbina se smatra tehnički zreloom i dokazanom, ali i relativno skupom. Povećanjem efikasnosti i smanjenjem investicijskih troškova to bi se moglo i promijeniti, no zbog već postignute tehničke zrelosti, zasad se ne vide značajnije mogućnosti. Ekonomskim vrednovanjem utjecaja na okoliš te različitim tržišnim mehanizmima (porez na CO₂, zelena etiketa,...) koji su u nekim razvijenim zemljama već uvedeni, električna energija iz biomase postala bi potpuno konkurentna i isplativa. Ipak, danas to još najčešće nije tako pa na značenju dobivaju nove, već gotovo komercijalne tehnologije kao što su rasplinjavanje i piroliza [5].

Rasplinjavanje je termokemijski proces pri kojem se sirovina (ugljik) djelomično oksidira zagrijavanjem do temperature od 1200°C kako bi se proizveo stabilni gorivi plin. Postoji nekoliko načina rasplinjavanja, a dobiveni gorivi plin se sastoji uglavnom od CO, vodika i metana, a goriva mu je vrijednost relativno niska i iznosi između 4 i 6 MJ/Nm³. Od tehnologije rasplinjavanja za proizvodnju električne energije se dosta očekuje već u skoroj budućnosti i u razvitku su različiti sustavi u Europi i obje Amerike [5].

Prvo potpuno komercijalno postrojenje za rasplinjavanje gradskog otpada pušteno je nedavno u pogon u Lahti, u Finskoj. Energija se iz dobivenog plina proizvodi u sklopu kogeneracijskog postrojenja ukupne snage 160 MWe i 250 MWth od čega se rasplinjavanjem pokriva 15% [6].

Piroliza je termalna razgradnja sirovine koja sadrži ugljik bez prisutnosti zraka na temperaturi između 350 i 800°C. Danas su najčešći proizvodi pirolize drveni ugljen za kućanstva (roštilj) i industriju. Osim krutih, proizvodi pirolize su i plin (goriva vrijednost između 15 i 20 MJ/Nm³) te bioulje (slične gorive vrijednosti kao ulje za loženje). U odnosu na spaljivanje i rasplinjavanje, piroliza ima brojne prednosti, a njeni se proizvodi mogu podjednako dobro koristiti za proizvodnju električne energije, za grijanje i u prometu. U najvećem danas postojećem postrojenju proizvodi se 2 tone bioulja na sat (odgovara 3 MWe), a veća su postrojenja već u završnoj fazi planiranja. Od ostalih novih tehnologija značajne su još gorive ćelije i Stirling motori [7].

Tablica 1. Pregled tehnologija za proizvodnju električne energije iz biomase [2]

Tehnologija	Električna snaga u MWe	Prosječna ukupna efikasnost u %
Parni motor	0,025 – 2,0	16
Parna turbina (protutlačna)	1 – 150	25
Parna turbina (kondenzacijska s oduzimanjem)	5 – 800	35
Parna turbina (kondenzacijska)	1 – 800	40
Plinski motor	0.025 – 1.5	2
Plinska turbina	1 – 200	35
Rasplinjavanje i kombinirani ciklus	5 – 450	55
Stirling motor	0.0003 - ?	40
Gorive ćelije	0.005 - ?	70

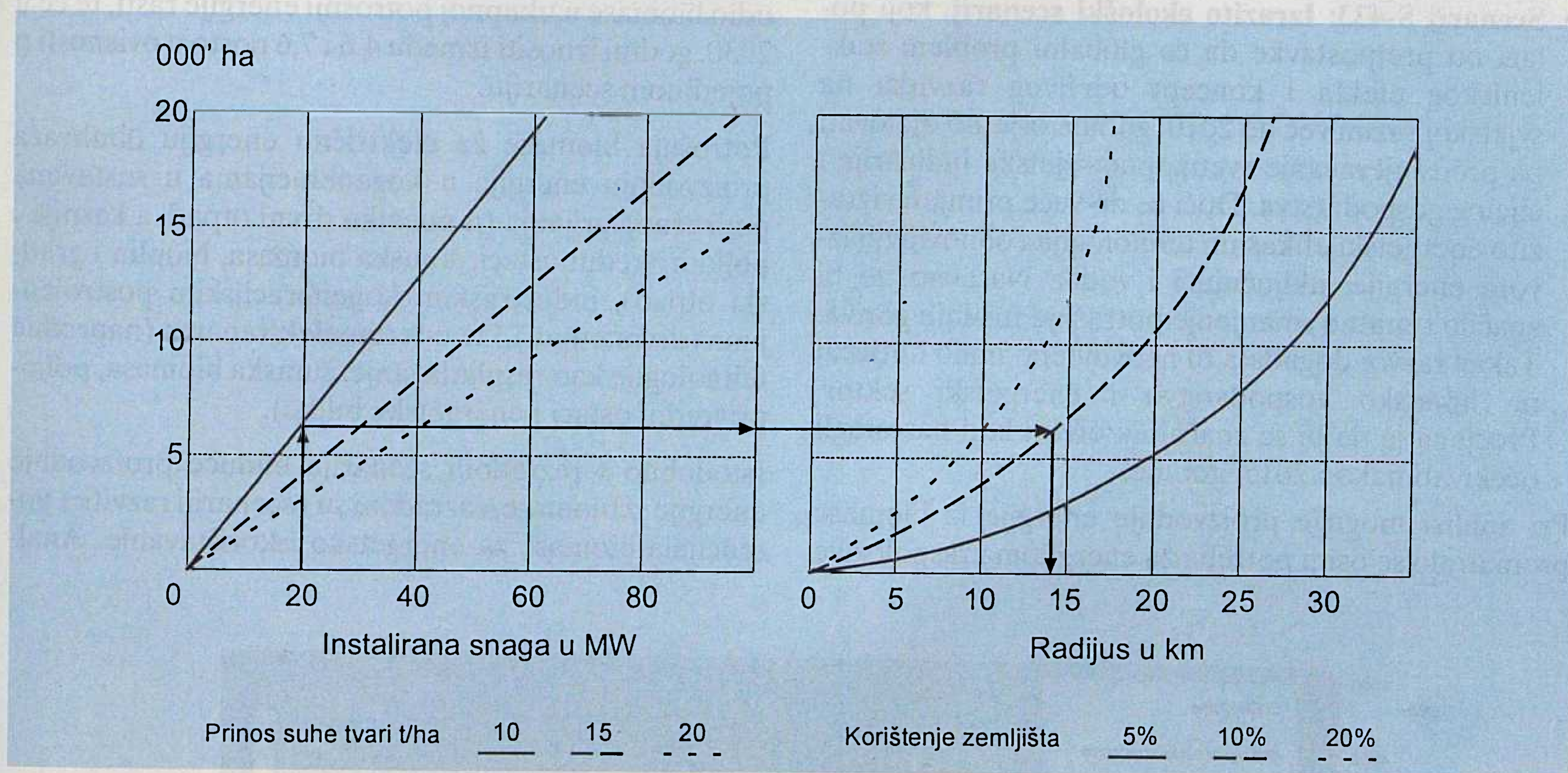
Postoji mišljenje da bi za proizvodnju električne energije iz biomase trebalo uzgajati energetske biljke na velikim površinama, provoditi masovnu sječu šuma i slično, što bi sve imalo izrazito nepovoljan utjecaj na okoliš [7]. U stvarnosti se, međutim, električna energija

iz biomase proizvodi isključivo u manjim postrojenjima snage do 70 MWe, najčešće i puno manje, a energija se proizvodi iz otpada i sporednih proizvoda poljoprivrede, šumarstva i drvne industrije. Osim toga, biomasa kao gorivo za proizvodnju električne energije može predstavljati samo značajan dodatni, ali ne i najvažniji element elektroenergetskog sustava. Čak i ako se energija proizvodi iz plantažno uzgojenih biljaka, zauzeće zemljišta je relativno malo, a utjecaj na okoliš je bitno manji nego pri uzgajanju uobičajenih poljoprivrednih kultura [8], [9]. Na slici 1 je prikazana veza između potrebnog zemljišta za uzgoj biomase za proizvodnju električne energije i kapaciteta postrojenja. Dodatni su parametri prinos suhe tvari po hektaru i korištenje zemljišta u %. Primjer na slici pokazuje da je za postrojenje snage 20 MW i uzgajanu kulturu prinosa 10 tona suhe tvari po hektaru potrebno 7000 ha od čega će 10% biti pod određenom energetsom kulturom, odnosno da će se zauzeti zemljišta u radijusu od 14 km oko postrojenja.

jeća emisija iz fosilnih goriva trebalo bi iskoristiti 10% godišnje količine ugljika iz njegova kruženja u biogorivima za proizvodnju energije (zbog jednostavnosti se pretpostavlja jednaka efikasnost pri korištenju bio i fosilnih goriva) ili povećati "živu" biomasu godišnje za 1% kroz pošumljavanje. [12]

3. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ BIOMASE U HRVATSKOJ

Iako je Hrvatska zemlja sa značajnim potencijalom biomase za proizvodnju energije, dosad se električna energija iz biomase proizvodila samo u dva postrojenja zanemarive snage u sklopu drvno-prerađivačke industrije, a ni ukupna proizvodnja energije nije igrala značajniju ulogu u energetskej politici. U pogonima drvne industrije šezdesetih su se godina gradila kogeneracijska postrojenja na drvni ostatak, no postojeća su postrojenja danas u pravilu zastarjela i već go-



Slika 1. Zauzeće zemljišta pri uzgajanju energetskih biljaka za proizvodnju električne energije iz biomase [2]

Posebnu važnost biomasa dobiva zbog problema emisije stakleničkih plinova i globalnog zagrijavanja. Od biomase kao CO₂-neutralnog goriva te općenito bioenergetskih sustava (podjednako biomasa za energiju kao i pošumljavanje te skladištenje ugljika u drvenim proizvodima) očekuje se značajan doprinos u stabiliziranju emisije stakleničkih plinova i ublažavanju efekta staklenika [9, 10]. Mogući doprinos bioenergetskih sustava u obuzdavanju emisije stakleničkih plinova najbolje pokazuje slijedeći primjer: u postojećoj "živoj" biomasi na tlu je pohranjeno oko 600 gigatona (Gt) ugljika, oko 60 Gt se godišnje izmjenjuje između atmosfere i biosfere, a oko 6 Gt se godišnje oslobađa iz "podzemnih zaliha" kroz korištenje fosilnih goriva. Da bi se neutralizirala posto-

dinama izvan pogona. Ipak, pod utjecajem suvremenih kretanja u razvijenim zemljama Europe, ali i 18-mjesečnog rada u sklopu Nacionalnog energetskeg programa BIOEN u budućnosti se očekuje povećana proizvodnja energije iz biomase u Hrvatskoj, što bi trebalo uključivati i proizvodnju električne energije. U sklopu rada na programu BIOEN su razmatrana tri moguća scenarija razvitka. Osnovne postavke promatranih scenarija su:

- **Scenarij S-421: Klasične tehnologije i bez aktivnih mjera države**, koji se temelji na pretpostavci usporenog uključivanja novih tehnologija u energetske sustav, te nedostatnoj aktivnosti države u reformi i restrukturiranju energetskeg sektora. To znači

manju skrb države za institucionalnu i organizacijsku reformu, izostanak potpore energetskej efikasnosti i obnovljivim izvorima energije i zaštiti okoliša. Razlozi za takvo odvijanje događaja u budućnosti mogu biti različiti. Ponajprije bi se to odnosilo na globalni problem stakleničkog efekta, koji bi se u takvom scenariju pokazao manje opasnim nego se to danas čini. Zatim je to utjecaj otvaranja energetskeg tržišta u Europskoj uniji, koji bi uz još neke druge odnose na razini svjetskog energetskeg tržišta mogao dovesti do dugoročno usporenog rasta cijena klasičnih energenata i slično.

- **Scenarij S-422: Nove tehnologije i aktivne mjere države**, u kojemu se očekuje da će političko i gospodarsko uključivanje Republike Hrvatske u Europsku uniju uz dobre gospodarske efekte imati i dobre efekte u pogledu transfera tehnologije, te da će organiziranost Hrvatske države i društva relativno brzo doseći razinu koja omogućava aktivnu i djelotvornu, društveno korisnu intervenciju države.
- **Scenarij S-423: Izrazito ekološki scenarij**, koji polazi od pretpostavke da će globalni problem stakleničkog efekta i koncept održivog razvitka na svjetskoj razini već do 2010. godine osjetno djelovati na preusmjeravanje sveukupne svjetske industrije i cijelog gospodarstva. Doći će do veće primjene izrazito energetske efikasne tehnologije i obnovljivih izvora energije, uključujući i vodik. Naravno, to bi značilo i znatno smanjenje potrošnje fosilnih goriva. Takav razvoj događaja bi nedvojbeno imao i utjecaj na hrvatsko gospodarstvo i energetske sektor. Procjena je da bi se značajniji efekti kod nas mogli očekivati nakon 2015. godine.

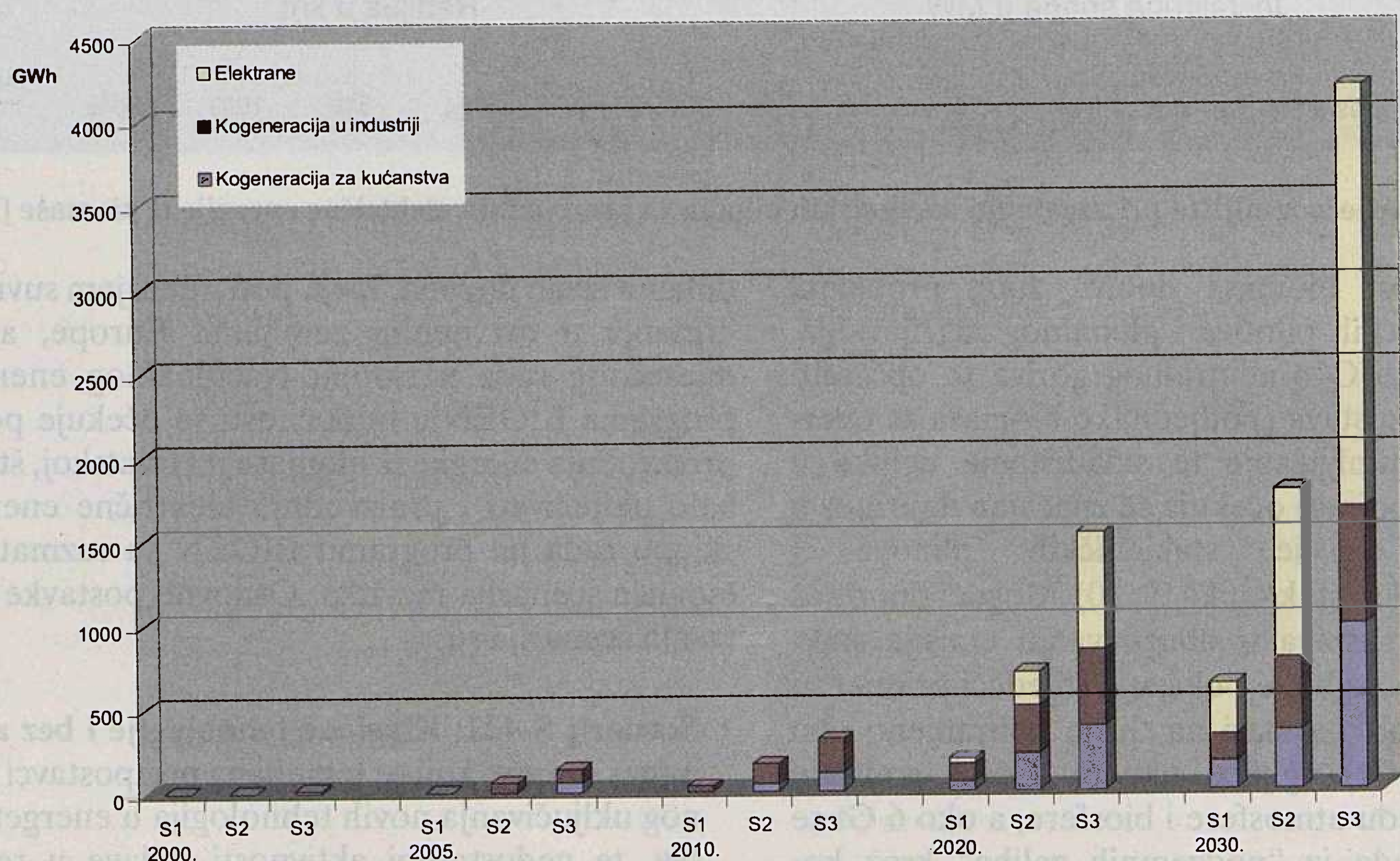
Pri analizi moguće proizvodnje energije iz biomase promatralo se osim potreba za energijom i raspoložive

količine biomase u budućnosti, sektori u kojima bi se proizvodnja energije iz biomase mogla povećati te postojeće prepreke i mehanizmi za njihovo prevladavanje. Dobiveni rezultati uključeni su i u nedavno objavljeni Nacrt strategije energetskeg razvitka Republike Hrvatske [13].

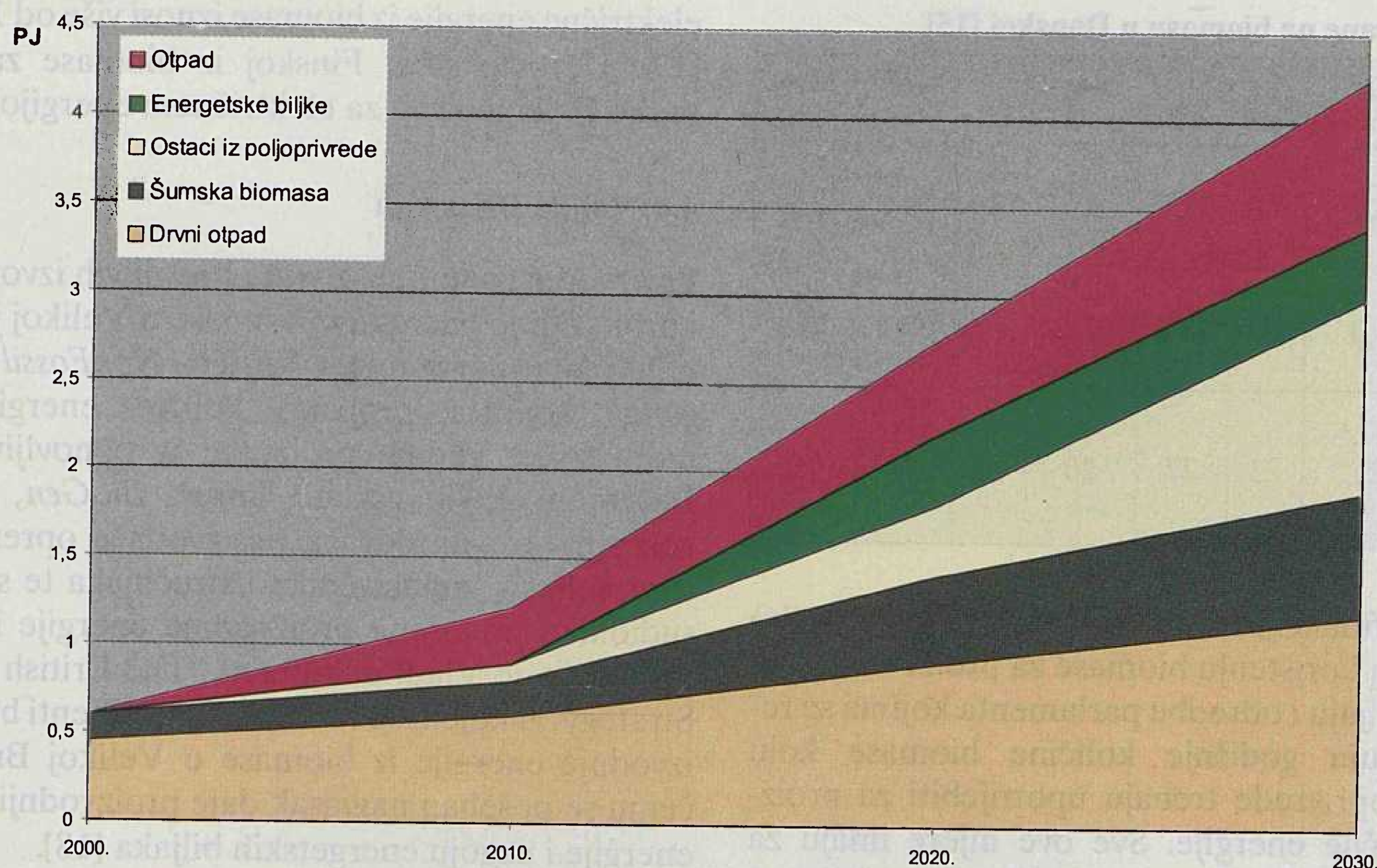
Ukupna potrošnja biomase za proizvodnju energije raste u sva tri scenarija, a porast je posebno izrazit u proizvodnji električne energije. Posebno se promatra promet, opća potrošnja i potrošnja za transformacije. Napominje se da se pod pojmom "biomasa" ovdje smatraju sve sirovine biljnog i životinjskeg podrijetla koje nastaju kao sporedni proizvodi, otpad ili se namjenski uzgajaju za proizvodnju energije, ali i gradski otpad te druge kategorije otpada koje se mogu energetske iskoristiti. Ukupna potrošnja je u prvim godinama slična, da bi se uvođenjem naprednih tehnologija, a posebno proizvodnje električne energije i tekućih biogoriva u prometu, poljoprivredi i građevinarstvu, nakon 2020. godine počela znatnije razlikovati. Predviđa se da će udio biomase u ukupnoj potrošnji energije rasti, te će u 2030. godini iznositi između 4,6 i 7,6 posto u ovisnosti o pojedinom scenariju.

Potrošnja biomase za električnu energiju obuhvaća proizvodnju energije u kogeneracijama u sustavima područnog grijanja (u početku drveni otpad, a kasnije i poljoprivredni ostaci, šumska biomasa, bioplin i gradski otpad), industrijskim kogeneracijskim postrojenjima (drveni otpad,) te u termoelektranama (napredne tehnologije kao rasplinjavanje, šumska biomasa, poljoprivredni ostaci i energetske biljke).

Istodobno s razradom scenarija buduće proizvodnje energije iz biomase, razrađeni su i scenariji razvitka potencijala biomase za energetske iskorištavanje. Anal-



Slika 2. Scenariji buduće proizvodnje električne energije iz biomase u Hrvatskoj



Slika 3. Mogući udio pojedinih vrsta biomase u proizvodnji električne energije u scenariju S2

iza pokazuje da svi promatrani scenariji proizvodnje energije ostavljaju još između 50 do 100 posto veći, neiskorišteni tehnički potencijal.

Analizom promatranih scenarija može se uočiti da se značajnija proizvodnja električne energije iz biomase očekuje tek nakon 2010. godine (slika 2). Najveće razlike između scenarija su u dinamici uvođenja i ukupno proizvedenoj električnoj energiji iz elektrana (uglavnom nove tehnologije).

Konačno, za promatrane je scenarije moguće pretpostaviti i udio pojedinih vrsta biomase u proizvodnji električne energije. Takva pretpostavka za scenarij S2 prikazana je na slici 3. Scenarij S2 odabran je kao najvjerojatniji scenarij budućeg razvitka energetskog iskorištavanja biomase i otpada u Hrvatskoj. Scenarij uključuje umjerenu državnu podršku i poticajne mjere, no ipak ne zahtijeva predrastične promjene postojećeg stanja.

4. ISKUSTVA RAZVIJENIH ZEMALJA

4.1. Švedska

Švedska nastojanja za povećanom proizvodnjom energije iz biomase sastoje se od poticanja temeljnih i primjenjenih istraživanja na ovom području, poticanja tehnološkog razvitka te demonstriranja i poticanja uvođenja novih tehnologija. Za gradnju kogeneracijskih postrojenja i elektrana na biomasu na raspolaganju su i subvencije iz posebnog fonda. Istraživačke programe vodi Državna uprava za energetiku (*Swedish National Energy Administration*, prije NUTEK), a istražuje se proizvodnja i priprema biogoriva, procesi pretvorbe kao što su rasplinjavanje i proizvodnja etanola te izgaranje i proizvodnja električne energije.

Poticanje iskorištavanja biomase općenito se provodi porezom na energiju i CO₂ te na emisiju drugih štetnih tvari (SO₂, NO_x), a za proizvodnju električne energije danas je moguće dobiti i subvenciju do 25% od ukupne investicije. Program se provodi od 1991. godine, a danas se proizvodi godišnje oko 2000 GWh električne energije iz biomase. Ukupna proizvodnja energije iz biomase u stalnom je porastu i u 1998. godini je iz biomase proizvedeno više od 18% ukupne potrošnje energije.

Proizvodnja električne energije iz biomase se pridaje značajna pozornost, a posebno se potiče izgradnja kogeneracijskih postrojenja na biomasu. Procjenjuje se da će se do 2002. godine proizvodnja električne energije iz biomase povećati na 3000 GWh godišnje [14].

4.2. Danska

Početak 1996. godine donesen je novi nacionalni energetski plan "Energi 21". Jedan od ciljeva koji se u planu postavljaju je da se u 2000. godini proizvede 10% energije iz obnovljivih izvora. Pri tome se od biomase očekuje doprinos od 75 PJ, a najveći se porast predviđa u proizvodnji električne energije iz slame i drvnog otpada.

Za ostvarivanje ciljeva postavljenih u prethodnom energetskom planu (Energi 2000), vlada je s vodećim političkim strankama u Danskoj (Konzervativna, Liberalna i Socijalistička narodna stranka) sklopila 14. lipnja 1993. poseban sporazum ("The Biomass Agreement") za poticanje proizvodnje energije iz biomase, pri čemu je poseban naglasak stavljen na podizanje većih elektrana. Rezultati sporazuma su uz postojeće podizanje još dvije elektrane na biomasu, te nekoliko planiranih. Do sada je podignuto šest elektrana na biomasu ukupne instalirane snage 85 MWe.

Tablica 2. Elektrane na biomasu u Danskoj [15]

	Rud- købing	Ha- slev	Sla- gelse	Mas- nedø	Gre nå	Måb- jerg	Ma- ribo
Električna snaga (MW)	2,3	5,0	11,7	8,3	18,6	28,0	9,3
Toplinska snaga (MJ/s)	7,0	13,0	28,0	20,8	60,0	67,0	20,3
El. efikas- nost (puno optereće- nje) (%)	21	23	27	26	18	27	29

Osim brojnih financijskih mjera (porezi i subvencije) posebni poticaj korištenju biomase za proizvodnju energije predstavljaju i odredbe parlamenta kojima se redovito propisuju godišnje količine biomase koju danske elektroprivrede trebaju upotrijebiti za proizvodnju električne energije. Sve ove mjere imaju za posljedicu brojna istraživanja novih tehnologija za iskorištavanje biomase te stalni porast proizvodnje energije iz biomase. Tako je Electricity Utility Group ELSAM 1997. godine započela rad na kotlu na biomasu snage 40 MWe koji će raditi paralelno s kotlovima na ugljen u već postojećoj elektrani snage 630 MWe, I/S Midkraft upravo dovršava projekt suizgaranja ugljena i slame (20%) u elektrani snage 150 MWe u Studstrupværket. U godini 2001. se očekuje puštanje u pogon nove jedinice na biomasu u sklopu postojeće elektrane Avedøreværket snage 40 MWe s efikasnošću od čak 43% [15].

4.3. Finska

Finska je vodeća zemlja u proizvodnji energije iz biomase, pri čemu se najviše koristi biomasa iz šume, treset i komunalni otpad. Danas se iz biomase zadovoljava 20% primarne potrošnje energije, a odlukom finske vlade je postavljen cilj da u 2005. godini taj udio iznosi 25%. Program istraživanja mogućnosti iskorištavanja biomase je organiziran kroz brojne ciljane projekte, a ima jaku podršku Centra za tehnološki razvitak, Ministarstva trgovine i industrije i poljoprivrede i šumarstva te finskog gospodarstva [16].

IVO Group je jedna od najznačajnijih elektroprivreda u Finskoj, a posjeduje objekte i gradi postrojenja u cijeloj Skandinaviji, ali i u Mađarskoj, Tajlandu i drugim zemljama. Proizvodnji električne energije iz biomase se u sklopu kompanije pridaje poseban značaj. Uvođenjem poreza na fosilna goriva i emisiju CO₂ cijena električne iz biomase je postala potpuno konkurentna, a deregulacijom tržišta i uvođenjem tarifnog sustava koji omogućava izjašnjavanje krajnjeg potrošača za "zelenu energiju", proizvodnja električne energije iz biomase je postala posebno zanimljiva i velikim elektroprivredama. Tako se samo u sastavu IVO Group u Finskoj danas nalaze 7 većih elektrana na biomasu (30-80 MWe), a ukupna godišnja proizvodnja

električne energije iz biomase iznosi više od 1700 MWe [17]. Ukupno se u Finskoj iz biomase zadovoljava preko 10% potreba za električnom energijom.

4.4. Velika Britanija

Proizvodnja energije iz svih obnovljivih izvora, pa tako i proizvodnja energije iz biomase u Velikoj je Britaniji regulirana sporazumom *NFFO – NonFossil Fuel Obligation*, kojim se propisuje količina energije koja se mora svake godine proizvesti iz obnovljivih izvora. Početkom 1998. godine *British BioGen*, ugledna i značajna krovna udruga proizvođača opreme, industrije, seljaka, znanstvenika i stručnjaka te svih ostalih sudionika programa proizvodnje energije iz biomase predložila je Vladi dokument "The British Bioenergy Strategy" u kojem su sadržani svi elementi buduće proizvodnje energije iz biomase u Velikoj Britaniji, pri čemu se poseban naglasak daje proizvodnji električne energije i uzgoju energetskih biljaka [18].

U dokumentu se razrađuju dva scenarija razvitka ("base scenario" i "best policy scenario") u kojima se predviđa i instalirani kapacitet postrojenja na biomasu (tablica 3).

Tablica 3. Doprinos biomase u proizvodnji električne energije u Velikoj Britaniji u 2010. godini

	Ukupno instalirano (MWe)	Na energetske biljaka (MWe)	Ukupna godišnja proizvodnja (GWh)
"Base"	750	400	3750
"Best"	1450	1050	7250

5. ZAKLJUČAK

Proizvodnja električne energije iz biomase u svijetu je u stalnom porastu. U budućnosti se uvođenjem novih tehnologija očekuje da taj trend bude još izrazitiji. Nedavno objavljeni dokument Europske unije "White paper" predviđa značajan porast proizvodnje energije iz biomase čime bi njen udio u odnosu na ostale obnovljive izvore u 2010. godini iznosio 73% [19]. Poseban doprinos se od biomase očekuje u obuzdavanju emisije stakleničkih plinova i ublažavanju efekta staklenika. Hrvatska do sada nije imala gotovo nikakvih iskustava u proizvodnji električne energije iz biomase. Uključivanje u suvremene europske trendove, uvođenje naprednih tehnologija, a prije svega iskorištavanje velikog, dosad uglavnom neiskorištenog potencijala biomase, imalo bi brojne pozitivne posljedice, ne samo za elektroenergetski sustav. Osim proizvodnje energije u hrvatskoj, smanjenja uvoza energenata te povećanja energetske efikasnosti i sigurnosti opskrbe energijom, dodatne pozitivne posljedice se ogledaju u razvitku lokalnih zajednica, ulaganju u nerazvijena područja, otvaranju novih radnih mjesta, zbrinjavanju otpada i zaštiti okoliša.

Prema nacrtu strategije energetskeg razvitka Republike Hrvatske ukupna potrošnja biomase za proizvodnju energije raste u sva tri promatrana scenarija, a porast je posebno izrazit u proizvodnji električne energije. Predviđa se da će udio biomase u ukupnoj potrošnji energije rasti, te će u 2030. godini iznositi između 4,6 i 7,6 posto. Istodobno s razradom scenarija buduće proizvodnje energije iz biomase, razrađeni su i scenariji razvitka potencijala biomase za energetske iskorištavanje. Analiza pokazuje da svi promatrani scenariji proizvodnje energije ostavljaju još znatno veći neiskorišteni tehnički potencijal.

LITERATURA

- [1] DEPARTMENT OF ENERGY (1998): Challenges of Electric Power Industry – Restructuring for Fuel Suppliers. Document DOE/EIA-0623 UC-950, <http://www.eia.doe.gov/bookshelf.html>
- [2] EL BASSAM, N. (1998): "Energy Plant Species", James & James Ltd. London, pp321.
- [3] PALZ, W. (1995): "Future Options for Biomass in Europe", Proceedings Workshop on Energy from Biomass and Wastes, Dublin Castle: 2.
- [4] WILLIAMS, R. H. (1995): "The Prospects for Renewable Energy", Siemens Review: 1-16.
- [5] DUMBLETON, F. (1997): "Biomass Conversion Technologies: An overview. Aspects of Applied Biology", Biomass and energy crops 49, 341-347-
- [6] PEUTERE, H. (1998): "Energy in Finland 1998", IVO Group: 56-57.
- [7] FERETIĆ, D., TOMŠIĆ, Ž. (1996): "Mogućnost primjene biomasa u elektroenergetici Hrvatske", Energija 4, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb
- [8] ZSCHETZCHE, A. (1994): "Analysis of Biofuels", COMMET Expert Workshop "Biomass Combustion" Graz 1994. 42-51.
- [9] PAGE G., GAMBLES R. (1997): "Short Rotation Forests for Energy", IEA Bioenergy Annual Report 1997. NUTEK .6-21
- [10] UNFCCC (1992): United Nations Framework Convention on Climate Change, Convention on climate change, published by UNEP's Information Unit for Conventions (IUC), <Http://www.unep.ch>
- [11] UNFCCC (1997): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Document FCCC/CP/1997/7/Add.1. <http://www.unfccc.de>.
- [12] SPITZER, J. (1998): "The Role of Biomass in Greenhouse Gas Mitigation", IEA Bioenergy Position Paper. IEA Bioenergy Task 25 International Workshop "Between COP3 and COP4: The Role of Bioenergy in Achieving the Targets Stipulated in the Kyoto Protocol". Nokia 1998
- [13] GRANIĆ, G. et al (1998): "Strategija energetskeg razvitka Republike Hrvatske", Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, pp 271
- [14] TEGNER, L. (1998): "Bioenergy in Sweden", IEA Bioenergy ExCo41 Meeting, Saltsjöbaden
- [15] NIKOLAISEN, L. et al. (1998): "Straw for Energy Production", Technology-Environment-Economy. Centre for Biomass Technology. pp 53.
- [16] HAKKILA, P. et al. (1997) "Forest Management for Bioenergy", The Finnish Forest Research Institute. Vantaa 1997. pp 237
- [17] HEIKKINEN, A. (1998): "Bioenergy and Power Production; Power Company's Perspective", IEA Bioenergy Task 25 International Workshop "Between COP3 and COP4: The Role of Bioenergy in Achieving the Targets Stipulated in the Kyoto Protocol". Nokia 1998
- [18] BRITISH BIOGEN (1998): The British Bioenergy Strategy. The Development of a Sustainable Industry. <http://www.britishbiogen.co.uk>
- [19] White paper for a Community Strategy and Action Plan. Energy for the Future: Renewable Sources of Energy. EC, 1997.

THE ROLE OF BIOMASS IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM

Biomass is after big hydro power plants the most important renewable source of energy. Although in the past it had mostly been used for heating purposes, lately numerous plants have been built which use biomass for electric energy production and that trend is also expected in the future. The paper offers a short description of the technologies used for electric energy production from biomass as well as the advantages of biomass utilization as a fuel. Possible biomass utilization scenarios in the electric energy production in Croatia are analyzed, and experiences from the developed countries such as Sweden, Denmark, Finland and Great Britain are given.

DIE ROLLE DER BIOMASSE IM ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

Die bedeutendste energiequelle nach den grossen wasserkraftwerken ist die biomasse. Obwohl in der Vergangenheit hauptsächlich für die Gewinnung der Wärme genutzt, werden in der neueren Zeit immer mehr auch Biomasse-Anlagen für die Erzeugung des Stromes errichtet, und man erwartet, das diese Neigung auch in der Zukunft fortgesetzt wird. In dieser Arbeit werden Verfahren für die Stromerzeugung aus der Biomasse und die Vorteile der Nutzung der Biomasse als Brennstoff beschrieben. Untersucht werden verschiedene Möglichkeiten der Stromerzeugung aus Biomasse in Kroatien, und die Erfahrungen entwickelter Länder wie Schweden, Dänemark, Finnland und Großbritannien angeführt.

Naslov pisca:

Julije Domac, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-11-09.

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar", na temelju Poslovnika o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", te Poslovnika o stipendiranju mladih energetičara, objavljuje

NATJEČAJ

I. Znanstvenim i stručnim djelatnicima dodjeljuje se godišnja nagrada "Hrvoje Požar", u obliku plakete i povelje:

- za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike;
- za inovacije u području energetike;
- za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom;
- za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte;
- za popularizaciju energetike.

Nagrade se mogu dodijeliti pojedincu, grupi stručnjaka koji su zajedno izvršili nagrađeno djelo, ili organizaciji - nositelju nagrađenog projekta.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade, s pismenim obrazloženjem i s priloženom dokumentacijom, mogu podnijeti znanstvene i znanstveno-nastavne organizacije, znanstvena i stručna društva, pojedini znanstveni i javni radnici, te ostale ustanove i trgovačka društva.

II. Studentima energetske usmjerenja, završnih godina studija i diplomantima, dodjeljuje se 5 godišnjih nagrada "Hrvoje Požar", u obliku povelje i u novčanom iznosu:

- za izvrstan uspjeh u studiju, i/ili za posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade najboljim studentima energetske usmjerenja mogu podnijeti znanstveno-nastavne organizacije, sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Prijedlozi se podnose pismeno, s obrazloženjem.

III. Studentima energetske usmjerenja dodjeljuje se 5 stipendija za stručni dio studija.

Prijedlog za dodjelu stipendija mogu podnijeti sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Kandidati koji se žele natjecati za stipendiju dužni su popuniti upitnik koji mogu dobiti u tajništvu Hrvatskog energetske društva.

IV. Natječaj je otvoren od 15. ožujka do 15. travnja 1999. godine.

Prijedlozi se podnose tajništvu Hrvatskog energetske društva, Zagreb, Ulica grada Vukovara 37.

Prijava mora sadržavati ime/naziv i adresu predloženika s brojem telefona.

Za pojedinu kategoriju nagradu je moguće dobiti samo jednom.

Kandidati, kojima budu dodijeljene stipendije ne mogu istovremeno primiti druge stipendije.

Sve obavijesti mogu se dobiti na tel. 01/ 61 14 744.

Odluka Glavnog odbora o dodjeli nagrada objavit će se u dnevnim listovima i stručnim publikacijama.

SUSTAVI RACIONALIZIRANJA POTROŠNJE ENERGIJE INDIVIDUALIZIRANJEM TROŠKOVA GRIJANJA I UPORABE VODE

Florijan R a j i ć, Zagreb

UDK 644.62
PREGLEDNI ČLANAK

Troškovi potrošnje toplinske energije u centralno grijanim prostorima, te troškovi uporabe tople i hladne vode u nas su najvećim dijelom socijalizirani. To se uglavnom odnosi na stambena naselja u urbanim područjima cijele Hrvatske.

Iako je u većim gradovima, na primjer u gradu Zagrebu, učinjeno mnogo na usavršavanju sustava i opreme mjerenja i reguliranja potrošnje toplinske energije i vode, i tako postignute značajne uštede energenata, ipak, općenito uzevši, to nikako nije dovoljno. Stoga se moraju poduzimati nove, suvremene i razborite mjere štednje toplinske energije i vode. Uz to, ove mjere umjesto "socijalizacije" moraju uvesti pravednu "individualizaciju" troškova. Sve se to može postići ugradnjom prikladnih mjernih i regulacijskih uređaja u svakom stanu, prostoriji i na ogrijevnom tijelu, kao i na svakom mjestu većeg potroška tople ili hladne vode.

Ključne riječi: potrošnja topline i vode, individualizacija troškova.

Uvod

Velika je energetska kriza, čija se erupcija dogodila još davne 1973. god., izazvala u čitavom stručnom i gospodarstvenom svijetu bezbrojne kompenzacijske i neutralizacijske akcije. Jedna vrsta najučinkovitijih akcija bila je i masovni, znanstveni i stručni, najozbiljniji i vrlo učinkovit pristup razradi novih tehnologija, opreme i načina racionalne uporabe i štednje svih vrsta energenata i energije.

Uz energetske krize pojavila se i postaje sve izrazitijom i težom, nova, neočekivana, ali vrlo znakovita i teška kriza, kriza nedostajanja pitke i tehnološke vode. Obje spomenute krize su usko povezane i s trećom, jednako teškom i za budućnost vrlo opasnom općom ekološkom krizom. Stoga su i sva njihova, pojedinačna i zajednička, rješavanja također sustavno i neraskidivo međusobno povezana.

1. KAKVO JE NAŠE SADAŠNJE, "POČETNO", STANJE?

Svaki temeljit, razborit, znanstveni, stručni i praktični pristup ovoj problematici u Europi i svijetu, a tako treba biti i u nas, počinje svojevrsnim snimanjem općeg stanja, odnosno "inventarizacijom", ili utvrđivanjem stanja energetskih sustava, i utvrđivanja zaliha energenata i energije, te zaliha tehnološke i pitke vode.

Prijeko potrebna inventarizacija susrest će se u nas s centralizirano izvedenim sustavima opskrbe toplin-

skom energijom i vodom, te njenom posljedicom, velikim problemom "socijaliziranog" plaćanja troškova grijanja, uvedenog još u starim vremenima fiktivnog obilja energenata. Socijalizirani sustav plaćanja troškova ostavio je, u skupnim stambenim objektima, u "naslijeđe", mnoge tehničke i tehnološke nedostatke i neracionalnosti energetskih sustava. Uza sve spomenute negativnosti ostavio je i značajan negativan utjecaj na naš okoliš.

2. STANJE ZAKONSKE GRAĐEVINSKO -ENERGETSKE I VODOPRIVREDNE REGULATIVE U NAS

Poseban problem u nas je nepostojanje opće, uredne i vjerodostojne zakonske i normativne regulative. To se podjednako odnosi na građevinsko, energetske i vodoprivredno područje zakonske i normativne regulative, s kojima bi se ova područja jasno definirala, te odredile načine čuvanja, i gospodarenja energijom i vodom.

Kako je već spomenuto potrebno je izvesti "Inventarizaciju" ili temeljno snimanje postojećeg stanja. Opći sadržaji i poslovi inventarizacije mogu se podijeliti u četiri glavna i sustavno povezana dijela:

2.1. Utvrđivanje, donošenje i poboljšavanje zakonske regulative

1. Trošenje energije u zgradarstvu, a to se posebno odnosi na energiju grijanja, ponajviše ovisi o načinu izgradnje i toplinskim karakteristikama građevnih

materijala. Stoga je prijeko potrebna temeljita "inventarizacija" ili utvrđivanje suvremenosti naše postojeće građevinske zakonske regulative. Isto je tako potrebno, sa stajališta racionalne uporabe i štednje energije, i snimanje stanja postojećih stambenih zgrada i kuća.

Za ovo područje treba donijeti i temeljne zakone: Zakon o čuvanju i racionalnom korištenju energije; Zakon i uredbu o najmu zgrada; Uredbe o obračunavanju troškova najma, raspodjeli troškova stanovanja, i dr. U smislu čuvanja, i racionalne uporabe energije moraju se donijeti i ostali podzakonski akti: uredbu, propisi, pravilnici, norme i standardi.

S njima se, u građevinskom pogledu, a sa stajališta čuvanja toplinske energije, moraju dodatno propisati sve bitne značajke kvalitete građenja novih, i dorade starijih zgrada. Tako se, na primjer, moraju propisati osnovni položaji zgrada u prostoru, te njihovi energetske racionalni oblici, i oblici izvedbi njihovih glavnih dijelova; zidova, krovova i ostakljenja, vrste toplinsko-izolacijskih materijala, te sve druge, u svrhu čuvanja energije potrebite građevinske mjere. Treba snimiti i stanja postojećih zgrada i podijeliti ih po kvaliteti čuvanja topline, te odrediti načine i rokove njihovih dorada i rekonstrukcija.

2. Pregled i utvrđivanje stanja zakonske regulative na području definiranja i općeg gospodarenja energijom. Ni na ovom području u nas nije učinjeno mnogo. Stoga je prijeko potrebno donijeti Zakone i podzakonske akte za sva gospodarsko-pravna područja, koja se tiču uporabe i trošenja svih vrsta energije i energenata.

U ovoj grupi zakona i podzakonskih akata (uredbi, pravilnika i dr.), treba donijeti slijedeće: Zakon o čuvanju i racionalnoj uporabi energije; Uredbu o troškovima proizvodnje i prerade energenata; Uredbu o načinima raspodjele troškova proizvodnje, prijenosa i potrošnje energije; Uredbu o daljinskim i centraliziranim grijanjima; Uredbu o obvezatnom obračunu troškova grijanja prema potrošnji. Na temelju tako uređene zakonske regulative moći će se efikasno i nesmetano pristupiti punoj individualizaciji i racionalizaciji troškova grijanja.

3. Treba donijeti uredbu i pravilnike o utvrđivanju stanja sustava i podsustava trošenja topline. Ovim se uredbama, s prikladnim i propisanim postupcima inventarizacije, moraju utvrditi toplinske karakteristike cjelokupnih podsustava trošenja topline, odnosno grijanja i opskrbe toplinom zgrada, kuća i stanova. Moraju se propisati i mjere za njihovo dovođenje u tehnički i toplinski ispravno stanje. K tome treba donijeti norme i standarde za dijelove opreme grijanja, mjerenja i razdiobe topline i vode, pomoću kojih će se omogućiti individualizacija i racionalizacija svih troškova.

4. Treba revidirati i upotpuniti postojeću zakonsku regulativu o čuvanju i uporabi voda. Treba utvrditi i

vrste i količine raspoloživih tehnoloških i pitkih voda, te izvesti analize efikasnosti postojećih načina njihovog pridobivanja i proizvodnje, kvalitetu prijenosa i razdiobe, te kakvoću i prostornu raspoređenost zaliha vode.

Ovakvim snimanjem stanja u zgradarstvu, u energetskim sustavima i sustavima čuvanja i uporabe vode, utvrdit će se sve njihove "slabe točke". Potom se one mogu stručno, planski i programirano uklanjati. Tako će se postići višestruki učinci racionalne uporabe energije i vode, smanjiti njihova potrošnja, i troškovi investicija u nove zgrade i postrojenja, te će se i okolina bitno zaštititi.

3. ZAKONSKA REGULATIVA ZA INDIVIDUALIZACIJU TROŠKOVA TOPLINE I VODE U EUROPI

U gotovo svim zemljama Europe u tijeku je cjelovita individualizacija potrošnje, obračunavanja i plaćanja troškova toplinske energije i vode.

3.1. Smjernice, uredbu i zakoni o energiji u europskim zemljama

U Europskoj zajednici su donesene slijedeće smjernice:

Uvođenje energetske svjedodžbi, kojima se definiraju toplinske značajke grijanih zgrada. Obračunavanje troškova grijanja i pripreme tople vode prema potrošnji. Potpomaganje ulaganja za racionalizirano trošenje energije. Potpomaganje obnove zgrada sa slabom toplinskom izolacijom. Nadzor i ugađanje izgaranja u kotlovnica za centralna grijanja. Obvezatnost izrada energetske bilanci i programa racionalne uporabe i štednje energije u pogonima s velikom potrošnjom i dr.

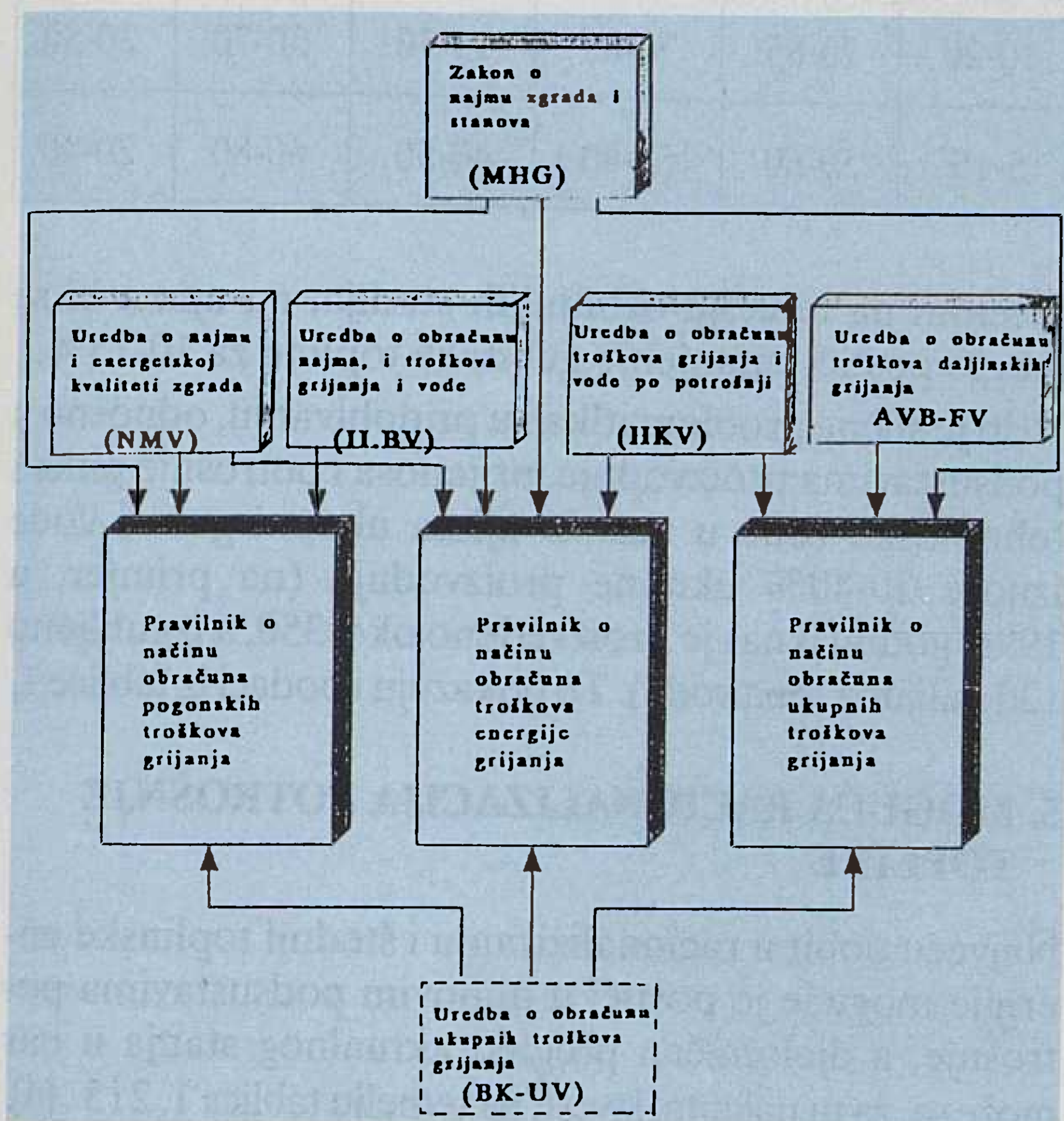
U **Danskoj** je mjerenje toplinske energije po potrošnji dugogodišnja tradicija. Kod njih je znanstvenik Clorius, još 1923. godine razvio prve isparničke razdjelnike topline. Zakonom o najmu je određeno da se plaćanje toplinske energije može izvoditi samo uz mjerenja prema potrošnji. Godine 1995. Danska vlada je donijela zakon, kojim se do konca ove 1998. godine zahtijeva obavezno instaliranje mjerila i razdjelnika topline u novim i postojećim stambenim zgradama.

U **Austriji**, u pojedinim dijelovima države vrijede različiti propisi. Oni propisuju energetske kvalitete grijanih objekata. Tijekom 1980. godine donesen je i savezni zakon kojim se obvezuje potrošače na čuvanje energije. U 1992. godini je donesena uredba o obvezatnom obračunavanju troškova grijanja i pripreme tople vode.

3.2. Zakonska regulativa o potrošnji energije u Njemačkoj

U **Njemačkoj** je 1981. godine Savezna vlada donijela Uredbu o obračunavanju troškova grijanja i pripreme tople vode prema potrošnji. Odredba je do sada dva

puta nivelirana. Uredba vrijedi za sve sustave grijanja s kojima se opskrbljava dva ili više korisnika. Uštede energije, nakon početka primjene ove Uredbe u Njemačkoj su ocijenjene u iznosima od 15-20%.



Slika 1. Osnovni zakoni, uredbe i pravilnici za individualizirana mjerenja i obračune energije grijanja i vode u Njemačkoj

Glavni Zakon i Uredbe u Njemačkoj su sljedeće (slika 1): **Miethesgesetz (MHG) = Zakon o reguliranju troškova građenja i najma zgrada, kuća, stanova i dr. (1993.)**. Ovim se Zakonom stimuliraju dorade, i investiranja u poboljšavanja energetske kvalitete zgrada, određuju vrste pogonskih troškova sustava grijanja, troškova sustava opskrbe vodom, i dr. Namjena uredbe je smanjenje potrošnje, odnosno čuvanje toplinske energije i vode.

Neubaumitenverordnung (NMV) = Uredba o ovisnosti cijena građenja i najma u novim, građevinski i energetski izmijenjenim zgradama (1992.). Ovom se Uredbom određuju, umanjuju ili uvećavaju, oni troškovi dogradnji, pomoću kojih se smanjuju, odnosno povećavaju trošenja toplinske energije i vode.

Zweiterechnungsverordnung (II. V) = Druga uredba o obračunu troškova stanovanja, te troškova energije i vode (1992.). Ovom Uredbom određuju se osnovni elementi zajedničkih i individualiziranih troškova stanovanja, troškova grijanja i troškova uporabe vode.

Heizkostenverordnung (HKV) = Uredba o obračunu troškova grijanja i uporabe tople vode prema potrošnji (1989.). Ovom Uredbom se određuje obvezatno mjerenje i raspodjela troškova grijanja i uporabe tople vode prema potrošnji. Njome se određuju osnovni odnosi zajedničkih i individualiziranih troškova u ukupnim troškovima grijanja i uporabe tople vode.

Verordnung ueber Allgemeine Bedingungen fuer die Versorgung mit Vernwaerme (AVBFernwaerme V=AVB FV) = Uredba o obračunu troškova opskrbe toplinom daljinskim sustavima grijanja (1989.). Ovom se Uredbom određuju načini prijama topline, troškova rada toplinskih stanica, načini mjerenja toplinske energije, raspodjele osnovnih i varijabilnih troškova, te raspodjele i individualiziranog obračuna troškova grijanja i uporabe tople vode.

Verordnung ueber die Umlage von Betriebskosten auf die Mieter

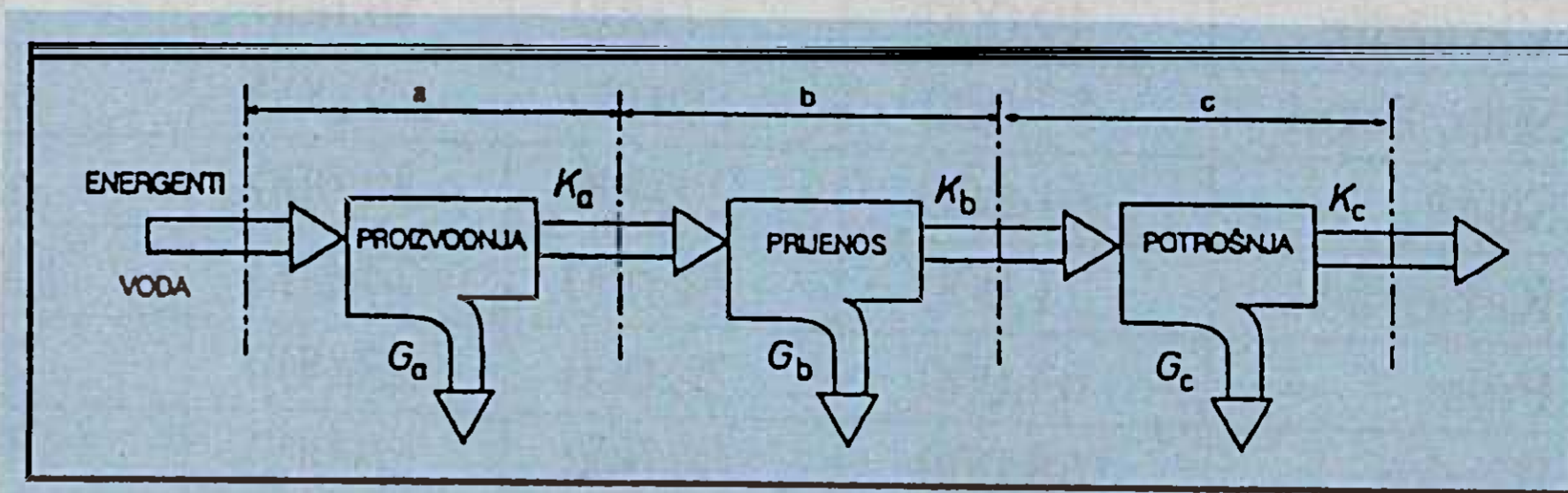
(BetrKostUV=BKUV) = Uredba o obračunu ukupnih troškova grijanja, koje plaćaju stanari. Ovom su uredbom određeni elementi i načini sastavljanja ukupnih troškova grijanja koje plaćaju najmoprimci, odnosno stanari u zgradama sa zajedničkim sustavima grijanja, mjerenjem i individualiziranom raspodjelom i naplatom troškova i uporabe tople vode.

Na temelju osnovnog Zakona i navedenih Uredbi donešeni su pravilnici za **Obračun pogonskih troškova, Obračun troškova grijanja, i Obračun topline**.

Temeljem uredbe i pravodobne zakonske regulative, samo u Njemačkoj je sa suvremenim sustavima individualiziranih mjerenja i obračuna troškova grijanja i uporabe tople i hladne vode, opremljeno više milijuna stanova. Slična je situacija i u svim drugim najrazvijenijim zemljama Europe i svijeta.

4. SUSTAVI OPSKRBE TOPLINSKOM ENERGIJOM I VODOM

Načelna shema sustava proizvodnje, prijenosa i potrošnje toplinske energije i vode pokazana je na slici 1. Cjelokupni poredak procesa i procesnih postrojenja, od proizvodnje do potrošnje energije i vode pokazan sustavno, pa ga, sa stajališta racionalne uporabe i štednje energije i vode, treba pažljivo analizirati i unapređivati sve njegove dijelove. U pripadnoj tablici 1 naznačena su, prosječna, i nažalost vjerodostojna, područja prosječnih vrijednosti stupnjeva djelovanja (K_a , K_b , K_c) i gubitaka (G_a , G_b , G_c) glavnih dijelova naših toplinskih sustava, i sustava opskrbe vodom.



Slika 2. Sustavi proizvodnje (a), prijenosa (b) i potrošnje toplinske energije i vode (c)

Podaci dokazuju da su u našim stupnjevima djelovanja spomenutih sustava i njihovih podsustava, uz pozitivne iznimke kojih ipak ima, znatno niži od poželjnih i realno mogućih.

Tablica 1. Prosječni stupnjevi djelovanja (η), postotci iskorištenja (K), i gubitaka (G), u proizvodnji (a), prijenosu (b), i potrošnji (c) toplinske energije i vode u Hrvatskoj

	a) Proizvodnja			b) Prijenos			c) Potrošnja			Ukupno	
	η [%]	Ka [%]	Ga [%]	η_b [%]	Kb [%]	Gb [%]	η_c [%]	Kc [%]	Gc [%]	η_u [%]	Gu [%]
Toplina (T)	85-92	85-92	8-15	80-90	80-90	10-20	70-85	70-85	15-30	50-70	30-50
Voda (V)	75-85	75-85	15-25	85-95	85-95	5-15	50-60	50-60	40-50	60-80	20-40

Tako, u **proizvodnim pogonima** zasigurno postoje velike "unutarnje rezerve" toplinske snage, s kojima bi se, prikladnim revitalizacijama, rekonstrukcijama, tehničkim doradama i doinvestiranjem, zasigurno mogla postići znatna povećanja stupnjeva djelovanja. Energetski znanstvenici i stručnjaci u Europi su na mnogo načina, nakon nastupa energetske krize 1972./73. god., i u vrlo kratkom razdoblju do 1972./73. 1978. g., u proizvodnim pogonima smanjili potrošnju energenata za 10-20%.

To je zahtijevalo i određene, prijeko potrebne investicije, ali su se one pokazale kao vrlo isplative, i 5-6 puta manje od troškova gradnji novih postrojenja, povećavanja troškova energenata, i drugih troškova pogona. U cjelini uzevši, u nas je u tom pogledu do sada učinjeno malo.

Jednako je tako i u **mrežama prijenosa topline**, u kojima je moguće postići znatno bolje stupnjeve djelovanja. Pogotovo stoga što su naše toplinske mreže, na primjer ona u Zagrebu kao najstarija i najveća u Hrvatskoj, uglavnom građene starim tehnologijama i sa slabim toplinskim zaštitama. Prema procjenama, do-

bivenim na temelju ozbiljnijih studija, na njima bi se moglo postići smanjenje gubitaka topline za 10-15%.

Vrlo je slična problematika i u pridobivanju, odnosno u podsustavima proizvodnje, prijenosa i potrošnje pitke i tehnološke vode u nas. U njima ukupni gubici vode iznose 20-40% ukupne proizvodnje (na primjer, u 1996. godini u nas je proizvedeno oko 350, a izgubljeno 120 milijuna tona vode). To pokazuju i podaci iz tablice 1.

5. MOGUĆA RACIONALIZACIJA POTROŠNJE TOPLINE

Najveću dobit u racionaliziranju i štednji toplinske energije moguće je postići u njihovim podsustavima potrošnje, a djelomičan pregled aktualnog stanja u nas može se, za tu nakanu, izvesti na temelju tablica 1, 2 i 3. [4].

5.1. Domaćinstva, stanovi, stanovi grijani centralnim sustavima

Ukupan broj stanovnika, domaćinstava i stanova u pojedinim većim gradovima, i ukupno u Hrvatskoj, pokazan je u tablici 2. Uz to je, prema posljednjim

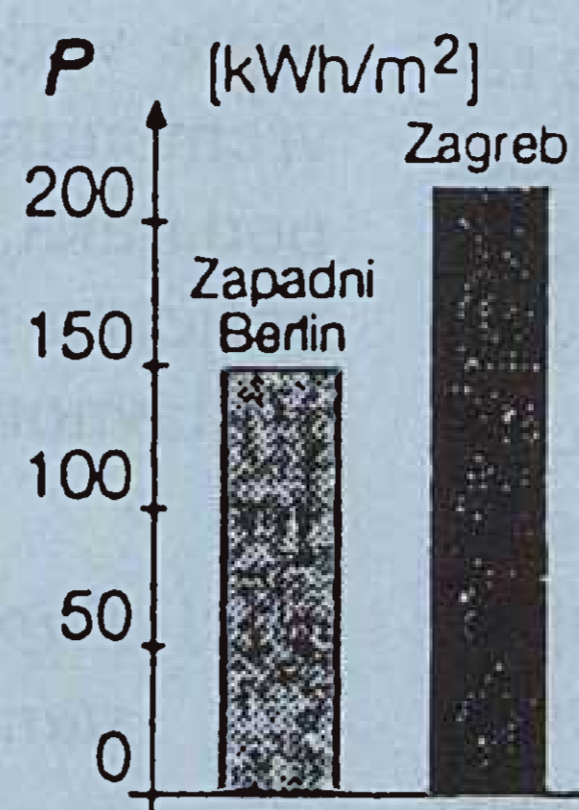
Tablica 2. Opskrba toplinskom energijom u Hrvatskoj i našim većim gradovima

	Broj stanovnika	Broj domaćinstava	Broj stanova	Broj stanova centralno grijanih (iz CTS-a)	Broj stanova napajanih plinom	Prosje. potrošnja topline po stanu (60m ²) [kWh]	Plaćanje grijanja	
							"socijalizirano" [po m ²]	"individualizirano" [po potrošnji]
R. Hrvatska	4784,000	1544,000	1575,000	406,000			+	-
Gradovi								
Zagreb	776,00	273,000	270,000	145,000	106,000	14,300	+	-
Osijek	130,000	46,000	46,000	18,000			+	-
Varaždin	49,000	17,000	16,000	9,000			+	?
Slav. Brod	57,000	18,000	18,000	6,000			+	-
Sisak	61,000	20,000	20,000	6,000			+	-
Karlovac	71,000	24,000	24,000	10,000			+	-
Pula	63,000	22,000	22,000	2,000			+	-
Rijeka	168,000	60,000	58,000	14,000			+	?
Zadar	80,000	25,000	26,000	4,000			+	-
Šibenik	56,000	18,000	19,000	1,000			+	-
Split	200,000	62,000	60,000	10,000			+	-
Dubrovnik	56,000	18,000	18,000	16,000			+	-
Ukupno u navedenim gradovima	1767,000	603,000	597,000	241,000				

Tablica 3. Struktura opće potrošnje energije (a), usporedbe potrošnje u Zapadnom Berlinu i Zagrebu (b), prosječne cijene grijanja stanova (c), te potrošnja i moguće uštede energenata grijanja u Zagrebu i Hrvatskoj (d)

1.	Grijanje	65-70%
2.	Topla voda	10-15%
3.	Kuhanje	4-5%
4.	El. energija	10-15%
5.	Ostalo	5-6%

a)



b)

1.	CTS	148,00
2.	Plin	184,00
3.	Drvo	337,00
4.	Loživo ulje	385,00
5.	Ugljen (mrki)	420,00
6.	Ugljen (lignit)	484,00
7.	El. struja	680,00

c)

Potrošnja energenata za grijanje ("ekvivalentnih tona lož-ulja/god." [ek.t.l.u./g.]		u Hrvatskoj	u Zagrebu
		2.250,000	560,000
Moguće uštede [ek.t.l.u./g.]	Minimalne [10%]	225,000	56,000
	Maksimalne [30%]	675,000	168,000

d)

statističkim podacima [4], naveden i broj stanovnika u većim gradovima Hrvatske, koji se griju iz centralnih toplinskih sustava (CTS-a) ili malih toplana. Za grad Zagreb je naveden broj stanova koji se napajaju iz CTS-a HEP-a i malih toplana (145.000), i sustava opskrbe plinom (106.000), a za koje se pretpostavlja da plin koriste i za grijanje. Za Zagreb je navedena i potrošnja energije grijanja prosječnog dvosobnog stana s površinom oko 60 m².

Plaćanje troškova grijanja u gradu Zagrebu, a prema dostupnim podacima i u svim drugim gradovima Hrvatske, izvodi se "paušalno", odnosno "socijalizirano", prema površini (m²) stanova, ili kubaturi (m³) prostora. Pokušaji da se "socijalizirani" načini naplaćivanja troškova zamijene "individualiziranim", učinjeni su u Zagrebu (1982.-1984.), i nedavno u Rijeci. Ni jedan od njih nije uspješno završen.

U tablici 3, pokazani su podaci: strukture opće potrošnje energije topline u Zagrebu [1], usporedba potrošnje energije (kWh/m²) u Zagrebu i Zapadnom Berlinu, cijene grijanja različitim energentima u Zagrebu, te procjene opće potrošnje i mogućih ušteda ekvivalentnih tona loživog ulja godišnje (ek.t.l.u./god), za grijanja stanova i vode.

U Hrvatskoj je na CTS-e već priključena približno jedna trećina stanova, ili ih je moguće priključiti na male i vlastite toplane. S tog je gledišta većina novoizgrađenih stanova u Hrvatskoj, djelomično ili potpuno, pogodna za uvođenje sustava suvremenog i pravednog, odnosno **individualiziranog** obračunavanja troškova grijanja i vode.

6. UNAPRJEĐIVANJE POSTOJEĆEG STANJA U NAS

U Zagrebu je bilo više pozitivnih, i relativno uspješnih, akcija racionalnijeg korištenja energije. Među tim nastojanjima najvažnija su učinjena od strane Ministarstva gospodarstva, Poglavarstva grada Zagreba i Pogona Toplinskih mreža (TM), odnosno CTS-a HEP-a.

Poglavarstvo grada Zagreba je još 1988. izradilo cjelovit "Program racionalne uporabe energije." To je bio nastavak ranijih radova racionaliziranja cjelokupnog sustava grijanja i opskrbe vodom [1]. U pogonu TM-a HEP-a posljednjih su godina postignuti zapaženi rezultati u programiranoj štednji, i smanjenju gubitaka u prijenosu i potrošnji energije [8].

U sezoni grijanja 1997./98. u Zagrebu su puštena u pogon dva pilot projekta s individualiziranjem troškova grijanja. S rezultatima ovih pilot-projekata će uskoro biti upoznate sve naše relevantne institucije i Ministarstvo gospodarstva.

Temeljem navedenih činjenica, može se postaviti pitanje: koliko manje energije možemo trošiti za grijanje, a da pri tome sačuvamo, pa i poboljšamo, ugodu stanovanja i opće uvjete života? Vjerodostojan odgovor, s procjenom mogućih ušteda energenata, može se dobiti jednostavnom analizom podataka iz tablice 3d. Procjena se temelji na mnogo inozemnih iskustava, te potvrđenih praktičnih podataka u Njemačkoj i mnogim drugim državama Europe [6].

7. SUVREMENI SUSTAVI PRIPREME, MJERENJA I RAZDIOBE TOPLINE

Racionaliziranju uporabe topline grijanja i vode mora se pristupiti sustavno. Jer, samo sustavan i temeljit pristup ovoj problematici, može osigurati pozitivne rezultate. Zbog toga je posebno važno da se racionalizacijama moraju obuhvatiti svi dijelovi energetskih sustava: podsustavi proizvodnje, prijenosa, a s posebnom pažnjom i "podsustavi trošenja energije i vode". S tog stajališta, pored nabrojanih glavnih nedostataka, postoje i neke od "početnih" prednosti našeg ukupno "socijaliziranog" stambenog prostora. To se naročito odnosi na nova naselja u gradovima, kao velike i često suvremenije "podsustave potrošnje energije". Ta njihova, relativna "podobnost" sastoji se u jednostavnijoj, suvremenoj, i lakšoj primjeni opreme individualizacije troškova grijanja i uporabe vode.

U tom se smislu podsustavi potrošnje mogu podijeliti na više osnovnih dijelova, od kojih su dva najvažnija: toplinske stanice za transformaciju ili prijenos toplinske energije u ogrjevnu, i potrošnu toplu, ili "sanitarnu" vodu, i podsustav grijanja s ogrjevnom mrežom i ogrjevnim tijelima. Pojednostavnjena shema podsustava pripreme i potrošnje toplinske energije u zgradarstvu pokazana je na slici 3.

7.1. Suvremena procesna oprema toplinskih stanica

U nas postoji oko 6000, različitih vrsta toplinskih stanica za centralna grijanja (CTS) zgrada i stambenih blokova. U svrhu racionalizacije opće potrošnje energije, sve postojeće, kao i nove toplinske stanice, treba graditi ili preurediti tako da se s njima omogući individualizacija i pravedno plaćanje potrošene toplinske energije i vode. To svakako zahtijeva i određene investicije. U Europi se je pokazalo da su uglavnom češće isplative rekonstrukcije i revitalizacije od građenja novih toplinskih stanica. Troškovi rekonstrukcija su, skoro redovito, 5-6 puta niži. Doinvestiranjem u podsustave mjerenja, razdiobe i potrošnje topline mogu se i u nas, u najvećem dijelu stanova, kuća i zgrada s centralnim grijanjem, kao i u opskrbi toplom vodom, postići smanjenja troškova za 10-30% (tablica 3d). Treba napomenuti da većina naših podsustava trošenja energije, a naročito toplinske stanice, nisu opremljene odgovarajućom opremom mjerenja i automatike, kojom se omogućava racionalizacija potrošnje i točna i pravedna "individualizacija" troškova.

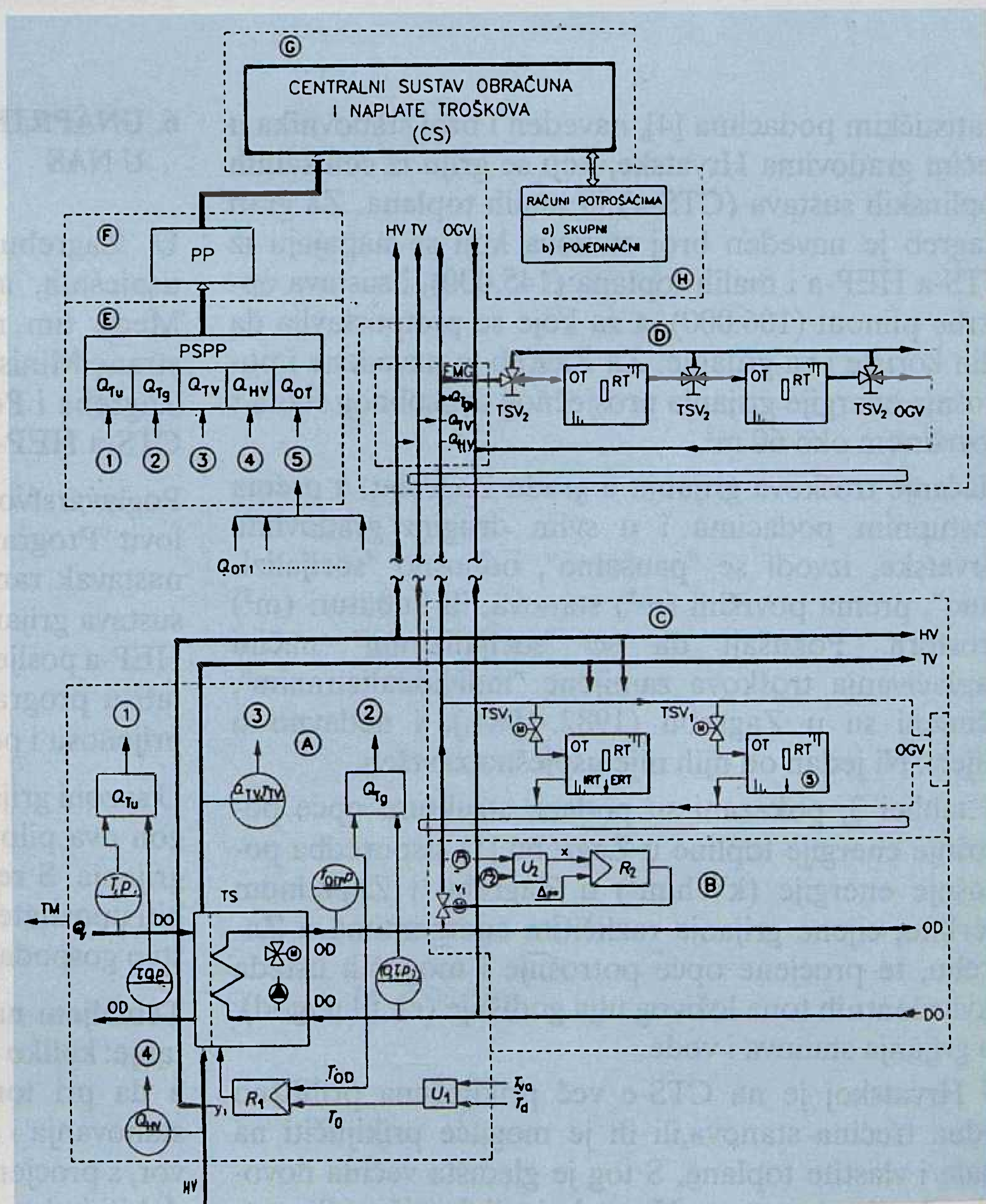
7.2. Oprema mjerenja i automatike u toplinskim stanicama

Sa stajališta racionaliziranja i individualiziranja potrošnje, obračuna i plaćanja troškova grijanja i uporabe tople vode, sve toplinske stanice treba opremiti suvremenim uređajima mjerenja, prikupljanja i prijenosa podataka, te automatskog reguliranja glavnih veličina ogrjevne i tople, sanitarne vode. To je pokazano jednostavnom PI-shemom (sl. 3.).

7.2.1. Priprema ogrjevne i tople vode u toplinskim stanicama

Racionalna priprema energije grijanja, i priprema tople vode u toplinskim stanicama (TS, slika 3-A), postiže se:

- Točnim mjerenjem količina primljene toplinske energije (Q_{Tu}), temeljem mjerenja temperatura u dolaznom (DO) i povratnom (OD) vodu, i količina vruće vode (Q) iz toplinske mreže (TM).
- Optimalnim reguliranjem polaznih temperatura ogrjevne vode (TOD) u odlaznim vodovima, mjerenjima količina topline grijanja (Q_{Tg}), na temelju



Slika 3. Podstav potrošnje topline, toplinska stanica A, regulacija tlaka usponskih vodova B, paralelni C i serijski podsustav grijanja D, podsustav prikupljanja E, prijenosa F i obrade podataka G

mjerenja polaznih temperatura i količina tople vode (Q), te automatskog reguliranja propisanih vrijednosti temperature, tlaka i protoka vode (TOD, p, Q_v) pomoću kojih se osigurava ispravan prijenos topline i protjecanje ogrjevnog vode do trošila. Reguliranje temperature ogrjevnog vode i količine topline izvodi se u nas, najčešće na temelju mjerenja vanjske temperature (T_{va}) samo na jednom odabranom i "reprezentativnom" mjestu. Potom se njezinim uspoređivanjem, na usporedniku ($U1$) s "dijagramom grijanja" zadanom temperaturom (T_d), regulira temperature odlazne vode regulatorom ($R1$), i regulacijskim signalom ($Y1$), djeluje na izvršne uređaje, ventile miješanja (M) ili crpke toplinske stanice (TS).

Sa stajališta praktičnog rada toplinskih stanica, razlikuju se tri praktična "osnovna režima" održavanja glavnih toplinskih veličina (slika 4):

- Temperature, količine vode i topline, te tlakovi odlazne vode održavaju se na točnim vrijednostima. To je propisan i pravilan rad toplinskih stanica.
- Voda se u toplinskim stanicama pregrijava. Takav rad toplinske stanice je neispravan i rezultira bespotrebnim povećanim trošenjem i gubicima toplinske i pogonske energije. To se događa i kod urednih temperatura polazne vode, ako se, zbog raznih nedostataka u sustavima grijanja, naprimjer, pregrijavaju stanovi u određenim dijelovima, ili usponskim granama zgrada i dr.
- Voda se u toplinskim stanicama podgrijava na temperature niže od propisanih, ogrjevna tijela primaju malo topline i grijani prostor se pothlađuje. Kod preniskih polaznih temperatura, osim što se "smrzavaju", korisnici u mnogim neindividualiziranim sustavima grijanja, zbog uglavnom jednakih gubitaka energije i osnovnih troškova grijanja, redovito plaćaju i više topline nego što je potroše. Slično se događa i u uporabi tople vode.

Osiguravanjem urednog rada toplinskih stanica i odgovarajućim smanjivanjem rasipanja energije, osiguravaju se i osnovni uvjeti osobne racionalne uporabe, i omogućavaju smanjivanja gubitaka topline u stanovima do minimalnih vrijednosti. Tako se onemogućava nepravdna i neopravdana naplata bespotrebnih gubitaka topline i troškova. Razlog tome je jednostavan. U individualiziranim sustavima nitko namjerno ne rasipa toplinu koju plaća, a ne želi ni plaćati "tuđe" račune.

7.3. Oprema hidrauličkog uravnoteženja kućne ogrjevnog mreže

Svaka hidraulička mreža, i cijevni sustav za prijenos topline do ogrjevnih tijela, ima mnoštvo hidrauličkih otpora protjecanju. Općenito uzevši ovi otpori, iako su u projektima i proračunima određeni i predviđeni, uvijek se u praktičnim vrijednostima razlikuju od izračunatih i projektiranih. Stoga dolazi do bitnih po-

goršavanja protoka, s lošim prijenosom i raspodjelom topline po ogrjevnim tijelima.

S obzirom i na opću promjenjivost i nestalnost hidrauličkih otpora mreže, zbog ručnog ili automatskog upravljanja ventilima na ogrjevnim tijelima, u dobroj se ogrjevnoj mreži (slika 3-B) moraju instalirati i regulatori tlaka vode. Oni se obično ugrađuju na glavne usponske vodove ili barem na njihove osnovne grupe. Zadaća im je održavanje propisane vrijednosti tlaka (p_1) u odlaznom usponskom cjevovodu, ili razlika tlaka između odlaznog i povratnog usponskog cjevovoda ($Dp = p_1 - p_2 = konst$). To se izvodi posebnim regulacijskim krugom s usporednikom ($U2$), regulatorom ($R2$), i izvršnim ventilom ($V1$).

7.4. Suvremena, korisnička oprema individualiziranja troškova

Za efikasnu racionalizaciju grijanja i uporabe vode, sve do posljednjih mjesta potrošnje, postoje suvremena tehnička rješenja, jeftina i dobra korisnička oprema, oprema automatskog vođenja, informatički sustavi, te načini obračuna pravedno individualiziranih troškova.

Proizvodni programi tvrtki koje djeluju u proizvodnji, unaprjeđivanju i uvođenju ove opreme i sustava, obuhvaćaju proizvodnju, prodaju, primjeravanje, isporuku i montažu opreme, tehnička i organizacijska rješenja sustava za komplekse zgrada, kuća i stanova. Opremi sustava pripadaju mjerila topline, vodomjeri, odgovarajući elektronički ili isparnički razdjelnici topline, termostatski ventili, oprema za mjesna pokazivanja i očitavanja, te oprema daljinskog prijenosa i cjelokupne obrade podataka, do ispostavljanja i naplate računa.

7.4.1. Razdjelnici topline

Među glavne dijelove ove opreme pripadaju razdjelnici topline. Oni mogu biti izvedeni kao isparnički ili kao elektronički razdjelnici (slika 3-C, D). Razdjelnici topline (RT) ne pripadaju normativno mjernim uređajima ili instrumentima pa tako i ne podliježu njihovoj mjeriteljskoj regulativi, ali moraju zadovoljavati pripadne tehničke norme.

Isparnički razdjelnici topline djeluju na temelju isparavanja specijalne, neškodljive, kapljevine nalivene u prikladno izrađene cjevčice. Isparavanje, odnosno smanjenje razine kapljevine u cjevčici je proporcionalno temperaturi ogrjevnog tijela, njegovoj toplinskoj snazi i vremenu grijanja, ili potrošenoj toplinskoj energiji. Ovakvi razdjelnici topline moraju se točno odrediti, i "dimenzionirati" prema ogrjevnim tijelima, obično radijatorima, koje se na točno određena mjesta ugrađuju, i na kojima imaju izravan "toplinski kontakt". Cjevčice i količina isparljive kapljevine dimenzioniraju se tako, da je trajanje isparavanja kapljevine duže od sezone grijanja. Tako se, u obračunskim intervalima, jednostavnim, ali točnim očitovanjem razine, očitava, i

posebnim postupcima obračunavanja, vrlo točno određuje količina potrošene topline na ogrjevnom tijelu.

Elektronički razdjelnici topline građeni su potpuno drugačije, kao elektronička mikroračunalska mjerila, i integratori ukupno potrošene topline. Očitavanje potrošene topline na ovim razdjelnicima je jasno, neposredno, ili daljinsko, i u fizičkim mjernim jedinicama. Razdjelnici se grade za višegodišnje napajanje iz jedne baterije. Njihovi podaci se mogu prenositi i daljinski, u nadzorne ili obračunske centre.

7.4.2. Termostatski ventili ili regulatori temperature

Drugi važni dijelovi vođenja individualiziranog trošenja i plaćanja toplinske energije na ogrjevnim tijelima su ventili termostati. Oni su zapravo jednostavni automatski regulatori temperature grijanja (slika 3-C, D). Izrađuju se u mnogo različitih izvedbi, i za više vrijednosti protjecajnih količina. Njihova je osnovna zadaća automatsko održavanje, odnosno reguliranje temperatura ogrjevnih tijela na zadanim, i neposredno na ventilu "namještenim", i željenim vrijednostima temperaturama okoline.

7.4.3. Osnovni načini primjene korisničke opreme

Primjena spomenute opreme izvodi se najčešće u dva osnovna oblika. Jedan oblik, najpogodniji za postojeće sustave grijanja u ranije građenim zgradama, s grupnim paralelnim napajanjem ogrjevnih tijela iz usponskih cjevovoda, pokazan je slikom 3-C. To je "klasičan" način individualiziranja troškova putem primjene razdjelnika topline (RT), i jednostavnih termostatskih ventila (TSV1). Drugi oblik (slika 3-D) se primjenjuje u etažno, na primjer jednocjevno grijanje, te toplom i hladnom vodom posebno napajanim stanovima. Za takve podsustave se grade etažne mjerne stanice (EMS). U njih se ugrađuju mjerila energije, i mjerila količine tople i hladne vode (QTg, QTv, QHv). Uz ovu opremu za potpuno individualiziranje troškova grijanja, mogu se ugraditi i razdjelnici topline (RT), ali i termostatski ventili (TSV2) za pojedinačna automatska reguliranja na radiatorima.

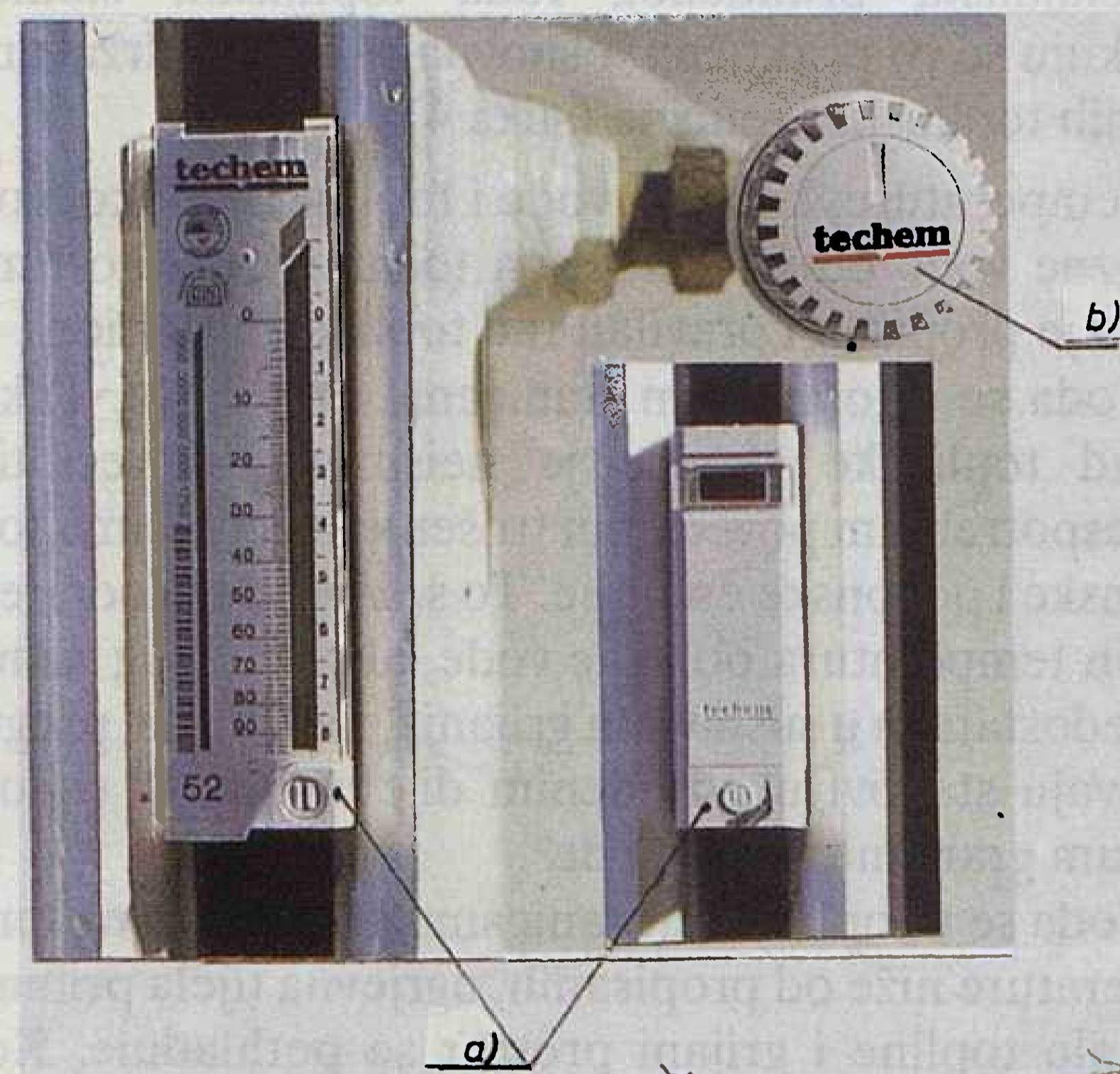
8. UTJECAJ KORISNIKA NA TROŠENJE ENERGIJE

Glavni, i korisnicima stalno dostupni dijelovi ove opreme su razdjelnici topline i ventilni termostati, odnosno termoregulatori (slika 4). Svrishodnost njihovih, svestrano korisnih sustavnih i razboritih primjena, a posebice silnih učinaka na stimuliranje štednje i racionalnu uporabu energije, pojašnjena je i dijagramom (slika 5), s naznačenim relativnim vrijednostima temperatura vode (T) i troškova grijanja (Tg).

Racionaliziranje i individualiziranje troškova, znače uporabu topline i vode s minimalnim gubicima, i bez

nerazborite "štednje". Jer takva "štednja" obično znači nerazborito, pa i prisilno, uskraćivanje potrebne topline i pogoršavanje opće udobnosti stanovanja. Prava racionalna uporaba energije grijanja postiže se temeljem slijedećih pretpostavki:

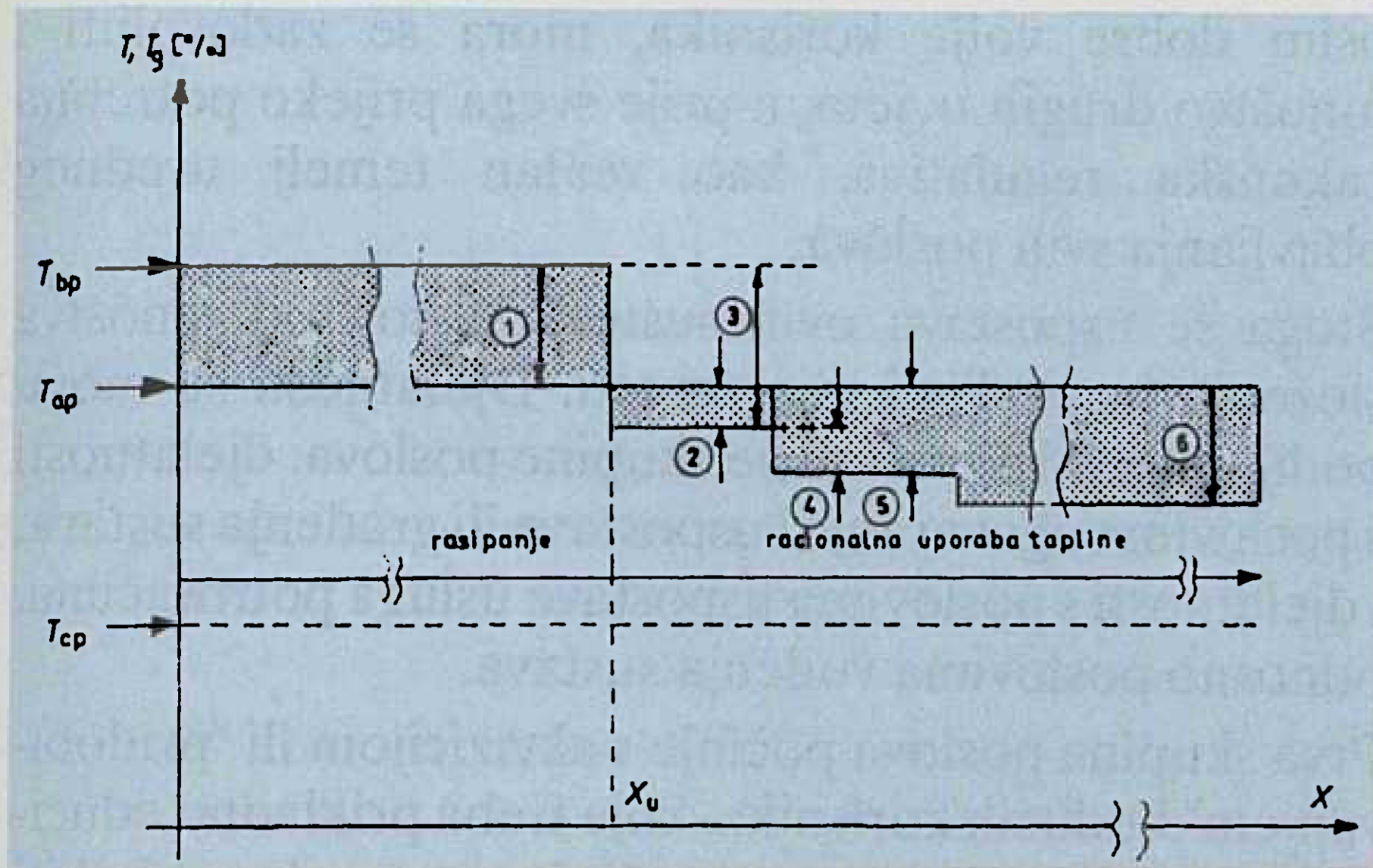
Optimalnim reguliranjem polaznih temperatura i količina topline u toplinskim stanicama (slika 4). Tri su postojeća, s razlogom i ranije spomenuta, osnovna "režima" održavanja ovih veličina u nas: polazne temperature ogrjevne vode održavaju se na točnim vrijednostima ($T_{ap}=100\%$), temperature su više od potrebnih ($T_{bp}=100+x\%$), ili se ogrjevna voda i stanovi pothlađuju ($T_{ep}=100-x\%$).



Slika 4. Osnovni dijelovi sustava racionalnog i štedljivog grijanja; razdjelnici topline - isparnici ili elektronički razdjelnici (a), i termoregulatori (b)

Prvi "režim a" je ispravan i poželjan, ali se iz raznih razloga u mnogim slučajevima ne održava. Razlozi za to su mnogobrojni; počev od netočnosti djelovanja regulacijskih uređaja, neidentificiranih kvarova i dotrajlosti opreme, posljedica neznanja i slabog rada održavanja, pa sve do namjernog podizanja, a ponekad i smanjivanja polaznih temperatura vode. Vrlo se često namjerno "ugađaju" previsoke temperature polazne vode, pa se onda toplina rasipa, prostor se pregrijava, a temperatura grijanja "regulira" otvaranjem prozora. To se događa i kod urednih temperatura polaza, ako se, zbog raznih građevinskih nedostataka u zgradi i sustavu grijanja, na primjer pregrijavaju stanovi u središnjim dijelovima zgrada. Događa se i da polaznu temperaturu vode "diktiraju" i najslabije grijani, primjer prema sjeveru okrenuti stanovi.

Kratka i pojednostavnjena objašnjenja efekata uvođenja sustava individualizacije troškova grijanja (Tg), koji bi se i u nas mogli postići u nekoliko karakterističnih faza, pokazana su na pojedinim područjima dijagrama na slici 5.



Slika 5. "Individualiziranje" troškova grijanja smanjuje rasipanja i potiče racionalnu uporabu topline

U području rasipanja (1), efekti ovise, u prvom redu, o ranije opisanoj kvaliteti djelovanja postrojenja i uređaja u toplinskoj stanici, i nepostojanja opreme individualizacije troškova. Računa se da "socijalizirani" sustavi, poglavito zbog nepostojanja, ili netočnog djelovanja i neurednog održavanja opreme mjerenja i reguliranja temperature vode u toplinskim stanicama, pa i postavljanja njezine krive, i proizvoljne, poglavito više vrijednosti (T), te općenito lošeg stanja i ugađanja i djelovanja procesne opreme toplinske stanice često uzrokuju, i do 50%, veću potrošnju energije grijanja.

Drugo karakteristično područje, ili "faza", djelovanja individualiziranog sustava (2) je i prvo područje racionalnog trošenja energije. Ono označava početak (x_u) razboritog trošenja, i prvi oblik isplativog osobnog racionalnog utjecaja na trošenje i štednju topline. Uštede se u ovoj fazi postižu samo razboritom uporabom individualiziranih mjera, ili razdjelnika topline, i automatskih regulatora (termostata) temperature prostorija. Ovdje se još ne poduzimaju druge korisne mjere i dorade u stanu, koje služe za smanjivanje gubitka topline. To zanimljivo, u osnovi psihološko djelovanje mjerenja na upravljanje potrošnjom, rezultira, u prosjeku, 5%-tnim smanjenjem troškova grijanja.

U području 3, naznačen je kumulativni učinak urednog rada toplinske stanice, i početnog individualiziranog čuvanja i racionalne uporabe topline iz područja 2. Ova je faza prijelazna, a njezini su energetske učinci i sprovedba, ne samo vrlo značajni nego i prijeko potrebni, i nezaobilazni, u svakom ispravnom uvođenju sustava individualizacije troškova.

Područje racionaliziranja (4) označava daljnje individualiziranje i smanjivanje troškova grijanja. U njemu se s materijalnim ulaganjima postiže čuvanje topline i smanjivanje potrošnje energije i njezinih gubitaka. Ovdje se izvode efikasni i razboriti radovi osobnog uređivanja stanova, te racionalnog prilagođavanja, potrebitih zamjena, a ponekad zbog povećavanja energetske učinkovitosti i novog (re)dimenzioniranja podsustava grijanja i ogrjevnih tijela u stanu.

Područje (5) je također naznačeno kao kumulativno. U njemu se zbrajaju efekti i svih ostalih, osobnih, uglav-

nom ugodnih, psiholoških, fizioloških i financijskih utjecaja štednje, utemeljenih na pažljivijem održavanju temperatura svih grijanih prostorija. Tako se, na primjer, ovi efekti postižu snižavanjem temperatura grijanja pri odsustvima iz stana, ili snižavanja temperatura prostora gdje su moguće ili poželjne niže temperature. U ovom području ili "fazi" racionaliziranja potrošnje topline se, namjerno, ali bez pogoršavanja opće udobnosti stanovanja, za svaki stupanj nižih temperatura prostora postiže 6% ušteda topline. Primjera radi, stanar u individualiziranom sustavu grijanja, za vrijeme duljeg ili kraćeg odsustva, može štedjeti sve do razine dogovorenog praga osnovnih troškova, a to je u suvremenim sustavima individualiziranja 50 do 70% energije grijanja.

Sveukupna, prosječna i racionalna smanjenja utroška topline (6) u nas, kako skupna u zajedničkim prostorima i zgradi, tako i osobna u vlastitim stanovima, mogu donijeti dragocjene uštede, koje po prosječnom stanu dostižu i do 30% ukupne topline grijanja.

Najvažnija i posve pozitivna značajka individualiziranih sustava obračuna troškova grijanja i vode je, da oni omogućavaju i snažno stimuliraju potrošače, da u svakoj pogodnoj prilici, po svojoj volji, i uglavnom ugodno, a posebice "u svoja četiri zida" uredno i racionalno troše, ili pak štede, toplinsku energiju i vodu.

9. PRIKUPLJANJE I DALJINSKI PRIJENOS PODATAKA

Najsuvremeniji sustavi grijanja i opskrbe vodom, s podsustavima individualiziranja troškova, imaju opremu za prikupljanje, daljinski prijenos i centraliziranu računalnu obradu podataka (slika 3-E, F, G).

Ovakvom opremom se znatno unaprijeđuju nadzor, i povećava "komfor" očitavanja podataka. Ujedno se povećavaju ukupne uštede u poslovima individualiziranja troškova grijanja i uporabe vode. To se postiže na više načina od kojih su najvažniji:

- 1) Prikupljanjem i prijenosom podataka, putem lokalnih podsustava i računalskih, koaksijalnih ili optičkih sabirnica (PSPP), te prijenosom podataka do nadređenih centralnih sustava obračuna, ispostave i naplate računa.
- 2) Prikupljanjem i prijenosom podataka iz lokalnih ili daljinskih centara nadzora, putem radiokomunikacijskih ili drugih sustava prijenosa podataka (PP), do nadređenih centara obračunavanja, ispostave računa i naplate troškova (CS).

Podsustav PSPP (slika 3E), ima slijedeće glavne cjeline: Opremu prikupljanja podataka mjerenja ukupne topline primljene u toplinsku stanicu (QTu), predane topline u podsustav grijanja (QTg), toplinske energije ogrjevnice (QTv) i hladne vode (QHv), opremu prijenosa signala s elektroničkih razdjelnika na ogrjevnim tijelima (QOT), opremu prijenosa podataka o vanjskim temperaturama, o reguliranju temperatura prema programima, prijenosa podataka između dije-

lova podsustava, prijenosa podataka o nadzoru toplinske stanice, i podataka, i nadzoru podsustava grijanja korisnika. Podsustav PP (slika 3F), je obično daljinski PTT, ili radijski podsustav prijenosa podataka na udaljene, nadređene centre obračuna i naplate troškova (slika 3G).

Starije izvedbe takvih sustava, na primjer pri "ručnom" prikupljanju podataka s isparničkih razdjelnika topline, i podataka s ostale opreme podsustava mjerenja, formirane su drugačije. Kod njih lokalni korisnički centri prikupljanja podataka, mogu biti smješteni u zgradama potrošača ili odijeljeno, i drugačije, ponekad samo administrativno, povezani s nadređenim centrima obračuna i naplate troškova.

10. USPOSTAVA INDIVIDUALIZIRANIH SUSTAVA OBRAČUNA TROŠKOVA GRIJANJA I UPORABE VODE

Iako su osnovni dijelovi i uređaji individualiziranja, mjerenja i obračuna topline i vode, relativno jednostavni i jeftini, suvremeni sustavi individualiziranja troškova su složeni, ali i vrlo rentabilni.

Složenost i osjetljivost poslova uspostave i djelovanja sustava individualiziranog trošenja i plaćanja računa, prvenstveno je posljedica njegove ukupne i logičke složenosti [9, 10].

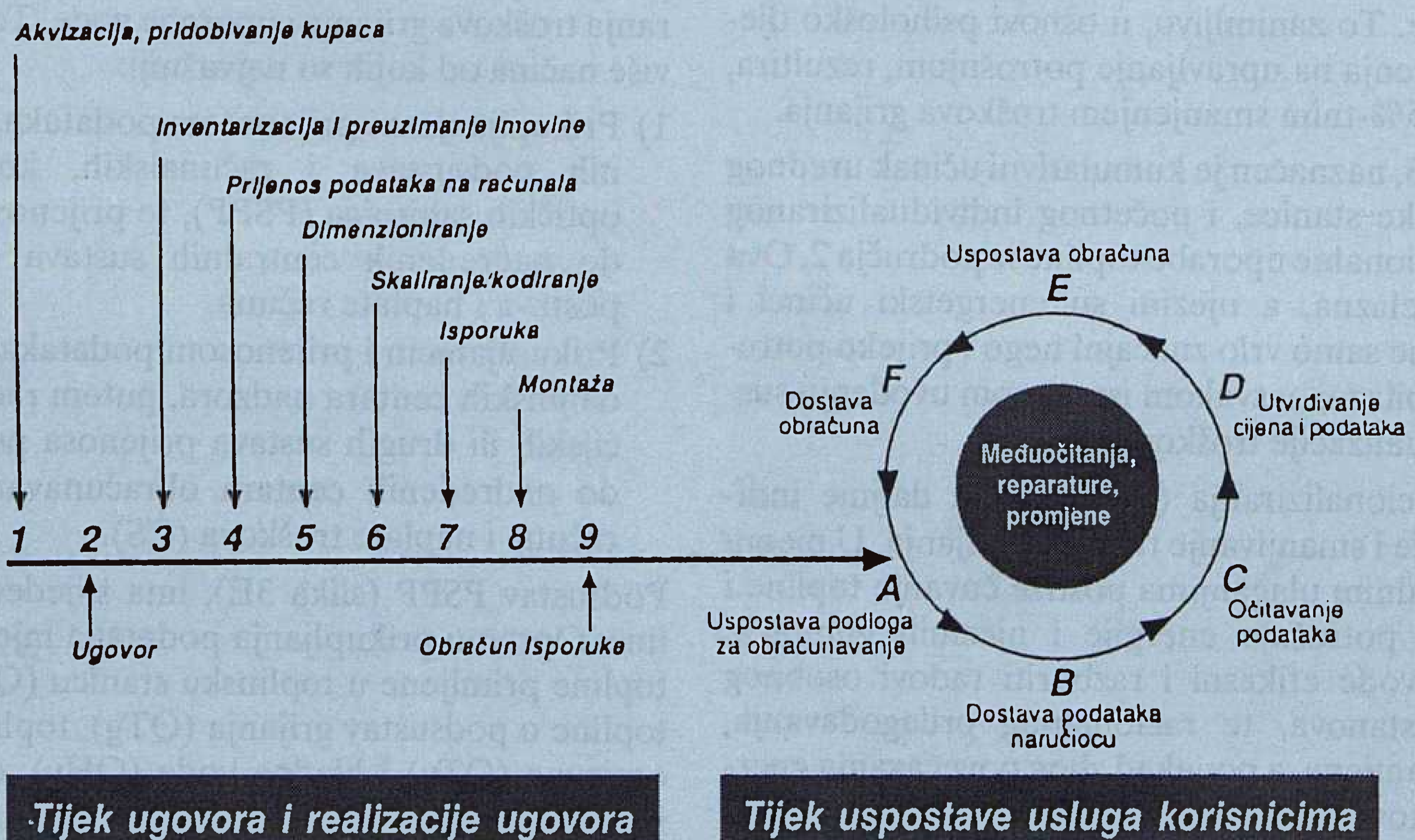
Zapravo ove sustave tvori mnoštvo "distribuiranih" korisnika: tu je prije svega mnoštvo korisnika ("čovjek"), kompleksi distribuiranih procesnih dijelova ("proces"), i složeni i distribuirani podsustavi mjerenja i vođenja ("automatika"). Da bi ovaj sustav uredno funkcionirao,

osim dobre volje korisnika, mora se zadovoljiti i mnoštvo drugih uvjeta, a prije svega prijeko potrebna zakonska regulativa, kao realan temelj urednog obavljanja svih poslova.

Stoga se uspostava ovih sustava sastoji od mnoštva složenih i osjetljivih djelatnosti. Djelatnosti se mogu podijeliti na dvije osnovne skupine poslova: djelatnosti s poslovima ugovaranja i uspostave ili građenja sustava, i djelatnosti s poslovima uspostave usluga potrošačima, odnosno poslovima vođenja sustava.

Prva skupina poslova počinje s akvizicijom ili "pridobivanjem" budućih korisnika, koje treba prikladno educirati, motivirati i upoznati s činjenicom, da neće biti samo obični kupci opreme, nego i buduću aktivni korisnici sustava. Nakon odluke i ugovaranja gradnje i uvođenja sustava, pristupa se snimanju ("inventarizaciji") postojećeg stanja podsustava grijanja. Potom se snimljeni podaci prenose na razvojna računala, s kojima se provjere svi važni podaci o dijelovima podsustava, a naročito dijelovi dobave energije (toplinske stanice i dr.) i svi tehnički podaci trošila topline. Nakon toga se, po potrebi, izvrše uređivanja onih dijelova podsustava i trošila, koji ne odgovaraju realnim potrebama. Skaliranjem i kodiranjem određuju se vrste i područja pokaznih skala razdjelnika topline, ovisno o vrsti i snazi ogrjevnih tijela. Tako, na primjer, za jednu grupu isparničkih razdjelnika postoji 107 osnovnih vrsta skala očitavanja, koje pokrivaju 60.000 poznatih izvedbi ogrjevnih tijela. Elektronički razdjelnici se skaliraju i programiraju posebnim postupcima. Nakon toga se isporučuje, montira i pušta u uporabu ukupna oprema sustava.

Najvažniji poslovi uspostave sustava obračuna prema potrošnji



Slika 6. Prikaz najvažnijih poslova uspostave i uvođenja sustava individualiziranog očitavanja podataka i obračuna troškova grijanja

Drugi glavni, složeni i "osjetljivi" dio poslova odnosi se na djelovanje sustava, u kojem se poslovi obavljaju ciklički, kako u fazi puštanja u pogon, tako i u kasnijem normalnom pogonu. Prvo se formuliraju obrasci s podacima potrebnim za obračunavanje, koji se dostavljaju korisnicima, i po kojima se izvodi očitavanje podataka sa razdjelnika. Suvremenim prikupljanjem i prijenosom bitno se smanjuju neposredni poslovi s korisnicima, i osigurava pravodobno, točno i vjerodostojno očitavanje podataka. Obvezatne višestruke provjere vjerodostojnosti svih podataka svakako su zamršeniji poslovi djelovanja sustava. Nakon provjere i utvrđivanja svih podataka o cijenama, i unošenja promjena, izvodi se obračunavanje, i računi dostavljaju korisnicima. Za vrijeme normalnog rada sustava izvode i sva kontrolna i ostala očitavanja, eventualni popravci opreme, te u osnovne podatke korisnika unose odgovarajuće promjene.

Sustavi su građeni i sigurni, tako da su zlouporabe opreme ili podataka tijekom cjelokupnog rada sustava maksimalno onemogućene, kako odgovarajućim pečaćenjem opreme, tako i računalskom zaštitom podataka.

11. ZAKLJUČAK

Bitno kasnimo s uvođenjem suvremenih sustava individualiziranja troškova grijanja i uporabe vode. Za njihovo uvođenje nemamo odgovarajuće zakonske regulative. Nepotrebno i previše trošimo energenata i vode. Ne čuvamo okolinu koliko trebamo i možemo.

U poslove na poboljšanju postojećeg stanja trebamo poći neodgodivo, odmah. Dragocjeni efekti će biti veliki. Usmjeravanjem poslova odgovarajućih stručnjaka na povećanju energetske efikasnosti svih dijelova energetskih sustava, a posebno na unapređivanju racionalne potrošnje toplinske energije, za nekoliko godina ćemo, uz pet do šest puta manje troškove, nadomjestiti postojeće, i mnoge buduće izvore sa stotinama megavata djelatne snage, te uštedjeti odgovarajuće količine toplinske energije.

LITERATURA

- [1] "Energija u strategiji razvitka grada Zagreba", Poglavarstvo grada Zagreba, Zagreb 1992.
- [2] "Energija u Hrvatskoj 1990.-1994." Ministarstvo gospodarstva Hrvatske, 1995.
- [3] "Program racionalnog korištenja energije", Republički komitet za energetiku i industriju SRH 1998.
- [4] "Statistički ljetopis" Republike Hrvatske, 1996.
- [5] W. FRANKE: "Heizkostenabrechnung nach verbrauch, modernisierungs magazin" 5/6/95, Sonderdruck von TECHEM AG.
- [6] "Prospektna tehnička i opća dokumentacija tvrtki Techem, Danfoss i Raab karcher o opremi i sustavima prikupljanja i obrade, podataka i ispostavljanja računa za potrošenu toplinu i vodu"

- [7] M. KAMENSKI: "Toplinska energija i njezino mjerenje", EEG, No. 16, 12/96.
- [8] B. POLJAK: "Mogućnost racionalne potrošnje energije u stambenim zgradama priključenim na daljinska grijanja", EEG, No. 15, 9/96.
- [9] F. RAJIĆ: "Automatika i kultura vođenja energetskih sustava", EEG, No. 16, 12/96.
- [10] F. RAJIĆ: "Jesmo li spremni za individualizaciju troškova grijanja i uporabe vode", Interklima 97.

ENERGY SAVING SYSTEMS USING INDIVIDUAL PAYMENT OF HEATING AND WATER COSTS

The costs of heating energy in centrally heated rooms as well as the costs of cold and hot water usage follow the social criteria. This mainly applies to urban settlements in Croatia.

Although in cities, as for instance in Zagreb, a lot has been done to improve the quality of the system, of the measuring and regulation equipment for heating energy and water, and significant fuel savings have been achieved, this is not enough. Therefore up-to-date rational saving measures should be introduced, thus stimulating "individualization" instead of "socialization" of the costs. Each flat, room and heating unit as well as each major hot or cold water consumption point should be equipped with suitable measurement and regulation devices.

DIE SYSTEME DER RATIONALISIERUNG DES ENERGIVERBRAUCHES DURCH DIE INDIVIDUALISIERUNG VON HEIZUNGS- UND NUTZWASSER-KOSTEN

Die Wärmeverbrauchskosten in den zentralgeheizten Räumen, sowie die Benutzungskosten von Kalt- und Warmwasser sind bei uns überwiegend sozialisiert. Das bezieht sich hauptsächlich auf Wohngebiete in den urbanen Regionen von ganz Kroatien.

Obwohl in den größeren Städten, z. B. in Zagreb für die Vervollkommnung des Systems und der Mess- und Regelgeräte des Wärme- und Wasserverbrauches viel getan wurde und dadurch große Ersparnisse erreicht sind, ist das allgemein betrachtet keinesfalls zufriedenstellend. Darum müssen neue, zeitgenösse und vernünftige Sparmaßnahmen unternommen werden. Diese Maßnahmen müssen dazu statt "Sozialisierung" die gerechte "Individualisierung" der Kostenverteilung einführen. Das alles käst sich durch den Einbau angemessener Meß- und Regelanlagen für jede Wohnung, Raum und Heizkörper, sowie an jeder grosseren Verbrauchsstelle von Warm- und Kaltwasser, erreichen.

Naslov pisca:

Florijan Rajić, dipl. ing.
Omiška 18
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1998-04-02.



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICI ELEKTRIČNIH KABELA

TEMELJI POKRETNIH RADIOKOMUNIKACIJA - II. DIO: PLANIRANJE MREŽA

Mr. sc. Dubravko S a b o l i ć, Zagreb

UDK 621.396.4
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Rad prikazuje osnovna pravila koja vrijede u području organizacije mreže baznih postaja mobilnog sustava, glede razdiobe u prostoru i zaštite od istokanalnih, susjednokanalnih i intermodulacijskih smetnji, te zakonitosti vezane uz očekivano prometno opterećenje. On također daje doprinose analizi intermodulacijskih smetnji između susjednih kanala, te sistematizaciji kvantitativne usporedbe kvalitete različitih projektnih rješenja jednog mobilnog sustava.

Ključne riječi: mreža baznih postaja, istokanalna smetnja, susjednokanalna smetnja, intermodulacija, prometni zahtjev, optimizacija.

Uvod

Svrha mreža mobilnih radiokomunikacija je pokrivanje određenog, obično dosta velikog, terena signalom, kako bi se omogućilo korištenje pokretnih radijskih postaja (mobilnih telefona) na čitavom tom prostoru. Jasno je da jedna bazna postaja (ponekad pogrešno nazivana repetitorom) ne može pokriti neograničeno veliki teritorij. Udaljavanjem od bazne stanice prijamni signal slabi, a osobine slabljenja valova koji propagiraju u blizini Zemljine površine obradili smo u prošlom nastavku ove serije.

Podizanjem snage baznog odašiljača proporcionalno se povećava prijamna snaga signala u svakoj točki okolnog terena. To znači da se u stvari područje pokrivanja širi. Dakako, prijamni signal koleba u vremenu, a to se izražava njegovim statističkim parametrima: vjerojatnošću prekoračenja po vremenu i po lokacijama, rasipanju, te tipu zamiranja (engl. fading). Prema tome, podizanjem snage baznog odašiljača širi se zona unutar koje su statistički parametri signala zadovoljavajući za prijam. To širenje radi složene konfiguracije terena nije jednako u svim smjerovima, pa je oblik područja pokrivanja općenito različit od kruga.

Kod sustava sa jednosmjernim prijenosom (npr. radio, TV), podizanjem snage odašiljanja s uobičajeno dosta visoke lokacije, te formiranjem prostornog dijagrama zračenja, može se postići pokrivanje stotinama km u okolini, pogotovu u I. pojasu televizije (niske frekvencije, oko 50 MHz). Zanimljivo ovoga trena da bi tako jaka emisija mogla ometati udaljene korisnike istoga TV kanala. Kod sustava s bilo kojom, semidupleksnom ili dupleksnom 1, vrstom dvosmjerne veze, i bazne i

mobilne stanice su primopredajnici. Lako je podizanjem snage bazne postaje proširiti zonu dobrog prijama na prijamnicima *mobilnih* uređaja koji se nalaze na većim udaljenostima. Međutim, mobilni uređaj, koji je vrlo ograničen svojim malenim dimenzijama i skromnim kapacitetom baterija, ne može podizati svoju snagu zračenja iznad neke male razine (danas tipično 2 W, s gornjom granicom oko 10 W za automobilske uređaje). Zato su zone pokrivanja dvosmjernih sustava unaprijed ograničene tim faktorom. U suprotnom, bilo bi nemoguće ostvariti vezu u kojoj mobilna stanica odašilje, a bazna prima signal. Točno je da konstruktori opreme za bazne stanice imaju više mogućnosti pozabaviti se osjetljivošću prijamnika, koristeći se bogatijim izborom antenskih sustava, višestrukog prijama (engl. diversity), te kvalitetnijih pojačala, zbog čega je najčešće dopustivo da mobilna stanica zrači nešto manjom snagom nego bazna. Svejedno, ta razlika iznosi najviše nekoliko dB. Osiguravanje dovoljne prijamne razine za mobilne stanice na čitavom terenu, kao i istodobno za baznu stanicu u suprotnom smjeru veze, naziva se osiguravanjem *ravnoteže snage*. Glede toga razlikujemo *klase* mobilnih stanica po njihovim nazivnim vršnim snagama. Premda sve one imaju identične prijamnike (naravno, ako su istog tipa i od istog proizvođača), njima se ne možemo služiti jednako komforno. Odaberemo li stanicu niže klase (niže snage), ona će biti fizički manja i lakša, a jedno punjenje baterija će joj trajati duže. Međutim, dostupnost mreže na terenu neće biti tako dobra kao kod stanica veće snage. Razlog je tome što izlazna snaga odašiljača mobilne stanice neće uvijek biti dovoljna za postizanje dovoljne prijamne razine na ulazu prijamnika bazne. Prema tome, kada govorimo o kvaliteti pokrivanja

terena, moramo imati u vidu oba smjera veze. Smjer u kojemu bazna stanica odašilje, a pokretna prima, često se naziva *silaznom vezom* (engl. down link), a smjer u kojemu pokretna stanica odašilje, a bazna prima, zove se *uzlaznom vezom* (engl. up link). Ta dva smjera kod dupleksnih sustava najčešće su, ali ne uvijek, raspregnuta frekvencijom, tako da jedan radi na jednoj, a drugi istodobno na drugoj. U tom slučaju redovito uzlazna veza radi na nižoj frekvenciji, jer ona u pravilu ima bolje uvjete propagacije, i jer se up link veza smatra problematičnijom u tom smislu. Takav način dupleksiranja naziva se kratko FD (engl. Frequency Duplexing). Moguće je, ali samo u digitalnim sustavima, da se intervali prijama i predaje naizmjenice smjenjuju u vremenu. tada je riječ o vremenskom dupleksiranju TD (engl. Time Duplexing). Napokon, najbolje je koristiti kombinaciju obje ove metode, naime FD-TD.

Ograničenost veličine zona pokrivanja baznih stanica implicira potrebu za njihovim većim brojem, želi li se pokriti prostrani teren, npr. jedan veliki grad ili država. U takvom slučaju, zonu teren na kojemu svojom jakošću dominira signal jedne bazne postaje nazivamo njenom *ćelijom* (engl. cell), odnosno *zonom usluge* (engl. service area ili zone of service). Odatle česti nazivi "celularna mreža" i "celularni telfon". Više ćelija zajedno čine *mrežu ćelija*, a njihove bazne postaje oformljuju *mrežu baznih stanica*. Tu mrežu treba organizirati na zadovoljavajući način, što će biti tema ovoga nastavka serije "Temelji pokretnih radiokomunikacija".

Jasno je da susjedne ćelije načelno trebaju raditi na različitim frekvencijama (osim kod CDMA sustava). Tako se izbjegavaju međutjecaji (preslušavanje) veza ostvarenih u susjednim ćelijama. Ovdje ćemo vidjeti koja pravila vrijede prilikom dodjele frekvencija baznim stanicama u prostorno organiziranoj mreži. Pri razmatranju smetnji općenito, važno je primijetiti da je razina smetajućeg signala koju ćemo osjetiti kao *smetnju* mnogo manja od razine korisnog signala potrebne za kvalitetan prijam. Također, da bi nas smetnja iritirala, dovoljno je da se pojavljuje na mnogo manjem postotku lokacija i vremena, nego li koristan signal. Zato se *zone istokanalnog ometanja* baznih stanica protežu *mnogo dalje* nego li njihove zone pokrivanja. S obzirom da je broj radio kanala namijenjen nekom sustavu i nekom njegovom operateru u nekoj zemlji ograničen, vjerojatno će se u velikim celularnim mrežama frekvencije rada kanala morati ponavljati diljem pokrivenog terena. Pri tome treba paziti da se *zone kvalitetnog prijama* (vidjeti odjeljak 1.1.1) baznih postaja koje rade na istom setu kanala ne dodiruju. To ima izravnog utjecaja na topologiju mreže i obrazac višestrukog prostornog iskorištenja frekvencija FRP (engl. Frequency Reuse Plan).

Rezimirajmo: maksimalna veličina ćelija, kojoj odgovara neka snaga baznih odašiljača, ograničena je najnižom klasom mobilnih uređaja za koju je još osigu-

rano pokrivanje na cijelom terenu, geografskim osobinama terena, a u urbanim sredinama, kako ćemo vidjeti, i očekivanim prometnim opterećenjem. S druge strane, potreban frekvencijski spektar, tj. broj kanala, ovisi o prometnom zahtjevu, shemi ponavljanja frekvencija (FRP), koja je ponajprije funkcija upotrijebljenog sustava, te veličini ćelija. FRP i veličina ćelija određuju, naravno, gustoću ponavljanja frekvencija po terenu. Prema tome, pred sobom imamo svojevrsno vrzino kolo, zatvoren krug međusobno ovisnih parametara. Planiranje sustava pokretne telefonije zato uopće nije lak zadatak. Loše osmišljavanje mreže može proizvesti strašne investicijske, ili pak eksploatacijske štete, radi nepotrebne nabavke suvišnih uređaja i pripreme suvišnih baznih postaja u prvom slučaju, odnosno disfunkcionalnosti nedovoljno kapacitiranog sustava u drugom. Ovaj nastavak "Temelja pokretnih radiokomunikacija" pozabavit će se fundamentalnim aspektima planiranja sustava pokretne telefonije.

1. PROSTORNI RAZMJESTAJ BAZNIH POSTAJA

1.1. Smetnje radi rasporeda baznih stanica

Primjena radijskih sustava ograničena je mogućnošću postizanja dovoljno dobrog prijama, unatoč svim vrstama šuma i ostalih smetnji koje se pojavljuju u njemu. Postoji jedna skupina smetnji koje ne dolaze "izvana", već su inherentne za pojedine komunikacijske sustave. U mobilnim mrežama dolazi mahom do ovih:

Istokanalna smetnja potječe od smetajućeg odašiljača koji radi na istom kanalu kao i korisni. To nastaje radi nužnog ponavljanja istokanalnih ćelija po terenu. Dominantan utjecaj ima odašiljač smetajuće bazne stanice na prijammik smetane mobilne stanice, i to zato što bazne postaje listom imaju znatno veće efektivne visine od mobilnih, tako da ove potonje mogu svojim odašiljačima znatno slabije ometati udaljene istokanalne bazne stanice. Postavlja se pitanje, koja je minimalna udaljenost potrebna, a da bi u svakoj od dvije istokanalne ćelije prijam bio ometan istokanalnim signalom one druge, u postotku vremena i lokacija manjem od najvećeg tolerabilnog. Ta se udaljenost obično naziva *zaštitnom udaljenošću* za istokanalnu smetnju [1].

Smetnja susjednog kanala potječe od odašiljača koji radi na susjednom kanalu. S obzirom da spektar zračenja odašiljača nije ograničen strogo na radni kanal, već dio radiofrekvencijske energije "bježi" i u susjedne pojaseve, susjedni kanal može značajno utjecati na kakvoću prijama. Osnovni mehanizmi ovoga djelovanja su direktan upad smetnje u kanal i nelinearno miješanje bočnih pojaseva korisnog i smetajućeg signala. U današnjim prijammicima selekcija kanala je vrlo dobra, ali se ona ostvaruje pretežno u međufrekvencijskom stupnju. Prije toga postoje širokopojasno ugođeni ulazni stupnjevi pojačala, preko

kojih susjednokanalna smetnja prodire do miješala, sklopa s vrlo izraženom nelinearnošću.

Smetnja zrcalnog kanala je specifikum heterodinskih prijamnih sustava, a danas su mahom svi takvi. Riječ je o tome da su prijarnici gotovo uvijek građeni tako da se, odmah po početnom pojačanju antenskog signala, frekvencija kanala spušta na uvijek istu vrijednost, tzv. *međufrekvenciju*. To se radi nelinearnim miješanjem signala *lokalnog oscilatora*, frekvencije f_{LO} , sa izvornim signalom frekvencije f_K . Jedna od rezultatnih frekvencija je i međufrekvencija, $f_M = f_{LO} - f_K$. Ona se izdvaja vrlo selektivnim filtrima i dalje se obrađuje. Prema tome, kanal na koji je prijarnik ugođen u osnovi se mijenja promjenom f_{LO} . Frekvencija korisnog kanala je uvijek za f_M niža od f_{LO} . Ako, međutim, postoji i signal smetnje na frekvenciji jednakoj $f_S = f_{LO} + f_M$, on će nelinearnim miješanjem s lokalnim oscilatorom dati, među inima, i komponentu $f_S - f_{LO} = f_{LO} + f_M - f_{LO} = f_M$, dakle međufrekvenciju, te će se ubaciti kao smetnja točno u selektirani pojas korisnoga signala. Prisustvo zrcalnog kanala spada u najneugodnije smetnje, koje se mogu pojaviti u sustavima kojima je dodijeljeni spektar širi od dvostrukog iznosa međufrekvencije, $2f_M$. Međufrekvencija tipično iznosi nekoliko MHz.

Smetnja od svih aktivnih stanica pojavljuje se kao ekscresni šum. Svaka emisija u mreži doprinosi ukupnoj energiji smetnji prisutnih u eteru. Sve što se nepotrebno zrači, sigurno nikome ne koristi, a nekome se javlja kao smetnja. Stoga moderni sustavi, kroz različite procedure znane kao *kontrola snage*, uvijek održavaju snagu zračenja *svake* pojedine aktivne mobilne i bazne stanice na *minimalnoj* razini koja je još dovoljna za pouzdanu vezu.

Sve četiri nabrojene vrste smetnji u izravnoj su vezi s topologijom mreže ćelija, i one su u većoj ili manjoj mjeri neizbježne. Performancije sustava ovise o tome koliko se uspješno projektant uhvati u koštac s njima. U sustavu dominiraju istokanalne smetnje. Dočim prve tri vrste direktno proistječu iz prostorne organizacije mreže, četvrta, a s njom u vezi konkretan primijenjeni algoritam kontrole snage, utječe na minimalno ostvarive zaštitne udaljenosti, dakle na samu topologiju.

1.1.1. Zona kvalitetnog prijama

Zona uokolo bazne stanice u kojoj se može očekivati kvalitetan prijam ne ovisi samo o jakosti i statistici njenog korisnog signala, već i o jakosti i statistici bilo koje vrste smetnji.

Za svaku od tih smetnji postoji nekakav odnos korisnog i smetajućeg signala, koji ćemo obilježavati simbolom A , a koji je nužno potreban za dobar prijam. A se najčešće izražava u dB. Taj zaštitni odnos svojstvo je *konkretne vrste radiokomunikacijskog sustava* proisteklo iz modulacijskog postupka, vrsti prenošene informacije, širine pojasa, itd. On se određuje teorijskim ili empirijskim metodama. Kod sustava koji prenose npr. govor, empirijski se određuje A kao onaj najmanji od-

nos signala i u pokusu namjerno unošene smetnje, kod kojega je srednja *subjektivna* ocjena MOS (engl. Mean Opinion Score), izračunata kao aritmetička sredina ocjena (npr. od 1 do 5, kao u školi) danih od strane mnogobrojnih zdravih slušača, kojima je pokazana referentna kvaliteta i njoj odgovarajuća ocjena, te razjašnjen način ocjenjivanja, veća ili jednaka definiranoj minimalnoj "prolaznoj" ocjeni. Na taj način elegantno se izbjegavaju mnoge teorijske zavrzlake, a i uzima se u obzir ono što je doista najbitnije - zadovoljstvo prosječnog korisnika pruženom uslugom. Analogni mobilni sustavi sa FM modulacijom i širinom pojasa od 25 do 30 kHz (npr. NMT-450, primijenjen kod nas u mreži 099), traže A od 18 dB. Sustavi druge generacije zahtijevaju manje: za dobar rad GSM-a (kod nas mreža 098) traži se 9 do 12 dB, ovisno o nekim sada nama nevažnim tehničkim detaljima.

S obzirom da i korisno i smetajuće polje kolebaju u vremenu i prostoru, kako je opisano u [2], razlika njihovih decibelskih razina također koleba, pa ima svojstvene statističke parametre: rasipanje i vjerojatnost prekoračenja po lokacijama i vremenu. Stoga nije dovoljno reći koliko velik mora biti odnos A , već i u kojem postotku lokacija i vremena je dopustivo da razlika nivoa korisnog signala E_K i smetajućeg signala E_S prekorači decibelsku vrijednost A . Naravno, mi želimo da su ti postoci čim manji. No, stavimo li nerealno male vrijednosti, zaštitne udaljenosti istokanalnih odašiljača mogle bi postati suviše velike, a radi toga možda ne bismo mogli osigurati dovoljnu prometnu opteretivost mreže uz zadržavanje tražene niske vjerojatnosti blokade (vidjeti poglavlje 2). Prema tome, moramo pristati na kompromis. Uobičajeno je tražiti da vjerojatnost prekoračenja veličine A ne bude ni po lokacijama, ni po vremenu, veća od 1% ($L=1\%$, $T=1\%$, vidjeti [2]).

Kada je riječ o istokanalnoj smetnji, *zona kvalitetnog prijama*, koja odgovara terenu na kojemu je odnos signala i istokanalne smetnje bolji od A u tom smislu da on može pasti ispod A samo na $L\%$ lokacija i u $T\%$ vremena, može se odrediti korištenjem CCIR modela, naravno ako je on bio korišten u proračunu sustava. Kod razmatranja istokanalne smetnje ključne pretpostavke su da je vremensko rasipanje signala smetajuće bazne stanice mnogo veće nego li korisne, jer je ona mnogo udaljenija od smetnjom pogođene mobilne stanice, te da je istodobno prostorno rasipanje obaju signala približno jednako, jer ono ovisi o konfiguraciji terena, a ne o udaljenosti. Pod tim pretpostavkama lako se izvodi kriterij 1 za određivanje zone kvalitetnog prijama s obzirom na istokanalnu smetnju:

$$E_K(50,50) - E_S(50,100 - T) \geq A - \sqrt{2} \cdot R^{\%lok}(L). \quad (1)$$

$R^{\%lok}(L)$ nalazi se iz grafa korektivnih faktora za postotak lokacija različit od 50%, koji je dan u [2, sl. 8]. Proračun razina korisnog i smetajućeg signala $E_K(50,50)$ i $E_S(50,100-T)$ mora se obaviti potpuno, sa svim potrebitim korekcijama danim u [2, jedn. (37)], naravno,

prema odgovarajućim CCIR krivuljama. Očigledno je ovaj izračun potrebno za svaki smjer ponoviti više puta, sve dok se ne "napipa" prava vrijednost lijeve strane izraza (1). Uočimo da je desna strana konstanta. Dovršenjem numeričkog postupka dobit ćemo rub zone kvalitetnog prijama za danu baznu stanicu i danu smetajuću postaju. S obzirom da zone radi složenosti konfiguracije terena nemaju pravilan (kružni) oblik, principijelno nije dovoljno obraditi samo smjer linije koja spaja dva istokanalna bazna objekta, već treba provjeriti i prilike u okolini te crte. Zona kvalitetnog prijama svake pojedine bazne postaje mora u cijelosti sadržavati u sebi *njenu ćeliju*. U stvarnosti, kako ćemo vidjeti kasnije, svaku baznu lokaciju može okruživati 6 najbližih istokanalnih stanica na približno jednakim udaljenostima. Stoga bi najispravnije bilo odrediti kompletne zone kvalitetnog prijama. Vjerojatno čitatelj naslućuje *golem* računalni napor koji bi trebao stajati iza takvoga pothvata. No, kako napreduje razvoj računala, tako taj problem postaje sve manji. Praktično, ako su bazne postaje razmještene sukladno pravilima i dobrim običajima struke, na crti spojnici dvaju istokanalnih objekata, u nama zanimljivom području blizu rubova njihovih zona, smetnje potekle od ostalih istokanalnih postaja mogu se posve zanemariti. Zato je uvijek potrebno ispitivati samo *parove* istokanalnih baznih stanica.

Ako je definiran potreban odnos signala i smetnje za susjednokanalnu, ili pak zrcalnu smetnju (označimo bilo koji od ta dva odnosa sa A'), tada se kriterij za određivanje zone kvalitetnog prijama pronalazi na sličan način, ali bez zanemarivanja vremenskog raspisanja korisnog signala, jer razine korisnog i smetajućeg signala mogu biti mnogo bliže nego li u slučaju istokanalne smetnje [1]. Vrijedi kriterij:

$$E_K(50, T) - E_S(50, 50) \geq A' - \sqrt{2} \cdot R^{\% \text{lok}}(L). \quad (2)$$

Najčešće je ipak istokanalna smetnja dominantna, pa je važnije odrediti granice zona kvalitetnog prijama prema (1), a proračun prema (2) se ne izvodi.

U stvarnosti, najbliži skup istokanalnih smetajućih odašiljača čini u principu njih 6. Zašto je tome tako, vidjet ćemo malo kasnije. Time se povećava postotak lokacija unutar ćelije korisnog odašiljača na kojima je unutar $T\%$ vremena narušen zaštitni odnos A . Novi postotak L^* , u kojemu se događa narušavanje odnosa A , računa se pod određenim pretpostavkama ovako:

$$L^* = 100 \cdot \left[1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{L_i}{100} \right) \right]. \quad (3)$$

Tu je n ukupan broj smetajućih odašiljača baznih stanica, a L_i je postotak lokacija na kojemu se događa narušavanje A radi djelovanja i -tog smetajućeg odašiljača (postotak koji ulazi u proračun (1)). Spomenute pretpostavke su ovakve: signali korisnog i svih smetajućih odašiljača nisu korelirani ni po

vremenu ni po lokacijama, a u bilo kojoj *točki* (dakle, ne globalno u čitavoj zoni korisnog odašiljača) dominira samo jedan od svih n smetajućih odašiljača. Ovdje je važan pojam točke. Naime, čitatelj vjerojatno razaznaje da je smetnja istokanalne bazne stanice adresirana na *mobilnu* stanicu koja se nalazi na jednom mjestu unutar zone korisne bazne postaje.

1.2. Organizacija mreže baznih postaja i raspored kanala

Sada moramo razmotriti možda i najvažnije pitanje u realizaciji mobilnih mreža, a to je pitanje topologije, odnosno prostorne organizacije razmještaja baznih postaja i njma pripadajućih ćelija. Teorija koja pokriva ovo područje nastala je temeljem toliko jednostavnjenih premisa, da u praksi zapravo ne može poslužiti nekoj očiglednoj svrsi. Problem je u tome što teorija, prezentirana primjerice u 1, ima slijedeća polazišta: teren je potpuno ravan ili barem izotropan, tako da su propagacijske prilike iste svugdje i u svim smjerovima. Efektivne visine svih antena baznih postaja su jednake, kao i snage i kružni dijagrami zračenja. Raspored baznih postaja po terenu i kanala po baznim postajama je pravilan. Doda li se tome zakon 4. potencije 2, dobija se slika u kojoj se može obaviti analiza *najlošijeg mogućeg slučaja* glede istokanalnih smetnji. Zašto?

Vratimo se u [2] i pogledajmo sliku na kojoj su dane CCIR krivulje širenja. Na svima njima linijom crta - točka nacrtan je zakon 4. potencije. Primijetimo da, što je veća udaljenost od odašiljača d , to je razlika između stvarnih krivulja propagacije i zakona 4. potencije veća. Drugim riječima, na velikim udaljenostima zakon 4. potencije precjenjuje jakost polja više nego li na malima. Znamo da istokanalna smetnja dolazi s mnogo veće udaljenosti nego korisni signal. Zato je smetnja zakonom 4. potencije precijenjena za veći faktor nego korisni signal, pa prilike analizirane pomoću toga zakona izgledaju lošije no što stvarno jesu. Prema tome, analiza u idealiziranim okolnostima daje najlošiji mogući slučaj interferencije, pa se doista radi o dobrom načinu procjene *limita* kojega može dostići određena tehnologija, karakterizirana u osnovi vrijednošću A . Tu je prava vrijednost teorije. Ona omogućuje usporedbu paralelno osmišljavanih tehnoloških sustava *prije* ulaska u njihovu potpunu komercijalnu realizaciju. Bilo bi rasipnički razviti nekoliko sličnih sustava, zatim pokusima pronaći koji je od njih najbolji, te na kraju odbaciti sve ostale.

Teorija, međutim, polazi od topologije. U praksi je topologija određena s jedne strane prometnim zahtjevom terena i osobitostima korištenog sustava mobilne telefonije, ali u znatnoj mjeri i o geografskim osobinama terena, što unosi mnoge komplikacije. Bitna stvar je i *dodijeljeni broj kanala*, kojega graditelj sustava dobiva od državne agencije za telekomunikacije (kod nas je to Ministarstvo pomorstva, prometa i

veza). Planer sustava mora na temelju svoje procjene prometnog zahtjeva i osnovnog topološkog rješenja izračunati (vidjeti poglavlje 2) kolika je količina frekvenzijskog spektra potrebna za njegovu buduću mrežu. On takav zahtjev treba podnijeti državnoj agenciji, koja će mu omogućiti korištenje najčešće takvoga, ili eventualno manjeg broja kanala. (Rijetko se događa da netko dobije više kanala nego je zatražio.) Bilo kako bilo, nadalje se projektant mora snaći s dodijeljenim brojem kanala. To je polazište od kojega se kreće, a na kojega planer i projektant mogu znatno utjecati. Prema tome, loše izračunat prometni zahtjev proizvest će dodjelu premale ili prevelike porcije spektra, a loše posljedice bilo kojeg slučaja su evidentne.

Odabir ovog ili onog sustava automatski nameće karakterističnu veličinu A i najpovoljniju moguću shemu FRP. Što je nužna zaštitna margina za istokanalne smetnje A veća, to mora biti veći omjer udaljenosti istokanalnih baznih postaja i radiusa zona usluge, tj. to shema FRP sadrži više ćelija (vidjeti malo kasnije), što znači da svaka ćelija dobija na raspolaganje manji broj kanala. Maksimalna veličina ćelija ograničena je najnižom klasom mobilnih stanica, a stvarna veličina uvijek smije biti manja, samo što to donosi povećane investicijske troškove, jer raste broj baznih postaja. Želimo li zadržati najveći mogući prosječni radius ćelija (najmanji broj baznih stanica), možda nam broj kanala dodijeljen svakoj od njih neće dostajati za udovoljenje njenog prometnog zahtjeva, jer on pak raste s površinom ćelije, pa ćemo svejedno morati ići na realizaciju manjih ćelija. Kratko rečeno, što je manji zahtijevani odnos A , to je moguće izgraditi ekonomičniji sustav, odnosno, obratno gledano, uz isti investicijski trošak moguće je poslužiti veći broj korisnika.

Pogledajmo najprije kako se radi prostorni razmještaj u idealiziranim uvjetima. Pojmove koje ćemo dalje rabiti valja dobro razlučiti. Neka je čitavom sustavu dodijeljeno N radijskih kanala, koje treba razdijeliti po terenu. Često je slučaj da jedna bazna postaja nosi više od jednog radio kanala. Ako ukupni set od N kanala razdijelimo na K grupa kanala, svaka bazna stanica u idealnoj mreži imat će N/K kanala. S obzirom da svaka bazna postaja nosi $N/K \geq 1$ radio kanala, potrebno je unutar svake grupe kanala svojstvene svakoj pojedinoj baznoj postaji pridijeliti raster kanala koji se neće međusobno intermodulacijski ometati, niti će biti susjedni. Gotovo iste uvjete treba osigurati za parove međusobno susjednih baznih stanica. (Kod FRP sheme 3/9 - vidjeti malo dalje - nije moguće posve izbjeći susjedne kanale u susjednim sektorima). U topološkoj analizi koja slijedi mi ćemo uzeti da svaka bazna stanica ima jednaki raster svoje grupe kanala. Npr. neka stanica A ima kanale 1, 3, 7, a stanica B 4, 6, 10. Redni broj grupe kanala označit ćemo tada po prvome kanalu iz niza, tj: $n_A=1, n_B=4$.

Teorija zamišlja vrlo velik teren, na kojemu se set kanala ponavlja mnogo puta. Ona definira točke u kojima

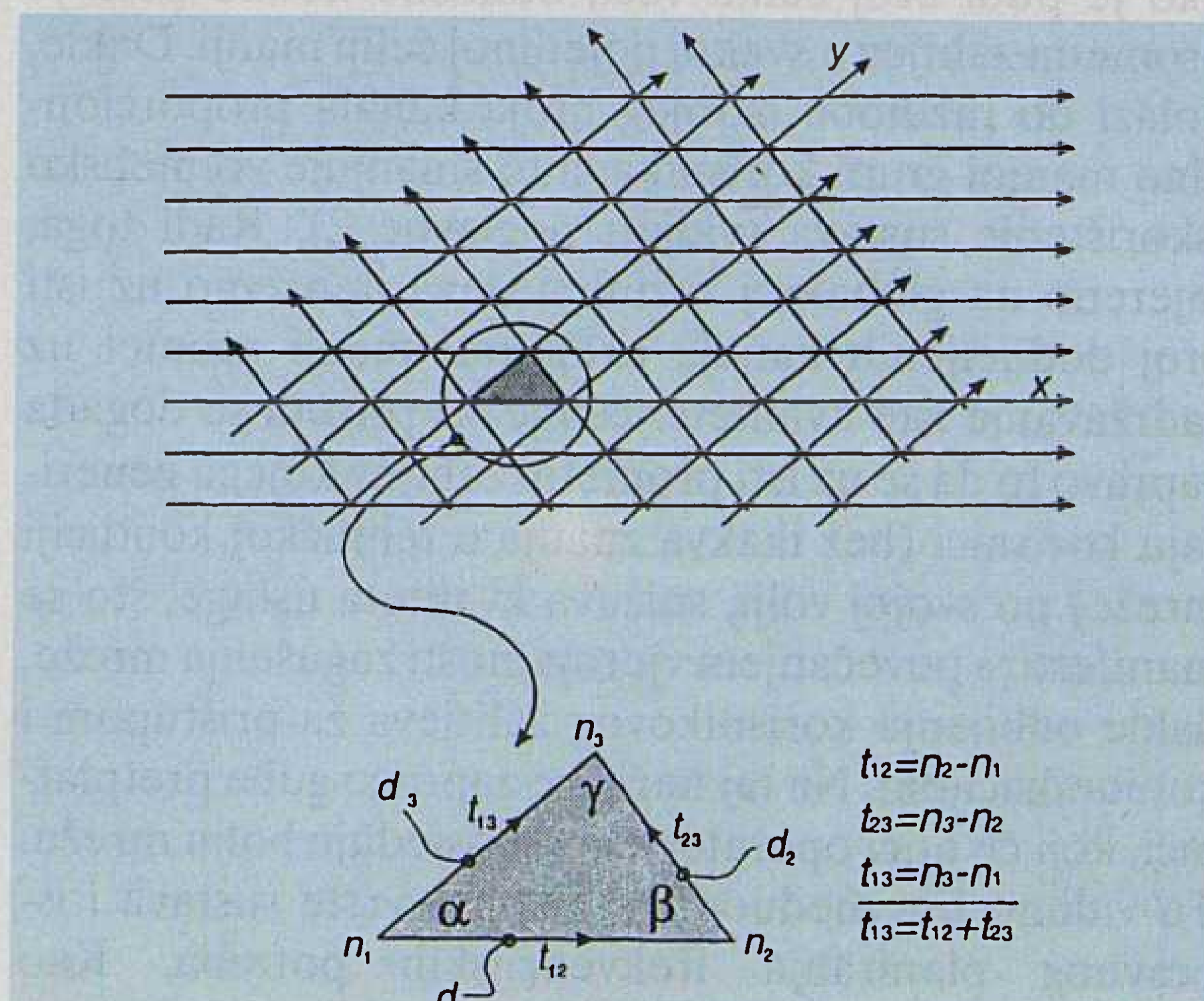
stoje bazne stanice kao vrhove u mreži trokuta definiranoj slikom 1, s koje je očito kako ta mreža nastaje. Elementarni trokut definiran je vrhovima u kojima su bazne stanice s rednim brojevima grupa kanala n_1, n_2, n_3 . Svaka grupa neka ima isti broj kanala. Veličine t_{12}, t_{23} i t_{13} su razlike rednih brojeva kanala u susjednim točkama, definirane prema označenom smjeru gledanja. Npr. $t_{23} = n_3 - n_2$, itd. Na slici je izračunato da je $t_{13} = t_{12} + t_{23}$. U tome slučaju za elementarni trokut vrijedi očito: $t_{12} + t_{23} - t_{13} = 0$. Obilaskom potpunog trokuta vraćamo se u istu točku. No, obidimo sada bilo koji zatvoreni lik veći od elementarnog trokuta. Vidimo da rezultat po povratku u istu točku mora biti:

$$\text{alg} \sum_{\text{zatvoreni put}} t = jK \quad , j = 0 \text{ ili } \pm 1. \quad (4)$$

Zbog toga što se vraćamo u istu točku, putem smo nabrojili ukupno (algebarski zbrojeno, predznak je + ako granu prelazimo u smjeru, a - ako je prelazimo suprotno od smjera strelice) ili nula grupa kanala, ili $\pm K$, ovisno o odabranom putu. Uočimo sličnost s računanjem kuteva. Oni se računaju u modulu 360° . Kanali se računaju u modulu K . Isto tako treba shvatiti i razlike rednih brojeva grupa kanala. Npr. ako je $K=10, n_1=7$ i $n_2=3$ (prema slici 1), tada je $t_{12} = (n_2 - n_1) \bmod 10 = 6$. Zamislimo sada da familije paralelnih pravaca koje na slici 1 međusobno zatvaraju kut definiraju kosokutni koordinatni sustav. Ako kanal u ishodištu $(0,0)$ ima redni broj $n_{0,0}$, te ako redne brojeve kanala u bilo kojoj drugoj točki s koordinatama (x,y) definicijom izrazimo kao:

$$n_{x,y} = n_{0,0} + (t_x \cdot x + t_y \cdot y) - mK, \quad (5)$$

onda naša mreža ima linearni raspored kanala. Ovdje je m cijeli broj, x i y su cjelobrojne koordinate točke u odnosu na ishodište, a t_x i t_y su razlike rednih brojeva kanala točaka koje su susjedne u pozitivnom smjeru osi x , odnosno osi y : $t_x = n_{x+1,y} - n_{x,y}$; tj. $t_y = n_{x,y+1} - n_{x,y}$. Naravno, ta dva parametra su konstantna u cijeloj mreži.



Slika 1. Uz definiciju linearnog rasporeda baznih postaja

Osnovna osobina linearnog rasporeda je ova: odaberimo *bilo koje* dvije točke u mreži i povucimo kroz njih pravac. Taj pravac proći će i kroz mnoge druge točke koje mu se nađu na putu. Idući u jednom smjeru po ovome pravcu, uvijek ćemo od točke do točke prelaziti istu razliku rednog broja kanalnih grupa.

Parametri kojima se različite teorijske mreže mogu međusobno usporediti su *srednji razmak baznih postaja* d_0 , odnosno *srednji razmak istokanalnih baznih postaja* D_0 . Srednji razmak jednak je stranici onoga istostraničnog trokuta koji ima jednaku površinu kao promatrani raznostranični trokut. Prema slici 1 i iz jednostavnih geometrijskih odnosa izlazi:

$$d_0^4 = \frac{1}{3} [4d_1^2 d_2^2 - (d_1^2 + d_2^2 - d_3^2)^2]. \quad (6)$$

Analogno, ako tri međusobno najbliže istokanalne bazne postaje čine trokut sa stranicama D_1, D_2, D_3 , vrijedi:

$$D_0^4 = \frac{1}{3} [4D_1^2 D_2^2 - (D_1^2 + D_2^2 - D_3^2)^2]. \quad (7)$$

Uočimo li četiri susjedne istokanalne bazne stanice, one čine paralelogram koji obuhvaća ni više ni manje nego jedan potpuni set dodijeljenih kanala. S druge strane, dva elementarna trokuta koji se međusobno naslanjaju bilo kojom zajedničkom stranicom čine elementarni paralelogram. S obzirom da je istokanalni paralelogram točno K puta veći od elementarnog, vrijedi:

$$D_0 / d_0 = \sqrt{K}. \quad (8)$$

Dobili smo zanimljiv izraz. Minimalan mogući kvocijent D_0/d_0 zapravo je karakteristika određene vrste sustava u tom smislu da sustav ne dopušta manji radi potrebite margine A . Porastom A raste dakle i K , a to znači da raste broj ćelija u jedinici prostornog iskorištenja u kojoj su ponovljeni svi kanali. Pri fiksnom broju kanala N veći K znači manji broj kanala raspoloživih za svaku ćeliju, i to upravo onoliko puta, koliko je puta broj ćelija veći, odnosno koliko puta je prometni zahtjev u svakoj pojedinoj ćeliji manji. Dakle, dolazi do razdiobe manjeg broja kanala proporcionalno manjoj grupi korisnika, a to smanjuje vremensko iskorištenje sustava (vidjeti poglavlje 2). Radi toga, mjereno na globalnoj razini sustava, možemo uz isti broj dodijeljenih kanala progurati manji promet uz zadržavanje iste kvalitete usluge. U prirodi se događa zapravo to da se uz isti prometni zahtjev kojega generiraju korisnici (bez ikakva znanja o tehničkoj kondiciji mreže) po svojoj volji, snižava kvaliteta usluge, što se manifestira povećanjem vjerojatnosti zagušenja mreže, dakle odbijanja korisnikovog zahtjeva za pristupom i komunikacijom. Na taj način se zapravo gube pretplatnici, koji će otići operateru koji posjeduje bolju mrežu. Tu vidimo fini međuodnos odabira vrste sustava i ispravnog planiranja frekvencijskih potreba. Kao najvažnija mjera kapaciteta mobilnog sustava uvriježeno se upotrebljava ostvarivi promet po jedinici

površine terena uz određenu fiksiranu vjerojatnost blokade, izražen jedinicom Erlang/km².

U idealiziranoj propagacijskoj sredini najpovoljniji razmještaj baznih stanica ostvaruje se ako su kutevi, α , i β sa slike 1 jednaki 60°, što znači da su elementarni trokuti istostranični. Naime, uz kružne (neusmjerene) dijagrame zračenja antena baznih stanica i njihove jednake snage, zone pokrivanja svih baznih stanica su identični krugovi. Definiramo li *granicu ćelija* kao geometrijsko mjesto na kojemu po dvije susjedne ćelije produciraju jednake jakosti polja, tada u ovakvoj konfiguraciji sve ćelije bivaju jednake i imaju oblik *pravilnog šesterokuta*, a karta koja prikazuje sustav takvih ćelija ima oblik pčelinjeg saća. Naime, najefikasniji način pakiranja mnoštva jednakih kružnica je takav da središta kružnica međusobno čine istostranične trokute. Kružni dijagram zračenja se preferira jer je on mnogo lakše ostvariv od elipsastog, koji bi bio potreban u bilo kojoj drugoj kosokutnoj mreži. Zato je idealizirana mreža uvijek pravilnog heksagonalnog (saćastog) oblika.

Linearni raspored kanala ne bismo mogli odrediti sasvim proizvoljno čak ni kada ne bismo morali voditi računa o intermodulacijama. Naime, brojevi t_x, t_y i K ne smiju imati zajedničku mjeru, jer tada određeni kanali stalno ispadaju iz sheme, pa se ne mogu iskoristiti. Npr. ako je $K=18, t_x=3$ i $t_y=6$ (zajednička mjera je 3), onda od neke polazne točke možemo nizati nadesno grupe kanala ovim redom: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 1, 4, 7, ... Prema gore imamo od iste točke ovaj raspored: 1, 7, 13, 1, 7, 13, ... (Sjetimo se da sada računamo u modulu 18, dakle 19=1, 20=2, itd.). Vidimo dvije stvari: da su od 18 kanalnih grupa iskorištene samo grupe 1, 4, 7, 10, 13 i 16, dakle njih 6, te da su istokanalni odašiljači radi toga suviše blizu, jer su, naravno, ponovljeni 3 puta češće.

Čitatelj kojega interesiraju daljnji detalji teorije topologije radijskih mreža može pronaći izvrstan pregled u [1].

Omjer (8) najčešće se izražava preko polumjera zone pokrivanja r_0 , umjesto preko udaljenosti baznih stanica d_0 . Kako u pravilnom šesterokutu vrijedi $d_0/r_0 = \sqrt{3}$, (8) prelazi u poznati oblik:

$$K = \frac{1}{3} \left(\frac{D_0}{r_0} \right)^2 = \frac{1}{3} q^2. \quad (9)$$

Omjer q rado se naziva CIRF (engl. Cochannel Interference Reduction Factor, faktor redukcije istokanalne smetnje), i karakterističan je za pojedine sustave, jer u idealnoj mreži ovisi jedino o A . Primjerice, za FM sustave poput NMT-450, uz $A=18$ dB i širinu pojasa 25 kHz, q iznosi 4.6. Toliko *minimalno* puta mora razmak istokanalnih odašiljača biti veći od polumjera zone usluge, da bi utjecaj istokanalne smetnje bio eliminiran u propisanoj mjeri. Naravno, naglasimo da je to *minimalna* vrijednost q . Ona smije biti veća, što će međutim dovesti do porasta K i smanjenja

efikasnosti mreže. Kod najnovijih CDMA sustava [3] $q_{\text{CDMA}}=2$, tj. $K = 4/3 \approx 1$, što znači da svaka bazna stanica može nositi *isti* radio kanal.

U izvedbi realnog sustava najprije se, temeljem poznatog q , odredi K . Zatim se napravi idealiziran heksagonalni plan, kojim se pokrije karta terena kojega treba pokriti. Veličina heksagona ovisi o jednoj od dvije temeljne stvari: zahtijevanom prometu po ćeliji ili minimalnoj klasi mobilnih uređaja za koju je potrebno ostvariti potpuno pokrivanje. Jedna od tih tendencija je jača, i ona će diktirati veličinu heksagona. Promet utječe na veličinu ćelija ovako: ako je broj korisnika u pojedinim ćelijama prevelik za dodijeljeni im broj kanala, mora se ići na manje ćelije, da bi se zahvaćanjem manjega terena postiglo smanjenje broja korisnika koji gravitiraju svakoj pojedinoj baznoj stanici. Time se održava potrebno niska vjerojatnost blokade, ali se povećava broj baznih postaja. U svakom slučaju q je veličina koja *mora biti održana*. Nakon što su određeni q , K i veličina ćelija, pokušavaju se unutar idealizirane sheme pronaći mjesta pogodna za stvarni smještaj baznih uređaja. Odstupanja od idealne konfiguracije terena i promjene efektivnih visina antena nastoje se kompenzirati dijagramom zračenja. Da bi se to postiglo, mora se najprije izvršiti izračun granice zone pokrivanja za traženu jakost polja i vjerojatnosti prekoračenja. Pošto će ona najvjerojatnije biti bitno različita od kružnice, antenskim sustavom treba pokušati kompenzirati nepravilan tijek granice zone. Snagu emisije s bazne stanice treba držati jednaku snazi najniže klase mobilnih uređaja, ili za onoliko dB višu koliko je sustav prijama bazne stanice osjetljiviji. S mobilnim stanicama više klase "obračunat" će se mehanizam kontrole snage, koji preko signalizacije naređuje svakom pojedinom aparatu kojom snagom mora zračiti. Stoga nema nikakve svrhe kupovati mobilni telefon snage veće od one za koju operater garantira pokrivanje u danim postocima vremena i lokacija.

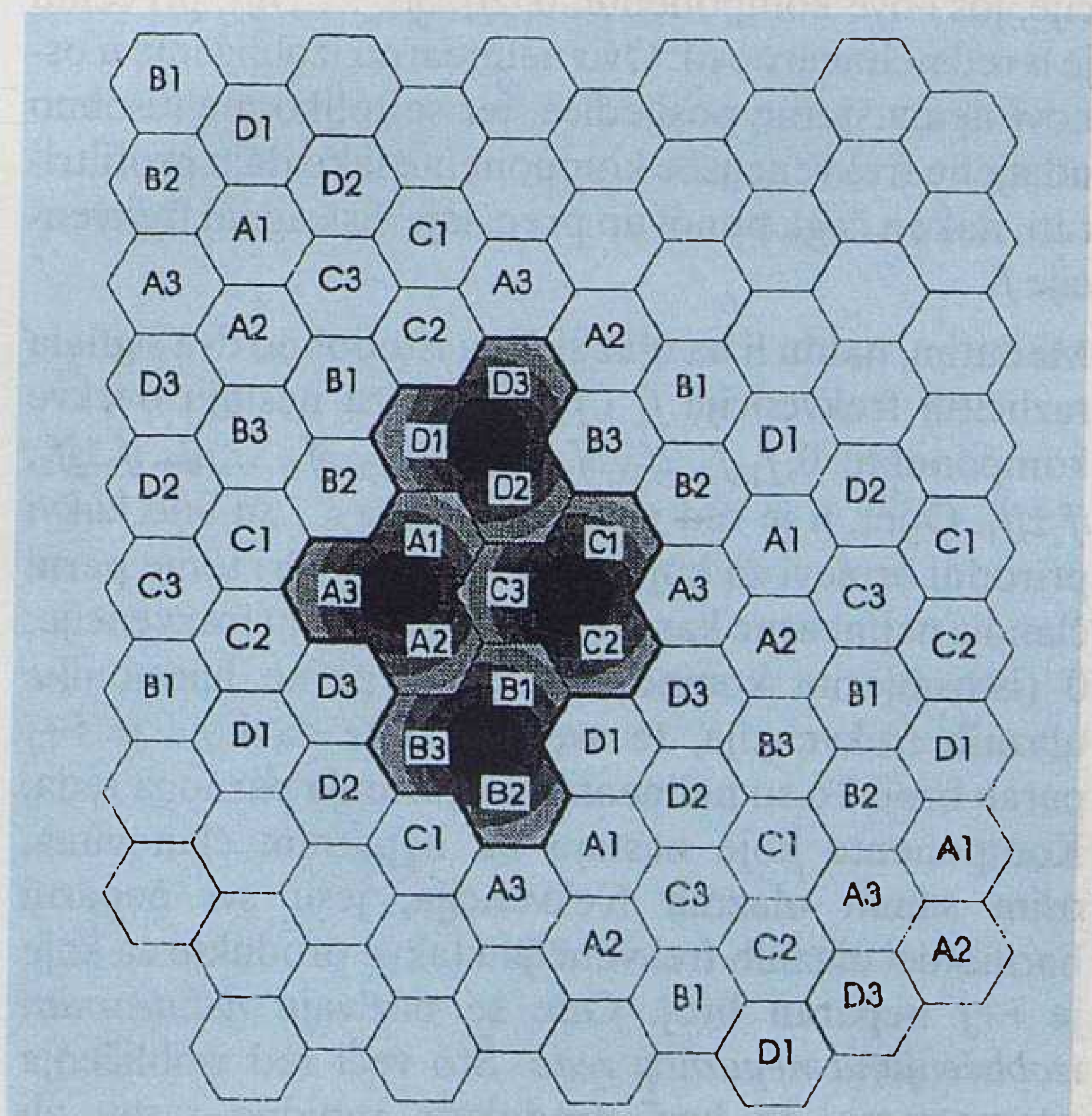
Ako se kvalitetno pokrivanje s realne lokacije ne može ostvariti ni na koji način, slijedeći korak u projektiranju je promjena mjesta nekih baznih stanica, eventualno ubacivanje novih ili izbacivanje suvišnih. To će dovesti do neizbježnih značajnih odstupanja od idealnog plana heksagona. Na njemu ne treba inzistirati po svaku cijenu. *Prekrivanje zona* susjednih baznih postaja valja zadržati na *najmanjoj realno mogućoj* mjeri.

Analogni sustavi (NMT, američki AMPS i sl.) uz $q=4.6$ traže, prema (9), najmanje $K=7$. Digitalni sustavi druge generacije (GSM, ADC, JDC i sl.) traže $K=4$, a u optimističkim varijantama (uz poboljšanje zaštitnog kodiranja informacije) računa se i sa $K=3$. U CDMA sustavima formalno je $K=1.33$, a u stvarnosti planiranje frekvencija u klasičnom smislu nije potrebno.

Postoji jedna metoda smanjivanja q vrijednosti, koja se zove *sektorizacija ćelija*. Ona funkcionira na taj način da se s jedne lokacije emitira snaga u 2 ili 3 sektora. U potonjem slučaju koriste se tri antene sa širinama

snopa dijagrama zračenja od po 120° , zakrenute međusobno u prostoru za isto toliko. Tako se po trećina od ukupnog broja kanala dodijeljenog toj ćeliji šalje u tri različita smjera. Ako se na slijedećoj istokanalnoj baznoj postaji sektorizacijska shema kanala zakrene za trećinu kruga, pa na slijedećoj opet za trećinu u istom smjeru, itd, postiže se to da se snopovi s istim kanalima sa susjednih istokanalnih lokacija ne gledaju jedan u drugoga, već postrance. Tako se istokanalne smetnje smanjuju teorijski za 3 dB snage. Međutim, sektorizacija uzrokuje pad ukupnog komunikacijskog kapaciteta ćelije iz nama već znanog razloga: broj kanala i populacija korisnika te ćelije dijele se istodobno na tri dijela, a to izaziva pad kvalitete usluge. Kada bismo željeli zadržati prijašnju kvalitetu, trebali bismo povećati broj kanala. Zato je sektorizacija bila i ostala prijeporna tema. Na kraju krajeva se čini da, efektivno gledano, u danas široko rasprostranjenim sustavima prve i druge generacije sektorizacija proizvodi tri puta veći broj ćelija, bez znatnog upliva na kapacitet, ali s nedvojbenom prednošću trostrukog smanjivanja broja objekata koji će nositi baznu opremu, a to dovodi do infrastrukturnih ušteda.

Na slici 2 nalazi se, primjera radi, ćelijski raspored ili FRP 4/12, najčešće rabljen u GSM-u i sličnim sustavima. Jasno su naznačene lokacije s kojih se emitira. Ćelija A ima npr. sektore A1, A2 i A3. Granice sektora su takve da oni na shemi izgledaju kao prave ćelije, a maloprije smo rekli da zapravo tako i djeluju. Na slici treba uočiti linearni raspored prisutan u cijeloj mreži. Posebno je označena 12 - sektorska struktura unutar koje su jednom ponovljeni svi dodijeljeni kanali. Takva karakteristična struktura naziva se *grozd* (engl. cluster). Primjerice, u ćelijskoj strukturi s trostrukom sektorizacijom 7/21, svaki cluster sadrži 7 ćelija, tj. 21 sektor.



Slika 2. Plan prostornog iskorištenja frekvencija (FRP) tipa 4/12. Grozd sadrži 4 bazne lokacije sa 12 sektora

Kod TDMA sustava može se ponegdje javiti problem da je prometni zahtjev ćelija toliko mali, da je broj od npr. 8 fizičkih kanala na jednom radijskom nosiocu, kao što je slučaj kod GSM-a [4], suviše velik za njih. To se primjerice događa u ruralnim sredinama. U tom slučaju TDMA sustavi mogu koristiti neku vrstu vremenske sektorizacije, odnosno time-sharinga između dvije ćelije, tako da npr. prva četiri vremenski raspregnuta kanala (vremenska prozora) u nizu koristi jedna, a druga četiri druga ćelija. To rade uređaji nazvani *djeliteljima kanala* (eng. channel splitter).

1.2.1. Problem intermodulacijskih izobličenja

Svaka bazna postaja u sustavu ima pridijeljen jedan ili više radijskih kanala. U idealiziranoj mreži njih je bilo N/K po ćeliji. Postavlja se pitanje - ima li dodatnih uvjeta na frekvencijsko planiranje mreže s već riješenom prostornom razdiobom baznih stanica? Naravno - takvih uvjeta ima.

Intermodulacijske smetnje nastaju *miješanjem* signala različitih frekvencija na *nelinearnom* elektroničkom sklopu. To je takav sklop kod kojega izlazna veličina (napon ili struja) nije linearno ovisna o ulaznoj, već se ta ovisnost može prikazati redom potencija s kompleksnim koeficijentima a_i , npr:

$$u_{iz} = a_0 + a_1 u_{ul} + a_2 u_{ul}^2 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} a_i u_{ul}^i. \quad (10)$$

Red nelinearnosti je najviši stupanj u izrazu (10) koji se još ne može zanemariti pri pokušaju po volji preciznog opisivanja nelinearne karakteristike oblikom (10). Kada signal neke frekvencije f_1 naiđe na nelinearni sklop, na izlazu se pojavljuju, osim signala te frekvencije, još i ove komponente: $0, 2f_1, 3f_1, \dots, nf_1$, pri čemu je n red nelinearnosti. Ovo nelinearno izobličenje u osnovi nema štetne posljedice, jer se toliko međusobno udaljene frekvencijske komponente lako daju profilirati, nakon čega ponovno preostaje čist signal frekvencije f_1 .

Međutim, naiđu li na ulaz sklopa istodobno dva signala različitih frekvencija f_1 i f_2 , na izlazu nastaju ovakve komponente: $0, f_1, f_2, 2f_1, 3f_1, \dots, nf_1, 2f_2, 3f_2, \dots, nf_2, if_1 \pm jf_2, if_2 \pm jf_1$. Opet, n je red nelinearnosti, a i, j su bilo kakvi prirodni brojevi za koje vrijedi $n \geq i+j$. Pri tome parni članovi nelinearne karakteristike (10) daju frekvencije: 0 (istosmjerna komponenta), sve parne harmonike ulaznih frekvencija, te sve produkte za koje je $i+j$ paran broj. To su nelinearna izobličenja parnoga reda. Komponente koje nastaju na neparnim članovima, osim samih ulaznih frekvencija, jesu svi neparni harmonici ulaznih frekvencija i takve produkte za koje je $i+j$ neparan broj. One se nazivaju *nelinearnim izobličenjima neparnog reda*. Što veći red izobličenja promatramo, to broj produkata rapidno raste, ali njihova snaga, srećom, isto tako rapidno pada. Zato, i zbog stvarnih osobina sklopova, najčešće je u realnim

situacijama dovoljno uzeti u račun izobličenja do zaključno trećega reda.

Ako su f_1 i f_2 bliske frekvencije, kao što su npr. frekvencije nosioca u rasteru jednog radiokomunikacijskog sustava, lako je filtriranjem ukloniti sve njihove nelinearne produkte, osim onih trećega reda, kod kojih je $i-j = \pm 1$. Sve komponente koje nastaju međudjelovanjem obaju signala, a frekvencija im nastaje kao linearna kombinacija dviju ulaznih, nazivamo *intermodulacijskim produktima*. Od njih su opasni upravo ovi spomenuti. Lako ćemo se uvjeriti da za $i-j = \pm 1$ intermodulacijski signal pada u najužu blizinu ulaznih frekvencija. Frekvencije su bliske ako je njihov razmak mnogo manji od njihova iznosa. Npr. u GSM-u su nosioci kanala razmaknuti za 0.2 MHz, a smješteni su u pojasu blizu 900 MHz, pa njihov relativni razmak iznosi samo oko 1/4500, tj. filter koji bi to mogao separirati sa samo 3 dB izolacije na bokovima pojasa trebao bi imati faktor dobrote od 4500. Jasno je da bilo koja smetnja koja upadne u *blizinu* radnog kanala može biti vrlo neugodna. Zato su ove intermodulacijske komponente opasne, i zato su susjednokanalni signali nepoželjni. O tome više u slijedećem odjeljku.

Povećanjem broja ulaznih komponenti stanje se dramatično kviri. Detaljnija obrada problema intermodulacija do najviše 10 ulaznih komponenti, kao i neki načini mjerenja intermodulacijskih izobličenja, opisani su u [5].

Gdje je sada problem? Rekli smo da u mnogo slučajeva mobilne mreže sadrže bazne postaje s više pridijeljenih kanala. Loše odabrani kanali neke bazne lokacije mogu se tada intermodulirati na tri mjesta: u mobilnom prijamniku (konkretno, na sklopu mješača, koji je snažno nelinearan, a nije ograđen jako selektivnim filterima od antenskog ulaza), ili u izlaznom pojačalu baznog predajnika, ako je ono načinjeno tako da istodobno pojačava više kanala. U potonjem slučaju bazna stanica čak *zrači* smetajuće signale. Konačno, bazni prijamnik također može generirati intermodulacijske frekvencije.

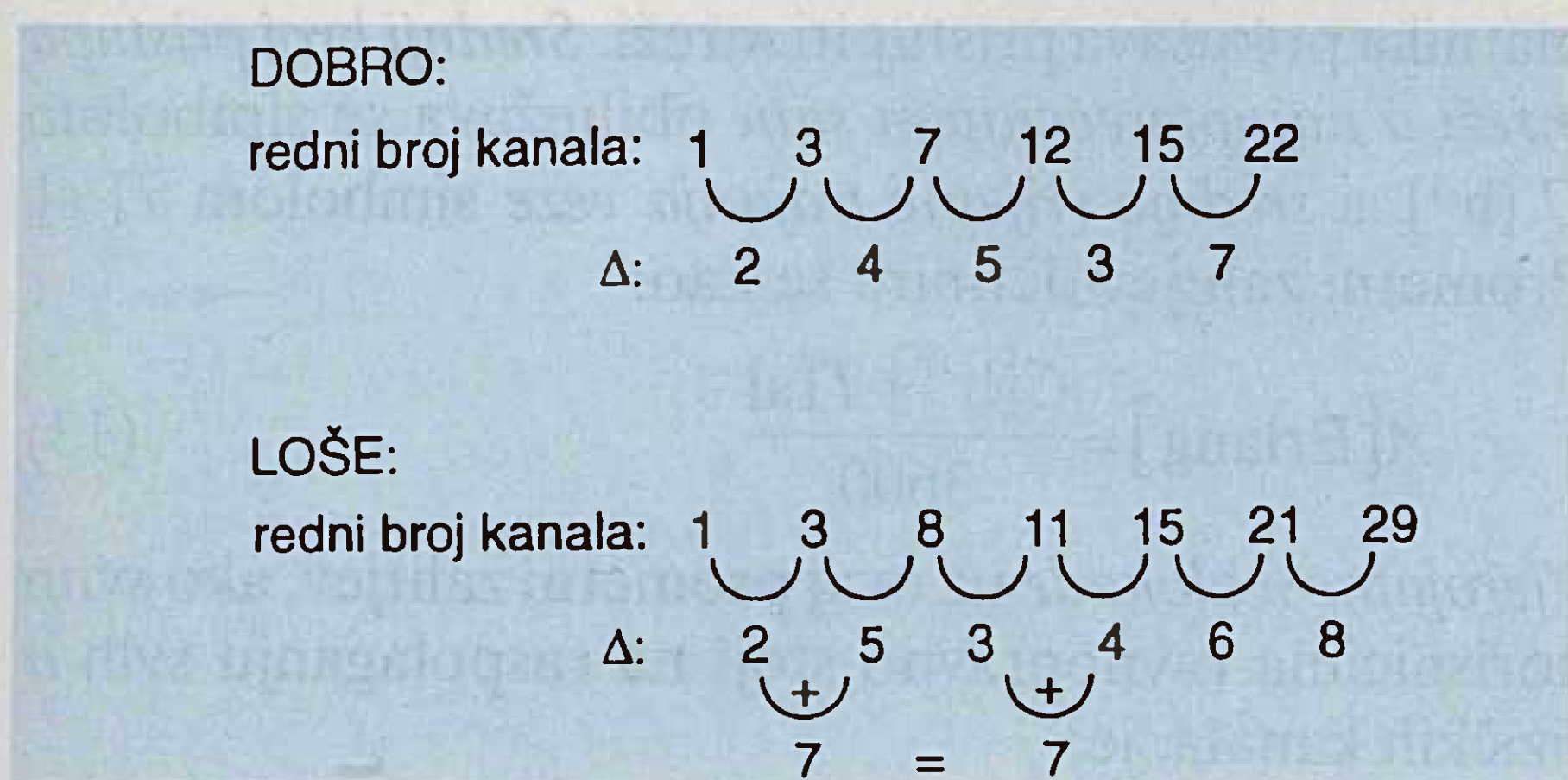
Susjedne bazne lokacije moraju također nositi takve frekvencije koje se neće međusobno smetati, jer će se inače takve smetnje jako očitovati u graničnim područjima ćelija.

Sada pogledajmo sliku 2. Na njoj je dan jedan primjer linearne raspodjele kanala. Svi sektori s istim oznakama moraju nositi *iste* kanale. Pitanje glasi: kakva mora biti unutarnja struktura (raster) kanala primijenjenih u jednom sektoru, a da bi oni bili međusobno slobodni od intermodulacija? Također treba pripaziti na sustave kanalnih grupa susjednih ćelija. Problem je posebno kritičan kod sektora iste bazne stanice, gdje se oni emitiraju s istog mjesta, a među njima ne postoji idealna izolacija dijagrama zračenja. Kod sektorizacije najbolje je ukupan set kanala svih sektora emitiranih s iste bazne postaje tretirati kao jednu grupu glede intermodulacija.

Navest ćemo jednostavno pravilo koje mora zadovoljiti neki niz kanala, da bi oni bili međusobno slobodni od intermodulacija trećeg reda koje nastaju od dva signala kako je već napisano, ili pak od tri signala, kada rezultatna frekvencija ima opći oblik: $f_1 + f_2 - f_3$. Intermodulacije 5. i viših redova su zanemarene. Detaljan izvod nalazi se u [1]. Pretpostavljen je sustav ekvidistantnih kanala obilježenih rednim brojevima.

Pravilo je jednostavno. Ono govori kako *provjeriti* da li je neki niz kanala slobodan od intermodulacijskog ometanja. Najprije valja popisati sve redne brojeve kanala u rastućem nizu, a zatim i sve razlike rednih brojeva svakog para susjednih kanala. Evo primjera na slici 3. Najprije je dan slučaj dobrog sloga kanala, koji se prepoznaje ovako:

1. Razlika rednih brojeva susjednih kanala smije samo jednom poprimiti neku vrijednost, tj. ne smije se ponoviti ni jednom.
2. Sume bilo koliko uzastopnih također se ne smiju ponoviti ni jednom.



Slika 3. Primjer dobrog i lošeg odabira kanala u grupi glede intermodulacijskog ometanja 3. reda [1]

U prvom primjeru sa slike 3 jasno vidimo da su oba uvjeta zadovoljena. U drugom primjeru ni jedna vrijednost Δ se doduše ne ponavlja, ali postoje dva niza brojeva, koji imaju po dva člana, čije su sume iste i iznose 7. Prema tome, niz kanala iz drugog primjera nije slobodan od intermodulacija 3. reda, i ne može biti korišten kao grupa kanala na jednoj baznoj postaji. Postrožimo li uvjet, možemo reći da ta grupa ne može biti korištena tako da bude razdijeljena dvjema susjednim baznim postajama.

Zapravo bi bilo idealno kada bi svih N kanala dodijeljenih operateru bilo slobodno od intermodulacija. No, kako broj kanala u nizu raste, tako je teže pronaći dobru kombinaciju, a moglo bi se dogoditi i da ukupan broj kanala predviđen za neki sustav ne bude dovoljan za tu svrhu. Ako se i nađe povoljna kombinacija, pitanje je da li će državna agencija biti voljna dati takav pročešljani niz kanala, ili će radije dozvoliti uporabu N kanala u neprekinutom nizu.

1.2.2. Susjedni kanal

Recimo da je raspored kanala u grupi ovakav: 1, 2, 4. Prema maloprije danom pravilu oni se ne smetaju.

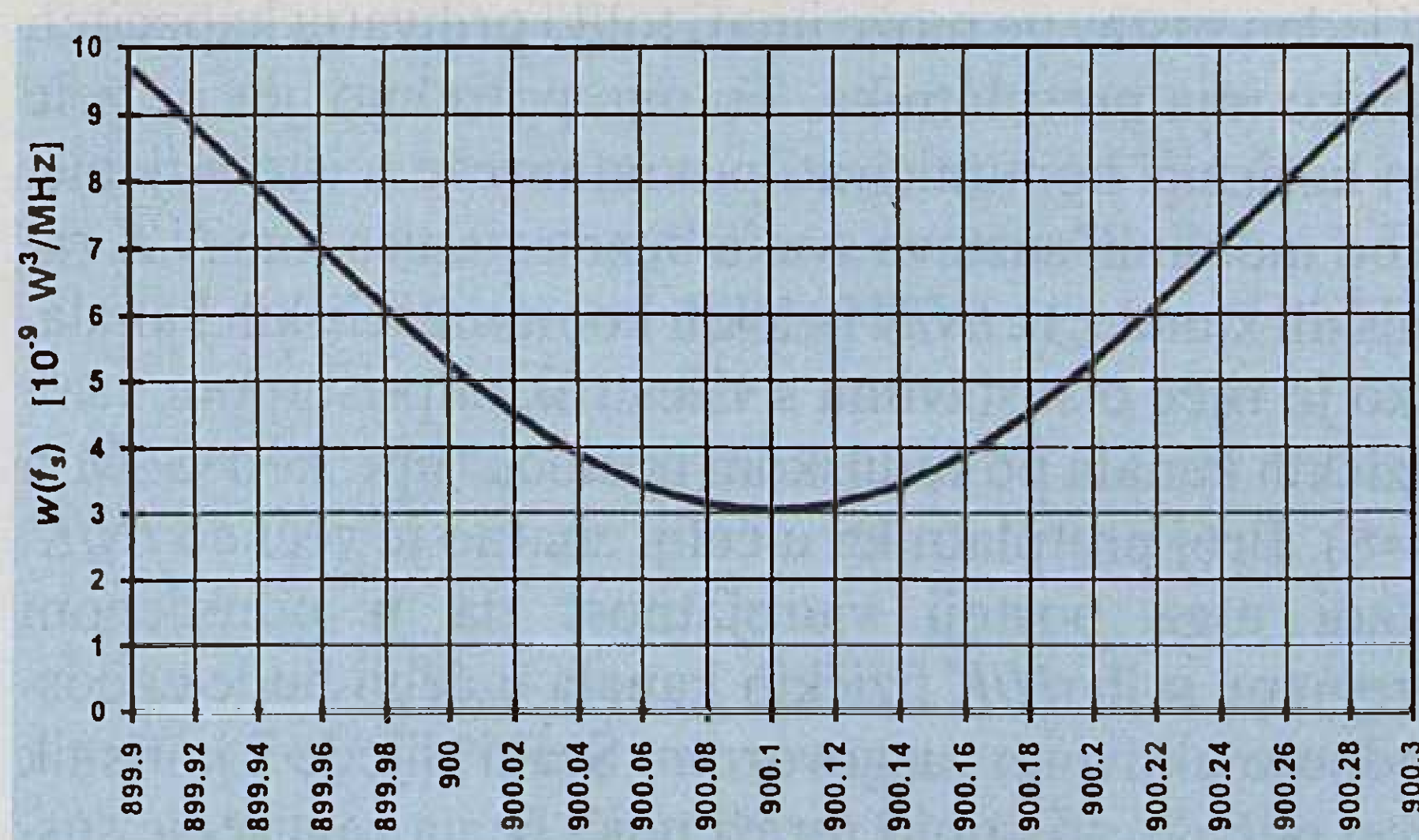
Međutim, zapitajmo se gdje padaju smetnje dvaju susjednih kanala, $2f_1 - f_2$ i $2f_2 - f_1$. Lako ćemo vidjeti da one padaju za jedan niže od prvog i za jedan kanal više od drugog signala u nizu. No, pritom je zanemarena činjenica da radijski signal ne sadrži samo frekvenciju nosioca, već i bočne pojaseve, čije se komponente međusobno intermoduliraju, a njihovi produkti padaju *i unutar* nazivnih pojasa dvaju susjednih kanala. Taj problem teorijski nije lako rasvijetljiv, ne radi sadržajne složenosti, koliko radi teškoća u nalaženju prikladnog matematičkog modela. U [6] je pokazano da se spektar snage intermodulacijskog izobličenja 3. reda dvaju kanala s frekvencijskim ili faznim tipom analogne ili digitalne modulacije s konstantnom ovojnicom moduliranog signala, može izraziti ovako:

$$w(f_s) = \frac{p(f_s)}{a_3^2 R^2} = \frac{9}{2} P_1 P_2 \left[\begin{array}{l} P_1 \int_{(B1)} G_1(f) \cdot G_2(2f - f_s) \cdot df + \\ + P_2 \int_{(B2)} G_2(f) \cdot G_1(2f - f_s) \cdot df \end{array} \right]. \quad (11)$$

Jedinica ove veličine je W^3/Hz . Funkcije $G_1(f)$ i $G_2(f)$ su gustoće spektrara snage dvaju signala složenog spektralnog sadržaja, normirani tako da vrijedi:

$$\int_0^\infty G(f) df = 1. \quad (12)$$

$B1$ i $B2$ u (11) su principijelno identični pojasevi integracije, koji se protežu u pravilu preko nominalnih pojasa obaju susjednih kanala. P_1 i P_2 su snage dvaju signala. Vrijednost gustoće spektra snage smetnje na nekoj frekvenciji f_s , naime $p(f_s)$, podijeljena je sa $a_3^2 R^2$, tj. s kvadratom umnoška kubnog člana nelinearne karakteristike prema (10) i radnog otpora na izlazu sklopa, kako bi se eliminirao utjecaj tog tehnološki određenog parametra na izračun. Slika 4 prikazuje kao primjer razdiobu spektra snage smetnje, kada međudjeluju dva MSK signala [7], kod kojih jedan bit digitalnog modulacijskog signala traje $3.6 \mu s$, a nosioci su na



Slika 4. Razdioba gustoće snage intermodulacijskih smetnji 3. reda prema (11) za dva jednako jaka MSK signala ($P_1 = P_2 = 1 \text{ mW}$), čiji su nosioci $f_1 = 900.00 \text{ MHz}$ i $f_2 = 900.20 \text{ MHz}$, a trajanje modulacijskog impulsa $\tau = 3.6 \mu s$

900.00 i 900.20 MHz. Snage oba signala su jednake 1 mW. Prikazan je samo nazivni frekvencijski raspon dvaju kanala. Vidi se da smetnja raste prema vanjskim rubovima ovih kanala. Maksimumi su na frekvencijama 899.80 i 900.40 MHz, dakle izvan područja prikazanog slikom. Prema tome, smetnja je najveća na frekvencijama prvih susjednih kanala u rasteru nalijevo i nadesno od promatranih. Tako, naravno, i treba biti. Konkretno vrijednosti gustoće snage smetnje mogu se dobiti uz poznavanje umnoška $a_3^2 R^2$, koji može kod različitih sklopova varirati u vrlo širokim granicama. U 6 je prikazan primjer *realnog* pojačala snage koje, pobuđeno dvama dovoljno jakim signalima da ga dovedu u područje nelinearnosti 3. reda, producira na izlazu ukupnu snagu smetnji samo 15 dB nižu od korisne snage. [6] također daje općenitu metodu izračuna s obzirom na snage, razmak i oblik spektra dvaju signala. Kada npr. interagiraju dva signala, od kojih je jedan znatno slabiji, veću smetnju, gledano relativno prema svojoj korisnoj snazi, trpi slabiji signal.

Osim zbog nelinearnog mehanizma međudjelovanja, susjedni je kanal opasan i radi toga što izvjesni dio njegove energije bježi i u pojas korisnog signala, a takva vrsta smetnje ne može nikako biti uklonjena. Stoga u načelu valja izbjegavati korištenje susjednoga kanala u istoj i u susjednoj ćeliji. Kao što smo već rekli, ponekad, kao npr. u FRP strukturi 3/9, nemoguće je potpuno eliminirati pojavu susjednoga kanala u susjednoj ćeliji.

2. PROMETNI ZAHTJEV I POTREBNI FREKVENCIJSKI SPEKTAR

Pošto smo već više puta spomenuli prometni zahtjev kao jednu od polazišnih točki u planiranju i projektiranju mobilnih mreža, ovdje ćemo samo u nužnoj mjeri konkretizirati pojmove iz područja teorije čekanja i posluživanja u telekomunikacijskim mrežama.

Postoje različiti matematički modeli za ocjenu trenutne dostupnosti komunikacijskih resursa korisnicima, te njihove *vremenske efikasnosti*. Naime, nikada ni jedan sustav ne može imati toliko prihvatni kapacitet, koliko ima pretplatnika. To nije potrebno, jer ne žele svi korisnici komunicirati putem mreže u isto vrijeme. Kod mobilnih sustava svaka bazna stanica ima N/K radijskih kanala, tj. tN/K fizičkih komunikacijskih kanala, ako je riječ o sustavima s višestrukim pristupom i sa t fizičkih kanala po radijskom nosiocu (npr. kod GSM-a $t=8$). Broj pretplatnika u ćeliji znatno je veći od tN/K . Radi toga postoji vjerojatnost da u određenom vremenu svih tN/K fizičkih kanala u ćeliji bude zaposjednuto aktivnim razgovorom. Svaki slijedeći korisnik koji pokušava pristupiti mreži naići će na zagušenje sustava, i neće mu biti omogućen pristup resursu. To će biti nemoguće i nadalje, sve dok se barem jedan kanal ne oslobodi. Postavlja se pitanje kolika je *vjerojatnost blokade* resursa, kojom se direktno mjeri *razina usluge* GOS (engl. Grade Of Service)?

Da bismo to odredili, moramo najprije definirati neke statističke parametre karakteristične za promatranu populaciju pretplatnika, te usvojiti pogodan model njihova ponašanja pri nailasku na blokadu. Ako odmah po utvrđivanju da je sustav zagušen korisnik odustane i pokuša pristupiti mreži kasnije model koji se koristi zove se *Erlang B*. Ako pak korisnik, pošto je shvatio da je sustav zagušen, još neko vrijeme čeka s uključenim uređajem na oslobađanje komunikacijskog kanala, rabi se *Erlang C* model. Kod njega je potrebno poznavati prosječno vrijeme čekanja u slučaju nailaska na zagušenje. Aspekti čekanja i posluživanja obrađeni su u 8. Mi ćemo ovdje bez gubitka općenitosti izložiti model B, koji zapravo i odgovara načinu ponašanja pretplatnika javnih mobilnih mreža, pa ga većina vladinih agencija i koristi kao referentni model za utvrđivanje spektralnih potreba pojedinih operatera.

Prometni zahtjev mjeri se jedinicom Erlang (bezdimezionalna jedinica izvan SI sustava), a definira se za *najopterećeniji sat* u danu najopterećenije godišnje sezone. To je onaj sat vremena u kojemu najviše pretplatnika pokušava pristupiti mreži. *Srednji broj pristupa mreži u najopterećenijem satu* obilježava se simbolom C [h^{-1}], a *srednje vrijeme trajanja veze* simbolom T [s]. Prometni zahtjev definira se kao:

$$A[\text{Erlang}] = \frac{C[h^{-1}] \cdot T[s]}{3600} \quad (13)$$

Vjerojatnost blokade uz ovaj prometni zahtjev, ako svim korisnicima ravnopravno stoji na raspolaganju svih n fizičkih kanala, je:

$$b = \frac{A^n}{\sum_{i=0}^n \frac{A^i}{i!}} \quad (14)$$

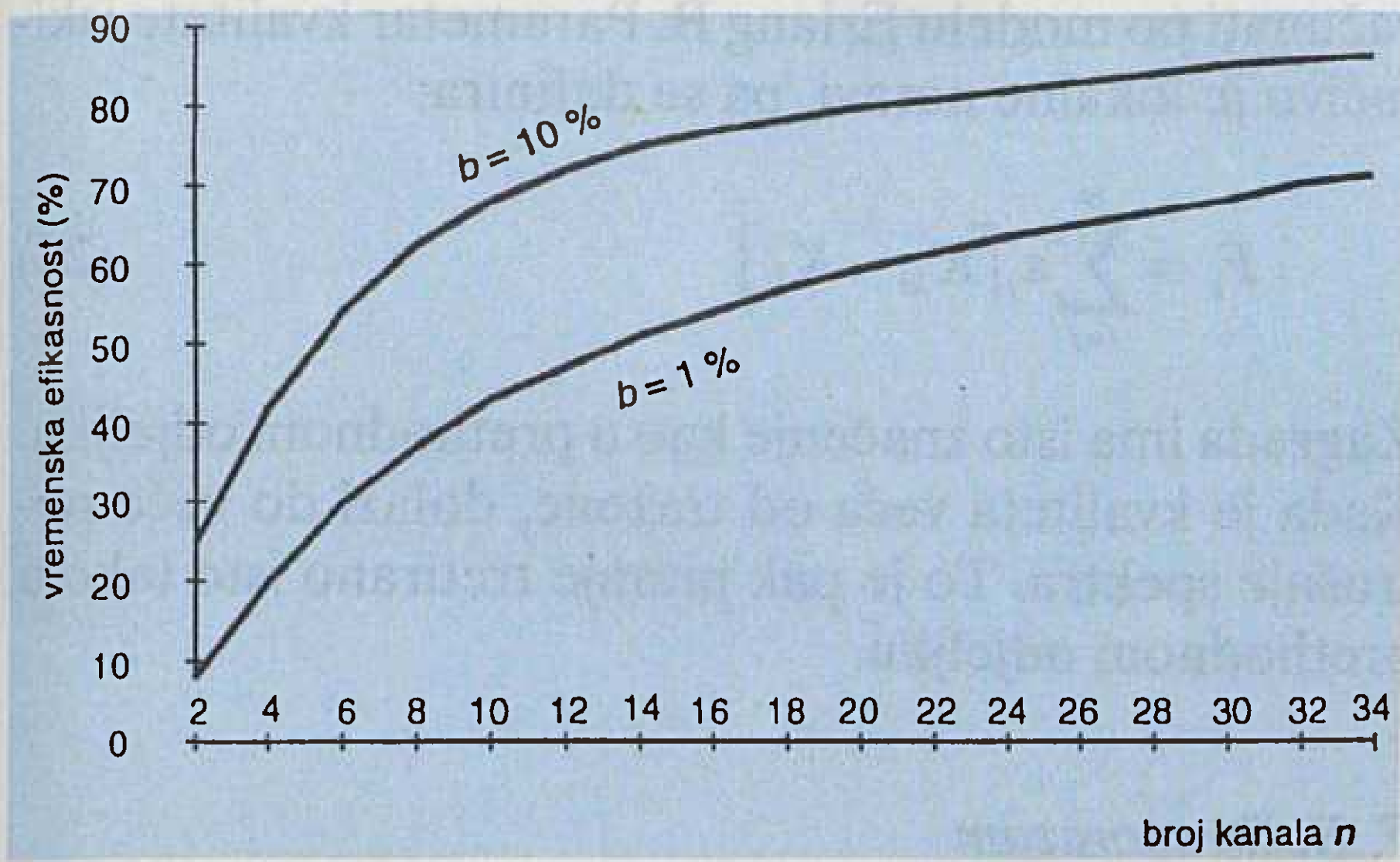
Ova se veličina vrlo često izražava u %, i također se često obilježava kraticom GOS. *Realizirani promet* A_R jednak je:

$$A_R = A(1 - b) \quad (15)$$

Nama je iz (14) važnije moći odrediti potrebni broj kanala n , da bi se uz prometni zahtjev A ostvarila vjerojatnost blokade b . To možemo izračunati numerički, iterativnim računalnim postupkom provedenim nad (14), ili pak iz Erlangovih tablica [8].

Vremenska efikasnost definirana je kao omjer realiziranog prometa i broja kanala, A_R/n . Slika 5 ilustrira ovu ovisnost. Uočimo dvije vrlo bitne stvari: uz fiksiranu vrijednost b efikasnost raste s dostupnim brojem kanala, ali sve sporije, što je n veći. Uz fiksirani broj dostupnih kanala n , efikasnost je to veća što dopustimo veću vjerojatnost blokade, dakle lošiji stupanj usluge. To je, uostalom, i logično.

Nastaje pitanje: što će se dogoditi ako i prometni zahtjev A , ali i broj dostupnih kanala n , padnu za isti faktor. Na prvi pogled se ne bi trebalo dogoditi ništa. No, mala



Slika 5. Vremenska efikasnost komunikacijskog sustava

računska proba sa (14) uvjerit će nas da nakon toga raste vjerojatnost blokade b , tj. pada kvaliteta usluge. Takav slučaj imamo npr. kod sektorizacije ćelija (odjeljak 1.2.1). Razdioba kanala i korisnika na više uslužnih entiteta snižava kvalitetu usluge. Ako želimo vratiti razinu usluge na prijašnju razinu, moramo ponešto povećati broj kanala, što znači smanjiti frekvencijsku iskoristivost, odnosno povećati zauzeće spektra. I na globalnoj razini nastaje isti efekt: Što se određeni frekvencijski resurs podijeli na više operatera (više mreža, npr. CRONET i VIPNET u Hrvatskoj), da bi se poslužila ista populacija korisnika, potrebno je više spektra. Ova se pojava naziva *trunking efektom*. Efikasnost sustava raste s njegovom veličinom. Taj porast je statističkog podrijetla. Jedna velika komunikacijska mreža efikasnija je od više malih, koje pokrivaju istu populaciju.

Spektralni zahtjev koji se mora podnijeti na odobrenje državnoj agenciji prilikom planiranja mobilnog sustava nalazi se zapravo iz spektralnih potreba najveće urbane cjeline u državi, zato što u suvremenim javnim mrežama broj ćelija u najvećoj konurbaciji biva toliki, da se na njenom teritoriju nekoliko, pa i mnogo puta, ponove sve frekvencije, odnosno čitava FRP shema. Takvi sustavi, koji pripadaju "urbanim džunglama", sadrže teritorijalno male i prometno vrlo opterećene ćelije, s radiusima zona reda veličine 1 km, pa i manje, koje se u žargonima nazivaju *mikroćelijama*. *Pikoćelije* nastaju unutar kompleksa poslovnih zgrada, ili čak samo jedne takve zgrade. Srednje veliki gradovi, poput Zagreba, također svojim generiranjem prometnog zahtjeva određuju spektralne potrebe čitave države. Prometni zahtjev po ćeliji najveće konurbacije u zemlji definira se kao:

$$A_G = \frac{CT}{3600} \cdot \frac{1}{N_{OP}} \cdot \frac{p_G}{100} \cdot \frac{1}{N_{CG}} \text{ [Erlang/ćeliji].} \quad (16)$$

Tu je N_{OP} broj operatera u državi, p_G je postotak korisnika sustava koji borave u najvećoj konurbaciji, a N_{CG} je planirani broj ćelija u njoj. On je redovito određen prometnim zahtjevom, a ne najnižom klasom uređaja. Ponovimo: ukupni broj odobrenih kanala je fiksiran, a treba ga razdijeliti ćelijama u također fik-

siranoj shemi ponavljanja FRP. Iz Erlang B zakona treba, dakle, odrediti koliki prometni zahtjev može podnijeti jedna ćelija uz zadržavanje tražene kvalitete usluge karakterizirane sa b pri fiksiranom broju dostupnih kanala po ćeliji. Podijelimo li ukupan prometni zahtjev s onim prometom kojega možemo progurati kroz jednu ćeliju, dobivamo upravo potreban broj ćelija. Prometni zahtjev najveće konurbacije jednak je prema (16): $A_G N_{CG} = Ch^{-1} Ts p_G \% / (360000 N_{OP})$. Prema tome, on je zapravo primarno određen postotkom udjela stanovnika toga grada u državi p_G , jer su C i T veličine koje su manje više iste na čitavom teritoriju države, a tako su i tretirane u (16). Potreban frekvencijski spektar za čitav sustav je:

$$B = n(A_G; b) \cdot N_{FRP} \cdot N_{OP} / D. \quad (17)$$

Ovdje je $n(A_G; b)$ inverzna funkcija od (14) izračunata za A_G iz (16) i traženi b . U javnim je sustavima uobičajeno uzeti b jednak 0.01 do 0.02. D je broj dupleksnih fizičkih kanala u 1 MHz kojega dopušta konkretan sustav. Za GSM je $D = 8 \times 1 \text{ MHz} / (2 \times 0.2 \text{ MHz}) = 20$. N_{FRP} je broj ćelija u grozdu FRP sheme geografskog ponavljanja u najvećoj konurbaciji. Namjerava li se rabiti FRP 4/12, tada se stavlja $N_{FRP} = 4$, razumijevajući pri tom da se prometni zahtjev (16) računa za 4 teritorijalne cjeline koje su inače razdijeljene u po 3 sektora.

3. PARAMETRI PROSUDBE KVALITETE PROJEKTA MOBILNOG SUSTAVA

U ovome poglavlju dat će se u najkraćem definicije parametara koji mogu poslužiti vrednovanju sustava, prema 10. Formirat će se "funkcija pogodnosti" (fitness function) na taj način da je njena vrijednost to veća, što su promatrana svojstva lošija. Težinski faktori pridijeljeni separatnim funkcijama pogodnosti određuju njihov utjecaj na ukupnu funkciju. Time se ukupna funkcija čini više ili manje osjetljivom na promjene određenog parametra. U daljnjem tekstu svi će se težinski faktori dosljedno označavati malim grčkim slovima. Pojam fitness funkcije uzet je iz područja genetičkih algoritama [9] samo radi sličnosti načina ocjene rješenja. Zasad ne izgleda vjerojatno da bi se genetički algoritmi mogli efikasno koristiti za automatsku optimizaciju projekata mobilnih sustava uz dugačko ili vrlo dugačko potrebno vrijeme izračunavanja fitness funkcije, za koju dobar dio varijabli dolazi iz proračuna propagacije.

A. Odnos prekrivanja i pokrivanja

Lokalni odnos površine prekrivanja i -te od ukupno N ćelija signalima susjednih baznih stanica A_i^* i pokrivanja vlastite ćelije A_i je:

$$(P/P)_i^{lok} = A_i^* / A_i \quad (18)$$

Globalni parametar definiran je kao:

$$(P/P)^{glob} = \left(\sum_{i=1}^N A_i^* \right) / \left(\sum_{i=1}^N A_i \right) \quad (19)$$

Fitness funkcija ima ovaj oblik:

$$F_\alpha = \alpha^{glob} (P/P)^{glob} + \sum_{i=1}^N \alpha_i^{lok} (P/P)_i^{lok} \quad (20)$$

B. Razmak kanala

Razmak kanala radi izbjegavanja intermodulacijskih smetnji definiran je pravilima u [1]. Ta pravila valja dopuniti zahtjevom da se ne koriste susjedni kanali u istoj ili susjednim ćelijama. Separatna funkcija pogodnosti definira se kao podskup skupa $0_{,1,2} : 0_{12}$, tako da je:

$F=0$ ako su poštovana pravila [1] i dodatni zahtjev

$F=1$ ako su poštovana pravila [1], ali ne i dodatni zahtjev

$F=2$ ako nisu poštovana pravila [1] niti dodatni zahtjev.

C. Razmak istokanalnih odašiljača

Kada su svi razmaci istokanalnih odašiljača veći od izračunatih zaštitnih, funkcija pogodnosti je:

$$F_\gamma = \gamma_1 \sum_i (1/d_i^4) \quad (21)$$

Ako postoji d_i manji od zaštitnog iznosa, tada je:

$$F_\gamma = \gamma_2 \quad (22)$$

Pri tom iznos izraza (22) mora biti veći od iznosa (21).

D. Iskorištenje frekvencijskog spektra

Temeljem prometnog zahtjeva i predviđenog plana prostornog iskorištenja frekvencija FRP određuje se potreban frekvencijski spektar na nacionalnoj razini B_{nac} , prema postupku opisanom ranije. Nadalje, prema prometnom zahtjevu pojedine i -te ćelije određuje se spektar potreban za tu ćeliju B_{i0} . Utvrđuje se funkcija podobnosti:

$$F_\delta = \delta^{glob} [B - B_{nac}] + \sum_{i=1}^N \delta_i^{lok} [B_i - B_{i0}] \quad (23)$$

Zagrade oblika kao u (23) predstavljaju operator koji uzima samo pozitivne vrijednosti, a umjesto negativnih stavlja nulu. U slučaju kada je upotrijebljena širina spektra manja od računске, obično je riječ o sniženju kvalitete usluge (dostupnosti kanala). Međutim, to nije predmet promatranja ovdje, već u slijedećem odjeljku.

E. Kvaliteta usluge

U projektnom rješenju mogu postojati male razlike u stvarnoj kvaliteti usluge u i -toj ćeliji K_i , od one zahtijevane projektnim zadatkom K_{i0} . Kvalitetu usluge valja

računati po modelu Erlang B. Parametar kvalitete isključivo je lokalne naravi, pa se definira:

$$F_\epsilon = \sum_{i=1}^N \epsilon_i [K_{i0} - K_i] \quad (24)$$

Zagrada ima isto značenje kao u prethodnom odjeljku. Kada je kvaliteta veća od tražene, dolazi do veće potrošnje spektra. To je pak pitanje tretirano isto tako u prethodnom odjeljku.

F. Bečki sporazum

Bečki sporazum 11 je međunarodni dokument koji obvezuje Hrvatsku na usklađivanje korištenja predmetnih radijskih pojaseva s drugim potpisnicama sporazuma na točno propisani način. O tome će biti više riječi u slijedećem nastavku ove serije članaka. Ukupni teritorij T u susjednim zemljama, pogodan smetnjom koja prekoračuje odredbe [11] i time traži provedbu procedure usklađivanja, sastoji se od više pojedinačnih cjelina s površinama T_i . Svaka od tih cjelina omeđena je dvjema linijama: crtom usporednom s državnom granicom, a udaljenom 50 km od nje u dubinu pogođene države, te crtom konstantne proračunate jakosti polja dobivene metodom opisanom u [11]. Ako se pogođeni teritorij proteže kroz dvije države, on se razgraničuje njihovom međusobnom granicom. Definiramo li jakost polja E_i kao najveću jakost izračunatu na maloprije definiranoj crti usporednoj s granicom, možemo uspostaviti fitness funkciju:

$$F_\xi = \sum_i \xi_i T_i E_i \quad (25)$$

G. Pokrivanje za klase mobilnih uređaja niže snage

Mreža baznih stanica obično se projektira za određenu snagu odašiljača, što automatski implicira pokrivanje terena za mobilne stanice iste snage, pretpostavimo li jednake pragove prijema i neusmjerene dijagrame zračenja na obje strane. Dobro je proračunati i pokrivanje za nekoliko manjih snaga, tj. za nekoliko nižih klasa mobilnih aparata. Poželjno je da je i za njih pokrivanje čim veće. Neka je broj klasa manjih od najveće, za koje se vrši proračun, jednak K . Površina i -te od N ćelija je A_i , a A_{ij} je površina unutar i -te ćelije na kojoj je osigurano pokrivanje za j -tu klasu mobilnih uređaja. Možemo definirati fitness funkciju:

$$F_\eta = \eta_0 \frac{K \sum_{i=1}^N A_i}{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^N A_{i/j}} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K \eta_{i/j} \frac{A_i}{A_{i/j}} \quad (26)$$

Moguće je da imamo samo jednu klasu manje snage, kada je $K=1$. U tom slučaju se (26) pojednostavnjuje:

$$F_{\eta}|_{K=1} = \eta_0 \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{\sum_{i=1}^N A_{i/1}} + \sum_{i=1}^N \eta_{i/1} \frac{A_i}{A_{i/1}} \quad (27)$$

Prvi pribrojnici u (26) i (27) odnose se na globalni udio terena pokrivenoga za niže klase, a drugi pribrojnici daju lokalne udjele po ćelijama i po pojedinim klasama.

H. Ekonomski parametri

Broj lokacija M na kojima se mogu smjestiti bazne stanice može biti veći ili jednak od ukupnog broja iskorisćenih lokacija N . Odmah se treba odreći ambicije o ispitivanju funkcije pogodnosti svih mogućih postava N stanica od M lokacija, jer je broj tih postava obično vrlo velik. Za svaku od M lokacija treba pokušati specificirati parametre:

- i) troškove pripreme i izdavanja lokacijske i građevinske dozvole, kao i građevinske projektne dokumentacije
- ii) troškove komunalnih radova - pristupa na javne prometnice, električnu mrežu, vodovod, kanalizaciju, itd.
- iii) troškove eventualnog najma tuđih prostora
- iv) troškove pripremnih, glavnih i završnih građevinskih radova
- v) troškove projekta za telekomunikacijsku opremu
- vi) troškove dopreme i instaliranja opreme
- vii) cijenu opreme
- viii) cijenu realizacije transmisijske veze (npr. radio linka) za spajanje bazne stanice na najbližu točku vlastitog ili unajmljenog prijenosnog sustava
- ix) pouzdanost opreme koja će se ugraditi na lokaciju
- x) postizivo srednje vrijeme do uklanjanja kvara (pristupačnost lokacije, opremljenost rezervnim dijelovima).

Troškove pod točkama i) do iv) obično je teško objektivno percipirati u ranoj fazi projektiranja. Zato je dobro pristupiti ocjenjivanju pojedinih lokacija ocjenama od 1 do 5, kao u školi - ocjena 1 pripisat će se npr. "malim troškovima", a ocjena 5 "vrlo velikim troškovima". Tu treba koristiti iskustvo ljudi koji su upućeni u poslove izgradnje telekomunikacijskih sustava. Naravno, postoje li točni ili približni podaci o rečenim troškovima, svakako valja njih uključiti u proračun. Za stavke i) do iv) definirat ćemo:

$$F_9 = 9 \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^N S_{i/j} \quad (28)$$

Sa j je označena pojedina vrsta od t troškova. S su ukupne ocjene ili cijene pojedinih lokacija (i) za pojedine vrste troškova (j). Stavke v) do viii) mogu se obuhvatiti ponderiranom sumom cijena troškova dopreme i instaliranja, projekta, same opreme i transmisijske veze:

$$F_1 = \sum_{i=1}^N (S_i^{instal} + S_i^{proj} + S_i^{oprema} + S_i^{trans}) \quad (29)$$

Stavke ix) i x) obuhvaćaju se funkcijom:

$$F_k = \sum_{i=1}^N \kappa_i (MTTR_i / MTBF_i) \quad (30)$$

$MTTR$ (engl. Mean Time To Repair) je srednje vrijeme popravka kvara, a $MTBF$ (engl. Mean Time Between Failures) je srednje vrijeme između kvarova. Veća pouzdanost i opremljenost rezervnim dijelovima povećava cijenu opreme. To je pak sadržano u stavci vii) i formuli (30).

I. Ukupna funkcija podobnosti

Ukupna funkcija podobnosti je suma:

$$F = F_{\alpha} + F_{\beta} + \dots + F_{\kappa} \quad (31)$$

Najbolje ponuđeno rješenje sustava je ono koje ima *najmanju* vrijednost ove funkcije.

Težinski faktori imaju mjerne jedinice recipročne jedinica varijabli koje množe. Vrednovanje svih težinskih faktora u svim separatnim funkcijama projektant treba obaviti na slijedeći način:

- u svakoj separatnoj funkciji odrediti proizvoljno težinske faktore razmjerno važnosti veličina na koje se oni odnose
- u formulu separatne funkcije uvrstiti *poželjne* vrijednosti parametara i izračunati vrijednost funkcije
- pomnožiti sve težinske faktore separatne funkcije takvim brojem, da vrijednost izračunata u prethodnoj točki postane jednaka nekom broju između 0 i 1, razmjernom važnosti koju želimo dati separatnoj funkciji u ukupnoj sumi (31)
- ponoviti ove korake na svim separatnim funkcijama.

Poželjne vrijednosti parametara, koje služe u određivanju težinskih faktora, treba uzeti realnima. Primjerice, nerealno je tražiti stopostotno pokrivanje za niže klase uređaja, jer je to fizikalno nemoguće. Bolje je za poželjni omjer pokrivanja niže i nazivne klase uzeti odnos njihovih snaga. S obzirom da se u konkretnom postupku neće koristiti sve separatne funkcije, a mnogi težinski faktori će biti jednaki 0 ili međusobno jednaki, posao s njima nije toliko opsežan, koliko bi to moglo izgledati.

Formiranje funkcije pogodnosti može se provesti za nekoliko različitih verzija projekta jednog te istog sustava. Na taj način možemo kvantitativno usporediti njihovu kvalitetu, pri čemu smo u mogućnosti pomoću sistema težinskih faktora podesiti utjecaje različitih parametara na ukupnu ocjenu kvalitete po vlastitoj potrebi. Čitatelj zacijelo shvaća zašto su pojedini parametri definirani kao u gornjem tekstu. Odabir najkvalitetnijeg - dakle optimalnog među izrađenima - projektog rješenja može donijeti značajne uštede u početku izgradnje, poglavito na infrastrukturnim troškovima.

4. ZAKLJUČAK

Planiranje mreže baznih postaja najvažniji je i najsloženiji korak u izgradnji sustava mobilnih radiokomunikacija. Mreža mora pružiti najveći učinak uz najmanji broj baznih postaja, najmanje zauzeće frekvencijskog spektra, najmanju opću razinu emisije, osiguranu marginu za istokanalne smetnje, onemogućeno intermodulacijsko smetanje i najnižu cijenu sustava. Primjenjuju se linearne sheme raspodjele baznih stanica. Zaštitni faktor q , koji je tehnološki određen, mora uvijek ostati očuvan, i to je polazni temelj za topološko planiranje mreže. Odabiranje idealizirane sheme iskorištenja frekvencija po terenu također ovisi o korištenom sustavu mobilnih komunikacija. Idealizirana se shema prilagođuje stvarnim terenskim prilikama i razdiobi prometnog zahtjeva po terenu. Treba odabrati najmanji mogući broj ćelija u grozdu. Polumjer ćelija treba biti u načelu čim veći, ali je on ograničen dvama faktorima: prometnim zahtjevom u ćeliji, koji raste približno s kvadratom polumjera, te najnižom klasom (snagom) mobilnih ili ručnih stanica za koju treba osigurati potpuno pokrivanje s danim vjerojatnostima prekoračenja po vremenu i lokacijama. Ona tendencija koja je pritom jača određuje maksimalni mogući radius ćelija. Predviđeni prometni zahtjev ćelija najveće urbane sredine u državi određuje količinu radiofrekvencijskog spektra (broj kanala) potreban za realizaciju te mreže. Kvalitetu svake verzije projekta mobilne mreže moguće je kvantitativno izraziti funkcijom pogodnosti i usporediti s drugim verzijama projekta iste mreže, te tako ostvariti barem djelomičnu optimizaciju.

LITERATURA

- [1] E. ZENTNER: "Radiokomunikacije", Školska knjiga, Zagreb, 1989.
- [2] D. SABOLIĆ: "Temelji pokretnih radiokomunikacija - I. dio: Površinsko širenje elektromagnetskih valova i svojstva prijamnog polja", Energija 5/1998, Zagreb, 1998.
- [3] D. SABOLIĆ: "Razvoj treće generacije sustava mobilnih komunikacija bazirane na tehnici raspršenog spektra", Energija 4/1997, zagreb, 1997.
- [4] D. J. GOODMAN: "Second Generation Wireless Information Networks", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 40, No. 2, May 1991.
- [5] T. KOS et al: "Analysis of Intermodulation Distorsion in CATV Amplifiers", Proceedings IWSSIP '98, Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, 1998.
- [6] D. SABOLIĆ: "Two Analog or Discrete Constant Envelope FM Signals Intermodulation Interference Calculation", predano na objavu u IEEE Transactions on Broadcasting, 1999.
- [7] S. HAYKIN: "Communication Systems", 3rd ed, John Wiley & Sons Inc, New York, 1994.
- [8] R. L. FREEMAN: "Reference Manual for Telecommunications Engineering", 2nd ed, John Wiley & Sons Inc, New York, 1994.
- [9] J. M. JOHNSON, Y. RAHMAT-SAMII: "Genetic Algorithms in Engineering Electromagnetics", IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 39, No. 4, Aug. 1997.
- [10] D. SABOLIĆ: "Mogućnosti tehničkog i ekonomskog optimiranja projekata mreža baznih stanica pokretnih radiokomunikacija za vlastite potrebe primjenom računala", Mipro '98, zbornik radova sekcije CTE - Computers in Telecommunications, Opatija, svibanj 1998.
- [11] "Agreement between the telecommunications authorities of Belgium, the Federal Republic of Germany, France, Italy, Croatia, Luxembourg, the Netherlands, Austria, Poland, Switzerland, the Slovak Republic, Slovenia, the Czech Republic and Hungary on the coordination of frequencies between 29.7 and 960 MHz for fixed services and land mobile services", Vienna, December 3rd, 1993.

BASIS OF MOBILE RADIOCOMMUNICATIONS - PART II: NETWORK PLANNING

The work shows basic rules relevant to the field of basic mobile station system network, as regards the spatial distribution and the protection from the same channel, the neighboring channel and inter-modular disturbances, and the expected transport load. It also contributes to the analysis of inter-modular disturbances among neighboring channels and to the systematic quantitative quality comparison of different projects of a mobile system.

GRUNDZÜGE BEWEGLICHER LANDFUNKNETZE – II. TEIL: DIE NETZ-PLANUNG

Die Arbeit stellt die im Bereich der Gestaltung des Grundvrbindungsstellen beweglicher Landfunknetze geltenden Grundregeln dar, und zwar mit Rücksicht auf die Raumverteilung und den Schutz gegen den gleichkanaligen nachbarkanaligen und intermodularen Störungen und auf die erwartete Verkehrsbelastung. Die Arbeit stellt auch einen Beitrag der Beurteilung intermodularer Störungen zwischen den aneinanderliegenden Kanälen und eine Systematisation quantitativer Vergleiche der Qualität verschiedener Projektlösungen eines beweglichen Landfunknetzes.

Naslov pisca:

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.

**Hrvatska elektroprivreda d. d.
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1998-11-06

GRANICA DINAMIČKE STABILNOSTI NEREGULIRANOG I REGULIRANOG SINKRONOG GENERATORA

Dr. sc. Muharem M e h m e d o v i ć – prof. dr. sc. Srđan B a b i ć – Dubravka K o l u n d ž i ć, Zagreb

UDK 621.313.12
STRUČNI ČLANAK

Dana su pojednostavljena razmatranja proračuna granice dinamičke stabilnosti nereguliranog i reguliranog jednostrojnog sustava regulacije uzbude sinkronog generatora.

Ključne riječi: dinamička stabilnost, granica dinamičke stabilnosti, pogonski dijagram, svojstvene vrijednosti.

1. UVOD

Tijekom rada elektroenergetskog sustava (EES) nastaje niz većih ili manjih poremećaja koji unose nesklad u njegov rad. Sustav se neprekidno nalazi u prijelaznim stanjima tako da zapravo, konačno, idealno stacionarno stanje u stvarnosti niti ne postoji. Stacionarno stanje stvarnog sustava je pojam koji se obično upotrebljava za stanje sustava čije se veličine i parametri vrlo sporo mijenjaju.

Moguće je da nakon određenih promjena u sustavu i ne uslijedi novo stacionarno stanje pa je u tom slučaju riječ o nestabilnosti sustava. Idealizirano gledano i stacionarno stanje koje je uravnotežno ne mora biti stabilno. Za nestabilno uravnotežno stanje to znači da će mali poremećaj na sustav imati za posljedicu njegovu nestabilnost.

U tom smislu, pojednostavljeno rečeno, stabilnost EES-a je sposobnost sustava da nakon poremećaja nastavi normalni trajni stabilni stacionarni pogon uzimajući u obzir već spomenuta ograničenja glede definicije stacionarnog stanja.

U EES-u koji je, temeljno promatran, nelinearan susreće se s više pojmova stabilnosti. Jedan od njih je dinamička stabilnost koja se definira kao sposobnost EES-a da nastavi stabilan pogon nakon malih poremećaja. Poremećaji su dovoljno "mali" da se sustav nelinearnih diferencijalnih jednadžbi s kojima se opisuje sustav može linearizirati u okolišu bilo koje radne točke.

Premda se u novije vrijeme izbjegava naziv "dinamička stabilnost", (preporuke CIGRE i IEEE, L [4]), i umjesto njega koristi "stabilnost na male poremećaje" ili "statička stabilnost", u ovom se članku upotrebljava stari naziv.

Dinamička stabilnost elektroenergetskog sustava može se istraživati u vremenskoj i frekvencijskoj domeni. Istraživanjem u frekvencijskoj domeni moguće je dobiti cjelovitu informaciju o razini prigušenja i svojstvenih frekvencija te zaključiti o dinamičkoj stabilnosti sustava.

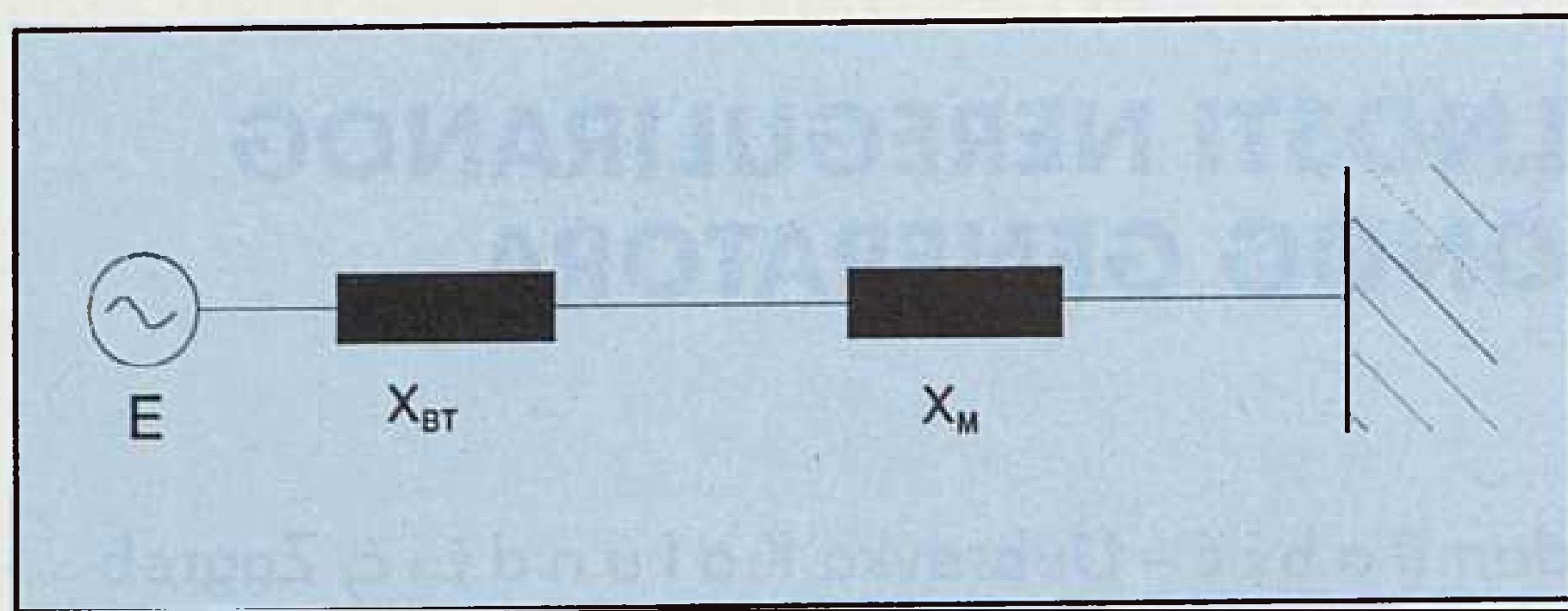
Pri istraživanju dinamičke stabilnosti EES-a ispituje se utjecaj parametara regulatora napona i ostalih dodatnih signala na stabilnost, ocjena odziva sustava regulacije uzbude na male promjene opterećenja, male promjene napona i male promjene brzine vrtnje te promjene drugih varijabli stanja. Ovakovim provjerama može se ukazati na izbor sustava regulacije uzbude sinkronog stroja i poželjne vrijednosti njegovih parametara. Jednako tako, može se ocijeniti utjecaj parametara generatora s obzirom na dinamičku stabilnost. U slučaju da rezultati ukažu na nedovoljnu inherentnu dinamičku stabilnost elektroenergetskog sustava potrebno je istražiti mogućnost povećanja rezerve dinamičke stabilnosti kako proizvodne jedinice tako i elektroenergetskog sustava u cjelini.

U ovom su radu dana općenita razmatranja opisa modela jednostrojnog sustava (jedan stroj radi paralelno na mrežu). Definiran je, također, pojam dinamičke stabilnosti takvog jednostrojnog sustava kao i prijedlog metode temeljem koje su proračunate granice dinamičke stabilnosti. Navedeni su i temeljni zaključci i brožani pokazatelji izvedivi iz takvih modela.

2. OPIS MODELA SUSTAVA REGULACIJE UZBUDE

Za ovu svrhu koristit će se relativno pojednostavljeni model za istraživanje dinamičke stabilnosti, a koji se sastoji od sinkronog stroja i vanjske mreže (sl. 1) koji se u literaturi naziva jednostrojnim sustavom. Reaktan-

cije mreže x_M i bloktransformatora x_{BT} pridružene su stroju kao njihov zbroj, odnosno kao zajednička ekvivalentna reaktancija x_e .



Slika 1. Sinkroni stroj u paralelnom radu na mrežu

Model za istraživanje dinamičke stabilnosti izvodi se na temelju opisa sustava kao i u slučaju prijelazne stabilnosti tako da se model linearizira u okolišu određene radne točke.

Linearizacijom sustava nelinearnih jednadžbi kojima se opisuje dinamika sustava

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= f(x, u) \\ y &= h(x, u) \end{aligned} \quad (1)$$

gdje je x vektor varijabli stanja, u upravljački vektor i y vektor izlaznih varijabli dobiva se u okolišu radne točke $x=x_0$ i $u=u_0$ linearni sustav

$$\Delta \dot{x} = \frac{d\Delta x}{dt} = A\Delta x + B\Delta u \quad (2)$$

Ovdje je A matrica sustava, a B matrica upravljanja. Izlaz sustava se definira kao:

$$\Delta y = C\Delta x + D\Delta u \quad (3)$$

Ovdje je C matrica izlaza, a D matrica neposrednih veza ulaz-izlaz. Matrice A i B dobivaju se linearizacijom kao Jakobijani f s obzirom na x i u , a matrice C i D kao Jakobijani h s obzirom na x i u , što se matematički dade izraziti na sljedeći način:

$$A = \left[\frac{\partial f}{\partial x} \right]^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix}_{\left(\begin{smallmatrix} x=x_0 \\ u=u_0 \end{smallmatrix} \right)} \quad (4)$$

$$B = \left[\frac{\partial f}{\partial u} \right]^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial u_1} & \frac{\partial f_1}{\partial u_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial u_m} \\ \frac{\partial f_2}{\partial u_1} & \frac{\partial f_2}{\partial u_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial u_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial u_1} & \frac{\partial f_n}{\partial u_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial u_m} \end{bmatrix}_{\left(\begin{smallmatrix} x=x_0 \\ u=u_0 \end{smallmatrix} \right)} \quad (5)$$

$$C = \left[\frac{\partial h}{\partial x} \right]^T \bigg|_{\left(\begin{smallmatrix} x=x_0 \\ u=u_0 \end{smallmatrix} \right)} \quad (6)$$

$$D = \left[\frac{\partial h}{\partial u} \right]^T \bigg|_{\left(\begin{smallmatrix} x=x_0 \\ u=u_0 \end{smallmatrix} \right)} \quad (7)$$

Izračunaju li se svojstvene vrijednosti Jakobijana A (matrice sustava, reda n) tada se slobodno rješenje ($\Delta u=0$) sustava jednadžbi u vremenskoj domeni može napisati u obliku:

$$\Delta x_k(t) = \sum_{i=1}^n R_{ki} e^{\lambda_i t}, k = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Sustav je stabilan ako su realni dijelovi svojstvenih vrijednosti k_i , $i = 1, 2, \dots, n$ matrice A negativni. Ako bi i jedna svojstvena vrijednost imala realni dio pozitivan sustav je u cijelosti nestabilan. Ako bi pak i jedna svojstvena vrijednost bila jednaka nuli sustav se nalazi na granici stabilnosti.

U slučaju da je riječ o nelinearnom sustavu tada se upravo utvrđeno odnosi na lokalna svojstva tog sustava (svojstva u okolišu radne točke). Ravnotežne točke nelinearnog sustava mogu se određivati rješavanjem odgovarajućeg skupa nelinearnih algebarskih jednadžbi koje opisuju stacionarna stanja.

Točan izvod matrice A za istraživani model uočljiv je u [5].

3. PRORAČUN GRANICE DINAMIČKE STABILNOSTI

U skladu s definicijom granice dinamičke stabilnosti u točki 2. definira se takva funkcija koja teži nuli ako realni dio bilo koje svojstvene vrijednosti teži nuli. Ovome odgovara produkt realnih dijelova svojstvenih vrijednosti koje su funkcije djelatne i jalove snage, odnosno radne točke (P, Q) . S obzirom da postupci traženja nultočke funkcije ne moraju uvijek završiti uspješno, bolje je koristiti postupke minimizacije. Međutim, u ovu svrhu gore definirana funkcija mora zadovoljiti i dodatni uvjet, a on se sastoji u tome da funkcija mora biti pozitivno semidefinitna.

Funkcija koja, u tom smislu, zadovoljava te uvjete, a koja se u ovom slučaju koristi je:

$$F(P, Q) = \prod_{k=1}^n \text{Re}(|\lambda_k(P, Q)|) \quad (9)$$

Minimizacijom navedene funkcije s obzirom na niz vrijednosti (P, Q) te odabirom onih minimuma koji su jednaki nuli moguće je odrediti granicu dinamičke stabilnosti. Iz izraza (9) može se neposredno zaključiti da red sustava ne predstavlja u većini slučajeva ograničenje s obzirom na numeričke poteškoće.

Određivanje granice dinamičke stabilnosti sinkronog generatora u svezi je sa sljedećim koracima:

- Ulazni parametri sustava koji se sastoji od sinkronog stroja, sustava uzbude, bloktransformatora i nadomjesne vanjske mreže
- Izbor početnih vrijednosti P i Q .
- Proračun stacionarnih stanja sustava
- Oblikovanja modela dinamike sustava
- Linearizacija modela, računanje matrice A sustava za određenu radnu točku u pogonskom dijagramu (P , Q)
- Računanje svojstvenih vrijednosti λ , $i = 1, 2, \dots, n$ matrice A
- Minimizacija funkcije $F(\lambda(P, Q))$ za početne vrijednosti P i Q , i povrat na točku c) dok se ne upotrijebe sve početne vrijednosti P i Q , a u protivnom prelazi se na točku h)
- Izbor minimuma koji su približno jednaki nuli
- Odabir rezultata odbacivanjem vrijednosti izvan razmatranog područja
- Razvrstavanje izabranih parova (P, Q) po uzlaznim iznosima P
- Crtanje granice dinamičke stabilnosti u pogonski dijagram

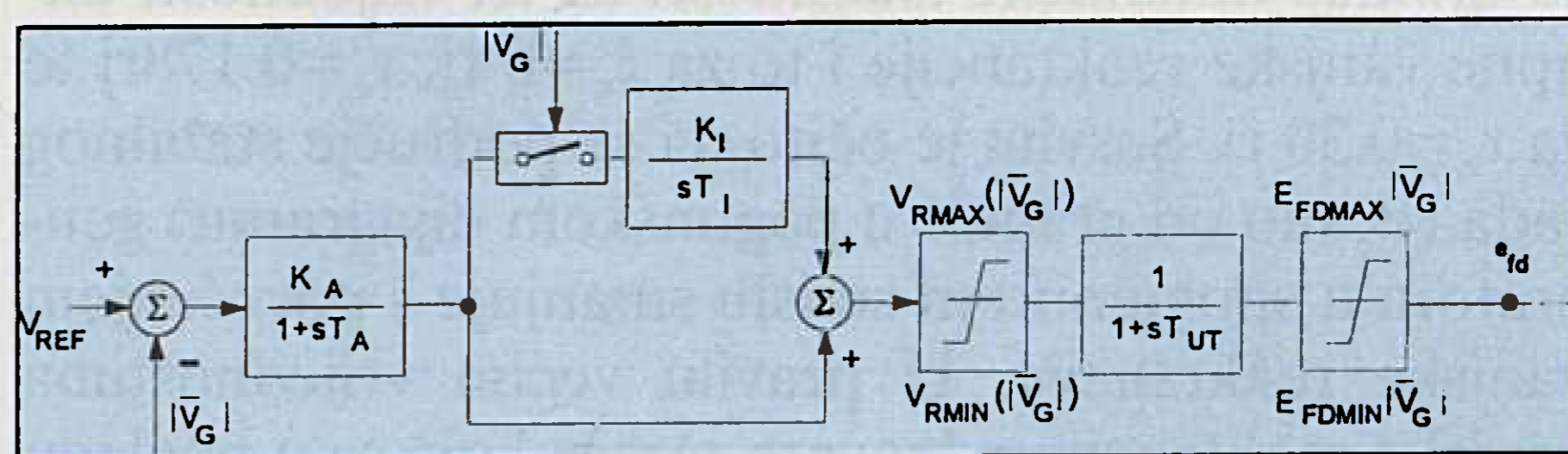
3.1. Podaci o istraživanom sustavu

Za primjer određivanja granice dinamičke stabilnosti u pogonskom dijagramu odabrana je proizvodna jedinica 1 u TE Sisak. Potrebni podaci navedeni su u tabl. 1.

Tablica 1. Podaci za TE Sisak 1

Parametar	Oznaka	Iznos	Dim.
Nazivna prividna snaga	S_n	247	MVA
Nazivni faktor snage	$\cos\varphi$	0.85	
Nazivna djelatna snaga	P_n	210	MW
Nazivna jalova snaga	Q_n	130	MVA _r
Nazivni napon i opseg regulacije	U_n	$15.75 \pm 5\%$	kV
Nazivna brzina vrtnje	n_n	3000	min^{-1}
Sinkrona reaktancija, d-os,	x_d	1.932	rj
Sinkrona reaktancija, q-os,	x_q	1.932	rj
Rasipna reaktancija armature	x_l	0.16	rj
Djelatni otpor armature pri 75°C	r_s	0.001474	rj
Prijelazna reaktancija, d-os	x'_d	0.312	rj
Vremenska konstanta uzbuđenog namota uz otvorenu armaturu	T'_{do}	6.85	s
Početna reaktancija, d-os	x''_d	0.198	rj
Vremenska konstanta prigušnog namota, uz otvorenu armaturu, d-os	T''_{do}	0.050	s
Početna reaktancija, q-os	x''_q	0.210	rj
Vremenska konstanta prigušnog namota, uz otvorenu armaturu, q-os	T''_{qo}	0.130	s
Konstanta tromosti cijelog agregata, jednomaseni model	T_M	8.00	Ws/VA
Ekvivalentna reaktancija ($X_{BT} + X_M$)	X_e	0.178	rj
Ekvivalentni otpor	r_e	0.02	rj

Za potrebe računanja granice dinamičke stabilnosti korišten je model sustava uzbude s PI regulatorom prema sl. 2. i podacima uočljivim u tabl. 2.



Slika 2. Model sustava uzbude TE Sisak 1

Tablica 2. Podaci za sustav uzbude u TE Sisak 1

Vrsta sustava uzbude	Neposredna tiristorska - samouzbuda			
	Parametar	Oznaka	Iznos	Dimenzija
Pojačanje osnovne regulacijske petlje	K_A	50	rj/rj	
Vremenska konstanta regulatora	T_A	0.020	s	
Pojačanje integratora	K_I	1.00	rj/rj	
Vremenska konstanta integratora	T_I	4.00	s	
Nadomjesna vremenska konstanta impulsnog uređaja i usmjerivača	T_{UT}	0.02	s	
Maksimalni izlazni napon regulatora uz nazivni napon generatora	V_{RMAX}	6.05	rj	
Minimalni izlazni napon regulatora uz nazivni napon generatora	V_{RMAX}	-9.74	rj	
Maksimalni napon uzbuđenika uz nazivni napon generatora	E_{FDMAX}	6.05	rj	
Minimalni napon uzbuđenika uz nazivni napon generatora	E_{FDMIN}	-5.53	rj	

4. ANALIZA REZULTATA PRORAČUNA GRANICA DINAMIČKE STABILNOSTI

Za konkretne slučajeve nereguliranog i reguliranog stroja predočeni su rezultati razmatranja granice dinamičke stabilnosti u numeričkom i grafičkom obliku.

Valja naglasiti da svi navedeni rezultati vrijede za slučaj takvih stacionarnih stanja gdje je napon generatora konstantan, a koji je u konkretnom slučaju jednak nazivnom naponu generatora.

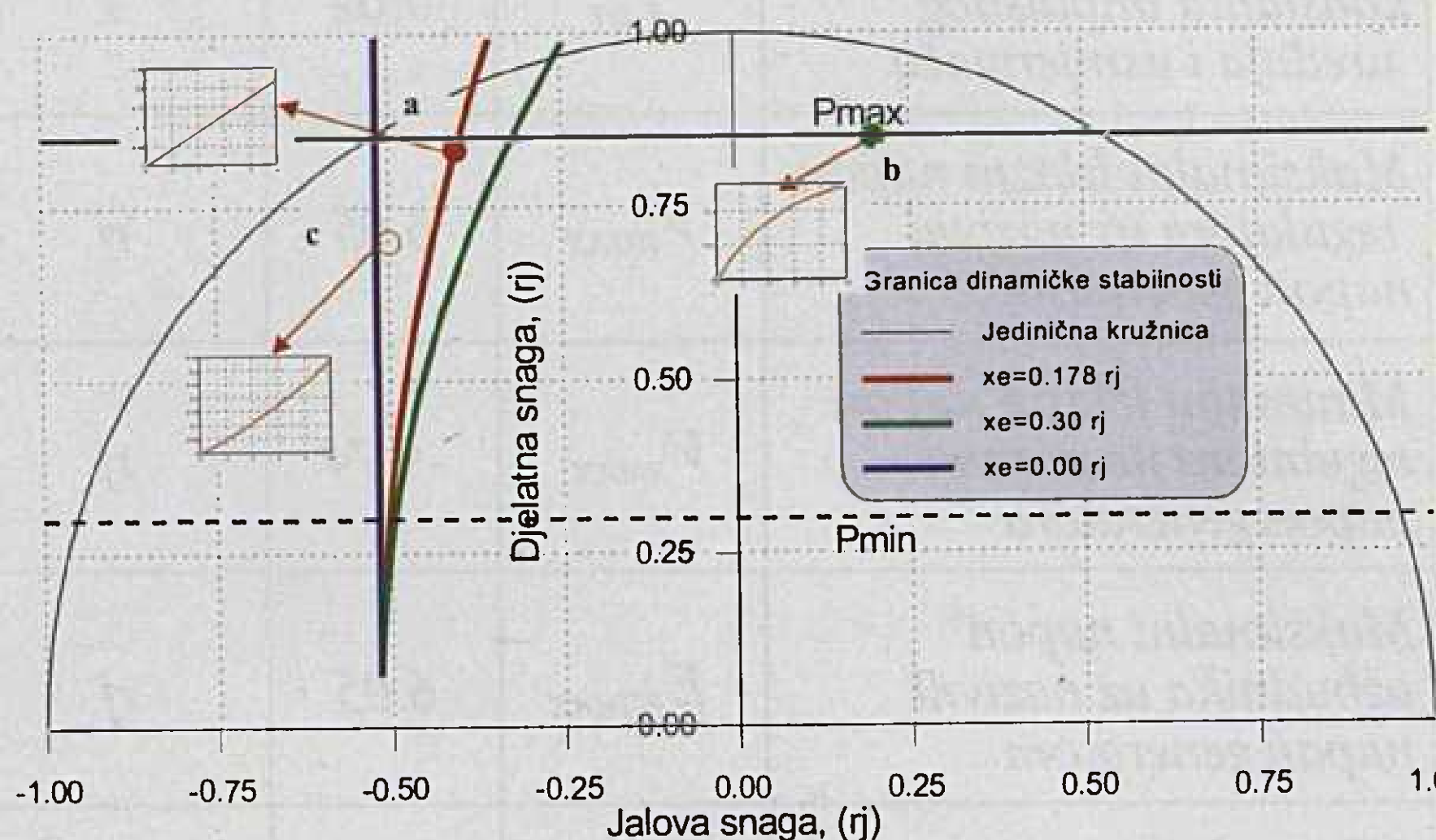
4.1. Granica dinamičke stabilnosti nereguliranog sinkronog stroja

U području vrijednosti djelatne i jalove snage u pogonskom dijagramu, granica dinamičke stabilnosti nereguliranog stroja definirana je geometrijskim mjestom točaka za koje je iznos svojstvene vrijednosti koja pripada uzbudi jednak nuli. Nestabilno područje odgovara pozitivnom iznosu, a stabilno negativnom iznosu ove svojstvene vrijednosti. Na slici 3 predočene su granice dinamičke stabilnosti za tri vrijednosti ukupne vanjske reaktancije i to za $x_e=0$ rj, $x_e=0.178$ rj te za $x_e=0.30$ rj. Sasvim je očito da se područje stabilnog rada (desno od granice u pogonskom dijagramu) generatora u spomenutom smislu smanjuje s povećanjem vanjske reaktancije. U pravilu većim vrijednostima vanjske reaktancije odgovara mreža koja se u pogledu promjene iznosa napona može smatrati "mekšom".

U fizikalnom smislu u nestabilnom području dolazi do kumulativnog (samo)uzbuđivanja stroja, što odgovara odzivu odstupanja napona generatora na skokovitu promjenu napona uzbude za radnu točku označenu na slici 3 s c, a koja je lijevo od granice stabilnosti za $x_e=0.178$ rj.

4.2. Granica dinamičke stabilnosti reguliranog sinkronog stroja

Realnija slika ponašanja sinkronog stroja s obzirom na dinamičku stabilnost dobiva se kada se sustavu jednadžbi stroja dodaju i jednadžbe sustava uzbude. Analiza je provedena za nazivne podatke stroja i sustava uzbude, a potom za različite vrijednosti pojačanja naponskog regulatora, vanjske reaktancije i konstante tromosti.



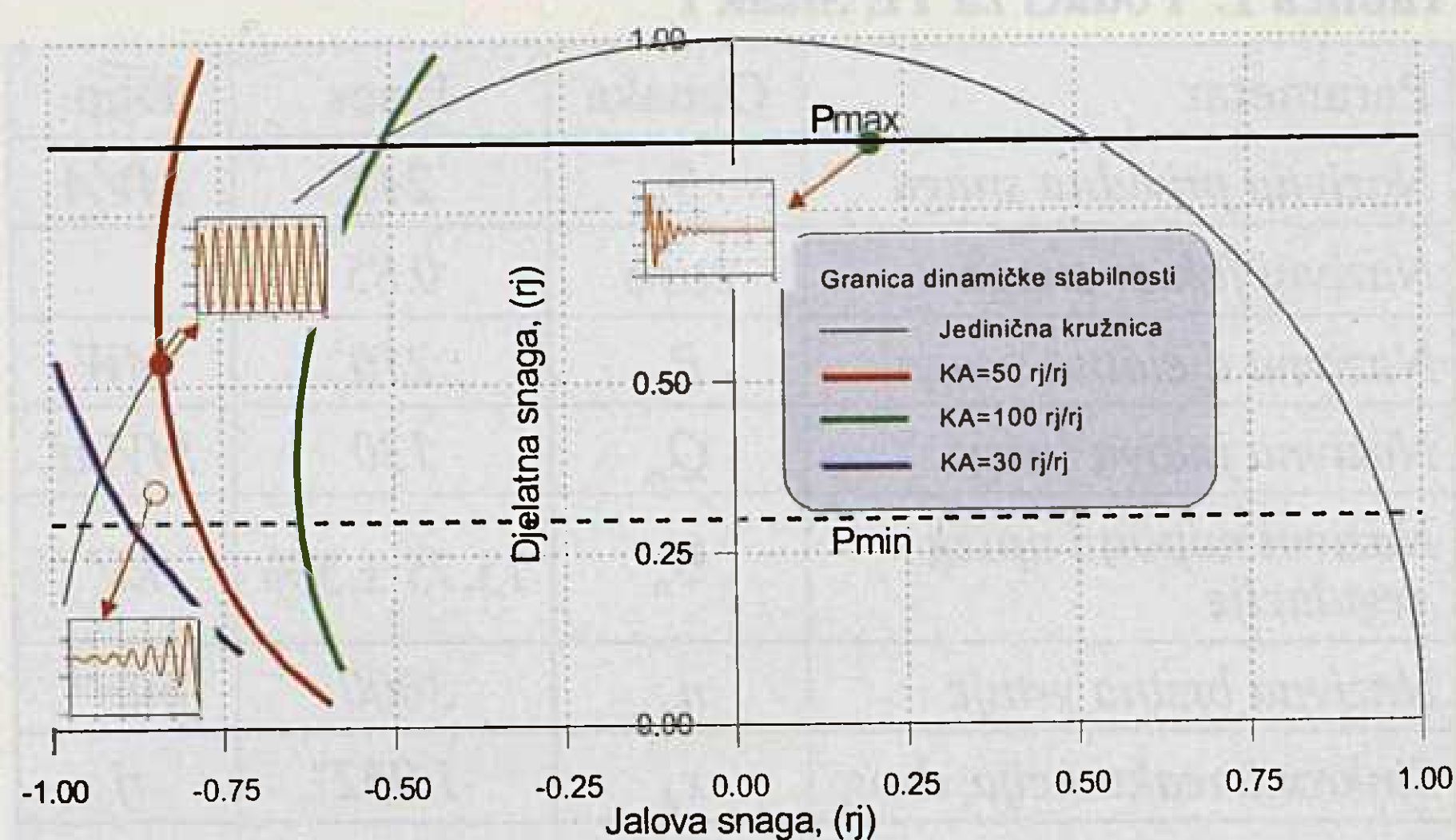
Slika 3. Utjecaj ukupne vanjske reaktancije na granicu dinamičke stabilnosti

Za razliku od nereguliranog generatora, za prosudbu o granici stabilnosti unutar pogonskog dijagrama reguliranog generatora presudno je ponašanje konjugirano-kompleksnog para svojstvenih vrijednosti koji pripada elektromehaničkom gibanju.

Uz pojedine točke u pogonskom dijagramu predočen je i umanjeni vremenski odziv napona generatora na malu skokovitu promjenu referentnog napona iz kojeg se uočava o kojem je području riječ. Prigušene oscilacije su u području koje je dinamički stabilno, raspijuće oscilacije su u području koje je nestabilno, a oscilacije s konstantnom amplitudom nastaju u pogonu na granici dinamičke stabilnosti.

4.2.1. Utjecaj pojačanja naponskog regulatora

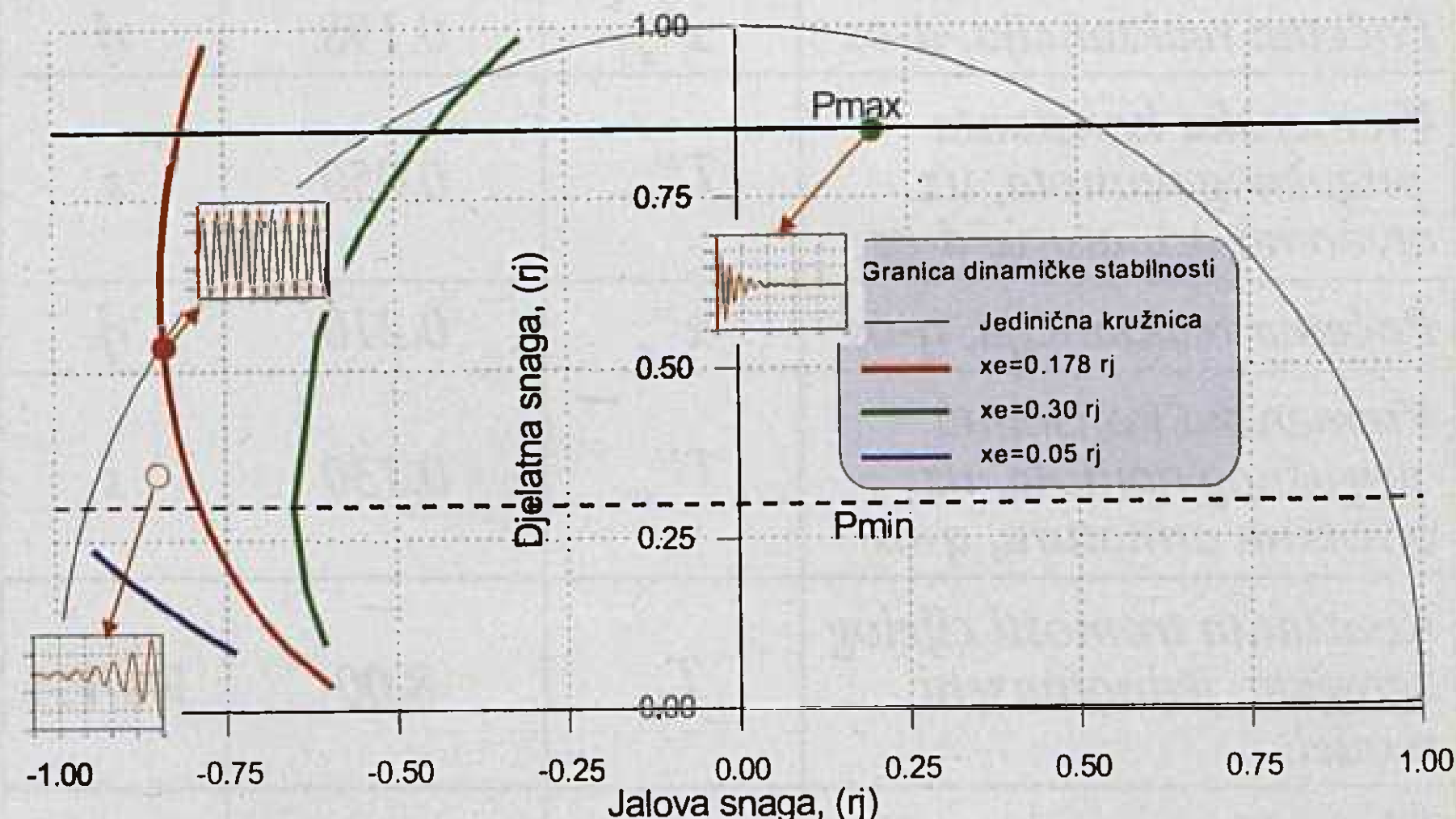
Utjecaj pojačanja naponskog regulatora na granicu dinamičke stabilnosti istraživao je za tri vrijednosti $K_A=50$ rj/rj, $K_A=100$ rj/rj i $K_A=30$ rj/rj. Očito je da veće pojačanje $K_A=100$ rj/rj pomiče granicu dinamičke stabilnosti udesno i time smanjuje područje stabilnog rada. Smanjenjem pojačanja u odnosu na nazivno, konkretno $K_A=50$ rj/rj, proširuje se područje stabilnog rada.



Slika 4. Utjecaj pojačanja regulatora napona u sustavu uzbude na granicu dinamičke stabilnosti

4.2.2. Utjecaj vanjske reaktancije

Na temelju rezultata istraživanja utjecaja vanjske reaktancije može se zaključiti da se za vrijednost $X_e=0.3$, koja je veća od vrijednosti ekvivalentne reaktancije mjerene sa stezaljki stroja $X_e=0.178$, područje stabil-

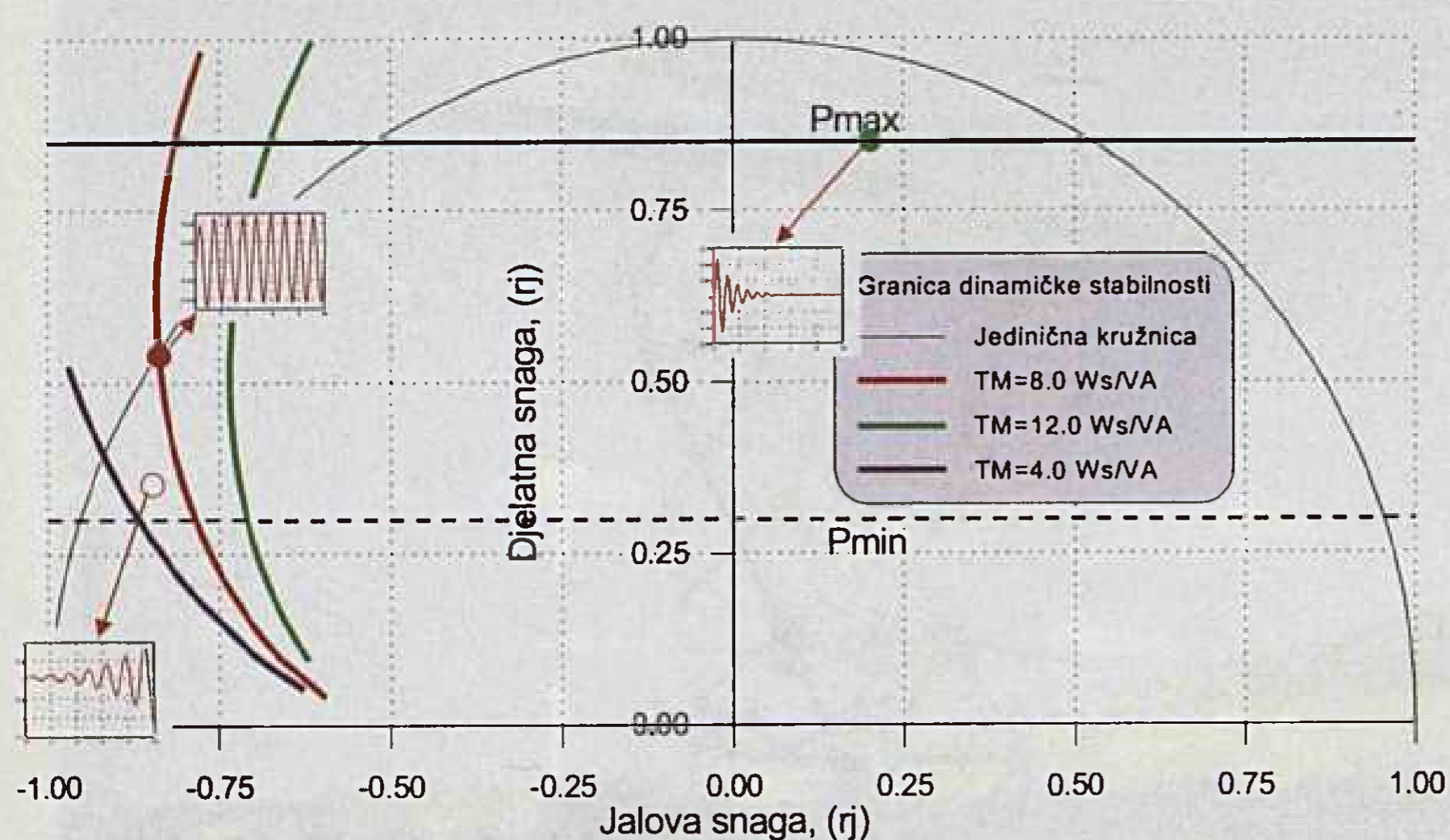


Slika 5. Utjecaj ukupne vanjske reaktancije na granicu dinamičke stabilnosti

nog rada smanjuje, budući da se granica dinamičke stabilnosti "pomiče" udesno. Ovakovo stanje u pogonu može izazvati promjena topologije mreže (smanjenje zalihosti) izbacivanjem vodova na kojima su se pojavili kvarovi. Za hipotetsku vrijednost $X_c=0.05$ područje stabilnog rada prošireno je u odnosu na nazivnu vrijednost.

4.2.3. Utjecaj konstante tromosti

Utjecaj konstante tromosti istraživao je za hipotetske vrijednosti $T_M=12.0$ Ws/VA, $T_M=4.0$ Ws/VA i za nazivnu vrijednost $T_M=8.0$ Ws/VA. Rezultati proračuna su takvi da se može zaključiti da što je veća konstanta tromosti agregata to je stroj "manje stabilan", tj. smanjuje mu se područje stabilnog pogona u smislu poimanja dinamičke stabilnosti (za razliku od prijelazne stabilnosti).



Slika 6. Utjecaj konstante tromosti na granicu dinamičke stabilnosti

5. ZAKLJUČAK

Analizom spektralnih svojstava Jakobijana nereguliranog i reguliranog jednostrojnog sustava u okolišu niza radnih točaka na primjeru TE Sisak 1 određene su krivulje granice dinamičke stabilnosti u pogonskom dijagramu generatora. Granice stabilnosti za neregulirani sustav određene su za nekoliko vrijednosti ekvivalentne reaktancije. Za regulirani sustav granice stabilnosti su određene za nekoliko vrijednosti pojačanja regulatora, nekoliko vrijednosti ekvivalentne reaktancije i nekoliko vrijednosti konstante tromosti. Može se zaključiti da povećanje ekvivalentne vanjske reaktancije pomiče krivulju granice dinamičke stabilnosti "udesno", što znači da se smanjuje područje stabilnosti pogona generatora. Kao primjer može se promatrati utjecaj promjene topologije mreže (razna prekapčanja) koja dovode do povećanja ukupne reaktancije mreže (tzv. "mekša" mreža).

Jednako tako slijedi zaključak o utjecaju promjene pojačanja naponskog regulatora. Što je veće pojačanje krivulja granice dinamičke stabilnosti pomiče se, također, udesno. Suvremeni sustavi uzbude zbog velikih pojačanja naponskog regulatora mogu imati negativan utjecaj na dinamičku stabilnost, odnosno

smanjiti prigušenja u sustavu, ali pozitivno djeluju na povećanje prijelazne stabilnosti.

Utjecaj konstante tromosti na dinamičku stabilnost je takav da svojim povećanjem, također, smanjuje područje dinamičkog stabilnog rada u pogonskom dijagramu. Naravno, u smislu prijelazne stabilnosti i povećanja kritičnih vremena kvara, povećanje konstante tromosti djeluje pozitivno.

Ovom se analizom ukazuje na smjer i iznos utjecaja pojedinih parametara sustava regulacije uzbude na dinamičku stabilnost, a time i na njihov izbor tijekom ugovaranja nove elektroenergetske opreme ili počešnja tijekom puštanja u pogon ili eksploatacije.

LITERATURA

- [1] ANDERSON P.M., A.A. FOUAD: "Power System Control and Stability", The Iowa University Press, Ames, Iowa, USA, 1977
- [2] BABIĆ S.: "Razvitak problematike stabilnosti elektroenergetskih sistema", Energija 7/8 1981.
- [3] CIGRE 07.01.38: Analysis and Control of Power System Oscillations, 1996
- [4] KUNDUR P.: "Power System Stability and Control", McGraw-Hill, 1994
- [5] MEHMEDOVIĆ M.: "Identifikacija parametara sustava regulacije uzbude sinkronih strojeva", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1995.

DYNAMIC STABILITY LIMIT OF SYNCHRONOUS NON-REGULATED AND REGULATED GENERATORS

A simplified stability limit calculation of the non-regulated and regulated single machine agitation system of a synchronous generator is given.

GRENZE DER DYNAMISCHEN STABILITÄT EINES NICHT GEREGLTEN UND EINES GEREGLTEN SYNCHRONGENERATORS

Gegeben sind die vereinfachten Überlegungen der Berechnung der Stabilitätsgrenze der Regelung des Erregungssystems einer Anlage mit nur einem Maschinensatz im nicht geregelten und im geregelten Betrieb.

Naslov pisaca:

Dr. sc. Muharem Mehmedović, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Prof. dr. sc. Srđan Babić, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska

Dubravka Kolundžić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda – Sektor za razvoj
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1998-12-15.

ISO 9001-94

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

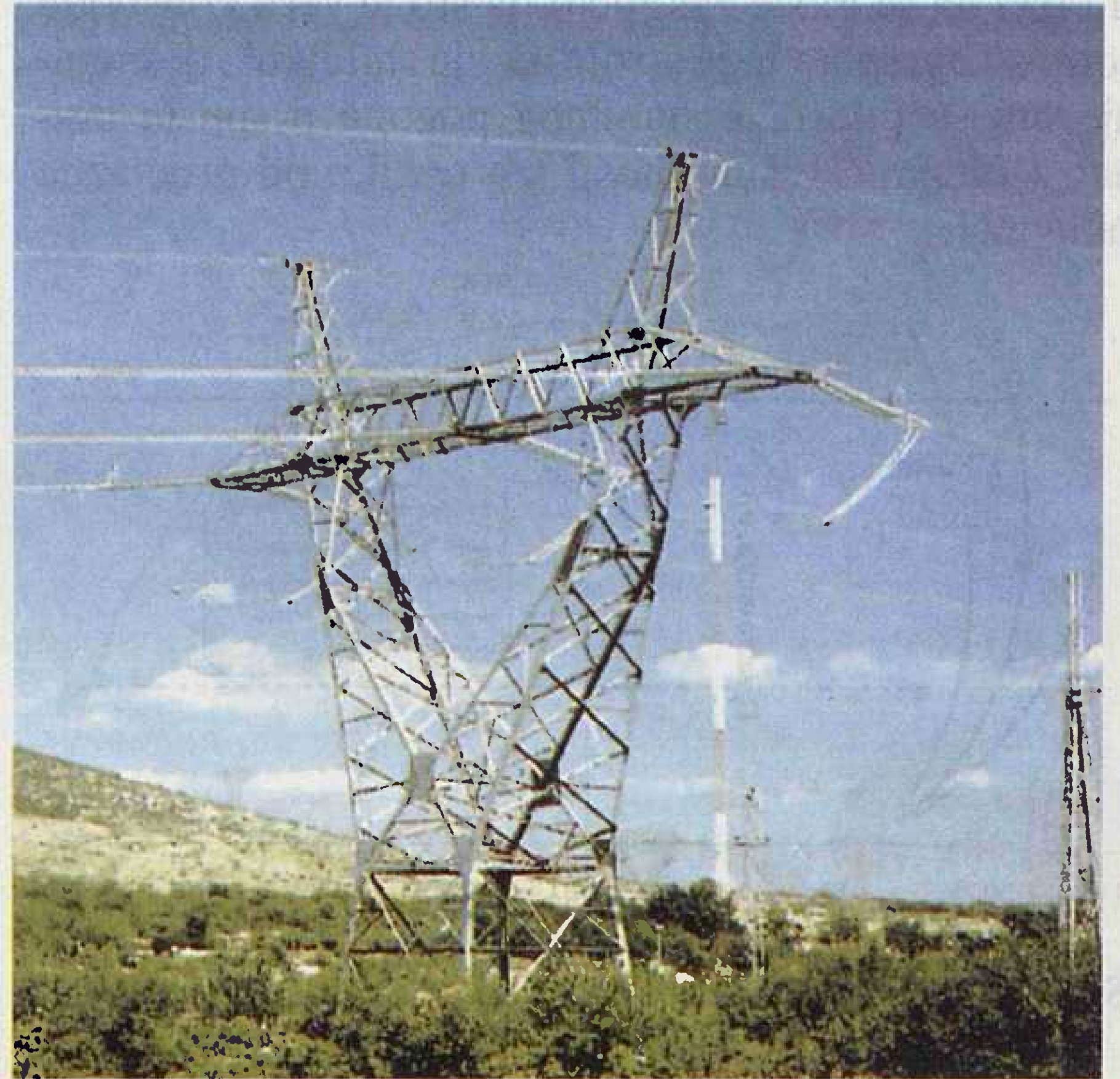
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU – Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI – Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzoi i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO – 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD, novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance
Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment. Installation of electric sub-stations up to 500 kv.

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval
Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998


on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher AkkreditierungsRat
DAR
TGA-ZO-002/91



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

Locations:	Activities:
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher AkkreditierungsRat
DAR
TGA-ZO-002/91

Ulica grada Vukovara 37 Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325
10000 ZAGREB – HRVATSKA Fax: ++385-1-530-606, 511-754

OSNIVANJE TEHNIČKOG POTPORNOG CENTRA ZA SLUČAJ NUKLEARNE NESREĆE

Ministar gospodarstva donio je odluku o osnivanju Tehničkog potpornog centra kao vodeće tehničke skupine u slučaju nuklearne nesreće (u daljnjem tekstu: Tehnički potporni centar) u skladu s člankom 16. Konvencije o nuklearnoj sigurnosti.

Ova odluka je objavljena u Narodnim novinama broj 157 od 9. prosinca 1998. godine.

Primjenjuje se od 1. siječnja 1999. godine. Nakon toga prestaje vrijediti ranija Odluka o osnivanju operativne grupe stručnjaka za slučaj nuklearne nesreće u NE Krško iz 1991. godine.

Tehnički potporni centar će provoditi potrebne aktivnosti za pripremanje i procjenu djelovanja na području naše zemlje u slučaju opasnosti od nuklearne nesreće, odnosno u slučaju moguće radiološke opasnosti iz nuklearnih postrojenja, prvenstveno iz NE Krško u Sloveniji i Pakš u Mađarskoj. Zadaci Tehničkog potpornog centra jesu:

- prikupljanje podataka i informacija o nuklearnoj nesreći
- analiza i procjena potencijalnih posljedica nuklearne nesreće, te
- priprema temeljnih stručnih podloga za donošenje odluka o poduzimanju mjera zaštite i spašavanja stanovništva u organizaciji Civilne zaštite.

Temeljem ovih zadataka Tehnički potporni centar organizacijski je podijeljen u tri stručne grupe:

- za praćenje stanja radioaktivnosti i meteorološke situacije u okolišu
- za analizu opasnosti i procjenu potencijalnih posljedica
- za pripremu stručnih podloga i prijedloga mjera zaštite.

Voditelj Tehničkog potpornog centra je načelnik Odjela nuklearne sigurnosti Ministarstva gospodarstva.

Potporu Tehničkom potpornom centru pružaju slijedeće stručne organizacije i institucije:

- Civilna zaštita Ministarstva unutarnjih poslova
- Sanitarni inspektorat Ministarstva zdravstva
- Republički centar za obavješćivanje i motrenje
- Institut Ruđer Bošković
- Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
- Državni hidrometeorološki zavod
- Fakultet elektrotehnike i računarstva
- Hrvatska elektroprivreda
- Agencija za poseni otpad
- ENCONET International.

Sjedište Tehničkog potpornog centra je u Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu.

Sbk

STATISTIČKI POKAZATELJI ZA RAZDOBLJE OD I.-IX.1998.

Od prvog siječnja 1997. godine statistička izvješća prikupljaju se za područje industrije i rudarstva (u koje je uključena i elektroprivreda) po Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti

(NKD). Statističke jedinice za mjesečna izvješća jesu trgovačka društva razvrstana u područja C, D i E u Registru poslovnih subjekata. Pri određivanju statističkih jedinica poštivan je i teritorijani princip na razini županija, tj. jedna statistička jedinica obuhvaća samo jednu županiju, pa je Hrvatska elektroprivreda dužna ispuniti toliko izvješća koliko ima županija, iako je jedan poslovni subjekt.

Između statističkih podataka objavljenih u mjesečnim statističkim izvješćima Državnog zavoda za statistiku za 1998. godinu izabrani su najinteresantniji podaci za područje E – odjeljak 40: Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom, za razdoblje od I.-IX. 1998. godine. Obuhvaćeni su:

- indeksi fizičkog obujma proizvodnje
- podaci o proizvodnji električne energije
- podaci o bruto i neto plaći po zaposlenom u elektroprivredi
- podaci o broju zaposlenih u elektroprivredi, te
- indeksi cijena.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje za industrijske grane djelatnosti izračunati su po Laspeyresovoj formuli. Za izračunavanje indeksa temelj su podaci o proizvodnji u naturalnom izrazu prema nomenklaturi industrijskih proizvoda i pondera za te proizvode koji predstavljaju dodanu vrijednost za jediničnu proizvodnju u kojoj se proizvod iskazuje u naturalnom izrazu. Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje izračunati su na temelju indeksa odjeljaka i stopa kojom odjeljci sudjeluju u ukupnoj dodanoj vrijednosti u području industrije i rudarstva.

Znak "Ø" ispred brojčane vrijednosti označava godišnji prosjek.

Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini prikazani su u tablici 1a i b te na dijagramu na slici 1.

Tablica 1a - Indeksi fizičkog obujma opskrbe električnom, energijom, plinom, parom i toplom vodom (1995. = 100)

(Izvor: Mjesečna statistička izvješća iz 1998. godine)

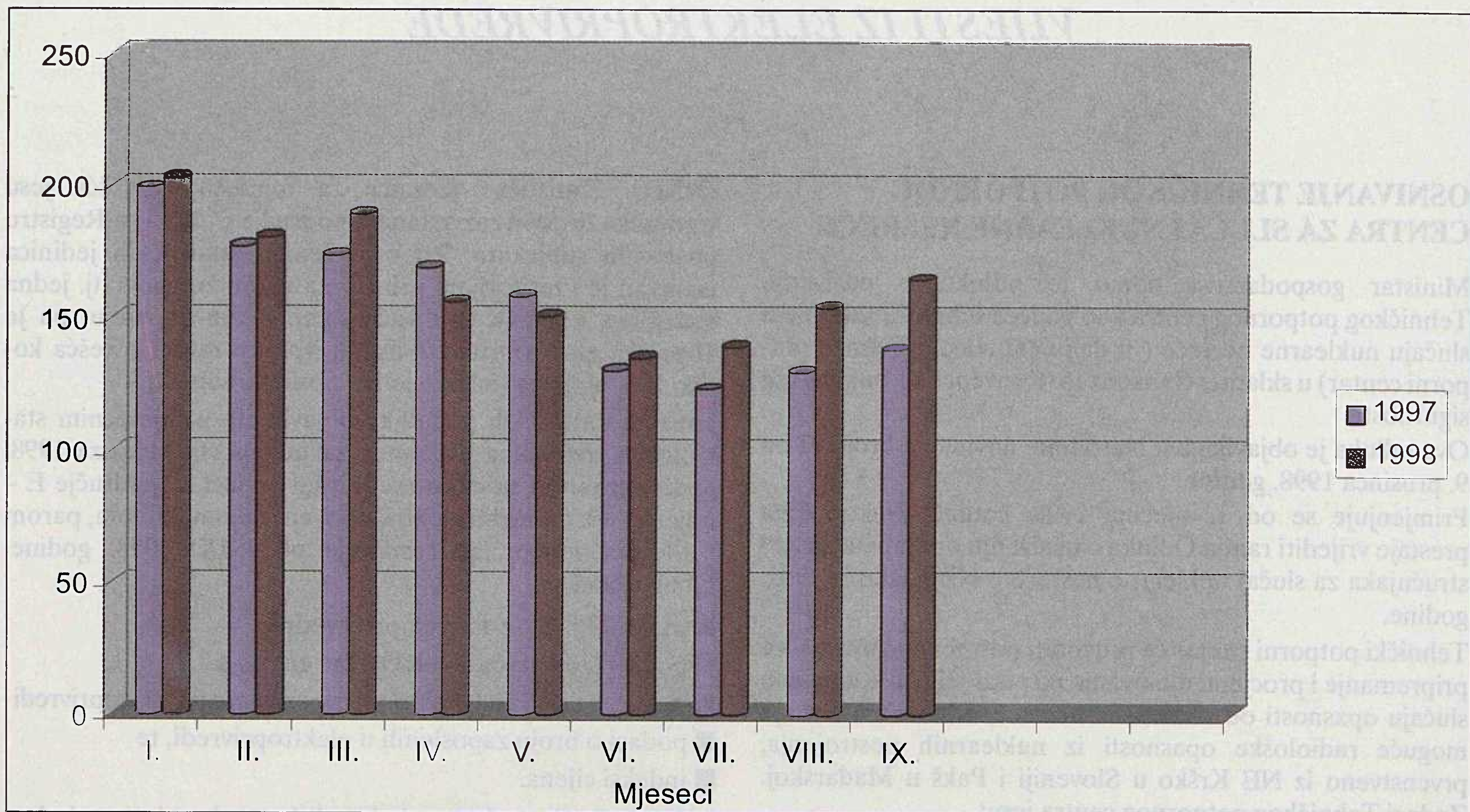
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1997.	199,3	177,3	173,6	169	158,1	130,2	123,3	130	138,2
1998.	203,1	180,9	189,5	156,2	151	135,1	139,4	154,1	164,7

Tablica 1b - Indeksi fizičkog obujma opskrbe električnom, energijom, plinom, parom i toplom vodom

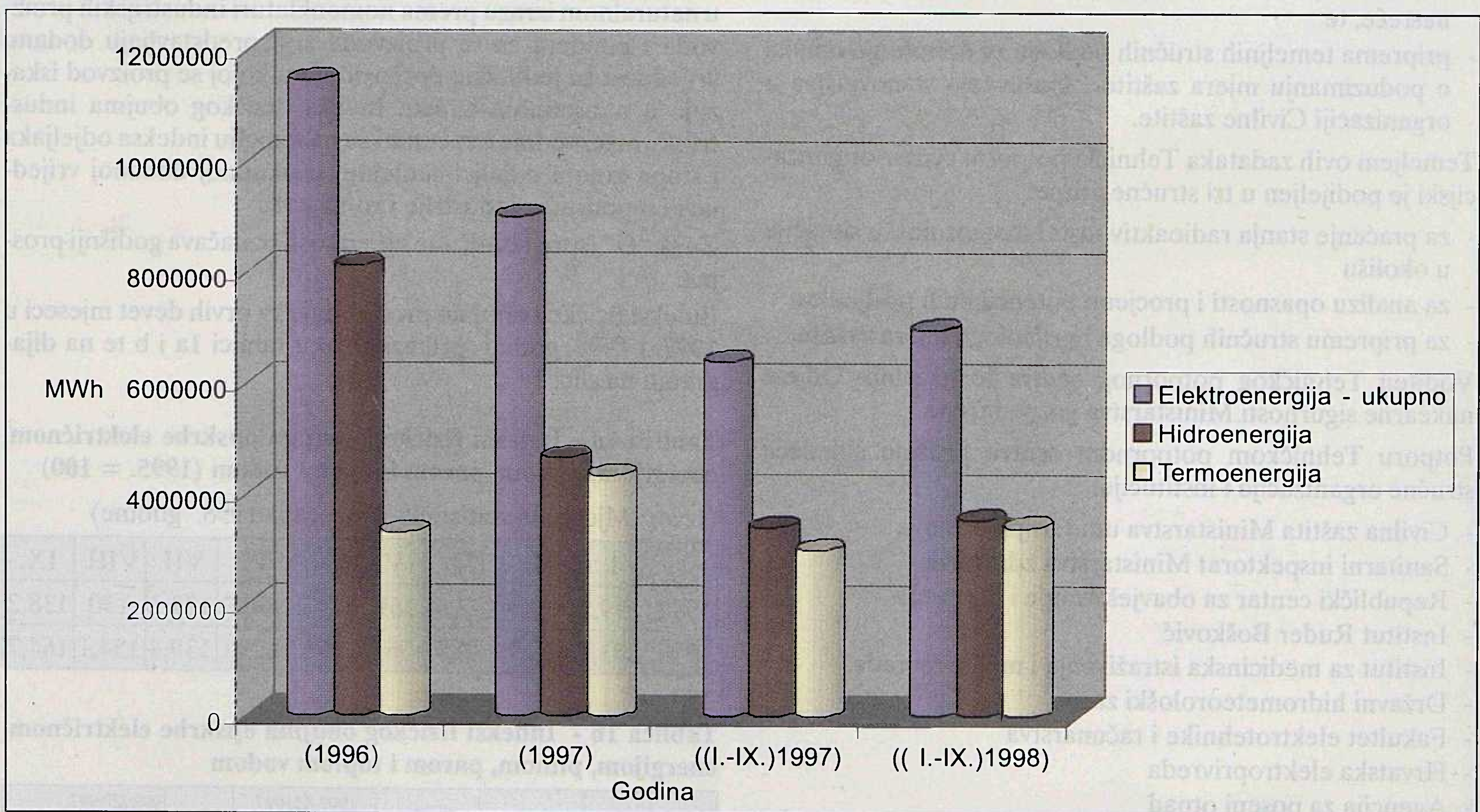
		1997./Ø1997.			1998./Ø1997.						
1995./Ø1994.	1997./Ø1996.	I.-IX.1997./I.-IX.1996.	I.-IX.1998./I.-IX.1997.	VIII.	IX.	X.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
104,9	130,3	130,6	105,4	79,6	84,6	101,3	92,4	82,7	85,3	94,3	100,8

U tablici 2a te dijagramom na slici 2a prikazana je ukupna proizvodnja električne energije, proizvodnja u hidroelektranama i proizvodnja u termoelektranama za 1996., 1997. i prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini.

U tablici 2b i dijagramom na slici 2b prikazana je struktura ukupne proizvodnje električne energije (ukupno, hidroelektrane i termoelektrane) po mjesecima za prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini.



Slika 1. Indeksi fizičkog obujma opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom (1995. = 100)



Slika 2. Proizvodnja električne energije

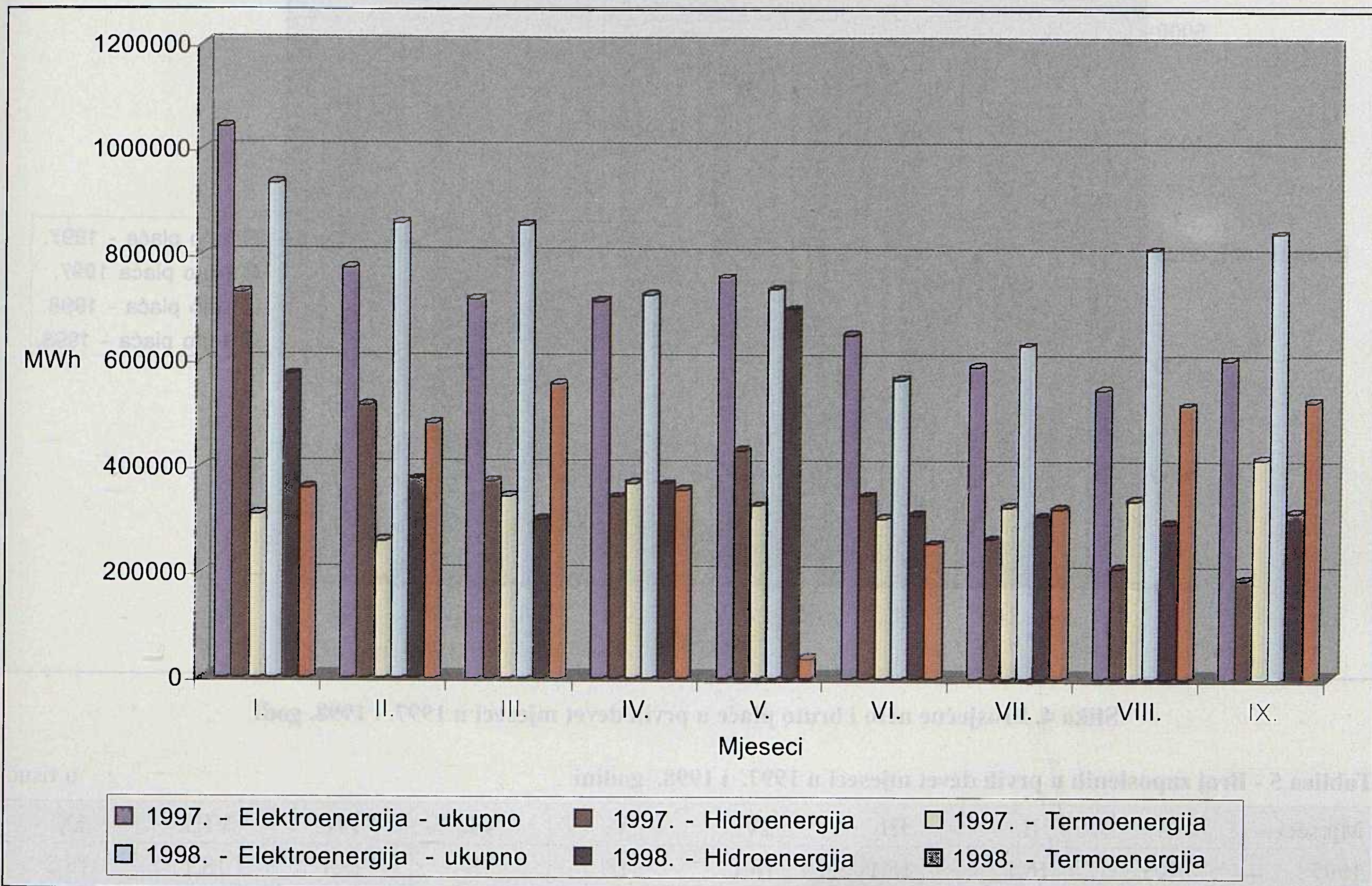
Tablica 2a - Proizvodnja električne energije

		1996.	1997.	I.- 1997.	IX. 1998.
Elektroenergija - ukupno	MWh	11464516	9027562	6406731	6976524
Hidroenergija	MWh	8137914	4674459	3406735	3554183
Termoenergija	MWh	3326602	4353103	2999996	3422341

Podaci o prosječnim neto i bruto plaćama po zaposlenom i indeksima neto i bruto plaća u 1996. i 1997. godini, te za prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini prikazani su u tablici 3. Prosječna neto i bruto plaća po mjesecima za prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini prikazana je u tablici 4. te dijagramom na slici 4. U zaposlene se ubrajaju svi zaposleni bez obzira na to jesu li svoj radni odnos zasnovali na određeno ili neodređeno vrijeme. Mjesečna neto plaća obuhvaća plaće

Tablica 2b -Struktura proizvodnje električne energije u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini

Godina	Mjeseci		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	Elektroenergija - ukupno	MWh	1042000	776169	718006	714235	759619	651068	591852	548288	605494
1997.	Hidroenergija	MWh	730650	516192	373923	343692	431702	347073	265140	209870	188493
	Termoenergija	MWh	311350	259977	344083	370543	327917	303995	326712	338418	417001
	Elektroenergija - ukupno	MWh	935636	861484	858792	726690	738153	567286	631404	812894	844185
1998.	Hidroenergija	MWh	575153	377914	301152	368485	699617	311057	309164	294167	317474
	Termoenergija	MWh	360483	483570	557640	358205	38536	256229	322240	518727	526711



Slika 3. Struktura proizvodnje električne energije u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini

zaposlenih za izvršene poslove po osnovi redovitog radnog odnosa i naknade za:

- godišnji odmor
- bolovanja do 42 dana
- državne blagdane
- plaćeni dopust
- obavljanje građanskih dužnosti
- čekanje i zastoje bez krivnje zaposlenog
- odsustvo za stručno obrazovanje
- obnašanje vojne obveze
- topli obrok i
- regres za godišnji odmor.

Mjesečna bruto plaća obuhvaća sve vrste neto isplata po osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze. Nominalni indeksi neto i bruto plaća izračunavaju se iz podataka o prosječnim mjesečnim iznosima neto i bruto plaća po zaposlenom.

Tablica 3 - Prosjeci i indeksi neto i bruto plaće za prvih devet mjeseci 1998. godine

kuna

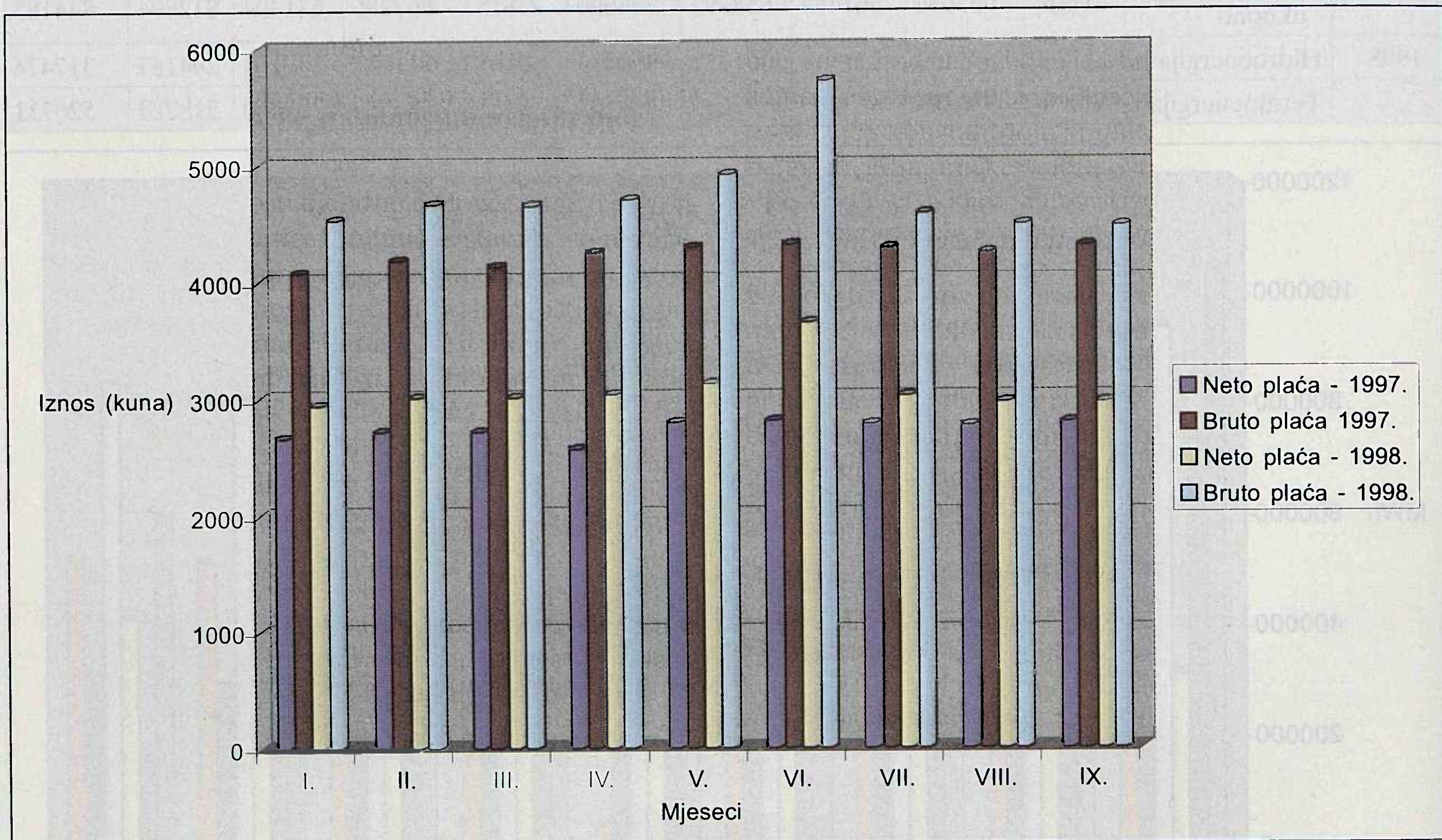
	Prosjek		Prosjek I.-IX.	
	1996.	1997.	1997.	1998.
Neto plaća	2474	2786	2754	3077
Indeksi neto plaće	88,8	100	98,9	110,4
Bruto plaća	3973	4270	4232	4748
Indeksi bruto plaće	93,0	100,0	99,1	111,2

U tablici 5 te dijagramom na slici 5 prikazan je broj zaposlenih u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini. Podaci su iskazani kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvješćem sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Podaci o zaposlenima za mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovnog mjesečnog izvješća.

Tablica 4. - Neto i bruto plaća (kuna) za devet mjeseci 1997. i 1998. godine

kuna

Godina	Mjeseci	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1997.	Neto plaća	2663	2709	2707	2567	2792	2805	2784	2769	2788
	Bruto plaća	4073	4178	4135	4256	4294	4322	4288	4245	4297
1998.	Neto plaća	2935	3005	3001	3028	3127	3644	3022	2973	2962
	Bruto plaća	4530	4665	4652	4699	4915	5721	4580	4494	4473

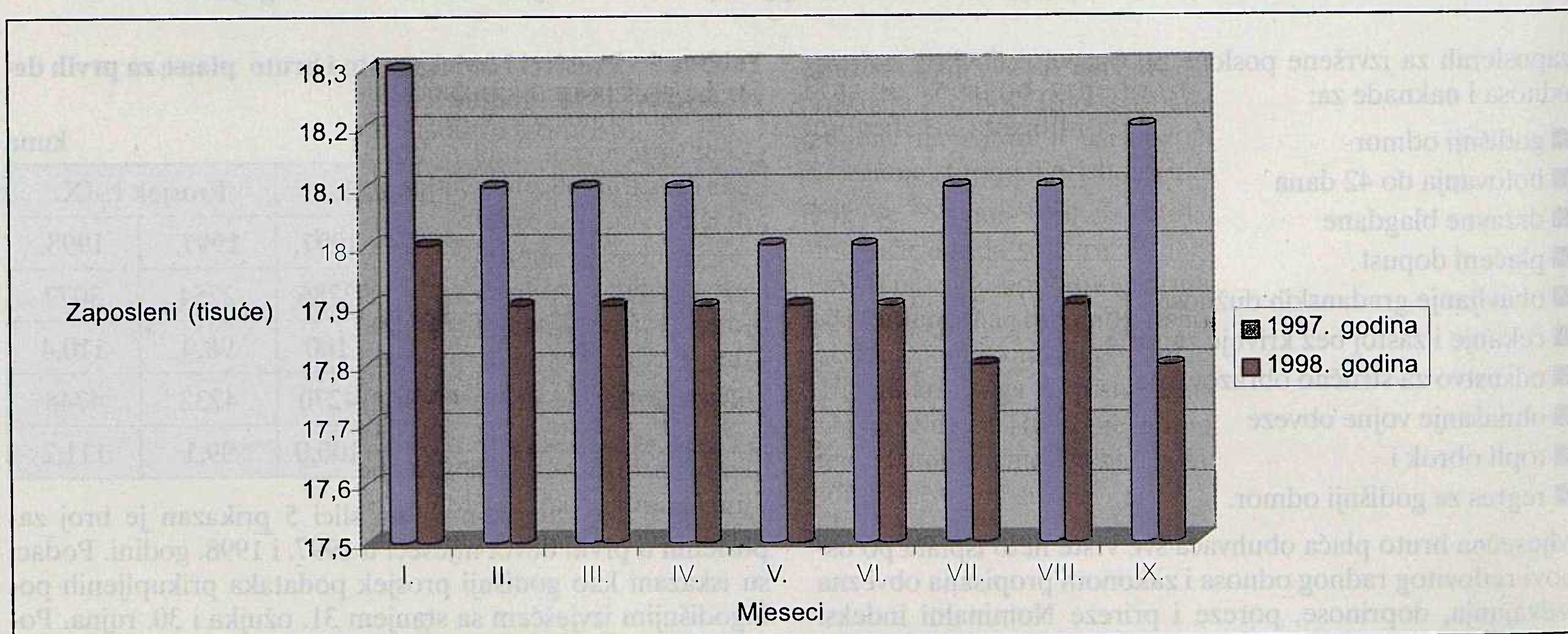


Slika 4. Prosječne neto i bruto plaće u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godi

Tablica 5 - Broj zaposlenih u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini

u tisuć.

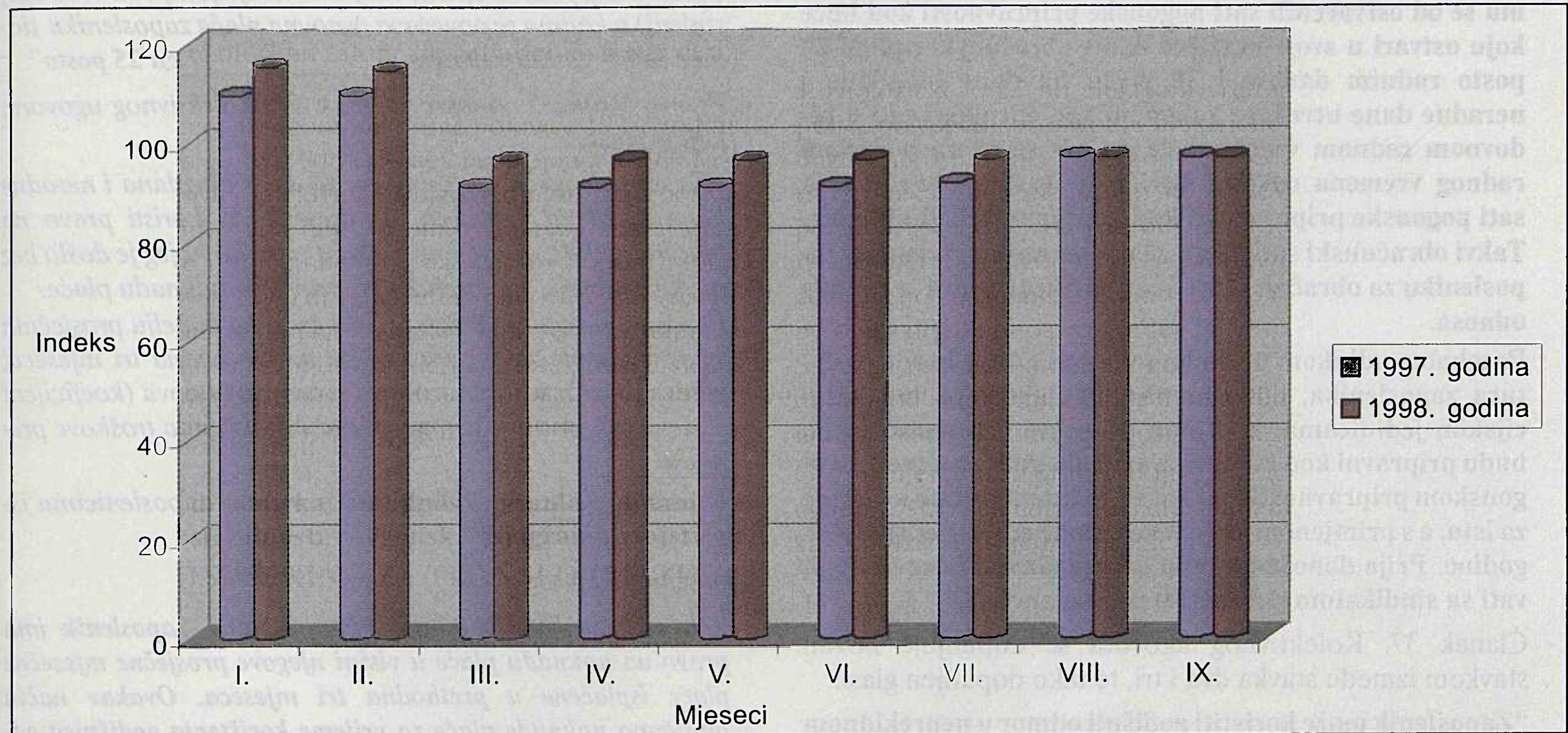
Mjeseci	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1997.	18,3	18,1	18,1	18,1	18	18	18,1	18,1	18,2
1998.	18	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,8	17,9	17,8



Slika 5. Broj zaposlenih u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini

Tablica 6 - Indeksi cijena u prvih devet mjeseci u 1997. i 1998. godini

Mjeseci	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1997.	109,8	109,8	91,4	91,4	91,4	91,4	92,1	97,2	97,2
1998.	115,6	114,9	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	97,2	97,2



Slika 6. Indeksi cijena u prvih devet mjeseci u 1997 i 1998. godini

U tablici 6 te dijagramom na slici 6 prikazani su indeksi cijena električne energije. Indeksi cijena pri proizvođačima dostavljaju izabrane izvještajne jedinice za najvažnije proizvode, tj. proizvode s najvećom prodajom na domaćem tržištu, čije cijene mogu reprezentirati opće kretanje cijena i po namjeni proizvoda. Opći indeks cijena i indeksi cijena po granama utvrđuju se ponderiranim postupkom, pri čemu se za pondere uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu.

Sbk

ANEKS BR. 1 KOLEKTIVNOG UGOVORA ZA HRVATSKU ELEKTROPRIVREDU

Prvi kolektivni ugovor za Hrvatsku elektroprivredu donesen je u travnju 1996. godine i objavljen u Biltenu HEP-a broj 53 od 22. travnja 1996. godine. Potpisnici ovog kolektivnog ugovora uz Hrvatsku elektroprivredu d.d. su bili:

- Hrvatski elektrogospodarski sindikat – HES
- Nezavisni sindikat radnika Hrvatske elektroprivrede
- Nezavisni strukovni sindikat operativnih radnika HEP-a TEHNOS
- Samostalni sindikat radnika u djelatnostima energetike, kemije i metala – Podružnica Toplinske mreže.

Ovaj prvi kolektivni ugovor primjenjuje se na području Republike Hrvatske i na sve zaposlenike u Hrvatskoj elektroprivredi.

Prvi kolektivni ugovor sklopljen je na određeno vrijeme pa je trebalo sklopiti novi.

U ožujku 1998. godine Hrvatska elektroprivreda d.d. i Hrvatski elektrogospodarski sindikat HEP-a – HES potpisali u novi kolektivni ugovor (u daljnjem tekstu: Kolektivni ugo-

vor), koji je objavljen u Biltenu HEP-a broj 67 od 20. ožujka 1998. godine. Prema odredbama Kolektivnog ugovora, njime se uređuju prava i obveze, te pitanja iz radnih odnosa svih zaposlenika u Hrvatskoj elektroprivredi.

U studenom 1998. godine isti potpisnici su potpisali Aneks broj 1. Kolektivnog ugovora za Hrvatsku elektroprivredu. Ovaj aneks objavljen je u Biltenu HEP-a broj 71 od 19. studenog 1998. godine. Aneksom broj 1 mijenjaju se ili dopunjuju slijedeći članci Kolektivnog ugovora: 26., 37., 49., 53., 54., 60., 63., i 76. članak.

- Prema članku 2. Aneksa, članak 26. Kolektivnog ugovora, koji je glasio:

“Od ostvarenih sati pogonske pripravnosti u kući, koje zaposlenik ostvari u svoje neradne dane, obračunski se priznaje 20 posto radnim danom i 30 posto na dane blagdana i neradnih dana utvrđenih zakonom, kao odrađeni sati rada u redovnom radnom vremenu.

Zaposleniku se preraspodjelom radnog vremena osigurava korištenje obračunskih sati pogonske pripravnosti kao slobodnih dana.

Obračunski sati ne ulaze u fond radnog vremena zaposleniku za obračun plaće i ostvarivanje drugih prava iz radnog odnosa.” -

mijenja se i glasi:

“Zaposlenicima koji po nalogu poslodavca, a iz tehnoloških razloga moraju za vrijeme dnevnog ili tjednog odmora, odnosno za vrijeme blagdana i neradnih dana utvrđenih zakonom, biti pripravnici kod kuće da bi zbog uklanjanja kvarova ili iz drugih opravdanih razloga došli na rad, pripada naknada za pogonsku pripravnost kod kuće. Visina naknade za pogonsku pripravnost kod kuće iznosi 20 posto od ugovorene najniže vrijednosti boda od ostvarenih sati pogonske spremnosti, a koje zaposlenik ost-

vari za vrijeme svog dnevnog ili tjednog odmora, odnosno 27 posto od ugovorene najniže vrijednosti boda od ostvarenih sati pogonske pripravnosti, a koje zaposlenik ostvari za vrijeme blagdana i neradnih dana utvrđenih zakonom.

Zaposlenik umjesto naknade može odabrati mogućnost da mu se od ostvarenih sati pogonske pripravnosti kod kuće koju ostvari u svoje neradne dane, obračunski prizna 20 posto radnim danom i 30 posto na dane blagdana i neradne dane utvrđene zakonom kao odrađeni sati u redovnom radnom vremenu, te da mu se preraspodjelom radnog vremena osigura korištenje takvih obračunskih sati pogonske pripravnosti kod kuće kao slobodnih dana. Takvi obračunski sati ne ulaze u fond radnog vremena zaposleniku za obračun plaće i ostvarivanje prava iz radnog odnosa.

Posebnom odlukom poslodavca odredit će se broj i struktura zaposlenika, odnosno radnih mjesta po organizacijskim jedinicama, a kojima bi moglo biti naloženo da budu pripravnici kod kuće, te sva ostala pitanja u svezi s pogonskom pripravnosti kod kuće i načinom isplate naknade za istu, a s primjenom navedene odluke od 1. siječnja 1999. godine. Prije donošenja odluke poslodavac će se savjetovati sa sindikatом potpisnikom ovog aneksa.”

- Članak 37. Kolektivnog ugovora se dopunjuje novim stavkom između stavka dva i tri, te tako dopunjen glasi:

“Zaposlenik može koristiti godišnji odmor u neprekidnom trajanju ili u dva dijela.

Ako zaposlenik koristi godišnji odmor u dva dijela, prvi je dio dužan koristiti u neprekidnom trajanju od najmanje 12 radnih dana.

Poslodavac svojom odlukom može korištenje dijela godišnjeg odmora proglasiti obveznim za sve zaposlenike (kolektivni godišnji odmor) i to u zimskom i ljetnom dijelu godine.

Neiskorišteni godišnji odmor iz prethodne godine zaposlenik mora iskoristiti najkasnije do 30. lipnja tekuće godine.

- U članku 49. Kolektivnog ugovora mijenja se samo vrijednost boda, odnosno povećava se sa najmanje 3,50 kuna bruto na 3,85 kuna bruto. Ostali dio teksta ostaje isti.
- Prema članku 5 Aneksa, članak 53. Kolektivnog ugovora, koji je glasio:

“Poslodavac može osnovni broj bodova zaposlenika povećati do 20 posto kada zaposlenik radi u uvjetima rada težim od uobičajenih, a koji zahtijevaju posebne psihofizičke napore zaposlenika, odnosno ako zaposlenik izvršava poslove i radne zadatke u opsegu i kvaliteti koja je veća od prosječne, odnosno uobičajene.” -

mijenja se i glasi:

“Poslodavac će povećati osnovni broj bodova radnog mjesta zaposlenika za 20 bodova u uvjetima rada težim od uobičajenih, a koji zahtijevaju posebne psihofizičke napore zaposlenika (rad na visini, rad na temperaturi ispod -5 stupnjeva C ili iznad +40 stupnjeva C, za rad na kiši, snijegu i orkanskom vjetru).

Posebnom odlukom poslodavca odredit će se po organizacijskim jedinicama radna mjesta i zaposlenici kojima će se povećati osnovni broj bodova u smislu prethodnog stavka ovog članka, a koji na određenom radnom mjestu doista rade u uvjetima težim od uobičajenih. Navedena odluka primjenjivat će se od 1. siječnja 1999. godine, s tim da će se prije donošenja odluke poslodavac savjetovati sa sindikatом potpisnikom ovog Aneksa.

Poslodavac može osnovni broj bodova zaposlenika povećati do 20 posto kada zaposlenik izvršava poslove i radne zadatke u opsegu i kvaliteti koja je veća od prosječne, odnosno uobičajene.”

-U članku 54. Kolektivnog ugovora uz navedene okolnosti (noćni rad, prekovremeni rad, rad nedjeljom, rad u drugoj smjeni) u kojima se povećava osnovna plaća zaposlenika dodaje se i “- za rad subotom _____ za 25 posto”.

- Prema članku 7. Aneksa, članak 60. Kolektivnog ugovora, koji je glasio:

“Za vrijeme godišnjeg odmora, za dane blagdana i neradne dane utvrđene zakonom, za dane kada koristi pravo na plaćeni dopust, za vrijeme prekida rada do kojeg je došlo bez njegove krivnje, zaposlenik ima pravo na naknadu plaće.

Pravo na naknadu plaće ostvarit će se na temelju prosječnih sredstava isplaćenih zaposleniku za prethodna tri mjeseca, gdje se uključuju samo sredstva osnovnih bodova (koeficijent složenosti), sredstva za minuli rad i sredstva za troškove prehrane.

Naknade plaće za godišnji odmor neće se zaposlenicima isplaćivati unaprijed.” -

mijenja se i glasi:

“Za vrijeme korištenja godišnjeg odmora, zaposlenik ima pravo na naknadu plaće u visini njegove prosječne mjesečne plaće isplaćene u prethodna tri mjeseca. Ovakav način obračuna naknade plaće za vrijeme korištenja godišnjeg odmora primjenjivat će se od 1. siječnja 1999. godine (godišnji odmor za 1999. godinu).

Naknada plaće za godišnji odmor neće se zaposlenicima isplaćivati unaprijed.

Za dane blagdana i neradne dane utvrđene zakonom, za dane kada koristi pravo na plaćeni dopust, za vrijeme prekida rada do kojeg je došlo bez njegove krivnje, zaposlenik ima pravo na naknadu plaće ostvarenu na temelju prosječnih sredstava isplaćenih zaposleniku za prethodna tri mjeseca, gdje se uključuju samo sredstva osnovnih bodova (koeficijent složenosti), sredstva za minuli rad i sredstva za troškove prehrane.”

- U članku 63. Kolektivnog ugovora u stavku 2. dodaje se “u pravilu” ispred riječi “do desetog dana u mjesecu...”
- Prema članku 9. Aneksa, članak 76. stavak 1. Kolektivnog ugovora, koji je glasio:

“U povodu božićnih blagdana zaposlenicima se isplaćuje novčani iznos ili daje poklon za svako dijete do 15 godina u iznosu najmanje 300,00 kn.” -

mijenja se i glasi:

“Prigodom božićnih blagdana zaposlenicima se isplaćuje novčani iznos ili daje poklon za svako dijete do 15 godina u iznosu od najmanje 400,00 kn.”

Sbk

PRAVILNIK O STRUČNOJ SPREMI, RADNOM ISKUSTVU, PROGRAMIMA, SADRŽAJIMA I NAČINU POLAGANJA STRUČNOG ISPITA STRUČNJAKA ZAŠTITE NA RADU

Pravilnik o stručnoj spremi, radnom iskustvu, programima, sadržajima i načinu polaganja stručnog ispita stručnjaka zaštite na radu (u daljnjem tekstu: Pravilnik) objavljen je u Narodnim novinama broj 127 od 29. rujna 1998. godine.

Pravilnikom se utvrđuju uvjeti koje mora ispunjavati stručnjak za zaštitu na radu glede stručne spreme i radnog iskustva. Ovi uvjeti utvrđuju se ovisno o broju zaposlenika, o grani djelatnosti i rezultatima procjene opasnosti. Prema broju zaposlenika dvije su grupe uvjeta: jedna za 50 do 250 zaposlenika, a druga za više od 250 zaposlenika. Kod poslodavca sa više od 250 zaposlenika u industrijskoj djelatnosti Pravilnikom su utvrđena slijedeća radna mjesta:

- voditelj službe zaštite na radu
- samostalni stručnjak zaštite na radu
- stručni suradnik u službi zaštite na radu.

Ovi stručnjaci osim odgovarajuće stručne spreme moraju polagati i stručni ispit za koji je ovim Pravilnikom utvrđen i program. Ispit se polaže pred ispitnom komisijom, koju rješenjem osniva ministar nadležan za rad.

Obveza je poslodavca da uskladi obavljanje poslova zaštite na radu s odredbama ovog Pravilnika u roku od jedne godine od dana njegovog stupanja na snagu.

Sbk

NOVI ZAKON O AUTORSKOM PRAVU

Zakonom o autorskom pravu objavljenom u Narodnim novinama broj 9 od 1. veljače 1999. godine utvrđeno je:

- što je autorsko djelo
- tko je autor ili nositelj autorskog prava
- sadržaj i iskorištavanje autorskog prava
- prenošenje autorskog prava
- zaštita autorskog prava
- prava umjetnika izvodača (sadržaj, prijenos, trajanje, zaštita)
- kaznene odredbe.

Prema članku 19. ovog Zakona autorskopравни odnosi glede autorskih djela stvorenih u radnom odnosu uređuju se općim aktima i kolektivnim ugovorima o zapošljavanju, u skladu s ovim Zakonom. Nadalje, prema članku 20. pravna osoba ili poslodavac imaju isključivo pravo, u okviru svoje redovne djelatnosti, za vrijeme od pet godina, iskorištavati autorsko djelo što ga je u izvršenju svoje radne obveze stvorio zaposlenik u toj pravnoj osobi, odnosno kod poslodavca (djelo stvoreno u radnom odnosu), bez zahtijevanja odobrenja od zaposlenika – autora tog djela. U tom slučaju autor ima pravo na posebnu naknadu, u skladu s kolektivnim ugovorom ili ugovorom o zapošljavanju razmjerno doprinosu što ga je korištenje njegova djela imalo na povećanje dohotka, odnosno dobiti ili na obavljanje djelatnosti i izvršavanje zadaća te pravne osobe.

Međutim, ovim Zakonom je utvrđeno da je za računalne programe stvorene kod poslodavca nositelj autorskog imovinskog prava poslodavac.

Na izvješća, referate, službene akte i slične dokumente načinjene u radnom odnosu kao dio svoje radne obveze, autor ne stječe nikakva autorska prava.

Prema ovom Zakonu (članak 81) autorska imovinska prava traju za života autora i pedeset godina nakon njegove smrti.

Stupanjem na snagu ovog Zakona prestaju vrijediti odredbe objavljene u Narodnim novinama broj 1/73, 58/93, 53/91.

Sbk

TEHNIČKI UVJETI ZA STUPNU TS 10(20)/0,4 kV, 50 (100) kVA JEDNOSTAVNE IZVEDBE

Ova granska norma objavljena je u Biltenu HEP-a broj 72 od 15. siječnja 1999. godine. Novim Zakonom o komunalnom gospodarstvu, izgradnja i održavanje javne rasvjete prešla je u nadležnost gradova i općina. Stoga u ormariće stupnih transformatorskih stanica više ne treba ugrađivati opremu za razvod i upravljanje javnom rasvjetom, pa ona postaje jednostavnija.

Ovom granskom normom određuju se osnovni tehnički uvjeti za projektiranje i izgradnju takve jednostavne stupne transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV, 50 (100) kVA. Odredba se ne odnosi na već izgrađene transformatorske stanice, na one koje već imaju građevnu dozvolu ili nabavljenu opremu.

Sbk

UPUTE ZA OPREMANJE I ISPITIVANJE OBRAČUNSKIH MJERNIH MJESTA

Upute za opremanje i ispitivanje obračunskih mjernih mjesta na niskom i srednjem naponu još je jedna u nizu granskih normi koje je donijela Hrvatska elektroprivreda. Uputa je objavljena u Biltenu HEP-a broj 73 od 16. siječnja 1999. godine.

Kao podloga za donošenje ove Upute poslužila je slijedeća dokumentacija:

- Opći uvjeti isporuke električne energije (NN 8/91, 61/92, 78/93, 81/97)
- Tarifni sustav za prodaju električne energije (NN 8/92, 23/92, 33/93, 43/93, 20/94)
- Tehnički uvjeti za mjernu opremu na obračunskom mjernom mjestu na niskom i srednjem naponu (Bilten HEP-a br. 49)
- Tehnički uvjeti za ograničavala strujnog opterećenja (Bilten HEP-a br.30)
- Tehnički uvjeti za izvođenje kućnih priključaka individualnih objekata (Bilten HEP-a br. 32)
- Tehnički uvjeti za izvedbu priključaka u višekatnim stambenim objektima (Bilten HEP-a br. 18)
- Upute za izbor i ugradnju ograničavala strujnog opterećenja (limitatora) (Bilten HEP-a br. 33).

Ovim uputama se određuju tehnički i mjeriteljski uvjeti za sva obračunska mjerna mjesta i na njima postavljeni mjerni i pomoćni uređaji na niskom i srednjem naponu. Od mjernih i pomoćnih uređaja utvrđeni su uvjeti i karakteristike za mjerne transformatore, električna brojila, prijarnike MTU, limitatore i mjerne vodove. Zatim je utvrđeno opremanje po kategorijama potrošnje, kao i ispitivanje obračunskih mjernih mjesta na niskom i srednjem naponu.

Sbk

100 GODINA USPJEŠNOG RADA TVRTKE RWE

Njemačka tvrtka RWE (Rheinische-Westflische Elektrizitätswerke - Essen) proslavlja svoju 100. godišnjicu osnivanja i 100 godina uspješnog poslovanja. Danas je to koncern koji ne obuhvaća samo elektroprivrednu djelatnost (RWE-Energie), po čemu je najpoznatiji, već angažiran u rudarstvu, naftnoj industriji, kemiji, strojogradnji, a u novije vrijeme i telekomunikacijama. Koncern je vrlo aktivan u saniranju istočnoeuropske energetike i industrije. Promet koncerna u jubilarnoj poslovnoj godini 1997./98. iznosio je 72,2 milijarde DEM. Najveći financijski promet bio je u naftnoj industriji i kemiji (27,1 milijarda DEM) i energetici (22,6 milijarde DEM) Broj suradnika polovinom 1998. iznosio je 147000, od čega 21 % u inozemstvu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 16

Mrk

INDIVIDUALNO UPRAVLJANJE VANJSKOM RASVJETOM

Na ovogodišnjem sajmu u Hannoveru izložen je uređaj za individualno upravljanje vanjskom rasvjetom. Primjenljiv je za upravljanje rasvjete ulica i trgova u gradovima, kao i rasvjete u industrijskim pogonima. Proizvođač tvrdi da se njegovom ugradnjom može u energiji i servisu uštedjeti oko 30 %.

Uređaj ima elektroniku kojom se može programirati rasvjeta individualno prema želji i potrebi. Ugradnja uređaja je jednostavna bez nekih velikih radova.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 16

Mrk

REDUKCIJA CO₂ U BAVARSKOJ

Prema mišljenju Saveza bavarskih elektrana (VBEW), dogovor europskih ministara za okoliš, da se emisija CO₂ u vremenskom rasponu od 1990. do 2012. godine smanji za 21 %, može se ostvariti samo izgradnjom vodnih snaga i intenzivnim korištenjem nuklearnih elektrana. Posljednjih je godina u Bavarskoj već uspješno sniziti specifičnu emisiju CO₂. Godine 1997. emisija CO₂ iznosila je 165 g po proizvedenom kWh, što predstavlja redukciju od 16 % u odnosu na godinu 1990. Za usporedbu treba reći da je prosječna specifična emisija u Njemačkoj 570 g/kWh. Navedena je redukcija ostvarena dosljednim radom hidro i nuklearnih elektrana i modernizacijom u termoelektranama.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 17/18

Mrk

FOND "PROKLIMA" ZA ZAŠTITU KLIME

U donjosaksonskom glavnom gradu Hannoveru potpisalo je 11 sudionika ugovor o osnivanju fonda "Proklima". Iz ovog će se fonda financirati mjere za zaštitu klime koje se inače iz gospodarskih razloga ne mogu realizirati.

Inicijativa za takav pothvat potekla je od gradskih poduzeća i grada Hannovera. Navedena zajednička inicijativa služiti će

kao uzor i dati više važnosti zaštiti klime na lokalnoj i regionalnoj razini.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 17/18

Mrk

POVEĆAVA SE UVOZ UGLJENA U NJEMAČKU

Udruga njemačkih uvoznika ugljena objavila je da je uvoz u godini 1997. u porastu. Uzrok su tome liberalizacija tržišta ugljenom i pad domaće proizvodnje. Uvoz ugljena, koksa i briketa iznosio je 23,1 milijun tona, a to je povećanje za 17 %. Glavni su uvoznici Južna Afrika, Poljska i Kolumbija, dok Indonezija i Rusija igraju zanemarujuću ulogu. Od uvezene količine 70 % preuzele su elektrane, 18 % željezare, a 12 % upotrijebljeno je za grijanje. Računa se da će uvoz u 1998. godini iznositi oko 26 milijuna tona, a 2005. godine vjerojatno 40 milijuna tona.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 17/18

Mrk

PRAĆENJE TEMPERATURA METALO-OKSIDNOG ODVODNIKA PRENAPONA

Kontrola temperature pojedinih elemenata električne mreže vrlo je važna zbog sigurnosti pogona. Dok je npr. kod prekidača i transformatora, zbog njihove visoke cijene, moguće ugraditi i skuplje kontrolne uređaje, kod metal-oksidnih odvodnika prenapona, s obzirom na njihovu razmjerno nisku cijenu, skupi kontrolni temperaturni uređaji ne dolaze u obzir.

Temperatura metal-oksidnih odvodnika prenapona univerzalna je veličina koju treba nadzirati. Mjerenjem temperature može se ostvariti brojač prorade odvodnika, neovisno o obliku strujnog impulsa. Takvim je mjerenjem moguće provesti energetski monitoring i pratiti ponašanje odvodnika kod onečišćenja na svakom njegovom članu.

Upravo razvijenim bežičnim površinskim senzorom mogu se na metal-oksidnom odvodniku prenapona pratiti temperaturne prilike tijekom pogona i na strani visokog napona. Pri tome se praktički ne treba ulaziti u konstrukciju odvodnika. Nije potrebno napajanje uređaja energijom niti vođenje nekih spojnih vodiča. Pogonsko ponašanje odvodnika ostaje nepromijenjeno. Na koncu treba napomenuti da je cijena uređaja dovoljno niska da se isplati ugradnja na odvodnik prenapona. Prototip uređaja ugrađen je koncem 1997. godine na odvodnik prenapona 400 kV, i dosadašnja pogonska iskustva bila su vrlo dobra.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 17/18

Mrk

ELEKTROPRIVREDA SKANDINAVSKIH ZEMALJA

Skandinavske zemlje Norveška, Švedska i Finska mnogo se međusobno razlikuju u području narodnog gospodarstva i elektroprivrede, ali su sve tri zemlje već izradile zakonske

podloge za razvoj slobodnog tržišta električne energije. Njihove se osnovne karakteristike i razlike mogu vidjeti iz tablica 1 i 2.

Tablica 1 - Osnovni podaci (1996.)

		Norveška	Švedska	Finska
Broj stanovnika	10 ⁶	4,4	8,5	5,1
Površina	10 ³ km ²	324	450	337
Instalirana snaga elektrana	GW	27,6	34,2	15,0
Potrošak po stanovniku i godini	kWh	25268	15867	3654
Razmjena el. energije	GWh	9041	6127	366

Tablica 2 - Udio električne energije proizvedene iz pojedinih energenata (1996.)

		Norveška	Švedska	Finska
Vjetar	%	0,0	0,1	0,0
Biomasa	%	0,0	4,0	18,8
Plin	%	0,0	0,4	11,1
Nafta	%	0,8	3,0	2,3
Ugljen	%	-	2,6	22,0
Nuklearna en.	%	-	52,5	28,2
Voda	%	99,2	37,4	17,6
100 %	GWh	104878	136011	66367

Norveška je, kao osnovu za liberalizaciju tržišta električnom energijom, izdala već 01.01.1991. posebni novi energetska zakon. Glavni su elementi tog zakona slijedeći:

- Liberalizacija gradnje elektrana i vodova na temelju licencnog sustava
- Slobodan pristup mreži
- Natjecanje u području proizvodnje i prodaje
- Monopol na području mreže ostaje
- Neovisnost između utakmice i monopola
- Razvoj natjecateljski organiziranog pula
- Ostaje pravo opskrbe i dužnost priključka, ali više nema dužnosti opskrbe.

U Švedskoj se najprije počelo djelomičnim reformama, a od 01.10.1996. na snazi je novi energetska-gospodarski zakon.

Finska je svoj energetska-gospodarski zakon reformirala godine 1995.

Mogućnost pristupa tržištu električne energije u sve tri nordijske zemlje vrlo je različit. Utjecaj države (regulacije) ostaje, a ima za cilj poboljšanje natjecanja, ali ne i djelovanja na sam proces slobodnog natjecanja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 17/18

Mrk

KONCENTRACIJA KABELSKE INDUSTRIJE

Proizvođači kabela, kako bi mogli djelovati u jakoj međunarodnoj konkurenciji učvršćuju svoj položaj na različite načine. Bilo suradnjom bilo ujedinjenjem.

Danas svjetska kabelaška branša ima godišnji promet, procjenjuje se, oko 45 milijardi DEM. Od toga otpada na Aziju 37 %, Europu (zapadnu) nekih 30 % i 24 % na Ameriku. Stručnjaci smatraju da će slijedećih godina porast iznositi oko 3 % godišnje.

Poznati njemački proizvođač kabela Felten et Guillaume (FetG) iz Klina i danski proizvođač kabela NKT - Holding A/s Bronby namjeravaju se ujediniti i osnovati novu High-Tech tvrtku sa sjedištem u Njemačkoj. Pojedine aktivnosti ovih tvrtki se nadopunjuju u proizvodnji, marketingu i strateškim ciljevima. Novo će poduzeće proizvoditi energetske i signalne kabele, podmorske kabele i kabele do najviših napona.

Njemačka tvrtka Siemens svoju će trgovinu energetskim kablama prodati talijanskoj tvrtki Pirelli, jednoj od najvećih proizvođača kabela u svijetu.

ETZ, god. 119(1998), br. 15

Mrk

PROMJENA U OSNIVANJU ELEKTRIČNE MREŽE

Liberalizacijom tržišta električne energije nije se promijenila tehnika proizvodnje i prijenosa. To znači da u principu nije potrebno razvijati neke nove metode proračuna (tokova snaga, prenapone, zaštitu itd.). Osnovno je da se kod stroge komercijalizacije proizvodnje i razdiobe pojavljuju nova pitanja, koja treba rješavati od slučaja do slučaja, jer nisu u svakoj prilici jednako važna. U daljnjem tekstu istaknuta su neka od njih.

- Koja tehnička ograničenja treba uzeti u obzir pri trgovanju strujom. Misli se na kriterije rasterećenja trase s obzirom na pouzdanost, kvalitetu napona i stabilnost?
- Koja ograničenja postoje kod dogradnje elektrana? Koja su proširenja potrebna i kako moraju biti koordinirani mreža i izgradnja elektrana?
- Koliki su gubici prijenosa, koje su metode raspoložive da se oni smanje? Koliki su odgovarajući troškovi?
- Koji su optimalni načini pogona mreže?
- Kako se mogu koordinirati ugovori i kapaciteti mreže? Kako se mogu odrediti zahtjevi za primarnu i sekundarnu regulaciju i održavanje napona?
- Kako se mogu optimalno koordinirati sredstva poduzeća, proizvodnje i prijenosnih kapaciteta u holdingu?
- Kao će se planirati prijenosni koridori?

Slična se pitanja postavljaju i u europskom elektroenergetskom sustavu. Zbog relativno niske naponske razine od 380/400 kV i ograničenih rezervi s obzirom na stabilnost, eksperti očekuju izvjesne poteškoće. Povećani prijenos snage istok-zapad i sjever-jug možda će izazvati probleme u mreži UCPT. Burza električne energije može funkcionirati samo tada, ako se tehnički granični uvjeti mogu ustanoviti brzo i pouzdano.

ETZ, god. 119(1998), br. 16

Mrk

POVEĆALA SE MOGUĆNOST ZAPOSLENJA ELEKTROINŽENJERA U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj je ove godine osjetljivo porasla potražnja za kvalificiranim stručnjacima i rukovodećim ljudima. Osobito su traženi inženjeri, informatičari i trgovci. Potražnja za elek-

troinženjerima porasla je u svim branšama. Koncem 1997. bilo je u Saveznom uredu za zapošljavanje 2100 ponuda, a to je za 900 više nego u isto vrijeme prethodne godine. Velika industrijska poduzeća opet traže više inženjera.

ETZ, god. 119(1998), br. 16

Mrk

POTREBA REVIZIJE MALOULJNIH UČINSKIH SKLOPKI

Pitanje kada treba malouljne učinske sklopke podvrći reviziji ima dvije strane. S jedne strane mnoga pogonska poduzeća pokušavaju, zbog štednje, svesti reviziju na najmanju mjeru, a s druge strane se povećava rizik pogona ukoliko revizije izostanu. Istraživanja u praksi su pokazala da se sklopke moraju temeljito pregledati prosječno svakih 10 godina, želi li se da pogon bude bez smetnji. Revizije ne produljuju samo životni vijek sklopke, već povećavaju sigurnost dobave električne energije.

Općenito, malouljne učinske sklopke zadovoljavaju i danas zahtjeve pogona mreža.

ETZ, god. 119(1998), br. 18

Mrk

POGONSKI GOTOVI FOTOVOLTAIČKI UREĐAJI OD 1,1 kW

Kao prva u Njemačkoj tvrtka Isar-Amperwerke nudi građevinarima i kućevlasnicima paket fotovoltaičkih uređaja instalirane snage 1,1 kW. Cijena uređaja iznosi 16530 DEM sa uračunatim PDV-om i montažom

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 20

Mrk

U NJEMAČKOJ SE POVEĆAVA BROJ NOVOUGRAĐENIH TOPLINSKIH CRPKI

U Njemačkoj se povećava iz godine u godinu broj novougrađenih električnih toplinskih crpki (vidjeti: *Energija*, god. 47(1998), broj 1 i 4). Tijekom godine 1997. ugrađeno je novih 3150 postrojenja, što je do sada najveće godišnje povećanje. Trend porasta novih postrojenja naročito je velik od godine 1993., što se dobro vidi iz slijedećeg pregleda novougrađenih postrojenja:

1993.	519 novih postrojenja
1994.	1274
1995.	1943
1996.	2109
1997.	3150.

Okruglo 94 % novih toplinskih crpki ugrađeno je u stambene zgrade. Prosječna priključna električna snaga iznosi 3,8 kW. Kao toplinski izvor dominirao je do osamdesetih godina okolini zrak, a devedesetih tlo (zemlja).

Broj novih ugrađenih uređaja vrlo je različit u pojedinim saveznim pokrajinama. To mnogo ovisi o lokalnoj inicijativi i potpori pokrajinske vlade. Najviše je primjera u pokrajini Mecklnburg-Vorpommeru i Brandenburg 3,13 i 2,47 uređaja na 10000 kućanskih priključaka, a u području Hamburg i Bremen 0,06 i 0,03. Srednja vrijednost za Njemačku iznosi 0,86.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 20

Mrk

UKUPNI KAPACITET NJEMAČKIH ELEKTRANA MALO ĆE SE PROMIJENITI

Prema podacima Udruge njemačkih elektrana (VDEW) snaga elektrana u Njemačkoj jedva će se povećavati. U vremenskom razdoblju od 1998. do 2001. godine porast će ukupni kapacitet za 0,5 %. Prema podacima poduzeća, snaga bi se povećala za 600 MW i time ukupno dosegla 101000 MW. Vlasnici su elektrana predvidjeli da će u vremenskom rasponu od 1998. do 2001. godine izgraditi što novih postrojenja, što proširenja ukupne snage 4100 MW. Najveći dio otpada na termoelektrane na smeđi ugljen, prvenstveno u istočnom dijelu Njemačke. K tome treba još dodati 650 MW instalirane snage u termoelektranama na zemni plin. U istom tom vremenskom razdoblju ugasit će se 3500 mW instalirane snage. Od toga otpada na termoelektrane ložene smeđim ugljenom oko 2800 MW.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 20

Mrk

POTICANJE KUPNJE INDUKCIJSKIH PEĆI ZA KUHANJE

Bavarsko elektroprivredno poduzeće Isar-Amperwerke provodi plan unaprjeđenja za gastronome. Poduzeće svojim doprinosom do 2000 DEM potiče dobavu indukcijskih peći za kuhanje. Doprinos mogu koristiti svi oni koji nabave takvu peć prvi put. Ovime će se unaprijediti ova moderna, ali još rijetko korištena tehnika koja omogućuje kuhanje uz štednju energije i vremena.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 20

Mrk

SMEĐI UGLJEN NEIZBJEŽAN I U 21. STOLJEĆU

Prigodom dana smeđeg ugljena u Klnu, u svibnju 1998., rekao je predsjednik Udruge njemačke industrije smeđeg ugljena, da smeđi ugljen ostaje neizbježan i u 21. stoljeću. On će i nadalje biti u Njemačkoj najvažniji domaći energent. Paralelno porastu upotrebe ugljena u svijetu, povećava se i u Njemačkoj važnost smeđeg ugljena. Njegova će upotreba sezati daleko u 21. stoljeće, a do tada ima vremena da na tržište dođe i druga tehnologija.

S udjelom od 11 % od ukupno korisne energije u Njemačkoj, smeđi ugljen osjetno smanjuje uvoz energenata, osim toga industrija smeđeg ugljena direktno zapošljava 30000 uposlenika.

Uzme li se u obzir ukupno ekološko djelovanje uporabe smeđeg ugljena, u usporedbi s ostalim čimbenicima, ono nije lošije. Svakako treba naglasiti da je povećanje učinkovitosti termoelektrana važna mjera za smanjenje emisije CO₂. Tzv. CO₂ - porez samo će popraviti položaj nuklearke i povećati uvoz električne energije. Umjesto ovakvog poreza trebalo bi poboljšati okvirne uvjete za investicije, naglasio je predsjednik Udruge.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 14

Mrk

ELEKTRANA-TOPLANA BERLIN-MITTE U EXPO-PROJEKTU*

Nova elektrana-toplana Berlin-Mitte uvrštena je u svjetski projekt Expo-200, jer ispunjava osnovne kriterije koji se traže, a to je da projekt ukaže na nove putove za život ljudi u 21. stoljeću. Nadalje, projekt mora biti trajne vrijednosti, orijentiran prema ekološkim zahtjevima utvrđenim u Rio de Janeiro.

Ovo je postrojenje u pogonu od druge polovice 1997. godine, učinkovitosti od gotovo 90 %. Snaga postrojenja je 380 MW toplinske i 380 MW električne snage. Kombinirano postrojenje s plinskim i parnim turbinama, troši zemni plin, najmodernije je i najučinkovitije na svijetu. Njenim radom reducira se emisija CO₂ i drugih štetnih plinova. Emisija sumpornog dioksida praktički je nula. Osim visoke tehničke razine, graditelji su se pobrinuli da i s arhitektonske strane bude ukras u svojoj okolini.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 14

Mrk

ON-LINE MONITORING ZA TRANSFORMATORE

Sigurnost pogona elemenata elektroenergetskog sustava i njega u cjelini, kao i sniženje troškova vrlo je važan uvjet sada kada se prelazi na slobodno tržište električne energije. Posebno je važna briga o transformatorima, tim bitnim i skupim elementima elektroenergetskog sustava. Kako bi se kontinuirano obuhvatili ovi važni podaci o pogonskom stanju transformatora moraju se postići tri cilja: pravodobno upozorenje na pojavu kvara, ocjena daljnjih mogućnosti rada i ocjena stupnja starenja. Ocijeniti treba također smanjenje troškova održavanja koji se postižu kontinuiranim nadzorom.

Tvrtka Siemens razvija takav sustav za nadzor (monitoring system) transformatora koji bi izvršavao navedene zadatke. Primjenom na dva velika transformatora (200 MVA i 300 MVA) dobivena su prva iskustva. Mora se još razviti strategija održavanja i odgovarajući algoritmi za korištenje, koji bi dali podatke o stanju transformatora.

Takav bi sustav nadzora mogao u budućnosti biti nadopunjen i sustavom za upravljanje.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 15

Mrk

NJEMAČKA INDUSTRIJA TRAŽI VIŠE ENERGIJE

Porast industrijske proizvodnje u Njemačkoj tražio je u 1997. godini 2,9 % više električne energije nego prethodne godine (222 TWh prema 229 TWh). Za usporedbu treba reći, da ukupna potrošnja električne energije, od ukupno 480 TWh, stagnira.

Najviše je električne energije kupila industrija od javnih elektrana. Sa 201 (194) TWh udio kupljene energije iznosi 88 %, a ostatak od 28 TWh industrija je proizvela u vlastitim pogonima.

Najveći potrošač električne energije u 1997. godini bila je kemijska industrija. Na nju otpada jedna četvrtina ukupne in-

* Vidjeti: *Energija*, god. 47(1998), br. 2: Nova elektrana-toplana u Berlinu

dustrijske potrošnje. Kao druga po potrošnji može se navesti metalna i metalo prerađivačka industrija.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 15

Mrk

ELEKTROPRIVREDA JUŽNE AFRIKE

Južnoafričko državno elektroprivredno poduzeće ESKOM, peti je po veličini proizvođač električne energije u svijetu. Poduzeće je osnovano 1923. godine i sada raspolaže s 20 elektrana, instalirane snage oko 40000 MW. Ono pokriva 98 % potreba zemlje i jedno je od najjeftinijih dobavljača električne energije. U godini 1997. proizvedeno je 187,5 TWh, od čega je potrošačima predano 172,5 TWh. To je više nego polovica od ukupno proizvedene električne energije u Africi. Savezna prijenosna mreža, napona 132 kV do 765 kV, ima duljinu od 26065 km, a cijela dalekovodna mreža 267600 km. Duljina kabela mreže iznosi 6242 km.

Glavni energent za proizvodnju električne energije je kameni ugljen. Ostali su energenti u elektranama, u 1997. godini, bili kako pokazuje slijedeći pregled:

Energent	P _{inst.} MW	GWh
Kameniti ugljen	34882	170464
Plin	342	0
Voda	600	2092
Pumpne akumul.	1400	2608
Nuklearne (2 bloka)	1930	12647

ESKOM ima 39241 zaposlenika i 2244000 priključaka. Zbog niske cijene električne energije ESKOM je dobrodošao izvoznik u susjedne zemlje.

U 1997. godini izvezeno je 6382 GWh električne energije, a najveći uvoznik bila je Zimbabve sa 2798 GWh.

U zemlji je u gradnji najveća termoelektrana na svijetu, elektrana Majuba, oko 300 km jugoistočno od Johannesburga. Ukupna će joj instalirana snaga biti 4100 MW u 6 blokova. Od toga tri bloka po 660 MW, a tri po 715 MW. Prva su tri bloka već u pogonu, a tri slijedeća pri završetku gradnje. Elektrana Majuba nalazi se blizu rudnika kamenog ugljena, čiji ugljen ima ogrjevnu vrijednost 19 do 24 MJ/kg. Specifični potrošak ugljena iznosi 0,533 kg/kWh. Elektrana daje energiju u saveznu električnu mrežu od 400 kV.

Elektrizitätswirtschaft, god. 97(1998), br. 15

Mrk

UREĐAJ KOJI OMOGUĆAVA NEPREKINUTU DOBAVU ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA INFORMATIČKE NAPRAVE

Iako raspoloživost europske povezane mreže iznosi 99,98 %, u mjesnim mrežama ima barem 150 kratkih prekida. Tada nastaju prenaponski šiljci, titraji napona i frekvencije te iskrivljenje naponske krivulje, odnosno dolazi do totalnog strujnog ispada. To može u informatičkoj tehnici izazvati neugodne kvarove, kako na samom uređaju tako i na softveru.

Kako danas svako poduzeće koristi takvu tehniku nužno je da ona radi potpuno pouzdano. To je moguće samo ako je osigurana i od najmanjih strujnih prekida.

Tvrtka AEG NS razvila je i stavila na tržište uređaje koji informatičku opremu štite od svakog strujnog prekida i otklanjaju smetnje iz javne mreže. Za tu svrhu na raspolaganju su uređaji "Protekt S" za snage od 0,7 kVA do 120 kVA. Moguća je dobava i za još veće snage 160 kVA i n x 500 kVA.

ETZ, god. 119(1998), br. 19

Mrk

KAMO S ELEKTRONSKIM OTPADOM?

Danas je smeće veliki problem, naročito u industrijski razvijenim zemljama. U novije vrijeme posebno mjesto zauzima sklanjanje otpada koji nastaje od odbačenih računala, televizora, videorekordera, perilica, hladnjaka i ostalih elektro, odnosno elektroničkih aparata. Samo u Austriji godišnje se nagomila oko 80000 tona takvog otpada. Pođemo li od današnjeg stanja, u slijedećih bi se pet godina u EU odbacilo 15 milijuna tona elektro-otpada. Da se taj problem, koji muči čitavu Europu, lakše riješi osnovana je 1997. godine u Beču udruga SAT (Österreichische Gesellschaft für System und Automatisierungstechnik) kao centar za reciklažu elektroničkog otpada. U međuvremenu Udruga je preuzela međunarodni biro za unaprjeđenje okoliša u području elektronike i industrije za reciklažu u Europi, kao projekt EUREKA Care - "Vision 2000". Interes za ovu Udrugu je vrlo velik. Samo u minulih 9 mjeseci članovima Udruge postalo je 35 poznatih tvrtki kao npr. IBM, ICI, Mitsubishi itd. Kao poseban uspjeh Udruge je činjenica da su pod okrilje Udruge došli neki projekti EU i neki nacionalni projekti europskih zemalja.

Journal VEÖ, 1998, br. 6

Mrk

DELPHI - STUDIJA 98

2000 eksperata izjašnjava se o budućnosti

U hramu boga Apolona prije 2500 godina proročica Pithija davala je dvosmislena proročanstva koja su za tadašnje vrijeme bila od velikog značaja. Dok je tada samo jedna proročica bila dovoljna za proricanje budućnosti, za Delphi - studiju 98 o budućnosti Njemačke sakupljene su prognoze više od 2000 eksperata iz razvoja i privrede.

Kako će budućnost zaista izgledati nitko ne može predvidjeti. Delphi - studijom bit će obavljen pogled u budućnost konzultiranjem mnogih eksperata. Nakon toga će teze koje razrade stručne komisije biti dane na ocjenu velikom broju eksperata. Odgovori će biti ocijenjeni i još jednom podastrijeti istom krugu osoba, da bi u drugom krugu pod utjecajem stručnih kolega još jednom razmisliti o vlastitoj procjeni, odnosno odgovoru. Ovom metodikom Delphi - studije ne samo da će biti načinjena moguća slika budućnosti, već prije svega osnovne informacija za odluke koje treba još što prije donijeti.

Prva njemačka Delphi - studija o razvoju nauke i tehnike - 1993. godine po narudžbi Saveznog ministarstva za istraživanje i tehnologiju (BMFT) izradio je Fraunhofer - institut za sistemsku tehniku i novatorstvo (ISI). Budući da se ova prva njemačka Delphi - studija u prometu i strategijskom korištenju za gospodarstvo, ali također i za odgovorne u državi pokazala vrlo korisnom za donošenje odluka, 1995. godine se ova metodika dalje razvijala kroz "Mini-Delphi" - studije. Francuska, Velika Britanija kao i nedavno također

Austrija su u međuvremenu slijedile njemačku inicijativu da koriste Delphi - ankete za sveobuhvatno predviđanje razvoja tehnike.

Teme Delphi - studije 98 razrađivane su u stupnjevanom procesu. Ponajprije je pri Saveznom ministarstvu za obrazovanje, znanost, razvoj i tehnologiju (BMBF) osnovan upravni odbor koji je utvrdio deset područja tema: informacije i komunikacije; usluge i potrošnja; uprava i proizvodnja; poljoprivreda i prehrana; okoliš i priroda; građenje i stanovanje; pokretljivost i transport; svemirska istraživanja; veliki pokusi.

Konzultirano je više od 2000 eksperata iz poduzeća, visokih škola, javnih službi kao i razvojnih ustanova. Najveći broj sudionika u izradi Delphi - studije je iz istraživanja i razvoja.

Važni rezultati Delphi - ankete

1. Za prvo desetljeće slijedećeg stoljeća značajna su slijedeća očitovanja:

- Strukture poduzeća će se značajno izmijeniti: Poduzeća budućnosti će svoje proizvode, usluge i unutarnju organizaciju radikalno orijentirati prema kupcu.
- Više nego ikada prije bit će vođeno računa o sposobnosti za posao i spremnosti na odgovornost suradnika. Zaposleni sutra bit će u mnogom i supoduzetnik. To će iziskivati nove organizacijske oblike unutar pogona.
- Odnosi između poduzeća bit će izmijenjeni. Bitne su činjenice da će poduzeća biti povezana u mrežu te da će se raditi i na daljinu. U Njemačkoj se stvaraju proizvodna udruženja s visokom sposobnošću reakcije i specijalizacije na grupe kupaca. Osobito mala i srednja poduzeća povezivat će se na određeno vrijeme međusobno.
- Multimedija postaje tehnika svakodnevice. U potpunosti će biti izgrađena tehnička infrastruktura znanosti. Dinamika u području multimedia postat će još veća. U supermarketima otvorenim u točno vrijeme bit će isto tako svakodnevnica, kao što će biti i predbilježba putovanja na odmor pomoću klika miša, pri čemu će se u oba slučaja plaćati digitalnim novcem.
- Nastat će novi sustavi daljnjeg svakodnevnog doškolavanja kao i doškolavanja u struci. Virtualni svjetski univerziteti i osnovne škole bit će daleko rasprostranjeniji. Sustavi za stjecanje multimedia - informacija "on demand" su decentralno raspoloživi u mrežama na svakom od aktualnih svjetskih jezika. Sustavi za prevođenje jezika u obliku džepnog formata omogućavat će komunikacije bez granica.
- Nove strukture, prije svega u usavršavanju i daljnjem obrazovanju, razvijat će se pomoću telekomunikacija. Otvaraju se nove mogućnosti za osobe srednje dobi i starije, koje mogu ostati sposobne za sustave osvježavanja i treniranja. "Doživotno učenje" isto tako je samo po sebi razumljivo kao i ono svakodnevno. Sve više se dolazi do individualnih kvalifikacijskih sustava koji konkuriraju onim s opće važećim načinom.

2. Kakvi su izgledi za drugo desetljeće 21. stoljeća?

- Za period poslije 2015. godine ističu se tehničke mogućnosti za popravljavanje ekoloških šteta. Tako će se smatrati mogućim npr. pošumljavanje tropskih kišnih šuma. Trebaju se forsirati rasline koje sprječavaju daljnje širenje pustinje.
- S udjelom od preko 10% u proizvodnji električne energije na tržištu će se obnovljive energije povećati 20 puta u odnosu na danas - čak bez uzimanja u obzir vodnih snaga.

Značajni napreci bit će postignuti u borbi s ekološkim opasnostima i za smanjenje ispuštanja CO₂ korištenjem tehničkih rješenja u području gradnje vozila ili u području građenja.

3. Zanimljiv je također i stručno specifični uvid u 10 zadanih tematskih područja - evo nekoliko uočljivih ocjena eksperata:

- Uz razvitak u poduzećima i u multimedijima istaknuti značaj za gospodarski razvitak bit će dan tematskom području "Kemija i materijali". Eksperti vide u razvoju kemije i novih materijala ključnu funkciju za njemačko gospodarstvo.
- U drugom desetljeću na koji se period odnosi prognoza, očekuju se važne inovacije i spoznaje za medicinu. Istraživanjima bolesti koje su do sada naizlječive ili su se mogle samo simptomatski obrađivati, bit će dan najviši prioritet: npr. oboljenjima srca - krvotoka, raka, AIDS-a ili Alzheimer-a.
- Eksperti su općenito mišljenja da napredak medicine nameće etičke probleme i pitanja, u vezi kojih naše društvo mora otvoreno i s punom odgovornošću zauzeti stav.
- U području "Usluge i potrošnja" eksperti ocjenjuju položaj Njemačke u istraživanju i razvoju u međunarodnom uspoređivanju pozitivnim: u organizaciji i ispomoći u učenju, energetske menagement-u ili razvitku usluga njege i pomoći.
- Novatorstvo u biologiji naglašava područje tema "Poljodjelstvo i prehrana". Ovdje - usprkos skepsi kod pučanstva - treba očekivati, da će živežne namirnice proizvedene pomoću tehnike gena na njemačkom tržištu osvojiti mjesto - ukoliko će potrošači biti u dovoljnoj mjeri informirani te njihova želja bude ispunjena, da budu prodavane pod odgovarajućom oznakom.

U poglavlju "Okoliš i priroda" eksperti očekuju da će Njemačka u tehnologiji okoliša moći potvrditi svoje vodeće mjesto.

4. Također su interesantne mnoge pojedinačne vizije u Delphi - izvješću:

- U 2006. godini bit će ostvaren internet slijedeće generacije, koji će moći prenositi informacije u realnom vremenu. Telefonske usluge i prijenos pomičnih slika postat će standardni.
- 2007. godine u svako doba će biti moguće pregrađivati kuće radi fleksibilnog načina gradnje.
- U 2009. godini će se identifikacija ili ulazna kontrola obavljati biometrijski (prepoznavanjem lica, otisaka prstiju, po strukturi kože itd.).
- U 2010. godini bit će na raspolaganju monitori za ručnu torbicu: novi, fleksibilni i robusni (iz umjetnih materijala) displeji koje će biti moguće slagati pomoću nabora i sklapati ih.
- U 2011. godini organske materije će biti moguće nabijanjem na danjoj svjetlosti koristiti kao džepne svjetiljke.
- U 2015. godini bit će korištena struja iz prozorskih okana: transparentne sunčane polimerske ćelije velikih površina upotrebljavat će se kao prozorska stakla.
- U 2020. godini bit će stavljen u uporabu bio-čip gustine memoriranja, koja je tisuću puta veća od sadašnjih poluvodičkih memorija.

Značajna dostignuća iz područja tema "Energija i sirovine"

U ovo poglavlje tema spadaju interesantne skupine pitanja nuklearne energije i obnovljivi izvori energije. Obadvjema tehnologijama u budućnosti će biti uvjetovani veliki potencijali smanjenjem ispuštanja CO₂. U ravno 70% odgovora naglašeno je, da će na osnovi CO₂ problematike klime i poboljšanja tehnike sigurnosti nuklearna energija biti prihvaćena diljem Europe. To se očekuje oko 2015. godine. Pet godina kasnije, u 2020. godini, prema velikoj većini odgovara eksperata, bit će razvijena mala i srednje velika, vrlo sigurna nuklearna toplinska - i elektroproizvodna postrojenja, prikladna za lociranje blizu gradova, koja će služiti za opskrbu gradova kombiniranim postrojenjima za snagu i toplinu. Isto tako oko 70% eksperata izražavaju mišljenje, da će u istom vremenskom razdoblju također doći u praktičnu primjenu oplodni reaktori.

Obnovljivi izvori energije (bez vodnih snaga), prema procjeni eksperata, između 2015. i 2025. godine u Njemačkoj će premašiti vrijednosti od 10%. To je izgleda moguće, jer od oko 2017. godine troškovi za fotovoltaičke sustave iznosit će manje od 4000 DEM po kW, a za manje od deset godina energetska postrojenja na vjetar u području do nekoliko megawatta naći će se na tržištu uz Investicijske troškove ispod 2000 DEM po kW i stoga za 15 godina bit će građena Offshore-energetska postrojenja snage preko 100 MW. Također dobivanje energije iz biomase, npr. rasplinjavanjem bilja, drveta i slame bit će veoma rašireno za 15 godina, a sa hladno stlačenim biljnim uljem pogonjeni Diesel-motori bit će u uporabi za mnoge promjene u postrojenjima za grijanje stambenih naselja.

Eksperti koji su surađivali na Delphi - studij 98 ne znaju kako će budućnost uistinu izgledati. Oni samo skiciraju moguću sliku budućnosti. Uz pomoć njihovih ocjena i pretpostavki ti eksperti međutim mogu dati upute i poticaje za važne odluke koje treba već danas donijeti: bilo da treba pospješiti određene inovacije ili pak kočiti očite pogreške u razvoju. Na taj način sadašnje Delphi - studije dobivaju značenja kakva su imala proročanstva u staroj Grčkoj.

Siemens, Standpunkt 2/98

E. H.

KAPLAN TURBINE ZA ZAPADNU AFRIKU

Sulzer Hydro je ugovorio isporuku pet Kaplan turbina za hidroelektranu koja se nalazi između triju zemalja Mali-ja, Senegal-a i Mauretanije. Ugovorna vrijednost iznosi oko 40 milijuna DEM. Turbine će proizvesti Sulzer Hydro u Ravensburgu (Njemačka) i u Kanadi.

Technical Review Sulzer, 3/1998.

E. H.

MODERNIZACIJA NAJVEĆE EUROPSKE PROTOČNE ELEKTRANE

Sulzer Hydro i ABB, Švicarska, zaključili su veliki ugovor od oko 50 milijuna CHF za rekonstrukciju i modernizaciju rumunjske hidroelektrane "Đerdap I". Ovaj ugovor je prvi dio sveobuhvatnog projekta sanacije koji će stajati oko 200 milijuna CHF.

Ova elektrana na Dunavu obuhvaća dvanaest proizvodnih hidro jedinica, od kojih šest na rumunjskoj i šest na srpskoj strani. Elektrana je puštena u pogon 1972. godine. Snaga joj je preko 2000 MW te je najveća protočna elektrana u Europi. Budući da postoji ozbiljna opasnost da kvarovi na strojevima ugroze sigurnu opskrbu energijom Rumunjske, rumunjska vlada je za svoj dio definirala za slijedeće godine program rekonstrukcije i modernizacije ove elektrane. Istodobno ugradnjom novih rotora snaga turbina bi trebala biti povećana za više od 10%.

Nosilac posla Sulzer Hydro će zajedno sa ABB-om obrađivati ovaj projekt. Od cjelokupnog iznosa od preko 200 milijuna CHF na Sulzer Hydro otpada ravno 120 milijuna CHF.

Technical Review Sulzer, 3/1998.

E. H.

KAKO SE GRIJU NIJEMCI?

Dok se grijanje u starim saveznom pokrajinama u hladnim danima pretežno povjerava plinu i ugljenu u novim saveznom pokrajinama jedna petina kućanstava, kao i prije, koristi ugljen i drvo. K tomu dolazi, prema studiji Saveznog ministarstva za ekologiju, da je svako treće domaćinstvo u istočnom dijelu priključeno na daljinsku toplinsku mrežu. S oko 250 kWh energije za grijanje po kvadratnom metru u prosjeku treba savezno njemačko domaćinstvo gotovo trećinu manje nego 1979. godine. Prema uredbi o toplotnoj zaštiti za to je još uvijek previše; ona zahtijeva potrošnju energije (za novogradnje) između 54 i 100 kWh po kvadratnom metru površine. Uredba o štednji energije od 1999. godine zahtijeva još jedno smanjenje za trećinu, koristeći nove sustave za grijanje uz adekvatnu efikasniju izvedbu zgrada.

Siemens Standpunkt, 2/1998.

E. H.

USPJEŠNA MODERNIZACIJA U VREMENSKI VRLO KRATKOM ROKU

Elektrana Búrfell na Islandu predstavlja primjer uzorne i poželjne suradnje korisnika elektrane i izvođača radova. Dokazano je da se pri rekonstrukciji hidroelektrane ne smije izolirano promatrati zamjena rotora, već da ju je potrebno povezati u cjelokupni koncept postrojenja. Radi skraćivanja vremena isporuke pronađeni su novi putovi u razvoju i izradi komponenata.

Island je radi svoje izoliranosti primoran na samostalnu proizvodnju električne energije. Landsvirkjun, nacionalna elektroprivreda, pokriva skoro cjelokupne potrebe otoka. Preko 90% potječe iz hidroelektrana, a ostatak iz geotermičkih elektrana. Za pokrivanje naglog povećanja potrošnje presudnu ulogu predstavlja pregradnja postojećih elektrana. Tako je također valjalo elektranu Búrfell modernizirati zamjenom rotora šest Francis turbina. Razvoj novih rotora predstavljao je izazov radi rubnih hidrauličkih uvjeta i prije svega radi vrlo kratkog vremena realizacije.

U prvom koraku je nazivna snaga generatora s obzirom na veću snagu turbina povećana na 46 MVA. Za vrijeme planiranja rekonstrukcije turbina bilo je, međutim, ubrzo jasno da je moguće postići veće povećanje. Poslije prerade rashladnog sustava generatora i temeljne kontrole mehaničke čvrstoće osovine turbine-generatora utvrđena je sigurna maksimalna snaga generatora 50 MW. Sada je to bio novi uvjet za razvoj rotora turbine.

Rekonstrukcijom ostvarljive prednosti moraju biti u ranoj fazi studije radova točno kvantificirane. Sulzer Hydro je za to razvio pouzdan postupak kojim se prognozira snaga. Treba odgovoriti na pitanje kako se ponaša stara turbina u usporedbi sa strojem prema najnovijem stanju tehnike. U tu svrhu može software za analizu gubitaka, koji se temelji na velikoj banci modelskih podataka, biti dopunjen primjenom modernih CFD-alata (Computation Fluid Dynamics).

Da bi utvrdili da li su stacionarne komponente postojećeg postrojenja dostatno dimenzionirane za poželjno povećanje snage (22% iznad prethodne nazivne snage), provedeno je istraživanje na temelju nacrtu koji postoje u tom trenutku. Ispostavilo se, da je uz male izmjene na postrojenju moguće povećanje snage za preko 25% od 38 MW na 48 MW.

Više od deset godina Sulzer Hydro potanko se bavi numeričkim razvojem Francis-rotora. Oko 3D - Euler - Code-a kao osnovnog alata nastao je software za konstrukciju turbinskih lopatica, koji je primijenjen na više od osamdeset raznih ugovorenih objekata te je kontinuirano proširivan. To danas omogućava brzo određivanje važnih parametara željenog rotora. Za Búrfell su geometrijski uvjeti bili jasno definirani. Usprkos drastične promjene protoke geometrijski rubni uvjeti bi morali ostati neizmijenjeni - visina sprovodnih lopatica, dužina vijenca rotora i promjer rotora.

Uvjeti strujanja u usisnoj cijevi nisu bili tako povoljni kao što se to očekivalo. Za optimiranje međusobnog djelovanja rotora i usisne cijevi morala su oba dijela biti ispitana s dvostrukim simulacijama koje proizlaze iz Euler-ove metode. Analiza strujanja koja uzima u obzir trenje ukazuje na problem: Nedaleko od krivine usisne cijevi na gornjoj strani difuzora pri punom teretu su se pojavljivala odvajanja strujanja i znatno povratno strujanje. Stoga je trebalo preurediti lopatice rotora, da bi se postigli bolji uvjeti protoka u difuzoru.

Međutim, u ovom stadiju je sloboda davanja oblika rotora bila ograničena. Radi kratkih rokova moralo se dijelove rotora dati u izradu. Uz suglasnost Landsvirkjun-a paralelno s izradom dalje se radilo na razvoju. Tako se konačno definirala promjena lopatica rotora, koja je vodila poboljšanom strujanju u usisnoj cijevi i znatno smanjilo povratno strujanje u meridionalnoj ravnini.

Ali, izgledalo je važnije samu usisnu cijev izmijeniti. Razne su opcije numerički modelirane te se, istraživao potencijal poboljšanja.

Konačno je kao najbolje izgledala ugradnja bočne stijenke u difuzoru, čime je spriječeno usporavanje strujanja u ovom području, a povratno strujanje praktički onemogućeno. Izmjene na rotoru i usisnoj cijevi imale su za posljedicu povećanje stupnja korisnosti ukupno za više od 4%.

Dok je Navier-Stokes-simulacija izmjene usisne cijevi omogućavala da se istraži utjecaj pojedinih mjera na problematične zone povratnog strujanja, ostao je dvojben njihov točan utjecaj na stupanj korisnosti. Moralo se točnije odgovoriti na to pitanje nego što je to danas moguće pomoću CFD-alata. Stoga je prihvaćena jedna izmjena u strategiji razvoja: Sulzer Hydro je dobio suglasnost da dopuni numeričku analizu modelskim pokusima, koncentriranim na niskotlačnu stranu stroja.

U vlastitom laboratoriju tvornice točno su napravljeni rotor i usisna cijev, dok su za komponente gornje vode upotrijebljeni što je moguće sličniji standardni dijelovi (tzv. semi-homologni razmjestaj pokusa). Mnogi koraci razvoja i odvijanja izrade morali su biti paralelno rađeni na modelu. Suradnja punog povjerenja i fleksibilnosti između kupca i

izvođača omogućila je da se izostave odobravanja kojim bi se gubilo mnogo vremena.

Modelski pokusi su potvrdili da je strategija proizišla iz CFD-istraživanja za optimiranje rotora bila ispravna, i da kvantitativni rezultati opravdavaju odobrenje konačne konstrukcije izmjene usisne cijevi.

Rana, detaljna, analiza omogućava spoznavanje svih kritičnih komponenata, tako da mogu biti uvedeni usklađeni uzastopni koraci razvoja tih dijelova. U skladu s tim mogu semihomologna modelska ispitivanja predstavljati ekonomičnu i s obzirom na trajanje prihvatljivu alternativu homolognim ispitivanjima, ako je cilj poboljšanja jasno definiran.

Nužnost da se poslovi konstrukcije i izrade u određenom opsegu izvode paralelno, iziskuje tijesne kontakte, brzu i otvorenu razmjenu informacija kao i fleksibilnost obiju zainteresiranih strana. Búrfell projekt pokazuje da međusobno povjerenje između korisnika i iskusnog proizvođača omogućavaju, da se brzo reagira na promjenu rubnih uvjeta te provedu korekturni poslovi, a da se ne ugrozi terminski plan projekta.

Landsvirkjun proizvodi kao nacionalna elektroprivreda Islanda više od 93% električne energije. Poduzeće želi korištenje postojećih izvora (prije svega vodnih snaga) intenzivirati i osigurati opskrbu. Tržište električne energije Islanda je ograničeno na mali broj energetski intenzivnih industrijskih pogona - tvornice aluminijske i ferocilicije - koje troše znatno iznad polovice cjelokupne električne energije. Ovaj sektor sada doživljava nagli rast te iziskuje brzu izgradnju kapaciteta Landsvirkjun-a. Povećanje proizvodnje za 50% od 1996. do 2000. godine proizlazi djelimice i iz modernizacije postojećih postrojenja - kao što je Búrfell te izgradnjom novih postrojenja. Najveći pojedinačni projekt ovdje je postrojenje Sultartangi, koje će u 2000. godini dati svoj doprinos mreži sa dodatnih 130 MW, koji je posao povjeren istom generalnom poduzetniku za cjelokupnu elektrostrojarsku opremu.

Technical Review Sulzer, 3/1998.

E. H.

SIEMENS / KWU GRADI NAJVEĆU ELEKTRANU LOŽENU BIOMASOM

Nizozemsko poduzeće za opskrbu električnom energijom Noord - Brabantse Energie-Maatschappij (PNEM) ugovorilo je sa Siemens-om izgradnju najveće elektrane na biomasu u Europi. Ova elektrana procijenjena na 80 milijuna DEM gradi se 40 km sjeveroistočno od Eindhoven-a. Gorivo će biti otpaci drveta iz bliskih šuma. Prva elektrana na biomasu u Nizozemskoj snage 27 MW će nakon njenog puštanja u pogon opskrbljivati električnom energijom oko 50.000 domaćinstava. Ostaci drveta su u odnosu na štetno ispuštanje neutralni, jer prigodom izgaranja ispuštaju samo onoliko CO₂ koliko su za vrijeme rasta apsorbirali.

Siemens Standpunkt, 2 / 98.

E. H.

VELIKO POSTROJENJE ISTOSMJERNE STRUJE ZA ELEKTROLIZU ALUMINIJA U DUBAI-JU

Dubai Aluminium Company je naručila kod ABB Industrie AG, Švicarska, veliko istosmjerno postrojenje za novu proizvodnu liniju 6 u Jebel Ali-ju. Iznos ovog ugovora doseže 26,5 milijuna CHF.

Postrojenje istosmjerne struje sastoji se iz četiri jedinice 55-kA za 1300 V. Uz to ABB isporučuje pripadajuće transformatore i sabirnice, uređaje zaštite i vođenja te je odgovoran za koordinaciju na licu mjesta kao i za primopredaju.

Dodatno je ABB Environment AS, Norveška, sklopio ugovor za uređaje za pročišćavanje ispušnih plinova.

Nova proizvodna linija sa 240 peći za elektrolizu povećava proizvodnju aluminijske 135.000 t godišnje. Puštanje u rad nove proizvodne linije predviđeno je za sredinu 1999. godine. Poslije tog proširenja postrojenje elektrolize u Dubai-ju će biti drugo postrojenje za elektrolizu aluminijske po veličini na svijetu. Od 1989. godine ABB Industrie AG opremio je sve nove linije električnim sustavima za cjelokupnu proizvodnju u iznosu od 135 milijuna CHF.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

IZGRADNJA VISOKONAPONSKE MREŽE U BRAZILU

Za povezivanje mreža visokog napona Sjevernog i Južnog Brazila ABB je sklopio razne ugovore ukupne vrijednosti od oko 170 milijuna US\$.

Ugovori sa Furnas Centrais Electricas S. A. (FURNAS) i Centrais Electricas do Norte do Brasil S. A. (ELETRONORTE) čine dio infrastrukturnog programa Savezne brazilske vlade "Brazil in Action", koji treba unaprijediti budući rast gospodarstva te zemlje.

Ugovor obuhvaća 300 km dugi 500 kV-dalekovod izmjenične struje, opremu visokog napona za 5 podstanica kao i 6 postrojenja za kompenziranje jalove snage.

Novi dalekovod visokog napona će opskrbljivati južni dio zemlje električnom energijom sa sjevera zemlje. Završetak radova je predviđen za 1999. godinu.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

500-MW PLINSKA ELEKTRANA S POSTROJENJEM ZA DESALINIZACIJU MORSKE VODE ZA ABU DHABI

Abu Dhabi, National Oil Company Ltd (ADNOC) povjerila je ABB-u izgradnju po sistemu ključ u ruke 500-MW-plinske elektrane sa desalinizacijom morske vode u industrijskoj zoni Ruwais, na morskoj obali. Ukupna vrijednost ugovora iznosi ravno 600 milijuna US\$.

Novo postrojenje će povećati raspoloživu električnu snagu na 700 MW te na taj način omogućiti izgradnju postrojenja rafinerije Ruwais i petrokemije Abu Dhabi National Oil Company-je. Dodatno će postrojenje za desalinizaciju morske vode isporučivati rafineriji do 8 milijuna galona vode dnevno.

U okviru ovog ugovora ABB od bitnog isporučuje četiri plinske jedinice GT 13 E2, pripadne kotlove na otpadnu energiju, postrojenje za desalinizaciju i cjelokupnu tehniku vođenja elektrane. U to je ABB odgovoran za poslove inženjeringa i puštanja u pogon. Postrojenje treba biti u punom pogonu u 2000. godini.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

DESET POSTROJENJA ISTOSMJERNE STRUJE ZA ELEKTROLIZU ALUMINIJA U KANADI

Poduzeće elektrolize i kemije Alcan L.t.d. u Alma-i, Kanada, povjerilo je firmi ABB proširenje postrojenja elektrolize aluminija isporukom deset uređaja istosmjerne struje i jednog postrojenja visokog napona 161 kV. Vrijednost ugovora ABB, Inc., Montreal iznosi 71 milijun CHF.

Deset postrojenja istosmjerne struje 97 kA za 1.330 V, vrijednosti 17,5 milijuna CHF proizvesti će ABB, AG, Švicarska. Ona zajedno dosižu snagu od ravno 1.290 MW te će biti najveće ikada izvedeno napajanje za elektrolizu aluminija.

ABB će ova postrojenja isporučiti, montirati i pustiti u rad u 1999. i 2000. godini.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

RENOVIRANJE VIŠE RAZNIH HIDROELEKTRANA U ŠVEDSKOJ I ISLANDU

ABB Generation AB, Švedska, prije kraćeg vremena je ugovorio renoviranje više hidroelektrana u vrijednosti od oko 100 milijuna SKr.

Landswirkjun, Island, naručili su električne komponente za hidroelektranu Búrfell.

Poduzeće *Gullspang Kraft AB*, Švedska, je ugovorilo sa ABB Generation isporuku komponenata za moderniziranje elektro opreme i tehnike upravljanja hidroelektrana Dönje i Blasjön. Treći ugovor je sklopljen sa *Vattenfall AG*, Švedska, i obuhvaća komponente za moderniziranje tehnike vođenja hidroelektrane Rusfors.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

NOVA TVORNICIJA RASKLOPNIH POSTROJENJA KOJA NAJAVLJUJE BUDUĆNOST

Investicijama u iznosu od 72 milijuna DEM ABB Calor Emag Schaltanlagen AG u Ratingen-u u Njemačkoj gradi novu tvornicu u kojoj će se proizvoditi Hightech - proizvodi za rasklopna postrojenja po najnovijim metodama. Uz to je također i nova organizacija rada, koja, među ostalim, predviđa stambena naselja na zemljištu tvornice.

Već u rujnu 1999. godine početak će proizvodnja u novoj tvornici te će proizvoditi cjelokupna rasklopna postrojenja srednjeg napona kao i najzahtjevnije komponente rasklopnih postrojenja. Proizvodnju vakuumskih prekidnih komora - najbitnijeg dijela učinkovitih sklopki, koje se proizvode kod ABB Calor Emag-a, kojih se sada proizvede 60.000 treba povećati na 100.000 komada godišnje. Moderne proizvodne metode, koje su usmjerene na što niže troškove proizvodnje, jamče da će ove prekidne komore također ubuduće odolijevati tendenciji sniženja cijena na svjetskom tržištu.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

TEHNIKA VOĐENJA ZA NAJVEĆU SPALIONICU SMEĆA NA SVIJETU U SINGAPURU

ABB, Kraftswerktechnik GmbH, Njemačka isporučuje i montira sve instrumente i tehniku vođenja za prvih 6 blokova nove spalionice smeća TUAS South u Singapuru. Postrojenje

gradi po sistemu ključ u ruke Mitsubishi Heavy Industry (CM), Japan, za *Ministarstvo okoliša (ENV)* te se sastoji iz šest kotlova pojedinačnog kapaciteta 720 tona smeća dnevno koje se doprema iz obrta i domaćinstava, kao i dviju parnih turbina po 65 MW. Dovođenje, predaja postrojenja predviđena je u ožujku 2000. godine.

Uz Ulu Pandan, Senoko i TUAS 1 sačinjava TUAS South četvrtu spalionicu smeća ovog grada-države. Ulu Pandan je opremila ABB - Tehnika vođenja. Posao ABB-a se također sastoji iz integrirane cjelokupne isporuke elektro i tehnike vođenja.

TUAS South dobiva modernu ergonomički izvedivu komandnu prostoriju, koja odgovara rastućim zahtjevima pogonskog osoblja. Postavit će se i veliki ekrani koji su ovalno smješteni sa poslužnim pultom i jamče najbolji mogući uvid nad cjelokupnim postrojenjem. Za nadzor bunkera smeća i stanica za vaganje bit će postavljen nadzorni sustav sa kamerama, koji se sastoji iz 33 monitora i 40 kamera.

ABB Technik, 3 / 98.

E. H.

ELEKTRANA U RAČUNALU

Korištenje sustava obrade podataka u gradnji i pogonu elektrana

Do sada su sustavi tehničke obrade podataka korišteni kod projekata elektrana uglavnom za povećanje efikasnosti i na taj način smanjenja troškova u fazi izvedbe. Nove strukture sustava obrade podataka omogućavaju da se svi procesi obrade u potpunosti usmjere na način da se postigne maksimalna korist za korisnika, da se smanje potrebni prostori za montažu kao i investicijski troškovi, da se postignu najniži troškovi s obzirom na rokove isporuke te da se postigne maksimalna raspoloživost. Uz pomoć struktura obrade podataka stvorena je presudna pretpostavka da se nastojanja standardizacije u odnosu na smanjenje troškova više ne suprotstavljaju ispunjavanju specifičnih želja korisnika. Strategija proizvodnje temeljne elektrane sastavljene iz modula s opcijama i varijantama, koje aspekte Siemens međusobno povezuje, sada je moguće ostvariti samo uz pomoć obrade podataka.

Ova je strategija već uspješno ostvarena u nizu projekata, npr. kod korištenja koncepta s jednim vratilom u projektima Kings Lynn u Engleskoj, Tapada u Portugalu i Otahuhu u Novom Zelandu. Za postrojenje Otahuhu je predviđeno vrijeme izgradnje od 19 mjeseci.

Koristi se virtualna elektrana koja se može upotrijebiti za razne zadaće u pojedinim fazama životnog doba elektrane i s tim pratiti realnu elektranu.

Ovaj koncept je već realiziran postojećim obradama podataka. Poseban program SIGMA omogućava povezivanje s općenitim dokumentima elektrane već danas s obzirom na ustroj i funkcioniranje. Tako je moguće za osnovnu elektranu sagledati, npr. 3 D - model cjelokupnog izgleda elektrane. Svi tehnički podaci kao i dokumentacija o količinama i sastavnim dijelovima troškova vode se u zajedničkoj banci podataka. Prikaz funkcija termodinamike uz pomoć simulacije u realnom vremenu daje osnovicu za pokazivanje funkcija elektrane.

Kod prijenosa ove projektne neutralne osnovne elektrane na konkretan projekt može putem obrade podataka oslonjen Delta - management biti prilagođen specifičnostima projekta. Već u fazi nudičenja mogu se prikazati potrebne pojednosti.

Čim se sklopi ugovor prelazi se na razrade, što smanjuje predstojeće radove (npr. ispitivanja u tvornici i na objektu). Svjetska mreža komunikacija - također i u obliku satelitskih veza - omogućava osim globalnog inženjeringa u raznim težišnim točkama regija također i intenzivnu komunikaciju sa gradilištima. Iscrpne diskusije moguće su putem integracije digitalnih fotografija, odnosno videa u 3 D - modelu postrojenja.

Konačno, poslije primopredaje elektrane kupcu može biti izručena cjelokupna dokumentacija postrojenja bez papira. Za ključne komponente, kao npr. plinsku turbinu, koriste se interaktivni multimedijски sustavi.

Simulacija elektrane od faze projektiranja sve do školovanja osoblja kupca jamči ispomoć osoblju elektrane usklađenu s projektom.

Uz pomoć raspoloživog 3 D - modela moguće je u okviru održavanja i studija izgradnje s kupcem raspraviti i optimirati odgovarajuće postupke.

Bitno je također da sa aktivnostima obrade podataka u području održavanja Siemens radi i uvodi sustave temeljene na obradi podataka za ispomoć u pogonu i održavanju. Pod oznakom IPOSS (Integral Plant Operation Support System) sastavljeni su moduli za analizu i dijagnozu turbinskih postrojenja u jedinstveni sustav. U njega spadaju zadaće kao optimiranje termodinamike, analize vibracija, visokofrekventna analiza ili obrada mrlji od vodika kao i sveobuhvatni monitoring plinskih turbina uključivo npr. temperature ležaja i izlaznih temperatura turbina te trajanja zaustavljanja.

Ovi uređaji za analizu i dijagnosticiranje koji proizlaze iz pogona i održavanja imaju za cilj smanjenje potrošnje goriva,

povećanje pouzdanosti te snižavanje troškova revizija produživanjem njihovih vremenskih intervala. S tim pomoćnim sustavom poboljšava se ukupna raspoloživost elektrane pa je moguće pozitivno utjecati na troškove ciklusa životnog doba.

Ubuduće će također biti moguće ispomoći sveukupni servis postrojenja uvođenjem virtuelne realnosti. Bit će moguće prebacivanje sa virtuelnog na realni svijet elektrane. To znači, npr. da prigodom razjašnjavanja smetnje ponajprije u virtuelnom obliku obrade podataka postrojenja obavimo sagledavanje u svrhu razjašnjenja na licu mjesta i zatim promatramo stanje u realnom postrojenju usmjeravanjem kamere za određeno područje (npr. neke armature ili rezervoare), koje zatim direktno prikazuju na monitoru realne slike stanja.

Moderni produkti obrade podataka omogućavaju tele-servis, tj. ispomoć osoblju za puštanje u pogon diljem svijeta i kasnije u pogonu osoblju pogona elektrane putem centralno raspoloživog ekspertnog znanja. Ovo će se upravo prakticirati pr. kod osiguravanja koraka kod puštanja u pogon kao i diskusije o mogućnostima optimizacije rada plinskih turbina.

Korištenje pogonskih podataka elektrana koje su u pogonu omogućava preko komunikacija kupca s ekspertima isporučilaca s jedne strane daljnje ekonomsko poboljšanje pogona elektrane, a s druge strane optimiranje u daljnjem razvoju tehnike elektrane. Pogonski management, odnosno ekspertni sustavi potpomažu ovaj proces.

Siemens Power Journal 2 / 98.

E. H.

MEĐUNARODNI SEMINAR "NUKLEARNA ENERGETIKA U ZEMLJAMA U RAZVOJU - POTENCIJALNA ULOGA I STRATEGIJE ZA RAZVITAK"

U organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju održan je u Mumbaiju (Bombay), Indija, od 12.-16. listopada 1998. Međunarodni seminar o nuklearnoj energetici u zemljama u razvoju, njenoj potencijalnoj ulozi i strategijama za razvitak. Na seminaru je sudjelovalo 120 predstavnika iz 30-ak zemalja uključujući i Hrvatsku. Seminar je tematski bio podijeljen na sljedećih 7 područja:

Potreba i uloga nuklearne energetike. Očekuje se da će potražnja za energijom, osobito električnom, u zemljama u razvoju u dolazećim desetljećima ubrzano rasti kako će te zemlje prolaziti kroz proces industrijalizacije, povećane urbanizacije, te poboljšanja životnog standarda sve većeg broja svojih stanovnika. Različite međunarodne agencije predviđaju da će potrebe za električnom energijom u tim zemljama porasti 2,5-3 puta u sljedećih 20 godina, te 5-7 puta do 2050., s porastom udjela primarne energije koja se koristi za proizvodnju električne od današnjih 26% do nekih 30-35%. Danas su potrebe za električnom energijom pokrivena korištenjem fosilnih goriva (70%), hidropotencijala (26%) te nuklearnog goriva (4%). Postoji bojazan da bi kontinuirano oslanjanje energetskega sektora na fosilna goriva moglo rezultirati u povećanju ovisnosti o uvozu energije, a time i teškoćama u ispunjavanju plaćanja tog uvoza, posljedicama u smanjenju energetske sigurnosti i neovisnosti, te degradaciji lokalnog i regionalnog okoliša uz povećanje emisija stakleničkih plinova. Povećanje udjela hidroenergije limitirano je ograničenim potencijalima vodenih resursa kao i ekološkim uvjetima. Istodobno, zbog svoje nepouzdanosti prirode, stanja tehnološkog razvoja i/ili nepovoljne ekonomičnosti, drugi obnovljivi izvori energije poput sunca i vjetra u nekoj predvidljivoj budućnosti neće imati značajniju ulogu u ekonomičnoj opskrbi električnom energijom. Nuklearna tehnologija ostaje alternativa fosilnim izvorima, koja danas zadovoljava 18% svjetskih potreba za električnom energijom i sudjeluje s više od 30% proizvodnje električne energije u 15 zemalja.

Ekonomski i financijski aspekti. Različite usporedbe troškova za nuklearna postrojenja pokazuju da ti troškovi mogu varirati, ovisno o takvim faktorima kao što su kapitalni troškovi i diskontne stope, pri čemu više diskontne stope idu u prilog fosilnim gorivima (plin, nafta, ugljen). Postalo je očito da nuklearna postrojenja neće imati nikakav posebni status pri donošenju odluka o investiranju. Ako je povrat investicija ekonomičan u usporedbi s drugim postrojenjima, neće bit nedostatka kapitala za tako velike projekte kao što su nuklearna postrojenja. Problem se može pojaviti utoliko što se iz diskontnih stopa može izvući pogrešan zaključak da su nuklearna postrojenja konkurentna samo ako su kamatne stope niske. Financijska tržišta nisu zainteresirana za posudbu novca uz male kamatne stope kad za druge projekte mogu postići bolje omjere. Drugim riječima, neovisno o diskontnim stopama, ukoliko se kapitalni troškovi nuklearnih

postrojenja ne smanje, sve će se manje graditi nova nuklearna postrojenja i ta će se morati na neki način sufinancirati od strane države.

Prijenos nuklearne tehnologije. Postoji konsenzus o potrebi prijenosa tehnologije ukoliko se želi napredak nuklearne energetike u zemljama u razvoju. U svijetu postoji nekoliko primjera prijenosa tehnologije koji su rezultirali uspješnim nuklearnim programima u zemljama kupcima. Uspješan prienos javlja se samo kad postoji dobra uključenost obje strane u program asimilacije tehnologije putem obuke, tehničke pomoći i razvijanja primjene u zemlji kupcu.

Sigurnost, regulativa i nadzor. Najveći je naglasak na nužnosti sigurnog pogona. Dobra regulativa je osnovni element u osiguravanju takvog pogona. Pitanje sigurnosti je složeno pitanje u kojem treba postići ravnotežu u razini sigurnosti i troškovima potrebnim da se ta razina postigne.

Prihvatanje javnosti. Na osnovi prezentiranih radova očito je da je potrebno uložiti više napora u komuniciranju s javnošću budući da dosadašnje metode nisu riješile taj problem. Javnost ne pokazuje veći interes kad postrojenja rade normalno, već kad u njima dolazi do nezgoda ili nesreće. Problem u komuniciranju zajednički je svim nuklearnim projektima pa tako i u onima u zemljama u razvoju.

Predstavljanje zemalja sudionica. Na seminaru su predstavljeni radovi iz 10 zemalja od kojih većina još nema svoj nuklearni program (Bjelorusija, Gana, Gruzija, Indonezija, Kazakstan, Kina, Kuba, Litva, Rumunjska, Ukrajina). Time je dan pregled sadašnjeg stanja razmišljanja i planiranja u tim zemljama. Sigurnost i neovisnost opskrbe energijom spomenuta je u brojnim radovima kao jedan od razloga za razmatranje uvođenja nuklearne energetike, osobito u onim zemljama koje su siromašne energetskega izvorima. Prednosti u zaštiti okoliša, a posebno u smanjenju emisija CO₂ navedene su kao još jedan razlog za prihvatanje nuklearnih postrojenja. Analize i razvoj obnovljivih izvora energije nastavit će se i dalje, ali postoje indikacije da su kapitalni troškovi takvih postrojenja previsoki. Analize upućuju i na vrlo nisku iskoristivost solarnih i eolskih elektrana, uz zaključak da ona neće biti ekonomična uz kapitalne troškove više od 200-250 US\$/kW_e. Općenito su prioriteti usmjereni na izgradnju infrastrukture kao pripreme za uvođenje nuklearnih postrojenja. U zemljama bivšeg Istočnog bloka u kojima su izgrađena postrojenja sovjetskog tipa (VVER i RBMK) posebna se pozornost daje povećanju sigurnosti postrojenja u pogonu. Zaključno, problem visokih kapitalnih troškova i teškoća u financiranju glavna je prepreka uvođenju i širenju nuklearnih programa u zemljama u razvoju.

Iskustva Indije u području nuklearne energetike. Radovi indijskih autora dali su izvrstan pregled nuklearnog programa u Indiji. Nuklearni je program glavni strateški dugoročni energetskega program koji uključuje i razvoj brzih oplodnih reaktora za što bolje iskorištenje postojećih rezervi urana. Rad postojećih jedinica kontinuirano se poboljšava, a razvijeni su i planovi za uvođenje jedinica većih snaga (PWR i PHWR). Unatoč potrebi za masivnim proširenjem elektroenergetskih kapaciteta koji bi Indiju približili svjetskom prosjeku, javljaju

se financijska ograničenja. Program se financira od strane vlade koja ima redosljed nacionalnih prioriteta za ulaganje kapitala. Visoki kapitalni troškovi budućih nuklearnih elektrana indiciraju da će se najveći dio proširenja kapaciteta pokriti postrojenjima na prirodni plin.

Očito je da u zemljama u razvoju postoji značajan interes za nuklearnu energiju kao dijela buduće energetske strategije. Prepoznata je i potreba za postojanjem odgovarajuće infrastrukture za podržavanje regulative, osposobljavanja, educiranja, pogona, komuniciranja s javnošću i sl. Gospodarenje otpadom problematičnije je zbog stava javnosti nego zbog tehničkih i ekonomskih problema. Bez sumnje, najveća prepreka uvođenju nuklearnih programa su visoki kapitalni troškovi nuklearnih postrojenja. Ukoliko se kapitalni troškovi ne uspiju umanjiti, mala je vjerojatnost da će nuklearna energija značajnije pridonijeti svjetskoj opskrbi električnom energijom. Za rješavanje ovih problema dane su i određene preporuke među kojima i priprema zajedničkog dokumenta o zahtjevima elektroprivreda zemalja u razvoju koji bi bio osnovna specifikacija za nova nuklearna postrojenja, poticanje stvaranja zajedničkog nuklearnog programa kao i zajedničkog elektroenergetskog sustava među susjednim zemljama.

Renata Matanić
Tim za NE Krško

BUDUĆNOST ENERGIJE NAKON KYOTA

U Zagrebu je 11. prosinca 1998. u organizaciji Hrvatskog energetskog društva (HED) održan 7. FORUM Dan energije u Hrvatskoj. Tematika Foruma bila je: Budućnost energije nakon Kyota. Na Forumu su predstavljena 33 referata od kojih 19 iz inozemstva.

Cilj Foruma je bio potaknuti razgovore i rad na osmišljavanju koncepta gospodarenja energijom, koji će odgovoriti na sve naše današnje i sutrašnje zahtjeve, a neće biti u suprotnosti s našim drugim životnim potrebama, kao i potrebama budućih generacija. Razmišljanja o tome kako tumačiti dogovor i po-

ruke iz Kyota potpuno su različita. Jedni su oduševljeni činjenicom da je napravljen pravi korak u ograničavanju i usmjeravanju razvoja društva i energetike prema konceptu održivog razvitka i očuvanja okoliša, dok drugi osporavaju posljedice korištenja energije na promjenu klime, a naročito osporavaju negativne posljedice izazvane emisijom ugljičnog dioksida.

Referati na Forumu mogu se također svrstati u gornju podjelu. Mogli bi ih grubo podijeliti u četiri grupe:

U prvoj grupi su referati koji se bave reformom energetskog sektora kao pretpostavkom zadovoljenja Kyoto protokola. Tu spadaju zakonodavne, institucionalne i tržišne promjene te odgovarajuće konvencije, ali se dobro uklapa i referat koji se bavi energijom, ekologijom i psihologijom straha.

U drugu grupu spadaju referati koji se bave smanjenjem emisije stakleničkih plinova što se postiže alternativnim izvorima s naglaskom na ulogu bioenergije, povećanjem energetske efikasnosti, plinifikacijom i sl. Tu se uklapaju i teme kao što su: Ekološka i ekonomska optimizacija korištenja energije u zgradarstvu i Turizam koji štedi energiju. Naravno u ovoj grupi posebnu težinu imaju referati koji se bave uporabom nuklearne energije i njezinim utjecajem na smanjenje emisije stakleničkih plinova.

U treću grupu spadaju referati koji opisuju revitalizaciju pojedinih elektroprivrednih objekata hidroelektrana i termoelektrana s naglaskom na pozitivni doprinos tih revitalizacija ekologiji.

U četvrtku grupu spada referat koji zastrašivanje klimatskom katastrofom, navodno uzrokovanom emisijom stakleničkih plinova od izgaranja fosilnih goriva, smatra **velikom obmanom**. On pokazuje kako se cjelokupnom kampanjom protiv ugljičnog dioksida manipulira od samog početka pa sve do danas, kako su argumenti zastraživača netočni i kako bi provođenje predloženih mjera iz Kyota dovelo do katastrofalnih ekonomskih i društvenih posljedica, a bez ikakvog doprinosa za okoliš ili klimu.

Kao što je rečeno u predgovoru zbornika referata cilj ovog Foruma bit će postignut ako ova tema bude predmet našeg interesa svakog dana, svakog mjeseca i svake godine u budućnosti.

Z. C.