UDK 621.31 ENJAAC 42 (1) — (1993) 1 – 58 ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

Redakcija završena 1993 — 01 — 04

Godište 42 (1993) Zagreb 1993 Br. 1

SADRŽAJ

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

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328, telefax: 041/530-604

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 40 DEM, a za poduzeća i ustanove 80 DEM (za studente 20 DEM). Cijena pojedinog broja u prodaji 8 DEM.

Pretplata je iskazana u DEM, a uplaćuje se u dinarskoj protuvrijednosti na dan uplate.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji — Print: TIZ 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 A—4 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 članaka 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, originaljnaja 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 saopštenje, 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, profesional paper, profesionaljnaja 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 Instituta za elektroprivredu i 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

ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNIH IZVORA U RATOM ZAHVAĆENIM PODRUČJIMA REPUBLIKE HRVATSKE

Mr. Damir Subašić — mr. Antun Šaler, Zagreb

UDK 621.316.98
PREGLEDNI ČLANAK

U ratom zahvaćenim područjima Republike Hrvatske bio je u upotrebi niz uređaja s izvorima radioaktivnog zračenja. Ovi su izvori primjenjivani u industriji i medicini, no najzastupljeniji su ionizirajući javljači dima i radioaktivni gromobrani. Uništavanjem objekata u (na) kojima su radioaktivni izvori postavljeni nastala je stvarna opasnost oštećenja zaštitne obloge, a time i stvoreni uvjeti za radioaktivnu kontaminaciju okoliša i ugrožavanja ljudskog zdravlja. Zbog mogućega nenadziranog prijenosa ovih izvora, potencijalno su ugroženi i drugi dijelovi Hrvatske, ali i susjedne države. Zbog ovakvih okolnosti Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada uz suradnju s Ministarstvom zdravstva RH, kao i ostalih nadležnih upravnih tijela, a uz potporu nekih relevantnih međunarodnih institucija (IAEA i sl.), pokrenulo je akciju sustavnog zbrinjavanja radioaktivnih izvora u ratnim razaranjima zahvaćenim područjima naše zemlje.

Ključne riječi: **Republika Hrvatska, područja zahvaćena ratom, radioaktivni izvori, zbrinjavanje.**

1. UVOD

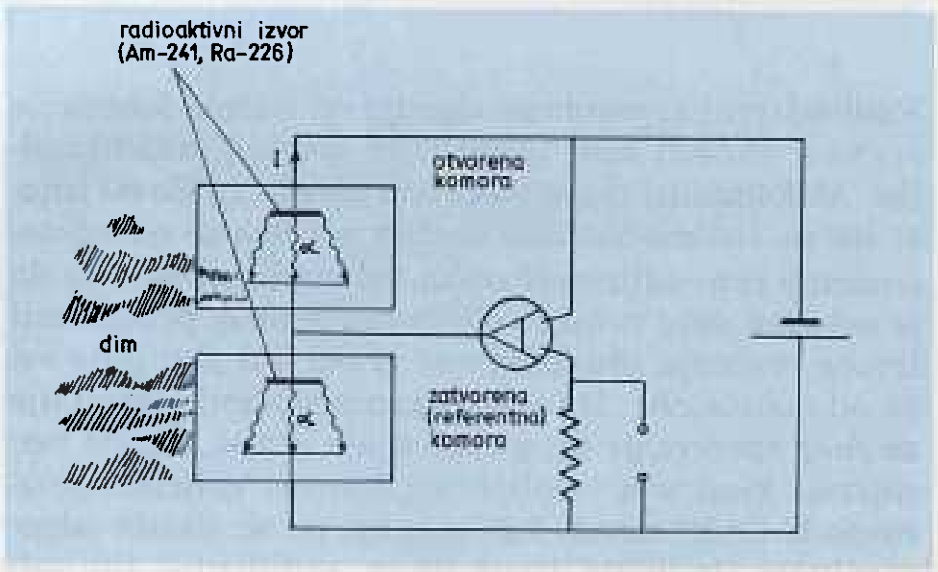
Agresijom Srbije u ljeto 1991. godine gotovo je polovica teritorija Republike Hrvatske (veći dijelovi Slavonije, Dalmacije, Like i Banije) zahvaćena velikim ratnim razaranjima i masovnim stradanjima lokalnog stanovništva. Širenjem ratnih operacija rasla je i svijest o raznovrsnim posljedicama koje bi mogle proisteći iz uništavanja materijalnih dobara u navedenim područjima. U tom smislu Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada posebnu je pozornost poklonilo raznim izvorima ionizirajućeg zračenja postavljenim u mnogim industrijskim pogonima i medicinskim ustanovama (gdje se koriste u dijagnostici i terapiji). Najzanimljiviji su ionizirajući javljači dima (požara) i radioaktivni gromobrani jer su — u skladu sa svojom funkcijom — najbrojniji i postavljeni u neposrednom doticaju s lokalnim stanovništvom. Oštećivanje, uništavanje ili gubljenje izotopa iz svih ovih uređaja moglo bi izazvati znatnu opasnost za ljudsko zdravlje i okoliš, i to ne samo u područjima gdje se nalaze, već njihovim gubljenjem — zbog mogućnosti nekontroliranog prijenosa — i u drugim dijelovima države, pa i u inozemstvu.

2. PRIMJENA RADIOAKTIVNIH IZVORA

Najrasprostranjeniji izvori radioaktivnog zračenja su ionizirajući javljači dima i radioaktivni gromobrani. Evo nekoliko napomena o načinu njihova djelovanja.

2.1. Ionizirajući javljači dima

Ionizirajući javljač dima sastoji se od dvije ionizacijske komore koje sadrže male izvore ionizirajućeg zračenja. Njihovim djelovanjem stvara se u svakoj komori stalni ionizacijski tok. Jedna komora je zatvorena, a druga otvorena kako bi u nju mogao ući dim. Ulazak dima uzrokuje promjenu ionizacijskog toka i time remeti ravnotežu između komora. Ovakvo stanje utječe na aktiviranje alarmnog uređaja (sl. 1).



Slika 1.

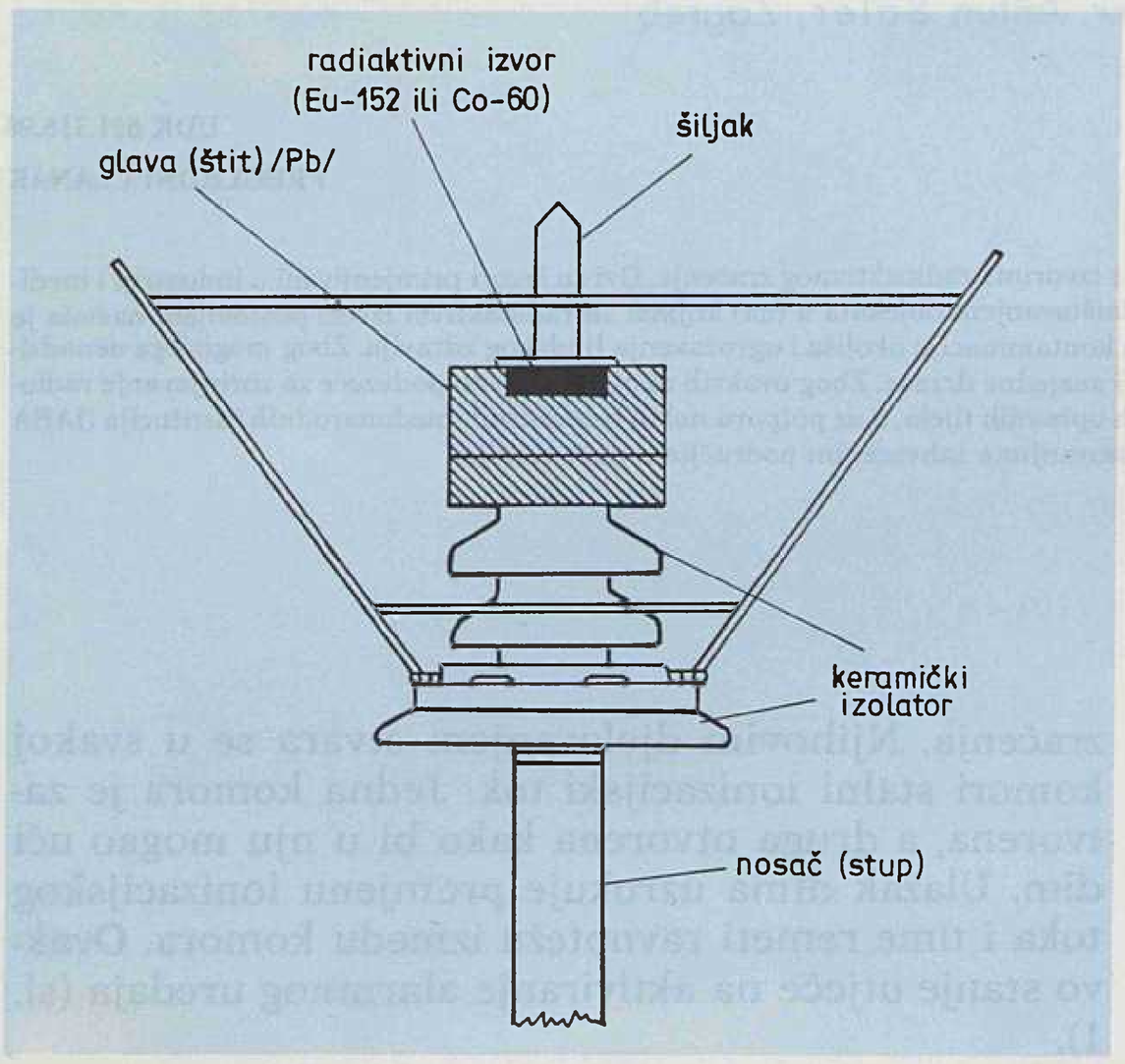
Uobičajeni izvor ionizirajućeg zračenja koji se koristi u javljačima dima je americij (Am-241). Ovaj je izotop gotovo u potpunosti istisnuo prije primjenjivani radij Ra-226. U domaćinstvima se primjenjuju izvori Am-241 slabije aktivnosti (20-100 kBq), dok industrijski javljači s Am-241 imaju aktivnost i do 4 MBq.

Ovi uređaji ne predstavljaju veću opasnost u redovnoj upotrebi, tako da i u ambijentima s većim brojem javljača dima nisu potrebne neke veće mjere zaštite. Istrošeni izvori odlažu se na uređenim skladištima, odnosno odlagalištima radioaktivnog otpada.

2.2. Radioaktivni gromobrani

U upotrebi se najčešće susreću radioaktivni gromobrani s dvije vrste umjetnih ionizirajućih izvora: Co-60 i Eu-152, 154. Ovi izvori su gama-emiteri i postavljaju se u posebne radne posude (sl. 2). Standardna aktivnost ovih izvora je 7,4 – 14,8 GBq po gromobranu.

Zbog jače ionizacijske sposobnosti češće se primjenjuje kobaltni izvor (Co-60), koji, međutim, ima kraće vrijeme poluraspada od Eu-152, 154.



Slika 2.

Radioaktivni gromobran djeluje na načelu ionizacije zraka u širokoj zoni iznad vrha gromobrana-hvataljke. Maksimalni domet gama-zračenja za Co-60 iznosi 360 m. Gromobranska zaštita zasniva se na udvostručenju provodljivosti zraka, odnosno, smatra se da je zaštićen onaj prostor u kojemu je zbog prisutnosti izvora zračenja provodljivost zraka bar dva puta veća od uobičajene. Intenzitet gama-zračenja smanjuje se zbog apsorpcije ovog zračenja u zraku, a pada razmjerno kvadratu udaljenosti izvora. Vrijeme poluraspada Co-60 iznosi 5,26 godina, pa se nakon odgovarajućeg vremena izvor mora zamijeniti. Europij (Eu-152, 154) je noviji tip izvora čija je osnovna prednost u znatno duljem vremenu poluraspada, koje iznosi 13 godina. Međutim, zbog njegove manje ionizacijske sposobnosti od Co-60, potrebno je ugraditi jači izvor.

Kod gromobrana s Co-60 ionizirajući izvor stavlja se u volframsku posudu. Brzine doza zračenja ispod hvataljke na kojoj je pričvršćen izvor, tj. u području gdje se kreću ljudi, na razini su prirodne aktivnosti.

Konstrukcijska rješenja omogućuju integritet hvataljke s izvorom zračenja i u teškim akcidentalnim situacijama poput požara i potresa. Gromobrani se postavljaju ili na krovovima (s nosećom cijevi dugom 6 m) ili na samostojnim stupovima visine 17 – 25 m.

3. RADIOAKTIVNI IZVORI U RATOM ZAHVAĆENIM PODRUČJIMA HRVATSKE

Prema postojećim evidencijama, u područjima Republike Hrvatske gdje su zabilježena veća ratna razaranja, bilo je u funkciji oko 6 800 ionizirajućih javljača dima, 105 radioaktivnih gromobrana i 90 uređaja s izotopima primjenjivanim uglavnom u industriji, a manjim dijelom i u medicini. Najveća medicinska ustanova koja je pretrpjela znatnije štete u ratu je Opća bolnica u Osijeku, u kojoj se nalazi jedna kobalt-bomba (aktivnosti 90 TBq) i 16 radioaktivnih igala s cezijem (Cs-137), ukupne aktivnosti 55 GBq. Inače, najzastupljeniji radioizotopi u navedenim područjima su Co-60 i Eu-152 (iz radioaktivnih gromobrana i medicinskih izvora) te Cs-137 iz industrijskih uređaja.

U skladu s već spomenutom evidencijom radioaktivnih izvora, koju detaljno vode Ministarstvo zdravstva RH i institucije ovlaštene za radiološki nadzor, prosječna aktivnost (po uređaju) kod instaliranih ionizirajućih javljača dima iznosi približno 100 kBq, kod radioaktivnih gromobrana oko 7 GBq, a kod izvora korištenih u industriji 370 MBq – 7,4 GBq. Međutim, aktivnost radioaktivnih gromobrana, koji se primjenjuju u zemljama OECD, ne smije premašivati vrijednost od 400 MBq ako je izvor americij (Am-241), odnosno 40 MBq ako je izvor radij (Ra-226). No, i unatoč tom ograničenju, korištenje radioaktivnih gromobrana ne preporučuje se u Italiji, a zabranjeno je u Švedskoj i Danskoj. U najvećem broju zemalja članica radioaktivni gromobrani nisu postavljeni u ambijentima neposrednog doticaja sa stanovništvom [1].

U nastavku slijede podaci o broju i namjeni postavljenih izvora radioaktivnog zračenja po regijama Republike Hrvatske koje su posebno pogođene ratnim razaranjima:

I. **Istočna Slavonija** (Osijek, Vinkovci, Vukovar, Belišće, Beli Manastir):
- 3 600 ionizirajućih javljača dima
- 48 radioaktivnih gromobrana
- 34 izotopa (Co-60, Cs-137) u industriji
- 90 TBq iz medicinskih izvora

II. **Zapadna Slavonija** (Stara Gradiška):
- 2 radioaktivna gromobrana

III. **Sisačko-banijska regija** (Sisak, Petrinja, Kostajnica, Dvor, Glina, Topusko, Dubica, Kostajnički Majur):
- 1 300 ionizirajućih javljača dima
- 4 radioaktivna gromobrana
- 10 izotopa u industriji

IV. **Lika** (Plitvice, Gračac, Srb, Udbina, Plaški, Lovinac):
- 3 radioaktivna gromobrana
- 9 izotopa u drugim djelatnostima

V. **Zadarska regija** (Zadar, Obrovac):
— 500 ionizirajućih javljača dima
— 23 radioaktivna gromobrana
— 19 izotopa (Cs-137, Co-60) u industriji

VI. **Šibenska regija** (Šibenik, Vrlika, Kistanje, Knin):
— 600 ionizirajućih jvaljača dima
— 9 radioaktivnih gromobrana
— 16 izotopa u industriji

VII. **Dubrovačka regija** (Dubrovnik, Mlini, Mokošica, Župa, Cavtat, Ćilipi):
— 800 ionizirajućih javljača požara
— 16 radioaktivnih gromobrana
— 2 izotopa u drugim djelatnostima

4. STUPANJ OŠTEĆENOSTI RADIOAKTIVNIH IZVORA

Broj oštećenih, uništenih ili izgubljenih izvora još uvijek nije moguće precizno utvrditi. Poznat je jedino podatak da je mnogo objekata gdje su navedeni izvori postavljeni, u većoj ili manjoj mjeri oštećeno ili čak potpuno uništeno. Međutim, prema dosadašnjim spoznajama, najveće štete i potencijalne opasnosti povezane s mogućom kontaminacijom radioaktivnim tvarima mogu se očekivati u objektima u kojima su ugrađeni industrijski izvori (defektoskopi, razinomjeri i sl.) te vatrodojavni sistemi s ionizirajućim javljačima dima, pa im treba pokloniti i odgovarajuću pozornost. Unatoč činjenici da je, zahvaljujući odgovarajućim konstrukcijskim rješenjima, pri oštećenju radioaktivnih gromobrana vjerojatnost kontaminacije okoliša i ugrožavanja ljudskog zdravlja gotovo zanemariva, ipak je zbog relativno velike aktivnosti (5-15 GBq) zatvorenog izvora (Co-60, Eu-152, Eu-154) koji čini integralni dio radioaktivnog gromobrana potrebno što prije — a svakako prije izvođenja drugih aktivnosti u blizini lokacija radioaktivnih gromobrana — uputiti stručno osoblje da ocijeni djelotvornost postojeće zaštite od ionizirajućih zračenja i, u slučaju potrebe, ukloni izvor zračenja.

5. OSNOVNE ODREDNICE PROVEDBE PROJEKTA ZBRINJAVANJA RADIOAKTIVNIH IZVORA

U skladu s navedenim stanjem, a prije svega realnim opasnostima za ljudsko zdravlje i okoliš, Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada pokrenulo je akciju zbrinjavanja izvora ionizirajućeg zračenja u ratom zahvaćenim područjima Republike Hrvatske. Ovom je poduzeću i povjereno vođenje projekta, dok će nadzor provoditi Ministarstvo zdravstva RH.
Radi sustavne, cjelovite te vremenski i financijski racionalne provedbe, projekt zbrinjavanja oštećenih radioaktivnih izvora obuhvatit će sljedeće operativne korake:

(a) pripremni radovi za provođenje potrebnih aktivnosti (uključujući i nabavku potrebne opreme);
(b) kontrola i novelacija evidencije radioaktivnih izvora u navedenim područjima;
(c) preliminarni obilazak terena s provjerom podataka iz evidencije izvora ionizirajućeg zračenja i pregled stanja u područjima koja su pretrpjela ratna razaranja;
(d) sustavna kontrola svih postavljenih izvora na svakom od razmatranih područja, a u skladu s podacima iz evidencije;
(e) demontiranje, prikupljanje, održavanje i adekvatno skladištenje svih oštećenih izvora.

O odvijanju projekta javnost će biti cjelovito i na vrijeme obavještavana [2].
Oštećeni radioaktivni izvori bit će uklonjeni s lokacija na kojima su djelovali i preveženi do Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada te Instituta »Ruđer Bošković« u Zagrebu. Prijevoz će se obavljati posebno opremljenim vozilom, u kojemu se ni u jednom trenutku ne smije nalaziti više od 2 – 3 radioaktivna gromobrana. U spomenutim institutima već od prije djeluju uređena skladišta, namijenjena za privremen smještaj istrošenih radioaktivnih izvora i radioaktivnog otpada, gdje će biti pohranjeni i navedeni oštećeni izvori. Operativni dio projekta provest će, uglavnom, jedno od ovlaštenih poduzeća za rukovanje s izvorima radioaktivnog zračenja — »ECOTEC« iz Zagreba.
U izradi projekta svojom su stručnom pomoći sudjelovali i J.U. Ahmed i P. Strohal, stručnjaci Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA), čiji je odnedavno član i Hrvatska. Akciju zbrinjavanja radioaktivnih izvora podupiru Ministarstvo zdravstva RH i Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša RH, dok će u provedbi projekta veliku važnost imati potpora i suradnja Ministarstva unutarnjih poslova RH i Ministarstva obrane RH. No, zbog specifičnog trenutnog vojno-političkog statusa okupiranih dijelova teritorija Republike Hrvatske, projekt neće moći biti cjelovito proveden bez suradnje i aktivne pomoći Zaštitnih snaga Ujedinjenih naroda (UNPROFOR).

6. MEĐUNARODNA SURADNJA U ODVIJANJU PROJEKTA

U sklopu međunarodnih kontakata koje je radi uspješne i što brže realizacije ovog projekta uspostavilo Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, u kolovozu 1992. boravio je u Zagrebu stručnjak IAEA J.U. Ahmed. Tijekom svoje stručne misije on je upoznat s potankostima provedbe projekta, mogućnostima Republike Hrvatske da ga uspješno privede kraju, kao i teškoćama u njegovoj realizaciji. One su ponajprije financijske naravi, vezane za nedostatak dijela potrebne opreme: u tom smislu IAEA je vrlo brzo i djelotvorno reagirala, poklonivši nam dio potrebne opreme. Provedbi projekta svojom je donacijom znatno pripomogla i američka tvrtka »Westinghouse«, koja je već dvadesetak godina prisutna na području energetike u našoj zemlji.

Gospodin Ahmed održao i javno stručno predavanje o iskustvima IAEA u nadzoru i zbrinjavanju radioaktivnih izvora širom svijeta. Predavanje je naslovljeno »The Role of the IAEA in the Control and Safe Use of Radiation Sources«, a održano je 18. kolovza 1992. u prostorijama Ministarstva zdravstva RH. Prikazano je iskustvo IAEA pri rješavanju nekih od značajnijih nezgoda u svijetu tokom posljednjih 15 godina: ozračivanja iz industrijskih izvora ionizirajućeg zračenja (Italija, 1975; El Salvador, 1989; Izrael, 1990), kao i poznata nesreća u Meksiku (1984), kada su dijelovi nekontrolirano ostavljenog kobaltnog teleterapijskog izvora ugrađeni u namještaj izvezen u SAD, te akcident u Goiania (Brazil), gdje je veći broj osoba (uključujući i djecu), umro zbog kontakta s ostavljenim cezijskim teleterapijskim uređajem. U nastavku dan je pregled vrsta radioaktivnih izvora. Na kraju, prezentirane su aktivnosti IAEA na ovom području (izdavanje sigurnosnih standarda i uputa), kao i daljnje akcije Agencije na području nadzora i sigurne primjene radioaktivnih izvora [3].

Međunarodna agencija za atomsku energiju priprema se, u skopu posebnih stručnih publikacija, izdati posebne smjernice i postupke usmjerene na rukovanje radioaktivnim izvorima u uvjetima većih nesreća. Vrlo je važna i naša suradnja s IAEA u slučaju eventualnih komplikacija, tj. pri pojavi veće kontaminacije radioaktivnim tvarima.

Zanimanje za ovaj projekt pokazale su i druge međunarodne institucije. Među njima treba istaknuti Europsku zajednicu, Srednjoeuropsku Inicijativu, vlade Švicarske, Njemačke i Mađarske, Regionalni centar za okoliš za Srednju i Istočnu Europu sa sjedištem u Budimpešti, talijanske institucije ENEA i ENEL te mnoge druge. Uspostavljeni su također kontakti i s nekim institucijama iz SAD i Kanade, kao i odgovarajućim uredima u sklopu Organizacije ujedinjenih naroda. Na sastanku Potkomisije za nuklearnu energiju u okviru Komisije za energetiku Srednjoeuropske inicijative, održane u rujnu 1992. u Paksu (Mađarska), dana je puna podrška i pomoć ovom projektu. Dogovoren je i sljedeći sastanak Potkomisije početkom 1993. godine u Hrvatskoj, na kojemu će važno mjesto imati i problematika vezana za provedbu ovog projekta. Na sastanku je prezentirano osam tema, od kojih dvije iz Hrvatske: (1) postupak izbora lokacije odlagališta radioaktivnog otpada; i (2) projekt zbrinjavanja radioaktivnih izvora u ratom zahvaćenim područjima Hrvatske. Oba su prikaza prihvaćena sa zanimanjem i spremnošću za podršku od Srednjoeuropske Inicijative. S aspekta naših interesa bitno je naglasiti da su u zapisnik Sastanka ušli i zaključci: (1) da će ova regionalna zajednica aktivno podržati i koordinirati daljnje napore u Hrvatskoj usmjerene ka provedbi postupka izbora lokacija odlagališta RAO (posebno kada su u pitanju metodologija i kriteriji), a iskustva i potrebe Hrvatske uklopiti u regionalne okvire; i (2) da će Srednjoeuropska Inicijativa u cijelosti podržati projekt zbrinjavanja radioaktivnih izvora u ratom zahvaćenim područjima Hrvatske te ga aktivno zastupati pred međunarodnim ustanovama (kao što je IAEA i mnoge druge).

7. PROVEDBA PROJEKTA

Projekt je formuliran u lipnju 1992., a do danas su obavljene prethodne i pripremne akcije za njegovu realizaciju. Operativni dio projekta, uz uvjet da pristup do oštećenih radioaktivnih izvora bude ostvaren bez odlaganja, može u cijelosti biti dovršen unutar 5 – 6 mjeseci od početka akcije koja je započela u rujnu 1992. Prioritetno će se zbrinuti radioaktivni izvori, smješteni u urbanim područjima Osijeka, Vinkovaca, Zadra, Šibenika i Dubrovnika.

Osnovni problem u provedbi projekta predstavlja djelomično otežan, a ponegdje i potpuno nemoguć pristup do željenih objekata. Razlog tome je, prije svega, u još uvijek ograničenim mogućnostima UNPROFOR-a da u nekim od okupatora zauzetim područjima osigura pristup stručnim ekipama, ali i još uvijek ne posve razminirani tereni u područjima koja su pod nadzorom hrvatske vlasti. Zbog toga je predviđeno da se akcija zbrinjavanja provede u dvije faze: prvo, u nezauzetim područjima gdje je odmah moguć pristup radioaktivnim izvorima, i drugo, u područjima koja još nisu potpuno oslobođena, odnosno u kojima snage UNPROFOR-a još uvijek nisu zamijenile okupatorske snage.

Stanovite se poteškoće mogu očekivati upravo u područjima gdje se neprijatelj odbija povući pred zaštitnim snagama UN: stoga će se zbrinjavanje radioaktivnih izvora u područjima Baranje, zapadnog Srijema, Banije, Korduna, istočne Like, sjeverne Dalmacije uglavnom provoditi u drugoj fazi provedbe projekta.

Svojevrsni je problem tvornica glinice kod Obrovca, gdje je bilo postavljeno 18 izvora Cs-137 i jedan Co-60, prosječne aktivnosti 3,7 GBq po izvoru. Tvornica, koja je još uvijek u rukama neprijatelja, pretvorena je u međuvremenu u skladište municije i, prema nekim vijestima, dignuta je u zrak. Ukoliko je to točno, realno je pretpostaviti da je došlo do »mrvljenja« navedenih izvora, odnosno, njihovog pretvaranja u prašinu i raspršenja u okoliš. U tom slučaju, riječ je zaista o ozbiljnoj kontaminaciji s mogućim posljedicama na ljudsko zdravlje.

Provedba programa zbrinjavanja radioaktivnih izvora u ratom zahvaćenim područjima Hrvatske zamišljena je kroz sljedeće faze:

1. Na temelju kataloga korisnika radioaktivnih izvora u kriznim područjima RH, pouzdano utvrditi štete nastale ratnim razaranjima.
2. Osigurati čuvanje oštećenih objekata s radioaktivnim izvorima od neovlaštenog pristupa.
3. Izmjeriti razinu eventualne radioaktivne kontaminacije i predvidjeti lokalne mjere zbrinjavanja oštećenih i uništenih izvora.
4. Organizirati prikupljanje oštećenih izvora radioaktivnog zračenja od stručnih, ovlaštenih osoba, a uz suradnju predstavnika korisnika tih izvora.
5. Uz stručni nadzor prevesti radioaktivne izvore do uređenih skladišta, i to na način da se prijevoz izvrši posebnim cestovnim vozilima, opremljenim u skladu sa Zakonom o prijevozu opasnih tvari [4].

6. Prije skladištenja odvojiti izvore koji će se moći ponovo upotrijebiti, od trajno oštećenih izvora
7. Osigurati nužne skladišne kapacitete za neupotrebljive, tj. oštećene i/ili uništene izvore (neoštećeni izvori mogu se u privremeno uskladištiti na mjestima njihove dotadašnje funkcije, i to prije svega ako postoje pretpostavke da se oni u razumno kratkom vremenu vrate u svoju redovnu funkciju).

8. ZAKLJUČAK

Uvjereni smo da će ovako koncipiranim projektom, uz uvjet njegova hitnog provođenja, biti izbjegnuta kontaminacija širih razmjera, kako u zemlji, tako i eventualnim nenadziranim prijenosom izvora i u inozemstvu. Program zbrinjavanja temelji se na pretpostavkama stručnosti, poštivanja sigurnosnih normi i gospodarske racionalnosti. Svojom specifičnošću on predstavlja novo iskustvo na razini međunarodne zajednice, ali isto tako i svojevrstan uvod u pokretanje slične akcije odmah nakon prestanka rata u susjednoj Bosni i Hercegovini, gdje je po svemu sudeći uništen znatno veći broj radiaktivnih izvora.

LITERATURA

[1] A Guide for Controlling Consumer Products Containing Radioactive Substances; Nuclear Energy Agency, OECD, Paris, 1985.

[2] Council Directive on Informing the General Public About Health Protection Measures to be Applied and Steps to be Taken in the Event of a Radiological Emergency; Official Journal of the European Communities, No. L 357/31, Bruxelles, 1989.

[3] The Role of the IAEA in the Control and Safe Use of Radiation Sources — Lecture presented at the Croatian Radwaste Management Agancy by J.U. Ahmed, IAEA, 1992 (dokument distribuiran prigodom predavanja g. Ahmeda u Ministarstvu zdravstva RH 18. kolovoza 1992).

[4] Zakon o prijevozu opasnih tvari iz 1974. godine (preuzet i privremeno se koristi u Republici Hrvatskoj na temelju Zakona o preuzimanju saveznih zakona iz područja organizacije i poslovanja gospodarskih subjekata koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuju kao republički zakoni, NN 53/1991, str. 1522).

RADIOACTIVE SOURCES MANAGEMENT IN THE WAR AREAS OF THE REPUBLIC OF CROATIA

In the war areas of the Republic of Croatia, to a certain extent the equipment with radioactive radiation sources was used. These sources were used in industry and medicine, but mainly they include fune ionization sensors and radioactive lighting conductors. Because of demolition of buildings where radioactive sources were installed a real danger of protection shields damage was created and herewith the possibility of environmental radioactive contamination as well as the danger to human health. There is a possibility of unobserved transmission of those sources, so that also other parts of Croatia as well as neighbouring countries are potentially in danger. Because of these circumstances, Public Company for Radioactive Waste Management, together with the Ministry of Health of the Republic of Croatia, as well as with some other competent authorities, and with the help of some relevant international organizations (IAEA and similar), started the action of systematic radioactive sources management in the war areas of our country.

ENTSORGUNG DER RADIOAKTIVEN QUELLEN IN KRIEGSGEBIETEN DER REPUBLIK KROATIEN

In den Kriegsgebieten der Republik Kroatien war eine Reihe von Anlagen mit Quellen radioaktiver Strahlungen im Gebrauch. Diese Quellen wurden in der Industrie und Medizin verwendet, aber am zahlreichsten sind die ionisierenden Rauchmelder und radioaktive Blitzableiter. Durch die Vernichtung der Objekte mit radioaktiven Quellen, entstand eine Gefahr, hervorgerufen durch die Beschädigung der Schutzverkleidung. Dadurch entstanden Bedingungen die zu einer radioaktiven Versüchung der Umwelt und Bedrohung der menschlichen Gesundheit führen könnten. Da dies nicht kontrolliert wird, sind potentiell auch die anderen Teile Kroatiens, aber auch die Nachbarländer bedroht. Wegen solcher Umstände hat der öffentliche Betrieb für Entsorgung des radioaktiven Mülls in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsministerium RH und anderen zuständigen Verwaltungsbehörden und unter Unterstützung einiger wichtiger internationaler Institutionen (IAEA u ähnl.) eine Aktion für organisierte Entsorgung radioaktiver Quellen in den Kriegsgebieten unseres Landes ins Leben gerufen.

Naslov pisaca:

mr. Damir Subašić, dipl. ing.
mr. Antun Šaler, dipl. ing.
Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada,
41000 Zagreb, Savska 41,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-10-14.

MONTING ENERGETIKA d.d.

PODUZEĆE ZA IZGRADNJU, PROIZVODNJU OPREME I MONTAŽU ENERGETSKIH I INDUSTRIJSKIH OBJEKATA

ZAGREB, Kesterčanekova 1

☎ 041/23 56 44

VAŠ PARTNER U DOMOVINI I SVIJETU

PROIZVODNI POGON DUGO SELO: IZRADA ROTACIONIH ZAGRIJAČA ZRAKA

DJELATNOST

IZGRADNJA, MONTAŽA, REKONSTRUKCIJA, REMONT I ODRŽAVANJE:

— energetskih (termo, hidro i nuklearnih), naftnih, petrokemijskih, procesnih, metalurških i rudarskih objekata, te postrojenja za proizvodnju obojenih metala, elektro-opreme za energetske objekte, unutrašnjih i vanjskih razvoda svih medija, objekata ekologije, centralnog grijanja, klimatizacije i ventilacije, puštanje postrojenja u pogon i ispitivanje.

PROIZVODNJA:

— metalnih, građevnih i drugih konstrukcija, transportnih uređaja, mostova, spremnika, industrijskih hala, brodskog trupa, opreme za brodove i brodova za specijalne namjene, elektro-filtera, postrojenja za uštedu energije, te ostalih postrojenja iz ekologije i zaštite čovjekove okoline, predsušionica i sušara za drvo različitih tipova i za različite režime rada.

Istraživačko-razvojne usluge u funkciji uvođenja i primjene novih energenata.

Osposobljavanje radnika, prijenos znanja i iskustava i organiziranje proizvodnje.

TRGOVINA:

Trgovina na veliko neprehrambenim proizvodima.

Telefoni:

Centrala	041/217-700
Generalni direktor	235-644
Komercijalni sektor	235-270
Tehnički sektor	233-880
Financijski sektor	234-007
Kadrovski sektor	233-878
Telex	21473 rh mont
Telefax	235-560

ENERGETSKE POTREBE I POTENCIJALNE ENERGETSKE MOGUĆNOSTI AGRARA

Mr. Mirko Rigo, Osijek

UDK 63:621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Agrar je značajan potrošač energije, ali posjeduje i velik i neiskorišten energetski potencijal. Domaćinskim ponašanjem prema ovom potencijalu moguće je uštedjeti na do sada korištenim energentima i ujedno predati višak energije okruženju. Količina neiskorištene energije agrara nije zanemariva ni s gledišta energetske bilance Hrvatske, što je komparativnim pokazateljima prikazano u članku.

Ključne riječi: energija, agrar, žitarice, zrno, biomase, sušenje, poljoprivredna površina.

1. UVOD

Koliko smo vezani uz energiju, koliko je malo imamo, a koliko tek slabo njome gospodarimo! Te nas konstatacije moraju potaknuti na preispitivanje svih naših energetskih resursa. Da li smo uočili sve energetske mogućnosti koje nas okružuju, a prema kojima ostajemo ravnodušni? Skupa i sve skuplja energija, posebno u našoj domovini, razrušenoj i poharanoj, a inače siromašnoj energetskim resursima, mora nas upravo sada motivirati za traženje i nalaženje te korištenje do sada neiskorištenih izvora energije. Jednu od njih pruža i agrar kao značajan potencijalni izvor, ali i nezanemariv energetski potrošač.

Kao poluga bržeg i skladnijeg poslijeratnog razvoja, agrar može velik dio svojih energetskih potreba podmiriti vlastitim resursima, da bi višak mogao ponuditi i okruženju. Potencijalni energetski resursi nisu zanemarivi i kao takvi mogu odigrati znatnu ulogu i u osiguranju energetske bilance zemlje. Ta se mogućnost mora iskoristiti, a sve što treba učiniti jest usmjeriti pozornost na činjenice i poznatim, a ne tako skupim rješenjima postići znatne energetske učinke. Za to postoje i potrebne pretpostavke u postojećoj strukturi agrarne proizvodnje koja i potencira traženje rješenja. Poljoprivredni nusproizvodi postaju sve više energetski zanimljivi i bogatijim zemljama.

Cilj ovoga članka je segmentni prikaz energetskih potreba agrara, kao i njegove energetske mogućnosti, uzimajući u obzir strukturu poljoprivrednih površina i titular vlasništva u proizvodnji prosječne 1990/1991. (žetva/sjetva). Energetske mogućnosti te proizvodnje uspoređene su s energetskom bilancom Hrvatske.

Prikaz osnovnih energetskih i zemljišnih veličina omogućuje uvodno upoznavanje s energetskim potencijalom agrara. U nastavku će se obraditi komparativne prednosti dosadašnje strukturalne izgradnje te njezin utjecaj na odabir varijante ukupnoga energetskog rješenja. Realizacijom rješenja postižu se zamjetne koristi agraru, ali i široj društvenoj zajednici.

2. ENERGETSKE POTREBE AGRARNE PROIZVODNJE[1]

Agrar je znatan potrošač energije, koja se ne troši samo na poljima (sjetva-žetva) već i u pratećoj doradi proizvoda. Temelj agrarne proizvodnje čini proizvodnja žitarica. Uzimajući površinu 1 hektar (ha) s prosječnim prinosom od 50 dt/ha kukuruza, može se uzeti kao primjer za iskazivanje potreba i količina energije s obzirom na mjesta potrošnje. U ovom članku je energija ljudskog rada[2] zanemarena.

Klasifikacijom energetske potrošnje agrara dolazi se do sljedećih mjesta [1]:

1. **Za izradu poljoprivrednih strojeva i oruđa** potrebnih u obradi zemljišta i ubiranju uroda, uz težinu od 11,7 t/ha, s trajnosti od 10 godina potrebno je energije od 1 222 kWh/ha ili 12,3%.
2. **Za obradu zemljišta** (i sjetvu, prehranjivanje, ubiranje i transport zrna) potrebna se energija kreće od 70 do 200 litara lakog ulja, što uz prosjek od 135 litara daje potrošnju od 1 578 hWh/ha ili 15,9% ukupno potrošene energije agrara.
3. **Za proizvodnju sjemena** (dorada, tretiranje i dr.) troši se 7 kWh/kg sjemena. Uz prosječnu potrošnju sjemena od 21 kg/ha utrošena energija iznosi 147 kWh/ha ili 1,47%.

[1] Pod agrarnom proizvodnjom se u ovom članku podrazumijeva proizvodnja žitarica (pšenica, ječam, raž, kukuruz) obuhvaćena procesima sjetve, žetve, transporta i njezino skladištenje uz prethodno sušenje zrna.

[2] Dnevna potreba čovjeka za energijom kroz hranu iznosi 3,5 kWh, što za jedan sat čovjekova rada uz 42 satni radni tjedan, energetski iznosi 0,583 kWh. Stupanj korištenja energije je 10%–30%. Pri normalnom radu čovjek godišnje proizvede oko 150 kWh energije, dok kroz hranu istodobno potroši oko 840 kWh. U intenzivnoj obradi tla po 1 ha se utroši 22 sata ili 12,83 kWh ljudske energije. [1] Čovjeku je godišnje hrane u vrijednosti 955 USD [2]

4. **Za umjetna gnojiva** koja se raspoređuju po oranici u količini (N-200 kg, P-35 kg, K-67 kg), a za proizvodnju troše (N-20,3 kWh/kg P-3,66 kWh/kg, K-2,58 kWh/kg), potroši se ukupno 4 361 kWh/ha ili 43,9% ukupno utrošene energije.
5. **Za zaštitna sredstva** (herbicidi, insekticidi . . .) pri potrošku 27,8 kWh/kg, troši se ukupno 62 kWh/ha ili 0,63%.
6. **Za sušenje i skladištenje zrna** troši se energija ovisno o postotku vlažnosti zrna koju treba sniziti, ali i od režima rada i vrste sušarskog postrojenja. Kukuruz se ubire s vlagom25/ – 40% s potrebom stabiliziranja na vlažnost od 14%, pri čemu se troši 314 – 694 kWh/t osušenog kukuruza. Kod vlažnosti 30% za sušenje prinosa 1 ha potrebno je utrošiti 2 555 kWh ili 25,8%.

Sumiranjem energetskih potreba agrara u proizvodnji žitarica dolazi se do iznosa 9 925 kWh/he što je 100% potreba. Činjenica o godišnjoj proizvodnji žitarica na blizu milijun hektara najbolje ilustrira veličinu energetskih potreba agrara samo na ovim kulturama. Kada se razmatra potrošnja energije, mora se suočiti s činjenicom da su značajne količine iste i kod proizvodnje hrane, gdje je za proizvodnju 1 kg hrane (biljnog i animalnog podrijetla) potrebno više od 11 kWh[3].

Komentar: Analiza dijelova procesa o pitanju utroška energije pokazuje koliko se u svakom od njih troši energije, kolik je njezin postotni udio u ukupnoj potrošnji, kao i gdje najprije treba tražiti mogućnosti njezina smanjivanja.

U proizvodnji strojeva agrar nema većih utjecaja na utrošak energije, osim što bi kvalitetnijim održavanjem mogao utjecati na produženje vremena upotrebe i tako indirektno djelovati i na smanjenje potrebne energije.

Na smanjenje potrošnje energije u obradi zemljišta (na ovdje predviđen način) može znatnije utjecati profesionalno postavljena organizacija proizvodnje bazirana na znanstvenim načelima uz korištenje prednosti računalske podrške [3], te modelima za održavanje motiviranosti djelatnika u provođenju organizacionih postupaka.

Za ovo razmatranje je dovoljno konstatirati da su trendovi upotrebe umjetnih gnojiva i zaštitnih sredstava u intenzivnoj agrarnoj proizvodnji takvi da će potrošak energije za ovu proizvodnju i dalje ostati na vrhu energetske potrošnje agrara bez obzira na sve veću upotrebu prirodnih gnojiva, kao i na usmjerenja za proizvodnju »zdrave« hrane. Samo optimalno korištenje gnojiva osigurava rentabilnu proizvodnju, što mora biti naša odrednica u nadolazećem vremenu.

U procesu sušenja agrar može najviše utjecati na smanjivanje potroška energije koja ovdje iznosi 25,8% ukupno potrošene energije. Tako velik potrošak mora motivirati agrar, ali i energetičare na traženju rješenja za smanjivanje potrošnje i u supstituiranju energenata za potrebe sušenja, a to sve kroz kontaciju i analizu vodi prema energetskom potencijalu agrara koji može podmiriti velik dio svojih potreba, ali i potreba okruženja. Smanjivanje potrošnje može se postići i:

— odabirom suvremene tehnologije sušenja
— odabirom suvremene sušare
— odabirom optimalnog toplinsko-energetskog procesa
— odabirom izvora energije iz biljne proizvodnje
— odabirom otpadnih biomasa.[4]

Upravo upotreba biomasa (kao obnovljive energije) kao i nusproizvoda biljne proizvodnje pravi je put traženja rješenja u smanjivanju potrošnje energije.

Odabirom optimalnog toplinsko-energetskog procesa rezultati ušteda moraju biti zamjetni, posebno sa stajališta šire društvene zajednice. Potvrda je navedenog u detaljnijem upoznavanju raspoložive energetske mogućnosti biljne proizvodnje.

3. ENERGIJA BIOMASA AGRARA

U traženju rješenja za smanjivanje potrošnje energetskih resursa u agrarnoj proizvodnji ne mogu se zaobići činjenice da agrar i sam raspolaže velikim neiskorištenim energetskim potencijalom. To je potencijal koji i u širim okvirima našega društva ne može biti zanemaren.

3.1. Biomase

Kao nusproizvodi proizvodnje hrane u žitarica i industrijskog bilja, u voćarstvu i vinogradarstvu, ali i u šumarstvu, kao i na ostalim površinama pokrivenim samoniklim raslinjem pojavljuje se biljna masa kao sastavni dio biološkog procesa. Dijelovi navedenih masa djelomično se koriste u ratarskoj i stočarskoj proizvodnji, dok su dijelovi balasti iste proizvodnje gledano kroz trošenje energije i vremena za njihovo dislociranje s poljoprivrednih površina (rezidba voćaka, vinograda, stabljika suncokreta, duhana i sl.).

Biomase obradivih površina imaju svoju važnost i u oplemenjivanju tla kroz njihovo zaoravanje, kao i u stočarskoj proizvodnji gdje se određeni dijelovi istih masa koriste kao hrana. U oba slučaja biomasa se mora doraditi da bi zadovoljila svrhu. Kod seoskih gospodarstava ta se biomasa intenzivnije koristi s bolje polučenim efektom u obje navedene namjene.

Šira rasprava među zainteresiranim stručnjacima različitih profila o potrebi i mogućnosti upotrebe biomasa agrarne proizvodnje dovela bi do sljedeće konstatacije:

— zemljište je moguće oplemeniti potrebnim humusom, osim zaoravanjem otpadnih biomasa i drugom sjetvom

[3] Za proizvodnju 1 kg mesnih bjelančevina potreban je energetski ekvivalent 10 kg ugljena, dok je za jednu čašu mlijeka potrebno potrošiti 1,5 čaše nafte [3].

[4] U ukupnoj energetici SAD gorivo biomasa sudjeluje do 1985. god. sa 0,5 Q (kvad), da bi do 2000 god. sudjelovalo otprilike 3,0 Q, a do 2020 god. sa 10 Q ($Q = 36{,}0108.10^6$ tEU ili $293{,}2.10^9$ kWh/8). U prilog navedenom govori činjenica da je u južnoj Kaliforniji puštena u pogon elektrana na stočnu balegu snage 17 MW i da je u gradnji elektrana iste snage na slamu i drveni otpad [13].

— u stočarskoj proizvodnji je moguća supstitucija otpadnih biomasa otpadnim masama procesa dorade i prerade žitarica
— osiromašenje tla koje nastaje odvozom otpadne biomase s oranica moguće je nadoknaditi umjetnim gnojivom (6% soli i 7% nerastvorivog pepela [4]).
— potrošena energija za skupljanje i transport otpadne biomase iznosi 6 – 8% ukupno skupljene energije, uz 1,5% koja se troši za pripremu loženja, a u slučaju briketiranja potrošak se povećava za 0,8 – 1,0% [1].

Za ocjenu energetske vrijednosti otpadne biomase, prikazana je u tablici 1. i energetska vrijednost najčešće upotrebljavanih fosilnih goriv usporedbe radi [4, 5, 6, 8].

Tablica 1.

Naziv	Donja toplinska vrijednost biomasa-MJ/kg
stabljika kukuruza	15,195
oklasak kukuruza	16,631
slama	16,21
stabljika suncokreta	14,706
Glava suncokreta	16,237
ljuska suncokreta	16,7 – 21,76
pamučna ljuska	18,52
stabljika duhana 9,55% vlaga	9,1
drvena sječka svježa 50% vlaga	7,809
drvena sječka svježa 40% vlaga	10,58
drvena sječka posušena 28% vlaga	13,058
drvo	14,0
lignit	18,6
mrki ugljen	22,5
kameni ugljen	28,973
mazut	40,196

Razni istraživači daju različite energetske vrijednosti pojedinih biomasa (ali ne bitno drugačije), što je i logično s obzirom na istraživanu vrstu — sortu kulture koja ima drukčije značajke.

Potrebno je naglasiti i da energetska vrijednost biomase ovisi o njezinoj vlazi. Preračunavanje donje toplinske vrijednosti na vlažnost biogoriva u trenutku izgaranja postiže se matematičkim modelom kojim se dobiva stvarna energetska vrijednost goriva.

Kao primjer može se navesti slama koja u žetvi s prosjekom vlage od 18% ima energetsku vrijednost 13,1 MJ/kg [4], slama u balama (20% vlage) 13,42 MJ/kg, kukuruzovina kao sječka (35% vlaga) 10,424 MJ/kg, a briket biomase (15% vlage) 14,803 MJ/kg.

3.2. Neki odnosi energetskih veličina i parametara

Analize i usporedbe koje zahtijevaju biomase sa svojim karakteristikama traže i poznavanje njihovih međusobnih odnosa. Težinski odnosi između zrna i biomasa pri proizvodnji kukuruza iznose 50%:50%, gdje se u biomasu ubraja stabljika i oklasak koji su u ukupnom odnosu 41%:9%. Kod novih sorta pšenice i ostalih žitarica slamnatih biomasa odnos zrna — slama je 1:1, iako se praktički s oranice može ubrati otprilike 20% manje slame nego zrna[5][4]. Kod rezidbe voćaka godišnja težina granjevina iznosi 24,51 – 3,03 kg/stablu [8], dok to kod vinove loze iznosi 3,0 – 0,5 kg/lozi.

Kod vlažnosti 30% biomasa kukuruza njegova energetska vrijednost iznosi:

— za oklasak: 2,75 kWh/kg;
— za stabljiku 2,47 kWh/kg [5].

Za potpunije razumijevanje vrijednosti biomasa i njezinih karakteristika dobro je upoznati u gorivima (tablica 2) postotni sastav elemenata u odnosu prema suhoj masi što može utjecati na njezinu upotrebu i s obzirom na ekološka ograničenja [4].

Tablica 2.

Biomasa	(Ugljik) C	O	H	S	(Dušik) N
slama	46,8	46,8	5,7	0,1	0,52
drvo	51,0	42,3	5,7	0,1	0,67
drveni ugljen	84,0	13,0	2,9	0,0	0,1
mrki ugljen	68,0	22,0	5,5	2,1	1,4
oklasak	48,3	44,0	6,4	0,08	1,26
glava suncok.	52,5	39,7	6,6	0,08	1,10

Energetska vrijednost goriva vlažnosti na ulazu u ložište je [5]:

$$Ho = Hu \cdot \frac{100 - w}{100} - 24{,}41\ w\ (\mathrm{kJ/kg}),$$

gdje je:

Hu — donja toplinska vrijednost
w — vlažnost biomase (%).

Matematičkim modelom može se prikazati odnos zahtijevane količine topline (Q) prema potrebnoj količini goriva da bi se mogli usporediti energetski efekti tekućeg goriva i biomase [4].

Količina tekućeg goriva uz koeficijent iskoristivosti 0,85 – 0,9

$$B_r^t = \frac{Q}{\eta \cdot H}\ (\mathrm{kg}).$$

Za slamu ili drugu biomasu koeficijent iskoristivosti 0,7 – 0,8

$$B_r^s = \frac{Q}{\eta \cdot Hu}\ (\mathrm{kg}).$$

Iz tako izračunate potrebne količine biomase (slame – B_r^s) može se odrediti i potrebna obradiva površina (A) koja može proizvesti zahtijevanu količinu biomase:

$$A = \frac{B_r^s}{Ms}\ (\mathrm{ha}); \qquad Ms = k_1 \cdot \frac{100 - k_2}{100} \cdot k_3 \cdot Mz,$$

[5] Kod prinosa pšenice od 50 dt/ha ubrano je slame 33,7 dt/ha ili 67,4% prema zrnu [4]. Kod uroda kukuruza od 50 dt/ha ukupna količina biomase (stabljike i oklaska) je 28,35 dt/ha [9]. U žetvi je prosjek vlage slame 18%, a kukuruzovine 35% [4]. Kod koeficijenta iskoristivosti 0,6 za kukuruzovinu i 0,8 za tekuće gorivo postiže se ekvivalent 1 tona/206 litara [9]. Za sušenje zrna pšenice od 22% – 13% sa 1 ha kod prinosa od 50 dt/ha potrebno je izgoriti 198 kg slame, što znači da slama s jednog hektara pšenice može osušiti rod pšenice sa 17 ha [4]. Kod sušenja kukuruza na vlažnost 14% od početne 30%, pri prinosu 80 dt/ha treba 586 kg slame, ili slama 1 hektara pšenice može osušiti kukuruz sa 5,75 ha [4].

gdje je

Ms — prinos slame kg/ha,

Mz — 5 000 kg/ha,

$k_1 . . k_3$ su koeficijenti koji uzimaju u obzir odnos količine slame i zrna, ostatka slame na oranici i efikasnost ubiranja prešane slame.

Kukuruz se bere s vlagom 25% – 40%, a pšenica u žetvi ima vlagu 18% – 25%. Uz specifični potrošak energije prilikom sušenja žitarica od 5,2 – 6,5 MJ/kg isparene vode potrebna energija za sušenje kukuruza prosječne vlažnosti 32% iznosi 300 kWh/t, dok je za sušenje pšenice prosječne vlažnosti 22% potrebno 150 kWh/t. Kukuruz se suši do vlažnosti 14%, a pšenica na 13%.

4. AGRARNA PROIZVODNJA PROSJEČNE 1990/91. I STRUKTURA ZEMLJIŠTA

Strateško usmjerenje Hrvatske u proizvodnji hrane proizlazi iz strukture zemljišta i njezine mogućnosti u udovoljavanju zahtjevima. Struktura poljoprivrednih površina se mijenja. Međutim, u 1990. godini [7] u Hrvatskoj je bilo 3 208 105 hektara agrarnih površina, koje su se prema mogućnostima uzgoja kultura dijelile na:

Tablica 3.

A — ukupno obradive površine:	2 020 323 ha
Od toga:	
A 1 — oranice i vrtovi	1 456 513 ha
A 2 — voćnjaci	70 318 ha
A 3 — vinogradi	71 556 ha
A 4 — livade	412 936 ha
B — pašnjaci	1 154 439 ha
C — bare, ribnjaci, trstici	33 343 ha

Prema nosiocima vlasništva površine su podijeljene na:

1. vlasništvo seljaka (individualno) 2 014 849 ha
2. društveno vlasništvo (upravljanje PIK-a) 466 456 ha
3. društveno vlasništvo (ostalo)[6] 726 800 ha

Tablica 4.

Površina (ha)	PIK-ovi(1)	Ostali(2)	1 + 2	Individualno
A – obradivo	393 663	54 087	447 750	1 572 573
A 1 – oranice, vrt	353 658	15 284	368 942	1 096 571
A 2 – voćnjaci	5 108	–	5 108	65 210
A 3 – vinogradi	7 621	–	7 621	63 935
A 4 – livade	27 276	38 803	66 079	346 857
B – pašnjaci	48 868	664 620	713 488	440951
C – bare, ribnjaci, trstici	23 925	8 093	32 018	1 325

[6] Iako je pretvorba vlasništva u toku, poljoprivredne površine te uz njih vezana proizvodnja žitarica sa svojim skladišno-prerađivačkim objektima ostaju tehnološki povezani i kod novih vlasnika, što je važno za osnovne postavke ovoga rada.

Struktura zemljišta prema njegovom vlasništvu (tablica 4) daje važan podatak s obzirom na daljnje analize.

4.1. Proizvodnja žitarica i dijela industrijskog bilja

Na površinama iz prethodne tablice proizvedene su poljoprivredne kulture što prikazuje tablica 5.

Tablica 5.

Vrsta kulture	Ukupno (ha)	Društ./držav. (ha – t/ha)	Individualno privatno (ha – t/ha)
1. Žitarice	904 934	235 068	669 866
1.1. pšenica	324 901	111 582 (6,21)	213 319 (3,77)
1.2. ječam	51 657	19 525 (5,25)	31 132 (2.59)
1.3. raž	6 000	1 000 (3,70)	5 000 (2,32)
1.4. kukuruz	496 888	100 448 (5,40)	396 440 (3,54)
2. Industrijsko bilje	94.791	70 465	24 324
2.1. suncokret	18 896	13 878 (2,71)	5 018 (2,17)
2.2. uljna repica	9 001	8 659	342
2.3. konoplja	669	150	519

Prinos biomasa i ukupnu količinu prikazuje tablica 6, u kojoj su količine prema pojedinoj žitarici izračunate uzimajući u obzir odnose zrna i biomase kod prinosa 50 dt/ha, ali primjenjujući na stvarno postignute prinose.

Tablica 6.

Žitarica	Površina (ha)	Prinos zrna (t/h)	Prinos biomase (t/ha)	Ukupno biomase (t)
pšenica	111 582	6,21	4,185	466 970
ječam	19 525	5,25	3,538	69 079
raž	1 000	3,70	2,494	2 494
kukuruz	100 448	5,40	2,70	271 209

U tablici 7. dana je energetska vrijednost dijela industrijskog bilja, kao i rezidbe voćnjaka i vinograda.

Tablica 7.

suncokret	13 878 ha – 14,7 · 10^3 MJ/t	= 0,448 8145 · 10^9 MJ
uljna repica	8 659 ha – 13,1 · 10^3 MJ/t	= 0,204 1792 · 10^9 MJ
soja, duhan i dr.	20 000 ha – 10^7 · 10^3 MJ/t	= 0,32 · 10^9 MJ
voćnjaci	2 0432 · 10^6 kom. à8 kg/kom	= 0,172 9364 · 10^9 MJ
vinogradi	29 636 · 10^6 kom. à2 kg/kom	= 0,804 9137 · 10^9 MJ

5. POTROŠNJA ENERGIJE I PROIZVEDENI ENERGETSKI RESURSI

Među energetskom potrošnjom agrara proizvodnja umjetnih gnojiva i sušenje zrna trebaju približno 70% energije. Ako je konstatirano da agrar ne može bitno utjecati na smanjivanje energije potrebne za proizvodnju umjetnih gnojiva želi li zadržati visoke prinose, potrošnja energije sušenja mogla bi biti u potpunosti pod njegovom kontrolom, naročito od

[7] Aproksimiranih 10 MJ/kg za dio industrijskog bilja leži na donjoj granici njegove energetske moći. Osnovna struktura biomase je celuloza koja ima izvanredna energetska svojstva uz toplinsku vrijednost oko 17,7 MJ/kg [8].

momenta uvođenja u proces sušenja domaćeg izvora energije.

Za sušenje žitarica roda 1990. utrošeno je 0,446 472 · 10^9 kWh ili 39 987 tona ekvivalenta nafte [10].

Proizvodnjom žitarica agrar je proizveo i količinu biomasa (samo na društvenim površinama) energetske vrijednosti 2,762 890 86 · 10^9 kWh ili 247 454 tEU. Uzimajući u obzir biomase i industrijskog bilja te granjevine rezidbe voćaka i vinograda (tablica 7), proizvedena je energija u agraru (biljnoj proizvodnji) na daljnjih 0,541 901 · 10^9 kWh ili dodatnih 48 513 tEU [10]. Energetski potencijal agrara je golem, što potvrđuje činjenica da samo u društvenom sektoru, bez povrtlarske proizvodnje, nastaje godišnje u Hrvatskoj 2,900 945 · 10^6 t [8] biomasa koje uz minimalnu vrijednost od 10 MJ/kg daju 721 717 tEU[8].

5.1. Bilanca uložene i neiskorišćene energije

Prema poglavlju 2. i tablica 4, 5. i 6, proizlazi da društvene oranice kod proizvodnje žitarica utroše energije u visini 2,333 05 · 10^9 kWh, a da je sa tih oranica moguće »pokupiti« 2,762 890 86 · 10^9 kWh, što daje pozitivnu razliku od 0,429 840 86 · 10^9 kWh ili dobivena je energija 18,4% veća. Uz sumiranje energije potrebne za skupljanje, transport i pripremu biomasa za spaljivanje koja iznosi približno 10% skupljene energije, pozitivna bilanca iznosi 0,153 551 78 · 10^9 kWh ili 13 753 tEU, što nije zanemariva količina jer je više od 1/3 potrošene energije na sušenje žitarica.

5.2. Energije Elektroprivrede Hrvatske i dijela agrara

Prema statistici [11] u Hrvatskoj je 1990. godine proizvedeno električne energije kako prikazuje tablica 8:

Tablica 8.

A. udružene HE	3,742.10^9 kWh
B. udružene TE	6,625.10^9 kWh,
od čega su proizvele	
B1. TE na ugljen	0,55.10^9 kWh
B2. TE na tekuće gorivo	3,495.10^9 kWh
B3. TE na plin	0,271.10^9 kWh
C. NE Krško	2,309.10^9 kWh
D. industrijske elektrane	0,609.10^9 kWh

za što je prema elektroenergetskoj bilanci [12] trebalo biti osigurano: 157 100 t ugljena; 596 800 t tekućeg goriva; 52,10.^{6}Nm^3 zemnog plina i 80.10^6Nm^3 koksnog plina.

Za mogućnost usporedbe potrebno je prevesti primarnu energiju u finalnu, računajući sa stupnjem iskoristivosti 30%. Izračunata energija biomasa od 3,304 792.10^9 kWh prelazi u električnu energiju, 0,990 7376.10^9 kWh. Potrebno je naglasiti da ta konverzija daje i druge energetske efekte, a među ostalim uštedu i 39 987 t EU, koliko se troši na sušenje žitarica.

[8] Prema procjeni FAO, u svijetu se godišnje proizvede 1,8 · 10^9 tona biomasa prosječne energetske vrijednosti 17,7 MJ/kg [8], također bez udjela povrtlarskih kultura.

Usporedbom s proizvedenom električnom energijom Hrvatske elektroprivrede (tablica 9) uočljiva je veličina potencijalne energije agrara kako bi se još jedanput potvrdila konstatacija o značajnom udjelu energije biomasa u energetskoj bilanci zemlje.

Tablica 9.

Elektrana	Energija biomasa u postotku proizvodnje
A. udružene HE	26,47%
B. udružene TE	14,95%
B1. TE na ugljen	180,13%
B2. TE na tekuće gorivo	28,34%
B3. TE na plin	365,58%
C. NE Krško	42,90%
D. industrijske elektrane	162,68%

Komentar rezultata ove tablice je suvišan.

6. ZAKLJUČAK

Raspoložive energetske mogućnosti poljodjelstva su goleme i zahtijevaju da im se posveti nužna pozornost. Povezivanjem njegovih mogućnosti i potreba, gdje mogućnosti prevladavaju, proizlazi i zadovoljenje potreba šire društvene zajendice. To potvrđuju i činjenice da energetski potencijal agrara može tvoriti i temeljnicu energetske bilance Hrvatske.

Kroz segmentni prikaz energetskih mogućnosti agrara konstatira se njegova nedovoljna istraženost na cjelokunom području biljne proizvodnje, što predstavlja ograničenje i ostalim zainteresiranim strukturama (energetičari, mehanizatori, organizatori i dr.) za širu primjenu. To ipak ne opravdava postojeću pasivnost na ovom području, jer i dosadašnje spoznaje garantiraju zamjetne rezultate.

Prostorna ograničenost rada zahtijevala je njegovo zaokruženje prema temi. U nastavku se nadovezuje tema koja obrađuje komparativne prednosti strukturne izgradnje agroindustrijskih kompleksa za mogućnost upotrebe biomasa kao energenta za svoje potrebe, a koje mogu podmiriti i dio potreba okruženja.

LITERATURA

[1] Z. KATIĆ: »Sušenje zrna-energetska bilanca i tehnološka rješenja«, Savjetovanje EPZ Zagreb, Stubičke Toplice 1985, Zbornik radova

[2] V. PAVLEK: »Proizvodnja hrane i prehrana čovjeka i čovječanstva« Liber, Zagreb, 1989.

[3] M. RIGO: »Neiskorištene mogućnosti ušteda energetskih resursa u procesima proizvodnje hrane«, časopis Privreda br. 3, 1986.

[4] M. MARTINOV: »Mogućnost korišćenja slame kao izvora toplinske energije«, FPZ, Zagreb, magistarski rad, 1980.

[5] T. KRMPOTIĆ: »Komparativno proučavanje tehničko-tehnoloških karakteristika linija mašina za spremanje kukurozovine«, FPZ, Zagreb, magistarski rad, 1982.

[6] B. GOLIK: »Prikaz toplinske energije i toplinsko energetske opreme na kruta goriva Žitnih sušara ‚Monting'«, Savjetovanje FPZ Zagreb, Stubičke Toplice 1985., Zbornik radova

[7] Republički fond za statistiku RH, Dokumentacije broj 816/1991, 832 i 833/1992.

[8] P. LUKAČ: »Korištenje biomase voćaka nakon suhe rezidbe kao izvor energije« FPZ, Zagreb, magistarski rad, 1983.

[9] E. JAKUPIĆ: »Utrošak energije u transportu, sušenju i skladištenju kukuruza«, FPZ, Zagreb, magistarski rad, 1984.

[10] M. RIGO: »Skladišno prerađivački objekti žitarica u novom energetskom okruženju«, Međunarodno savjetovanje, FZP, Zagreb, Stubičke Toplice 1992, Zbornik radova

[11] Jugoslavenska elektroprivreda, 1990, publikacija Jugel

[12] Časopis Energija br. 2, 1990.

[13] Časopis ETZ br. 6, 1990.

ENERGY NEEDS AND POTENTIAL AGRICULTURAL ENERGY POSSIBILITIES

Agriculture is a significant energy consumer, but it also has a great not used energy potential. Rational behavior considering this potential can bring savings in the until now used energy resources and at the same time give the surplus of energy to the others. The quantity of non-used energy in the agriculture is not to be neglected from the view of Croatian energy balance, what is shown by comparative parameters in this work.

ENERGETISCHE BEDÜRFNISSE UND POTENTIELLE ENERGETISCHE MOGLICHKEITEN DER LANDWIRTSCHAFT

Die Landwirtschaft ist ein bedeutender Energieverbraucher, aber er besitzt auch ein grosses ungenutztes energetisches Potential. Durch besseres Wirtschaften kann man an bisherigen Energenten sparen und der Umwelt mehr Energie spenden. Die Menge der ungenützten Energie der Landwirtschaft darf man nicht übersehen, auch nicht vom Standpunkt der energetischen Bilanz Kroatiens, was durch Vergleiche in der Arbeit geschildert wurde.

Naslov pisca:

mr. Mirko Rigo, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Osijek,
54000 Osijek, Istarska 3,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-11-06.

MODEL ZA PRORAČUN VREMENA OSVJEŽAVANJA PROCESNIH INFORMACIJA U CENTRIMA VOĐENJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Doc. dr. Juraj Šimunić, Rijeka

UDK 621.31:681.31
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Razrađen je jedan model procesnih informacijskih događaja EEP-a u kojem su procesne informacije definirane točkama u prostoru. Model je primijenjen za kompjutorski proračun vremena osvježavanja procesnih događaja.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, procesni informacijski događaj, vremena osvježavanja, model.

1. UVOD

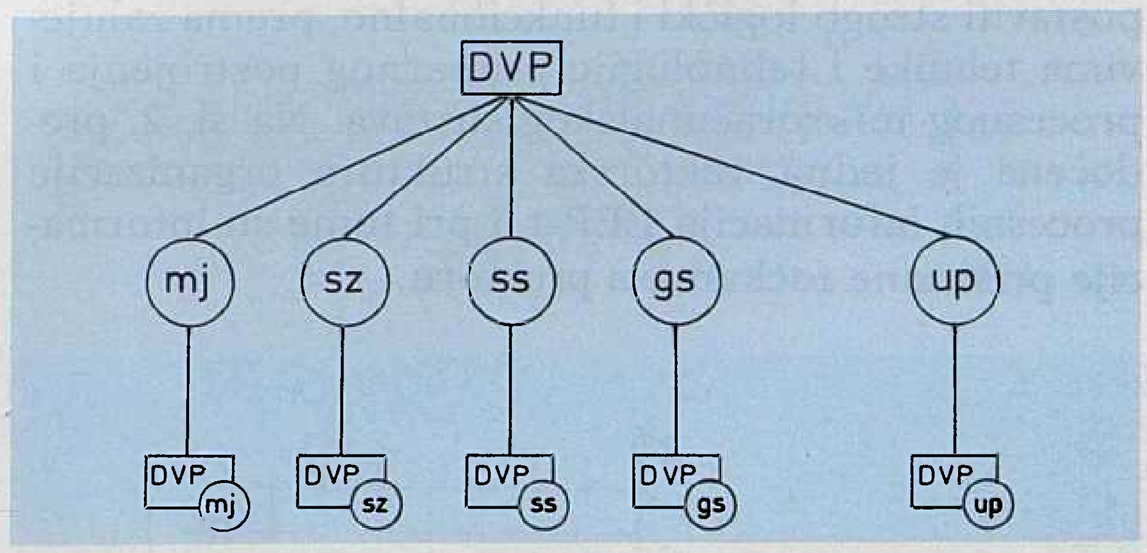
Broj i raznolikost informacija s kojima opisujemo pogon različitih postrojenja svakim danom su sve veći, a selektiranje, obrada i prikaz postaju sve složeniji. Te činjenice upućuju na to da je organizacijska struktura procesnih informacija jedan od bitnih elemenata u vođenju elektroenergetskog sistema ili složenijih industrijskih postrojenja. Danas se u visokorazvijenim informatičkim društvima posebna pozornost pridaje sustavima pretraživanja informacija (information retrieval — [11]) i pri tome se traži velika brzina pregledavanja informacija i visoko-razvijena sposobnost selekcije. Jedan od suvremenih modela pretraživanja informacija, koji se pokazuje vrlo djelotvornim s obzirom na postavljene zahtjeve, jest i vektorski model gdje su informacije predstavljene točkama u vektorskom sustavu.

Ovim radom prikazana je jedna mogućnost modularnog prikaza tehnologije procesa i skupa informacija koje opisuju rad procesa, te je uz pomoć točaka u prostoru opisana struktura procesnih informacija.

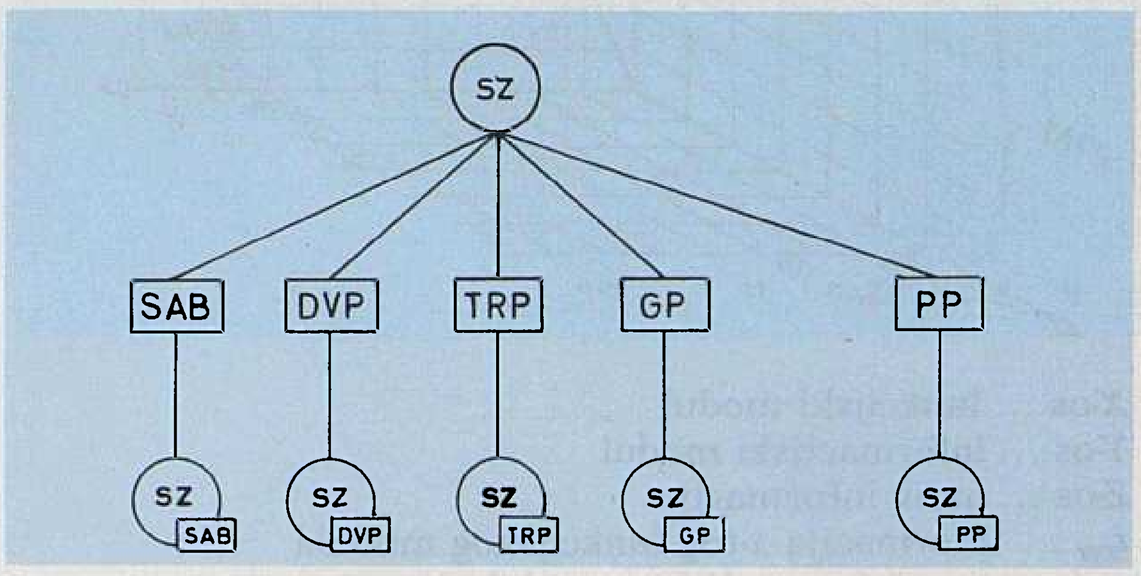
Opisani model procesnih informacija korišten je uz pomoć baze podataka »ORACLE« za proračun procesnih informacijskih tokova EES-a.

2. MODULI SKUPA PROCESNIH INFORMACIJA

Modeliranje skupa procesnih informacija opisuje se na primjeru jednoga elektroenergetskog postrojenja (EEP) i pri tome će se koristiti modularni princip organizacije. U prvom koraku potrebno je definirati tehnički — tehnološke cjeline EEP-a [7, 8, 12] koje su obuhvaćene pojmom **funkcijski modul (FM)** postrojenja (dalekovodno polje, sabirnice, pomoćno postrojenje...). Pogon svakog funkcijskog modula oposuje se raznim vrstama informacija koje su grupirane u odgovarajuće informacijske module (IM) postrojenja (signali zaštite, mjerenja, upravljački nalozi...). Prema tome, informacijski modul je cjelina koja sadrži skup istovrsnih informacija. Sintezom izabranih funkcijskih i informacijskih modula (sl. 1) realiziraju se odgovarajući kombinirani moduli, i to na dva načina. U prvom načinu jednom funkcijskom modulu pridružujemo odgovarajuće informacijske module (sl. 1.a) te se kao rezultat dobije jedan niz **funkcijsko-informacijskih modula (FIM)** a u drugom načinu pridružuju se jednom informacijskom modulu različiti



a) Skica formiranja funkcijsko-informacijskog modula (FIM)



b) Skica formiranja informacijsko-funkcijskih modula (IFM)

Slika 1.

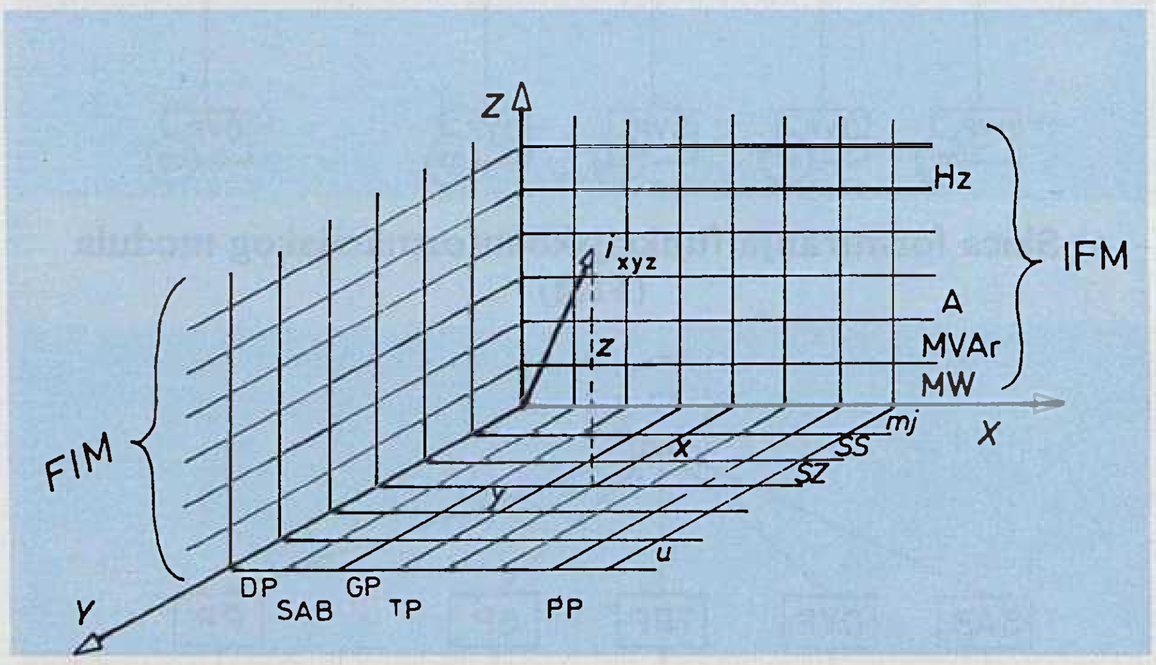
funkcijski moduli (sl. 1.b) te se realizira novi niz, ali sada **informacijsko-funkcijskih modula (IFM).** U strukturi procesnih informacija **FIM-i** i **IFM-i** predstavljaju elementarne module pri modeliranju procesnih informacijskih tokova.

Ako se promatra današnji klasični centralizirani sistem prikupljanja informacija na razini EEP-a, tada se struktura procesnih informacija treba graditi na osnovi **IFM-a** (sl. 1.b), jer je programsko-sklopovska tehnologija procesnih mikroračunarskih sistema realizirana tako da komunicira s primarnim postrojenjem i nadređenim centrom na bazi informacijskih modula, tj. posebno se prikupljaju iz postrojenja i šalju u CVS-a informacije o mjerenjima, posebno informacije o signalima zaštite, posebno informacije o uklopnim stanjima aparata itd.

Suvremeni distribuirani procesni mikroračunarski sistemi komuniciraju unutar EEP-a postrojenja s funkcijskim modulima, tj. na osnovi **FIM** (sl. 1.a). S nadređenim centrima komunikacija se provodi na osnovi informacijskih modula, te se u kreiranju procesnih informacijskih tokova u tom pravcu koriste **IFM-i** (sl. 1.b). Prema tome, upravo postavljena struktura procesnih informacija, koja se zasniva na kombinaciji funkcijskih i informacijskih modula, predstavlja vrlo povoljan način organizacije procesnih informacija za potrebe suvremenog vođenja EES-a, a u daljnjem izlaganju razrađen je detaljni prikaz organizacije procesnih informacija.

3. VEKTORSKI PRIKAZ SKUPA PROCESNIH INFORMACIJA

Strukturu baze procesnih informacija potrebno je postaviti strogo logički i funkcionalno, prema zahtjevima tehnike i tehnologije primarnog postrojenja i procesnog mikroračunalskog sustava. Na sl. 2. predočena je jedna vektorska struktura organizacije procesnih informacija EEP-a, i pri tome su informacije prikazane točkama u prostoru.



X-os ... funkcijski modul
Y-os ... informacijski modul
Z-os ... naziv informacije
i_{xyz} ... informacija *x*-tog funkcijskog modula *y*-tog informacijskog modula i *z*-tog naziva
Tumačenje ostalih oznaka nalazi se u popisu oznaka

Slika 2. Vektorski prikaz procesnih informacija EEP-a

U sistemu vođenja EES-a koristimo se najrazličitijim vrstama procesnih informacija, ali svaka informacija pripada u pogonu nekom točno određenom funkcijskom i informacijskom modulu EEP-a, te su ti moduli korišteni kao dva osnovna parametra u strukturi procesnih informacija. Upravo su na sl. 2. osi *x* i *y* korištene za označavanje funkcijskih i informacijskih modula, a na *Z*-osi je definirano konkretno ime informacije FIM-a ili IFM-a, te se na taj način točkama u prostoru mogu jednoznačno definirati informacije EEP-a. Informacija i_{xyz} na slici predstavlja informaciju signala stanja ($y=2$) na trafo-polju ($x=4$), i to npr. rastavljač glavnih sabirnica ukopčan ($z=5$). Daljnjim promatranjem sl. 2. može se uočiti još i ovo:

— *xz*-**ravnina** predstavlja skup jedne vrste informacija na svim djelovima postrojenja, tj. informacije jednog **IFM-a** (npr. skup mjerenja $y=1$ za sve dijelove postrojenja $x=1, 2, \ldots, m$)
Stupac *xz* ravnine predstavlja jedan funkcijsko-informacijski podmodul (FIP), tj. to je skup jedne vrste informacija za jedan dio postrojenja (npr. skup mjerenja $y=1$ na generatorskom polju $x=3$).
— *yz*-**ravnina** predstavlja informacije jednog **FIM-a** (npr. sve vrste informacija $y=1, 2, \ldots, n$ na dalekovodnom polju $x=1$)
Stupac *yz* ravnine predstavlja isto što i stupac *xz* ravnine tj. jedan funkcijsko-informacijski podmodul FIP.
— *xy*-**ravnina** predstavlja različite vrste informacija za različite funkcijske module uz istu lokaciju treće dimenzije, te tako promatrani skupovi u ovom trenutku nemaju odgovarajući fizikalni smisao ni praktičnu primjenu. Jedino nam točke *xy*-ravnina određuju točno o kojem se funkcijsko-informacijskom podmodulu (FIP-u) radi, a skup svih točaka te ravnine daje pregled korištenih FIP-a u EEP-u.

Ovako razrađena struktura informacija omogućuje selektivno i brzo korištenje procesnih informacija u realnom sistemu te vrlo djelotvornu statističku obradu i korištenje informacija u off-line analizama. Pri tome će se u klasičnim centraliziranim procesnim mikroračunarskim sistemima (koji se povezuju sa EEP preko informacijskih modula) koristiti skupovi informacija organiziranih po *xz*-**ravninama** (IFM-i), a za suvremene distribuirane procesne sisteme skupovi informacija *yz*-ravnina (FIM-i), za potrebe kreiranja i proračunavanja procesnih informacijskih tokova EES-a.

Prikazanim načinom obilježavanja definirala se zapravo organizacija statičkog skupa informacija koji opisuje rad uređaja u pogonu. Da bi se tako strukturirani model mogao koristiti, potrebno je da zapisi informacija u procesnoj bazi imaju ovaj oblik:

— datum
— vrijeme
— funkcijski modul
— informacijski modul
— naziv informacije
— stanje informacije,

jer se jedino s tako precizno definiranim zapisima omogućuje efikasna statistička analiza i arhiviranje procesnih informacija te selektivno kreiranje pogonskih prikaza u realnom vremenu vođenja procesa. Upravo nas posljednji podatak (»stanje informacije«) upućuje na to da je za analizu dinamike procesnih informacija potrebno definirati informacijski događaj u procesu EEP-a, te će se ta problematika obraditi u sljedećem poglavlju.

4. MODEL SKUPA PROCESNIH INFORMACIJSKIH DOGAĐAJA

Skup svih informacija I jednog EEP-a može se prikazati prema sl. 2. sljedećim izrazom:

$$I=\{i_{xyz}\} \qquad x=1,2,\ldots,m \quad y=1,2,\ldots,n \quad z=1,2,\ldots,r \tag{1}$$

Za skup informacija jednog FIM-a odnosno IFM-a (xz ili yz ravnine) vrijedi:

$$I_x=\{i_{xyz}\} \qquad x=\text{konst.} \quad y=1,2,\ldots,n \quad z=1,2,\ldots,r \tag{2}$$

$$I_y=\{i_{xyz}\} \qquad x=1,2,\ldots,m \quad y=\text{konst.} \quad z=1,2,\ldots,r \tag{3}$$

a za jedan funkcijsko informacijski podmodul (FIP) može se na kraju pisati:

$$I_{xy}=\{i_{xyz}\} \qquad x,y=\text{konst.} \quad z=1,2,\ldots,r. \tag{4}$$

Svaka informacija i_{xyz} iz skupa informacija I prema izrazu (1) može u nekom zadanom vremenu Δt promijeniti svoje stanje (status) ili ne. Praćenje pogona jednog EEP-a sastoji se upravo u tome da se prati koje informacije iz skupa I mijenjaju svoje stanje u promatranom vremenu. Uz kvalitativno definirane funkcijsko informacijske podmodule (FIP-ove) mogu se za skupove I_{xy} (izraz (4)) informacijski događaji promatrati na dva načina, kao:

a) **kvantitativni informacijski događaji** i pri tome se traži samo broj informacija jednog FIP-a koje su promijenile svoje stanje u vremenu Δt,
b) **i kvalitativni-informacijski događaji,** kod kojih se traži poznavanje i **naziva** informacija koje su promijenile stanje unutar promatranog FIP-a.

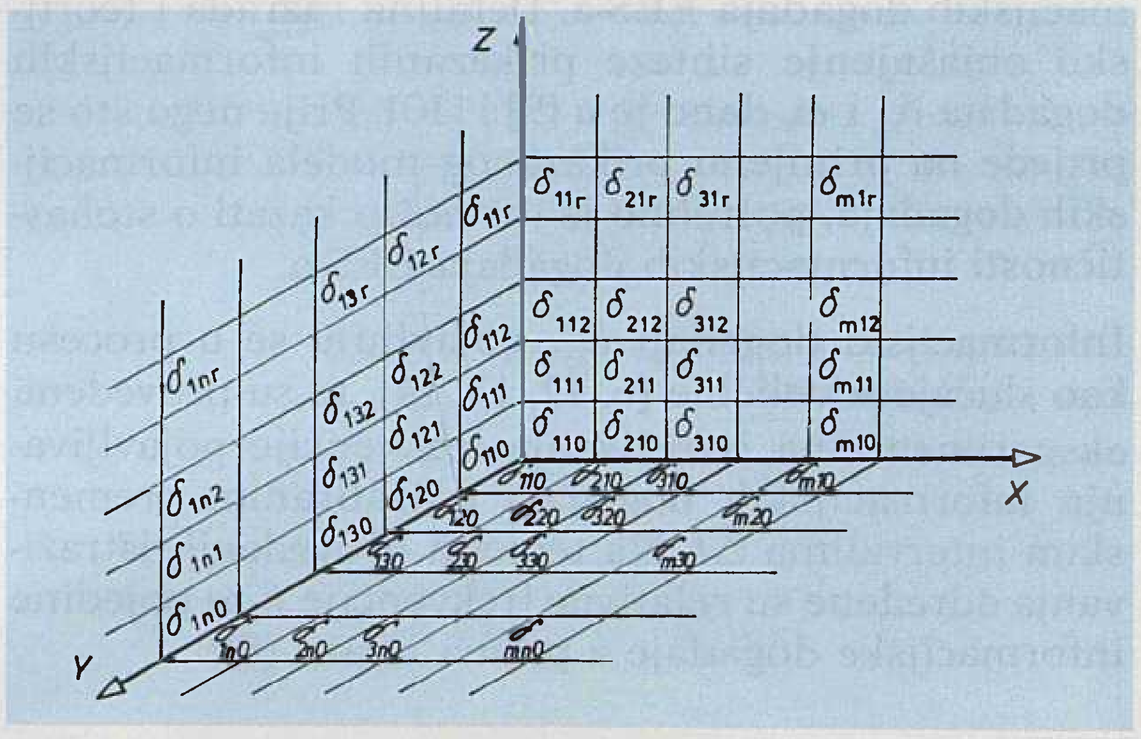
Izbor načina promatranja informacijskih događaja ovisi o primjeni modela koji razrađujemo. Budući da se u ovom radu razmatra problem izračunavanja vremena osvježavanja procesnih informacija u CVS-a, nije potrebno unutar jednog FIP-a razmatrati još i to koja je informacija promijenila stanje.

Naime, FIP-om je točno definirano o kojem se elementu postrojenja radi i o kojoj vrsti informacija, te je time zapravo riješeno kako formirati informacijske poruke i postupke komunikacije na relaciji EEP-CVS.

Daljnja razrada modela informacijskih događaja razvijati će se, dakle, prema varijanti a), te će se informacijski događaj promatrati kao **kvantitativni informacijski događaj,** a varijanta b) komentirat će se na kraju ovoga članka. Ako se sada prema prikazanom modelu na sl. 2, **os z** koristi tako da se na njoj registrira **broj informacija koje su promijenile stanje** u vremenu Δt na odabranom FIP-u (definirana xy-lokacija), tada se sa sl. 3. može definirati struktura informacijskih događaja jednog EEP-a. Svaki događaj δ_{xyz} na sl. 3. predstavlja informacijski događaj koji se može definirati prema sljedećem izrazu [12]:

$$\delta_{xyz}=\frac{I_{xyz}(t+\Delta t)-I_{xy}(t)}{\Delta t}=\frac{z}{\Delta t} \qquad x=\text{konst.} \quad y=\text{konst.} \quad o\leq z\leq r \tag{5}$$

Prema izrazu (4) I_{xy} predstavlja skup informacije jednog **FPO-a,** I_{xy} $(t+\Delta t)$ stanje skupa I_{xy} u vremenu $(t+\Delta t)$, $I_{xy}(t)$ *stanje skupa* I_{xy} *u vremenu* t a z prikazuje broj informacija koje su promijenile stanje u vremenu Δt. Ako se pretpostavi npr. da je sa $x=1$ označeno dalekovodno polje, sa $y=3$ signali zaštite i da je $z=5$, tada nam događaj δ_{135} znači da se aktiviralo 5 signala zaštite na dalekovodnom polju u promatranom intervalu Δt.



X – funkcijski moduli
Y – informacijski moduli
Z – broj promjena stanja informacija
δxyz – informacijski događaj na razini funkcijsko-informacijskog podmodula (FIP)

Slika 3. Prikaz skupa procesnih informacijskih događaja na razini EEP-a

Za daljnja razmatranja potrebno je sada uočiti sljedeće:

— stupac xz ravnine predstavlja skup informacijskih događaja na jednom funkcijskom modulu za jednu vrstu informacija te se u intervalu Δt može realizirati samo jedan događaj iz navedenog skupa, tj. vrijedi [7, 9]:

$$\delta_{xy}=\delta_{xyo}\cup\ \delta_{xy1}\cup\ \ldots\ldots\ \cup\ \delta_{xyr} \qquad x=\text{konst.} \quad y=\text{konst.} \quad o\leq z\leq r \tag{6}$$

— programsko-sklopovska tehnologija mikroračunarskih sustava realizirana je tako da CVS-a komuniciraju sa EEP-ima na osnovi informacijskih

modula. To znači da se posebno formiraju adresirane poruke za mjerenja, posebno za signalizacije, posebno za informacije upravljanja itd., tj. CVS komunicira sa *xz*-ravninama koje predstavljaju skupove informacijskih događaja za jednu vrstu informacija. Sada je potrebno *xz*-ravninu promatrati kao cjelinu sastavljenu od m stupaca i u svakom stupcu će se u intervalu Δt realizirati jedan od mogućih događaja prema izrazu (6), te se na taj način istovremeno promatra m parcijalnih informacijskih događaja kao jedan m-dimenzionalni događaj koji ćemo označiti sa ω_y, te vrijedi:

$$\omega_y = \delta_{1yz} \cap \delta_{2y2} \cap \ldots \cap \delta_{myz} \quad \begin{array}{l} x = 1, 2, \ldots, m \\ y = \text{konst.} \\ z = o, 1, \ldots, r \end{array} \tag{7}$$

Iz dosad navedenog može se zaključiti da je definiranje sinmteze informacijskih događaja, složen postupak, te se ovdje ne može u cijelosti prikazati. Izrazi (6) i (7) navedeni su zato da bi se samo globalno shvatili jednodimenzionalni događaji na razini funkcijsko informacijskih podmodula (stupci *xz* ravnine) i višedimenzionalni događaji na razini informacijskih modula (*xz* ravnina), jer su ti događaji osnova u realizaciji programa za proračun procesnih informacijskih događaja EES-a. Detaljna razrada i teorijsko objašnjenje sinteze prikazanih informacijskih događaja δ_{xy} i ω_y dano je u [9] i [10]. Prije nego što se prijeđe na primjenu prikazanog modela informacijskih događaja, potrebno je još nešto kazati o stohastičnosti informacijskih događaja EES-a.

Informacijski događaji δ_{xyz} pojavljuju se u procesu kao slučajeve veličine [6, 12, 13, 14], te su provedena eksperimentalna istraživanja frekvencije pojavljivanja informacijskih događaja u izabranim vremenskim intervalima Δt. Na temelju provedenih istraživanja određene su relativne frekvencije f_r za pojedine informacijske događaje a prema izrazu (8):

$$f_r(\delta_{xyz}) \xrightarrow[n \to \infty]{} p(\delta_{xyz}) \tag{8}$$

utvrđene su statističke vjerojatnosti informacijskih događaja u EEP-ima. Izrazom (8) definirane su vjerojatnosti pojedinačnih informacijskih događaja δ_{xyz}, a za složene višedimenzionalne događaje određen je postupak utvrđivanja odgovarajućih vjerojatnosti u [10]. Vjerojatnosna karakterizacija informacijskih događaja spomenuta je ovdje zato što i program za proračun procesnih informacijskih događaja, koji se opisuje u sljedećoj glavi, uključuje pored izračunavanja vremena osvježavanja informacija u CVS-a i izračunavanje vjerojatnosti pojave odgovarajućeg informacijskog događaja.

Na kraju treba još napomenuti da je za realizaciju programa za proračun procesnih informacijskih događaja, tj. postaviti algoritme kojima se utvrđuju postupci formiranja i razmjene adresiranih poruka na relaciji CVS-EEP [16, 17, 19]. Simulacije zapravo predstavljaju kvalitativno-kvantitativnu strukturu poruka na temelju koje se utvrđuje broj bitova informacijskog bloka, broj informacijskih blokova i izračunava vrijeme osvježavanja informacija po pojedinim prioritetima prema izrazu

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i}{v}, \tag{9}$$

gdje je

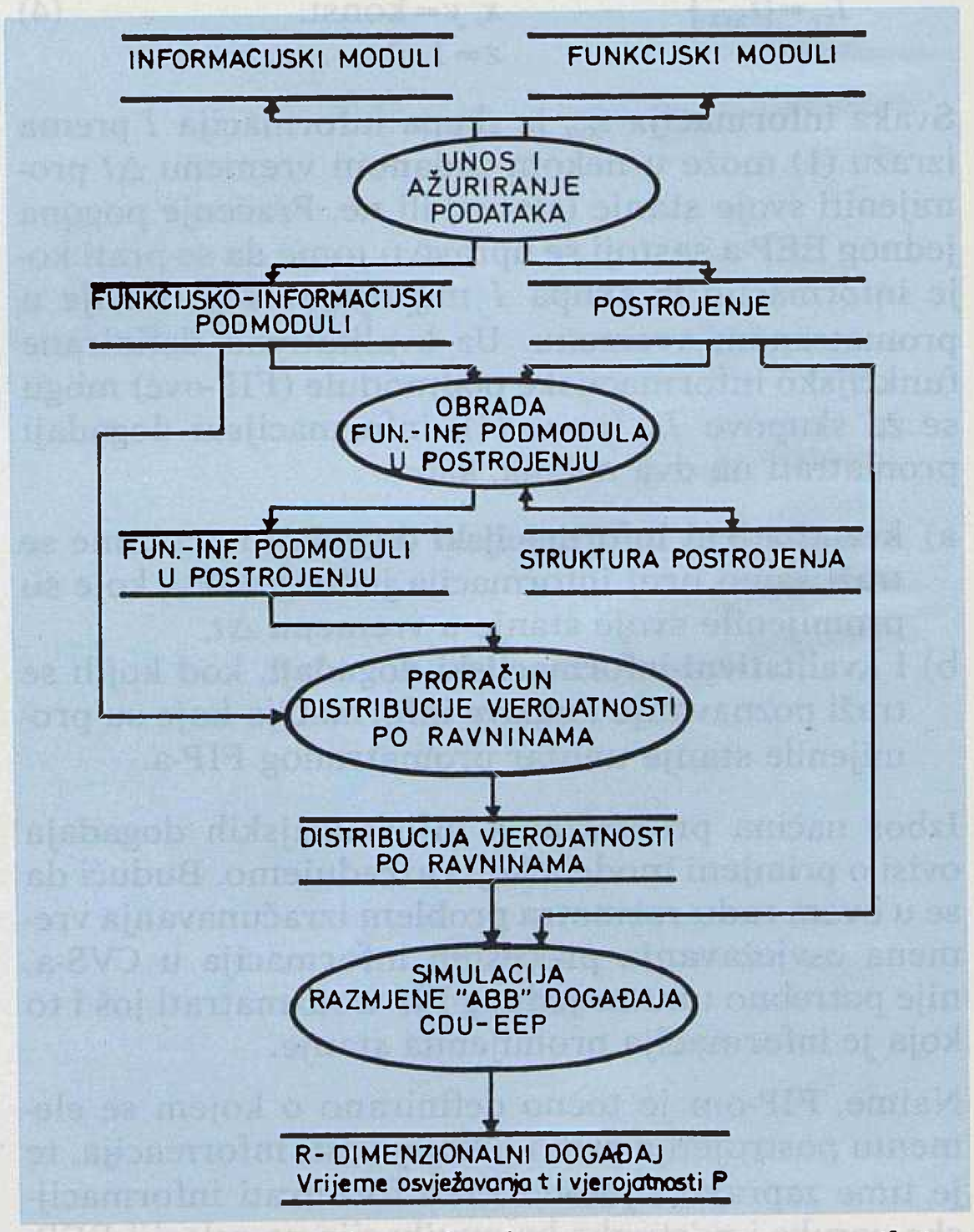
N — broj bitova po informacijskom bloku
i — broj informacijskih blokova
v — brzina prijenosa informacija (Bs/s).

5. PRIMJENA MODELA

Prema iznesenom u glavi 2., 3. i 4. i navedenoj literaturi [7, 9, 10, 12, 15], potrebno je za proračun procesnih informacijskih tokova EES-a definirati:

— informacijske i funkcijske modele EEP-a
— funkcijsko-informacijske podmodule
— jednodimenzionalne i višedimenzionalne informacijske događaje
— distribucije vjerojatnosti procesnih informacijskih događaja
— simulacije rutina razmjene informacija na relaciji CVS-EEP.

Navedeni zahtjevi sa svim međusobnim korelacijama riješeni su jednim programom za proračun procesnih informacijskih tokova. Program je realiziran uz pomoć relacijske beze podataka »ORACLE«, a osnovni prikaz programa dan je na sl. 4. Prateći dijag-



Slika 4. Dijagram toka podataka za proračun procesnih informacijskih tokova

ram toka na slici, vidi se da navedeni program omogućuje sustavno formiranje strukture procesnih informacijskih događaja, izračunavanje vremena osvježavanja informacijskih događaja po vrsti i prioritetu, te utvrđivanje vjerojatnosti s kojom možemo očekivati određeni informacijski događaj u procesu EES-a.

Prikaz na sl. 4. ne predstavlja klasični dijagram toka nekog programa jer se prikazanim programom postavlja struktura korištenja izabranih atributa, entiteta i tablici iz relacijske baze »ORACLE« na osnovi teorijski postavljenih modela informacijsko-funkcijskih skupova podataka, te se zbog toga i koristio naziv **dijagram toka podataka** za proračun procesnih informacijskih tokova.

Podroban prikaz strukture korištenja programa sa sl. 4. obrađen je u [15], a na sl. 5. prikazani su izlazni rezultati proračuna. Prvi stupac na slici predstavlja šifru postrojenja, drugi stupac sadrži šifru informacijskog modula EEP, treći stupac daje podatak o prioritetu informacijskog modula, četvrti stupac prikazuje broj adresiranih blokova za pojedine informacijske module na razini EEP, a u zadnji stupac se upisuje šifra o korelaciji informacijskih događaja između pojedinih informacijskih modula. Na dnu tabličnog prikaza slike 5. dani su izlazni podaci o vremenima osvježavanja procesnih informacija po prioritetima (t_1, t_2 i t_3) i podatak o očekivanom broju pojavljivanja izabranoga informacijskog događaja (broj intervala) te pripadnoj vjerojatnosti događaja.

SIMULACIJA RAZMJENE »ABB« DOGAĐAJA CDU — EEP

Tipka <PgDn> => POSTROJENJE II
Tipka <PgUp> => POSTROJENJE I
Tipka <F10 > => SIMULACIJA

POSTROJENJE I

Postr.	ABB dog.	Prioritet	Broj dog.	P=1
010	gs	P1	1	*
010	mj1	P1	0	
010	ss	P1	0	
010	up	P1	0	
010	mj2	P2	1	
010	mj3	P3	1	
010	sz	P3	5	

Br. int.: 23.10

t1(s): .51 t2(s): 1.5 t3(s): 6.44 Vjer.: 0000036531041145

Char Mode: Replace Page 1 Count: *7

Slika 5. Prikaz izlaznih rezultata proračuna

S postavljenim programom može se vrlo učinkovito ostvariti analiza vremena osvježavanja informacija za velik broj karakterističnih stanja pogona EEP-a. Na samoj slici 5. odabran je i prikazan višedimenzionalni događaj koji predstavlja istovremenu realizaciju jednog bloka grupnih signala, nula mjerenja prioriteta jedan, nula signala uklopnog stanja, nula upravljačkih akcija, jedan blok mjerenja prioriteta dva, jedan blok mjerenja prioriteta tri i pet signala zaštite (1000115). U dosadašnjoj fazi eksploatacije sistema vođenja EES-a bilo je definiranje odgovarajućih vremena osvježavanja informacija u CVS prilično dugi i mukotrpan posao, s mogućnošću analize vrlo ograničenog broja pogonskih stanja i bez stohastičkih parametara proračuna.

Koristeći se postavljenim modelom i programom proračuna informacijskih događaja, prikazani su u tablici 1. i 2. rezultati proračuna vremena osvježavanja informacija za izabrana dva uzorka višedimenzionalnih događaja (prvi stupac u tablicama), i to za nekoliko elektroenergetskih postrojenja. Uz vremena osvježavanja u rezultatima se izračunava vjerojatnost pojavljivanja promatranog događaja i broj vremenskih intervala u godini u kojoj se može očekivati događaj. Sam višedimenzionalni događaj, u tablici 1. (0100120) predstavlja realizaciju nule blokova grupnih signala, jedan blok mjerenja prioriteta 1, nula blokova signala stanja i upravljanja, jedan blok mjerenja prioriteta 2, dva bloka mjerenja prioriteta 1, i nula signala zaštite. Analogno se promatra i događaj u tablici 2, a u obje tablice su se koristile oznake za vrstu informacija sa sl. 5.

Postrojenja navedena u tablici 1. nemaju mjerenja prioriteta 1, brzine prijenosa su za sva postrojenja is-

Tablica 1. Prikaz rezultata proračuna za informacijski događaj (0100120)

Događaj	Postrojenje	Vjerojatnost	Broj intervala	Vrijeme osvježavanja		
				P1	P2	P3
0100120	002 RP Omišalj	0.000012604	79.71	1.02	1.02	5.96
	003 TS Krk	0.00001527	96.59	1.02	1.02	5.96
	004 TS Dolinka	0.0000116679	73.79	1.02	1.02	5.96
	005 TS Delnice	0.000017602	111.33	1.02	1.02	5.96
	007 TS Raša	0.00001562202	98.80	1.02	1.02	5.96
	008 TS Sijana	0.0000152723	96.59	1.02	1.02	5.96

Tablica 2. Prikaz rezultata proračuna za informacijski događaj (1111111)

Događaj	Postrojenje	Vjerojatnost	Broj intervala	Vrijeme osvježavanja		
				P1	P2	P3
1111111	002 RP Omišalj	5.05165 E-09	0.03	2.015	2.015	3.795
	003 TS Krk	1.99217 E-08	0.13	2.015	2.015	3.795
	004 TS Dolinka	1.660333 E-08	0.11	2.015	2.015	3.795
	005 TS Delnice	1.2340129 E-08	0.08	2.015	2.015	3.795
	006 RP Brinje	2.94417 E-09	0.02	3.005	3.995	4.785
	007 TS Raša	2.17234882 E-08	0.14	2.015	2.015	3.795
	008 TS Sijana	1.95210288 E-08	0.12	2.015	2.015	3.795
	009 HE Rijeka	5.04965 E-08	0.32	3.005	3.005	4.785

ta (200Bd) i svako postrojenje ima svoju komunikacijsku jedinicu, te su zbog toga i vremena osvježavanja prioriteta 1 i 2 jednaka, a isto tako su i unutar samih prioriteta isti rezultati. Svi navedeni uvjeti nisu ispunjeni za postrojenja prikazana u tablici 2, te se tu već počinju pojavljivati razlike u vremenima osvježavanja informacija po prioritetima i po postrojenjima.

Na kraju treba još napomenuti da u procesu postoji velik broj različitih pogonskih stanja (četvrti stupac na sl. 5. i prvi stupac u tablicama 1. i 2), te korištenje opisanog programa nije predviđeno na taj način da se **automatski** obrađuju svi višedimenzionalni događaji. To bi zbog velikog broja događaja bilo dugotrajno i nepotrebno jer se najveći broj događaja razlikuje samo u nijansama koje ne utječu na vremena osvježavanja informacija. Zato korisnik odabire one simulacije koje opisuju samo karakteristična pogonska stanja EEP-a, te se tako u vrlo kratkom vremenu dobiju cjelovito zadovoljavajući rezultati, kao što je to prikazano priloženim tablicama.

6. ZAKLJUČAK

Prikazani model procesnih indormacija EEP-a korišten je u ovom radu pri izradi programa za proračun vremena osvježavanja informacija u centrima vođenja EES-a. Pritom je struktura funkcijskih i informacijskih modula korištena prema postojećoj opremi daljinskog vođenja koja je na razini EEP centralizirana, te se informacije prikupljaju putem informacijskih modula za cijelo postrojenje i svakom informacijskom modulu pridružuje se odgovarajući funkcijski modul. Postavlja se pitanje da li se i kako može koristiti prikazani model procesnih informacija EEP-a i realizirani program za nove koncepcije distribucijske opreme vođenja EEP-a i uz korištenje optičkih vlakana u prijenosu procesnih informacija EES-a.

Distribucijsko načelo mikroprocesorske opreme za vođenje EEP predstavlja rješenje u kojem se procesi informacije prikupljaju u prvom koraku na razini funkcijskih modula, zatim se objedinjuju u pojedine vrste informacija (informacijski moduli) na razini postrojenja relativno velikim brzinama preko optičkih vlakana i na kraju se informacije prosljeđuju odgovarajućim rutinama u odabrane centre vođenja EES-a. Može se, dakle, odmah uočiti da se definirana struktura procesnih informacija može u potpunosti prilagoditi novoj tehnologiji i koncepciji vođenja EEP-a. Jedino će biti potrebno, s obzirom na postojeći program, prestrukturirati pojedine faze uključivanja funkcijskih i informacijskih modula i ugraditi nove simulacijske rutine koje proizvođač daje na temelju načina djelovanja nove opreme.

Daljnja istraživanja i primjenu postavljenog modela trebalo bi usmjeriti na ekspertno istraživanje korelacija između pojedinih vektorskih lokacija procesnih informacija, selektivnog prikaza informacija u centrima vođenja EES-a i poduzimanja automatskih akcija zaštite upravljanja i regulacije. Za realizaciju navedenoga potrebno je kvalitativno definirati informacijski događaj na razini same informacije i_{xyz}, za

razliku definiranog informacijskog događaja u izrazu (5) koji je utvrđen na razini skupa informacijskih događaja I_{xy}, jednog FIP-a. Postavljeni zahtjev povlači za sobom precizniji razvoj strukture informacijskih događaja na temelju kojeg bi se omogućilo:

— utvrđivanje korelacijskih odnosa pojedinih informacija u pogonu
— selektivni prikaz procesnih informacija u centrima vođenja EES-a
— preciznu i brzu statističku obradu
— potpunije automatske akcije u vođenju EES-a

Posebno će ovako sistematski pristup u organizaciji procesnih informacija EEP-a doći do izražaja u vođenju nenormalnih stanja pogona EES-a. Pri tome će biti potrebno, pri utvrđivanju korelacijskih odnosa i selektivne razrade prikaza procesnih informacija, uključiti niz ekspertnih znanja o radu pogona.

POPIS OZNAKA

Latinične oznake i kratice

CDU — centar daljinskog upravljanja
CVS — centar vođenja EES-a općenito
DAS — mikroprocesorska daljinska stanica
DV — dalekovod
DVP — dalekovodno polje
EEP — elektroenergetsko postrojenje
EES — elektroenergetski sistem
FIP — funkcijsko informacijski podmodul
FM — funkcijski modul
FIM — funkcijsko informacijski modul
f_i, f_j — frekvencije vremenskih intervala
f_r — relativne frekvencije vremenskih intervala
GP — generatorsko polje
gs — grupni signali
i_{xyz} — informacija z-tog naziva
I — skup informacija EEP-a
I_y, I_z — skupovi informacija funkcijskog i informacijskog modula
IM — informacijski modul
IFM — informacijsko funkcijski modul
mj — mjerenja
MP — mjerno polje
$p(\delta_{xyz})$ — vjerojatnost informacijskog događaja $_{xyz}$
PP — pomoćna postrojenja
RDC — republički dispečerski centar
SAB — sabirnice
SZ — signali zaštite
SS — signali uklopnog stanja
SP — spojno polje
TR — transformator
TRP — transformatorsko polje
TS — transformatorska stanica
t_s — vrijeme osvježavanja informacija
up — upravljanje.

Grčke oznake

δ_{xyz} — informacijski događaj numeričke vrijednosti z funkcijskog modula x i informacijskog modula y
ω_y — m-dimenzionalni događaji informacijskog modula.

LITERATURA

[1] W. GITT: »Information-die drite Grundgösse neben Materie und Energie«, Siemens Zeitschrift 4/89.

[2] Ž. PAUŠE: »Vjerojatnost, informacija, stohastički procesi« — školska knjiga Zagreb, 1987.

[3] L. SACHS: »Angewandte Statistik-planung und Auswertung Methoden und Modelle«, Springer — Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1974.

[4] J. PAVLIĆ: »Statistička teorija i primjena«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.

[5] S. KUREPA: »Konačno dimenzionalni vektorski prostor i primjene«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1967.

[6] D. J. GAUSHELL i dr.: »Analisys of analog data dinamics for supervisory control and data acquisition systems« — IEEE Transactions PAS-102, No. 2, February 1983

[7] J. ŠIMUNIĆ: »Model stohastičkih procesnih informacija elektroenergetskog sistema«, doktorska disertacija ETF Zagreb, 1991. g.

[8] J. ŠIMUNIĆ: »Trodimenzionalni prikaz skupa procesnih informacija za elektroenergetska postrojenja«, Energija, god. 39 (1990) br. 2, Zagreb

[9] J. ŠIMUNIĆ: »Prostor vjerojatnosti skupa procesnih informacija EEP-a« — Energija br. 4, Zagreb, 1990.

[10] J. ŠIMUNIĆ: »Procesne informacije EEP-a opisane n--dimenzionalnim slučajnim vektorom«, Strojarstvo br. 32 (5) Zagreb, 1990.

[11] B. TRAVICA: »Kako do prave informacije« — Galaksija, Beograd, svibanj 1991.

[12] J. ŠIMUNIĆ: »Analiza stohastičkih promjena stanja informacija elektroenergetskih postrojenja«, Energija, br. 3, Zagreb 1992. g.

[13] J. ŠIMUNIĆ: »Dinamika procesnih informacija EEP-a prikazana kao veličina na osnovi eksperimentalnih istraživanja« VIII. stručno savjetovanje o upravljanju i informatici, Cavtat, 1990, č.1.08

[14] J. ŠIMUNIĆ: »Učestalost spontanih informacija u procesu prenosne mreže« — Energija, god. 30 (1981), br. 5. i 6.

[15] J. ŠIMUNIĆ i drugi: »Analiza vremena osvježavanja procesnih informacija u CDU i RDC ZEOH-e« — Studija, Tehnički fakultet, Rijeka, 1991.

[16] — : »Daljinska stanica DS803T« RO R. Končar — INEM, Zagreb, 1983.

[17] A. MARUŠIĆ: »Vremena osvježavanja podataka, vremena rezolucije i brzina prijenosa podataka«, Studija II/3, ETF — Zagreb, 1979.

[18] J. ŠIMUNIĆ: »Analiza utjecaja razmjene informacija na vremena osvježavanja cikličkih informacija«, VIII. stručno savjetovanje o upravljanju i informatici, Cavtat 1990, R5.01

MODEL FOR CALCULATION OF THE PROCESS INFORMATION RESTORING TIMES IN THE CONTROL CENTERS OF AN ELECTRIC POWER SYSTEM

A model of the process information events of electric power stations is worked out, whereby process information are defined by points in the space. The model is used for the computer calculation of process events restoring times.

MODELL FÜR DIE ZEITBERECHNUNG DER ERNEUERUNG DER PROZESSINFORMATIONEN IN DEN FÜHRUNGSZENTREN DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

Hier wurde ein Modell der Prozessinformationsereignisse des elektroenergetischen Prozesses in dem die Prozessinformationen durch Punkte im Raum definiert wurden, beschrieben. Das Modell wurde für die Computer — Zeitberechnung der Erneuerung der Prozess Ereignisse angewendet.

Naslov pisca:

Doc. dr. Juraj Šimunić, dipl. ing.
Tehnički fakultet Rijeka,
51000 Rijeka, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-07-16.

FREKVENTNA ANALIZA STRUJE UKLJUČENJA

Mr. Luka Brkić — Zoran Gojčeta, Zagreb

UDK 621.314.21
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Analitički i numerički je analizirana struja uključenja neopterećenog transformatora na mrežu. Objašnjeno je generiranje prenapona zbog rezonancije viših harmonika.

Ključne riječi: **transformator, struja uključenja, viši harmonici, Fourierova analiza.**

1. UVOD

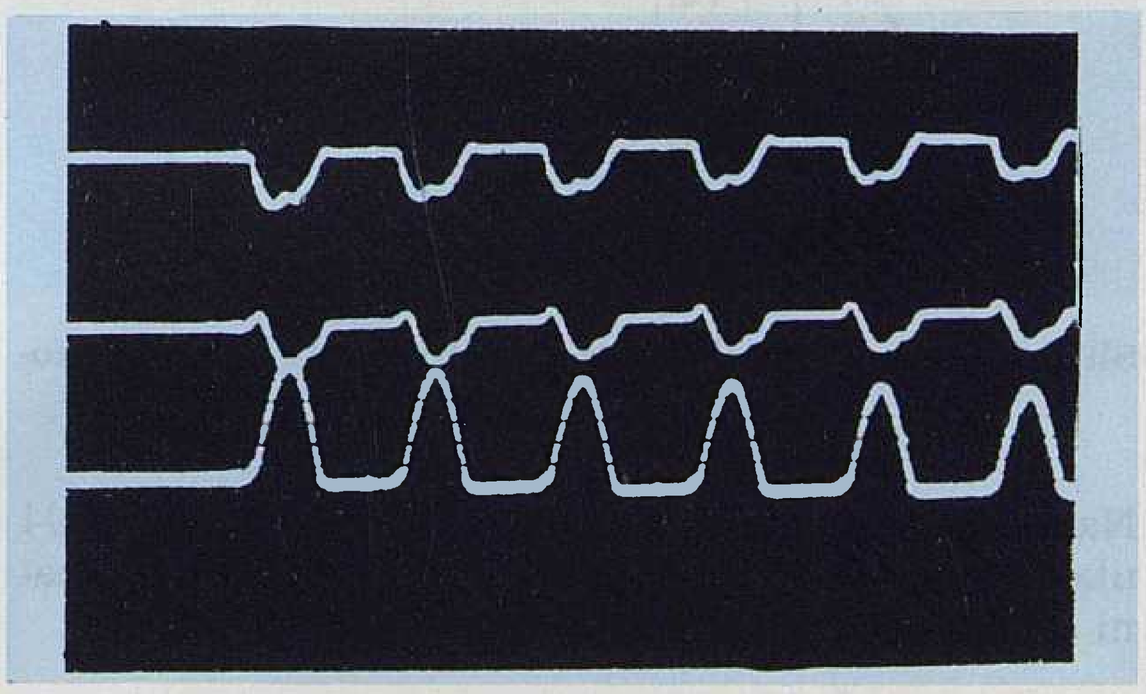
Struja magnetiziranja transformatora u stacionarnom stanju mali je dio nazivne struje transformatora, a iznosi od nekoliko promila nazivne struje kod velikih do nekoliko postotaka kod malih transformatora. Međutim, u prijelaznoj pojavi nakon uključenja transformatora na mrežu, struja magnetiziranja (odnosno struja uključenja) može biti višestruko veća od nazivne struje magnetiziranja, ali i od nazivne struje transformatora, a uz određene početne uvjete može se po iznosu približiti struji kratkog spoja.

Iznos i trajanje struje uključenja neposredno ovise o snazi transformatora. Prema zakonima sličnosti, snage sličnih transformatora rastu s četvrtom potencijom linearnih dimenzija, magnetski tok i nazivno protjecanje s drugom, a induktiviteti s prvom potencijom linearnih dimenzija. Radni otpori u sličnih transformatora opadaju se recipročnom vrijednošću rasta linearnih dimenzija. Slijedeći ove zakonitosti proizlazi da višekratnik struje uključenja (omjer najveće amplitude struje uključenja i amplitude nazivne struje transformatora) treba padati s porastom nazivne snage transformatora. Iz istih razloga trajanje struje uključenja treba rasti s porastom nazivne snage transformatora. Tako npr. trajanje struje uključenja velikih jedinica može iznositi i desetke sekundi.

Tipični oblik struje uključenja transformatora velike snage prikazan je na slici 1. Sa slike 1. vidljivo je da struja uključenja posjeduje izrazitu istosmjernu komponentu. Frekventna analiza struje uključenja pokazuje postojanje znatnog broja viših harmonika.

Viši harmonici struje uključenja u mreži stvaraju harmonike napona koji se superponiraju na mrežni napon [1; 2; 3]. Amplitude harmonika napona ovise o amplitudi pripadajućih strujnih harmonika i frekventnoj karakteristici impedancije mreže. Podudaranje frekvencija viših harmonika struje uključenja s rezonantnim frekvencijama mreže rezultira povećanim iznosima harmonika napona, a to se manifestira kao prenapon.

Prenaponima zbog viših harmonika u struji uključenja naročito su podložne kabelske mreže, mreže s dugim vodovima te konfiguracije sabirnica s prigrađenim filterima. Prenaponi, čije trajanje može biti i stotinjak perioda sinusnog napona [1], naročito su opasni za ZnO odvodnike prenapona. Dugo trajanje prenapona može uzrokovati velika energetska opterećenja, pa i oštećenje ZnO odvodnika.



Slika 1. Karakterističan izgled struje uključenja trofaznog transformatora

Navedeni prenaponi rezultat su interakcije transformatora i mreže. Zato je za analizu potencijalnih prenapona, uz poznavanje impedantno-frekventne karakteristike mreže, podjednako važno poznavati i frekventni spektar struje uključenja.

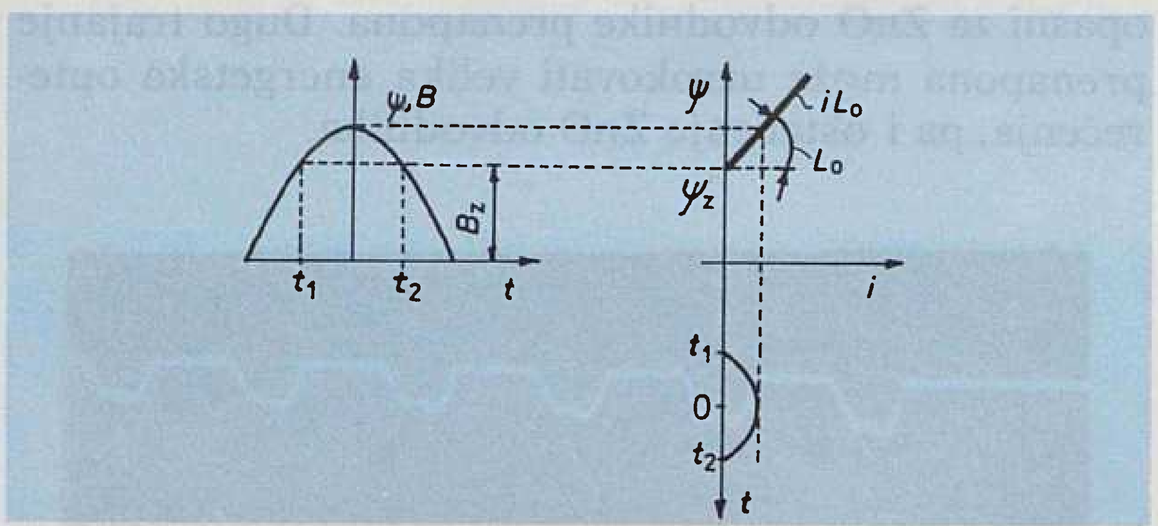
Zbog nelinearne ovisnosti (ψ-i) transformatora, za frekventnu analizu struje uključenja ne mogu se koristiti metode klasične Fourierove analize. U takvim slučajevima koriste se prilagođeni postupci Fourierove analize (kvazi Fourierova analiza), pri čemu se gubi mogućnost određivanja veza između utjecajnih parametara i spektra u analitičkom obliku. Međutim, linearizira li se krivulja magnetiziranja transformatora, moguće je analitički odrediti veze pojedinih utjecajnih parametara i spektra struje uključenja.

Zbog navedenog, u radu je uvodno analizirana struja uključenja transformatora s lineariziranom krivuljom magnetiziranja. Dobiveni su jednostavni analitički izrazi koji definiraju ovisnost spektra struje uključenja o utjecajnim parametrima. U nastavku analizirana je numeričkim postupcima struja uključenja transformatora s nelinearnom krivuljom magnetiziranja. Dobiveni rezultati ilustriraju promjenu amplituda viših harmonika tijekom trajanje prijelazne pojave.

2. FREKVENTNA ANALIZA STRUJE UKLJUČENJA TRANSFORMATORA S LINEARIZIRANOM KRIVULJOM MAGNETIZIRANJA

Krivulja magnetiziranja jednofaznog transformatora bez gubitaka, linearizirana s 2 pravca, prikazana je na slici 2. Oznake na slici 2. imaju sljedeće značenje:

ψ — ulančeni magnetski tok transformatora,
ψ_z — ulančeni magnetski tok pri kome je transformator u zasićenju,
L_o — induktivitet transformatora u području zasićenja.



Slika 2. Linearizirana krivulja magnetiziranja transformatora

Narinuti napon na stezaljkama transformatora $u(t)$ i ulančeni magnetski tok transformatora $\psi(t)$ povezani su relacijom (1):

$$u(t) = \frac{d\psi(t)}{dt}. \tag{1}$$

Integriranjem jednadžbe (1), za slučaj uključenja transformatora na sinusni napon $u(t) = U_m \sin(\omega t + \alpha)$ u trenutku $t = 0$, dobiva se jednadžba (2):

$$\psi(t) = -\psi_m \cos(\omega t + \alpha) + \psi_m \cos(\alpha) + \psi_r, \tag{2}$$

pri čemu je:

$\psi_m = \dfrac{U_m}{\omega}$ — amplituda toka u stacionarnom režimu rada,
ψ_r — remanentni tijek transformatora.

Za definiranu linearnu karakteristiku transformatora (ψ, i) i poznati tok $\psi(t)$ može se grafički odrediti ovisnosti (i, t), kao što je prikazano na slici 2. Slika 2. prikazuje slučaj uključenja uz razmagnetiziranu jezgru ($\psi_r = 0$).

Sa slike 2. vidi se da je struja uključenja transformatora jednaka nuli sve dok je iznos toka $\psi(t)$ manji od toka zasićenja ψ_z. Za iznos toka $\psi(t)$ veći od ψ_z vrijedi jednadžba (3):

$$i(t) = \frac{-\psi_m \cos(\omega t + \alpha + \psi_m \cos\alpha + \psi_r - \psi_z}{L_o} \quad \text{za } \psi \geq \psi_z. \tag{3}$$

Uvođenjem oznaka

$$I_o = \frac{\psi_m}{L_o} \tag{4}$$

$$k_r = \frac{\psi_r}{\psi_m} \tag{5}$$

$$k_z = \frac{\psi_z}{\psi_m} \tag{6}$$

normirana struja uključenja i' može biti prikazana u obliku

$$i' = \frac{i(t)}{I_o} = -\cos(\omega t + \alpha) + \cos\alpha + k_r - k_z. \tag{7}$$

Budući da je uvijek zadovoljen uvjet $\psi_z > \psi_r$, vremenski nepromjenljivi dio desne strane jednadžbe (7) može se označiti jedinstvenim izrazom $\cos\beta$:

$$\cos\alpha + k_r - k_z = \cos\beta \tag{8}$$

odnosno normiranu struju uključenja $i'(t)$ prikazati u skraćenom obliku:

$$i'(t) = \cos\beta - \cos(\omega t + \alpha). \tag{9}$$

Transformator (vidjeti sliku 2) ulazi u zasićenje u trenutku t_1:

$$t_1 = (\beta - \alpha)/\omega \tag{10}$$

i izlazi iz zasićenja u trenutku t_z:

$$t_z = (2\pi - \beta - \alpha)/\omega, \tag{11}$$

tako da ukupni interval vođenja T_v u kome postoji struja uključenja iznosi

$$T_v = 2(\pi - \beta)/\omega. \tag{13}$$

Struja uključenja i' mijenja se periodički, s periodom jednakim periodu narinutoga sinusnog napona. Periodičnost struje i' omogućuje njezin prikaz u obliku sume periodičih funkcija oblika.

$$i' = i_o + \sum_{k=1}^{n} i_k \cos k(\omega t + \alpha). \tag{14}$$

Amplitude pojedinih harmonika iznose:

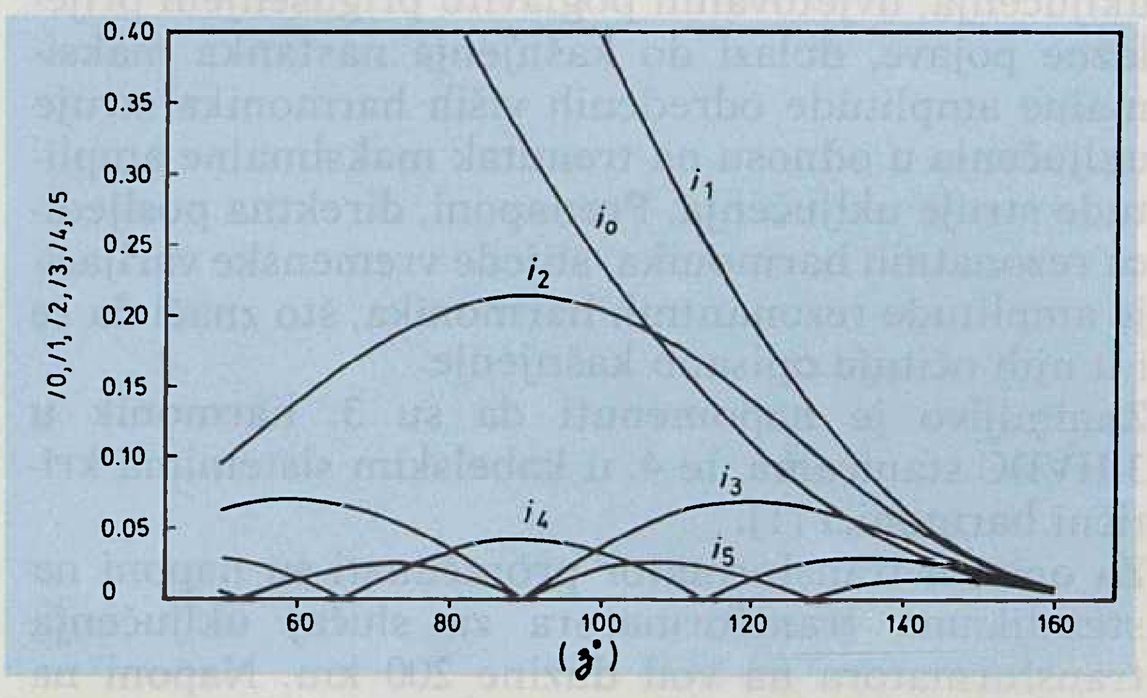
$$i_o = 1/\pi\,((\pi - \beta)\cos\beta + \sin\beta) \tag{15}$$

$$i_1 = 1/\pi\,(-1/2 \sin 2\beta + (\beta - \pi)) \tag{16}$$

$$i_k = 1/\pi\,(-2/k \cos\beta \sin k\beta + \frac{\sin(k-1)\beta}{k-1} + \frac{\sin(k+1)\beta}{k+1}). \tag{17}$$

$k = 2, 3, \ldots$

Amplitude pojedinih harmonika i vrijeme vođenja T_v jednoznačno su definirani kutom β koji obuhvaća utjecaj kuta uključenja α, te ψ_r i ψ_z.



Slika 3. Ovisnost amplituda viših harmonika struje uključenja o kutu β

Ovisnost aplituda pojedinih harmonika struje i' o kutu β prikazana je na slici 3. Porastom β, amplitude istosmjernog člana i osnovnog harmonika opadaju. Zakonitost promjene 2. i viših harmonika je složenija. Tako se npr. pri određenim vrijednostima kuta β ne pojavljuju 3. i 5. harmonik struje. Također se vidi da omjer amplituda 2. i viših harmonika i osnovnog harmonika raste s povećanjem kuta β.

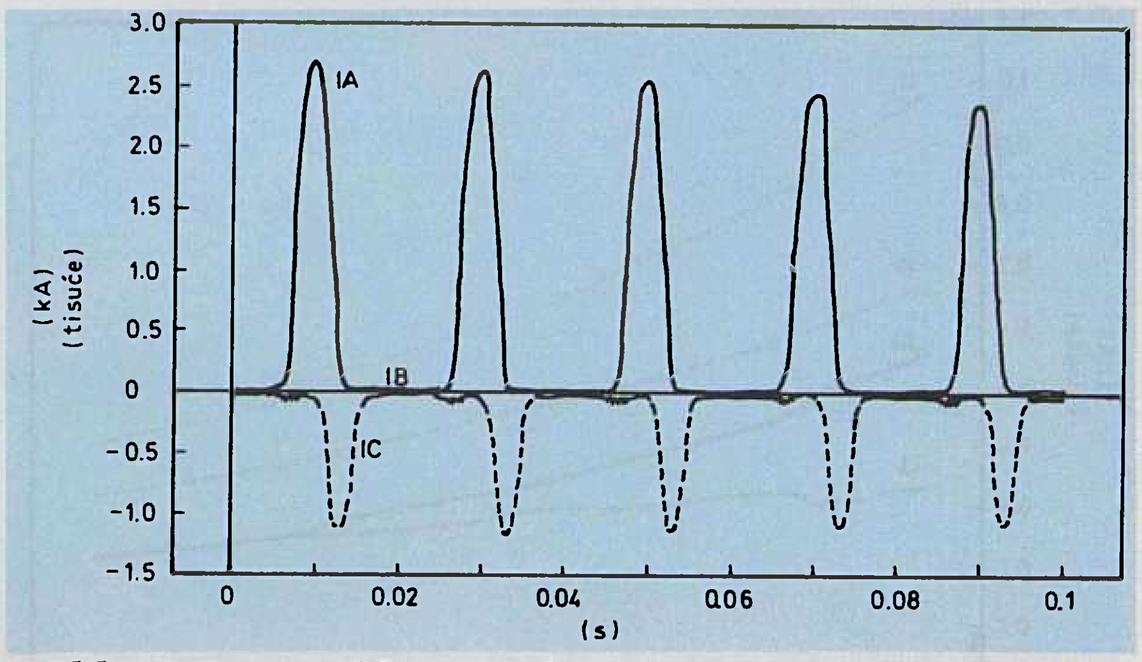
3. FREKVENTNA ANALIZA STRUJE UKLJUČENJA TRANSFORMATORA S NELINEARNOM KRIVULJOM MAGNETIZIRANJA

Struja uključenja realnog transformatora s nelinearnom krivuljom magnetiziranja je nesinusna funkcija vremena, vremenski prigušena zbog gubitaka u izvorima, vodovima i transformatoru. Struju uključenja transformatora s nelinearnom krivuljom magnetiziranja moguće je analizirati samo primjenom prikladnih numeričkih metoda, kao što su kvazi Fourierova analiza i Fourierov integral.

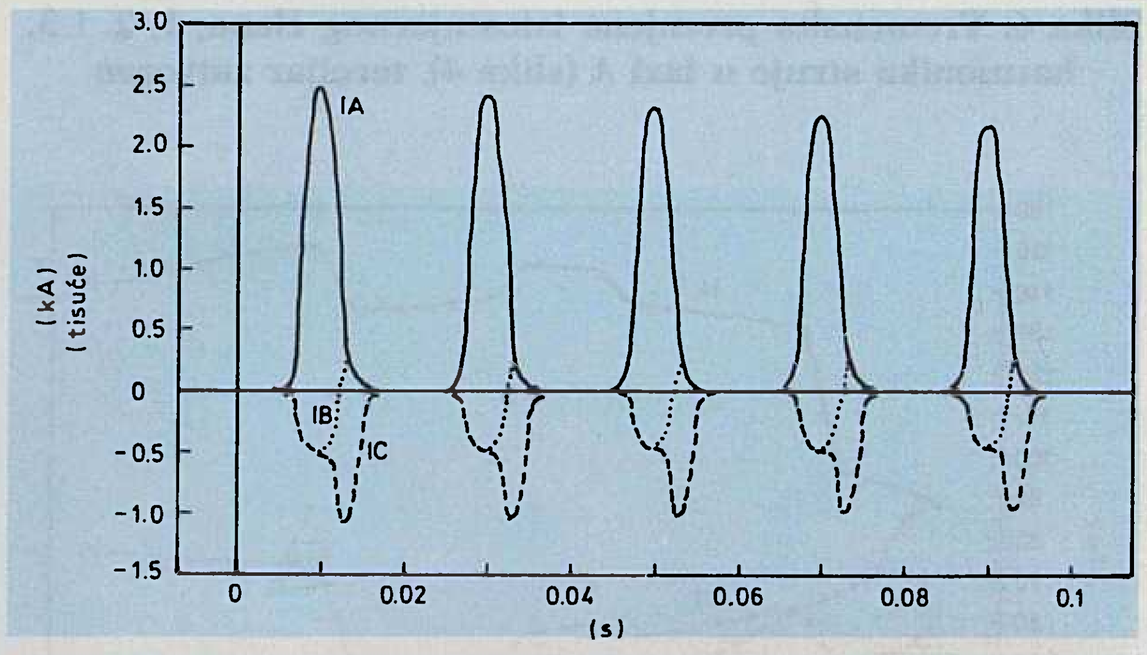
Frekventna analiza struje uključenja transformatora s nelinearnom krivuljom magnetiziranja provedena je za transformator slijedećih nazivnih podataka.

150/150/36.7 MVA
380/158/15.8 kV, YN, a0, d5

Nelinearna krivulja magnetiziranja transformatora nadomještena je polinomom 9. stupnja, prema [4]. Analizirano je uključenje srednjonaponskog namota (158 kV) pri zatvorenom i otvorenom tercijaru. Transformator se uključuje na simetrični trofazni sustav napona, pri čemu kut uključenja faze A iznosi 10°. Struje uključenja prikazane su na slikama 4. i 5. Na slici 5. vidljiv je utjecaj zatvorenog tercijara na struju uključenja srednjonaponskog namota. U zatvorenom tercijaru, zbog zasićenja jedne od faza, poteći će kružna struja koja će magnetski potpomagati fazu u zasićenju. Posljedica kružne struje tercijara jest stanovito smanjenje struje uključenja zasićene faze na račun povećanja struje u drugim fazama.



Slika 4. Struje uključenja faza A, B i C, tercijar otvoren



Slika 5. Struje uključenja faza A, B i C, tercijar zatvoren

U tom se slučaju (vidjeti sliku 5), kao reakcija na struju tercijara, poteći jača struja uključenja u fazi B. Za slučaj uključenja s otvorenim tercijarom struja u fazi B je višestruko manja. Kada je tercijar zatvoren, struje uključenja su jače deformirane, i sadržaj viših harmonika je veći.

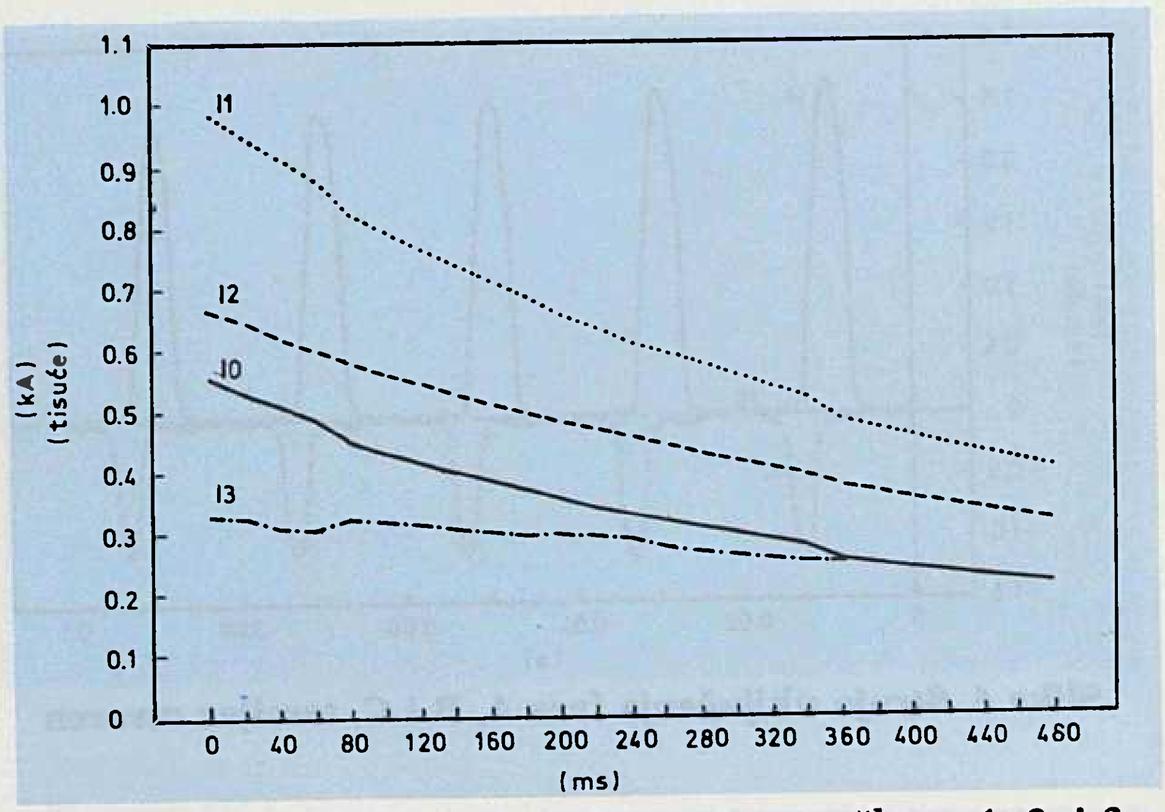
Za struje sa slika 4. i 5. provedena je kvazi Fourierova analiza.

Kvazi Fourierovom analizom [2] određuje se sadržaj harmonika za periodu mrežnog napona, uz sukcesivno pomicanje početka analizirane periode od početka prema kraju promatranog intervala. Osnovna informacija koju metoda daje jest vremenska ovisnost amplituda viših harmonika struje.

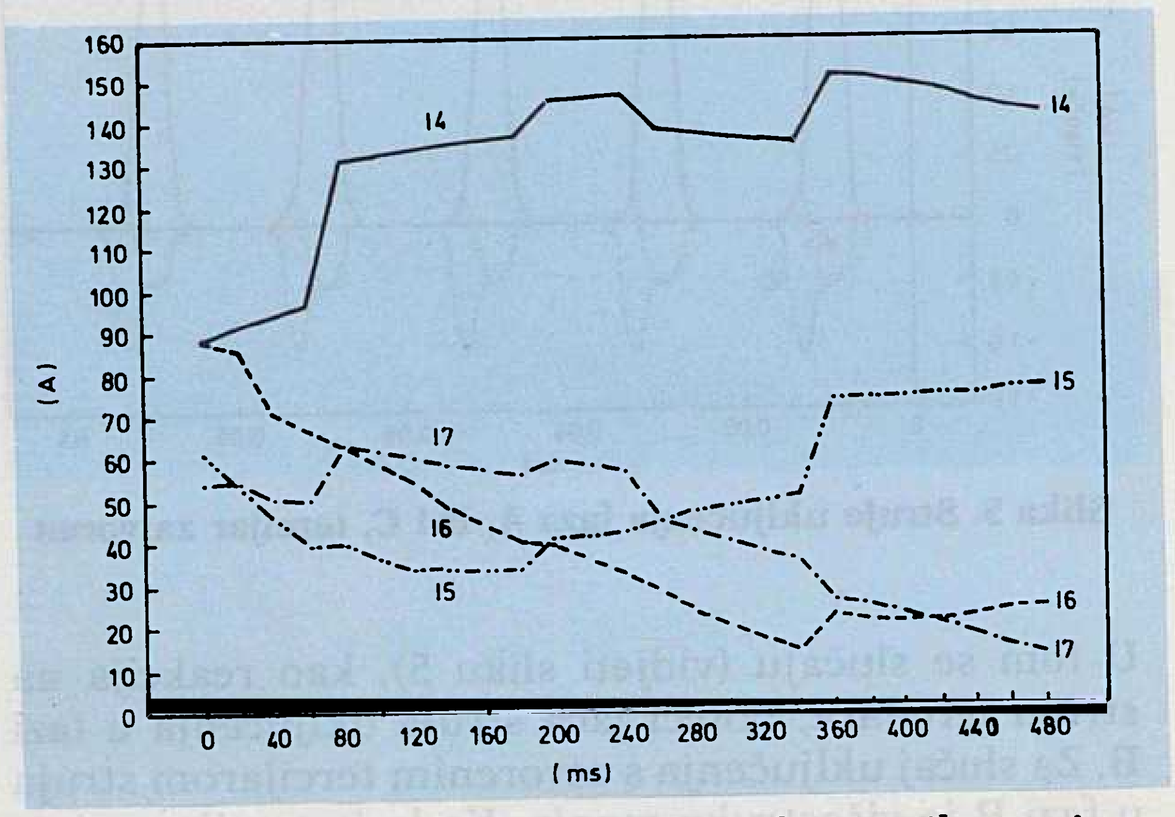
Neke od karakterističnih vremenskih promjena viših harmonika struje u intervalu 0-0.5 sekundi prikazane su na slikama 6, 7. i 8.

Na osnovi dobivenih rezultata mogu se izvesti ovi zaključci.

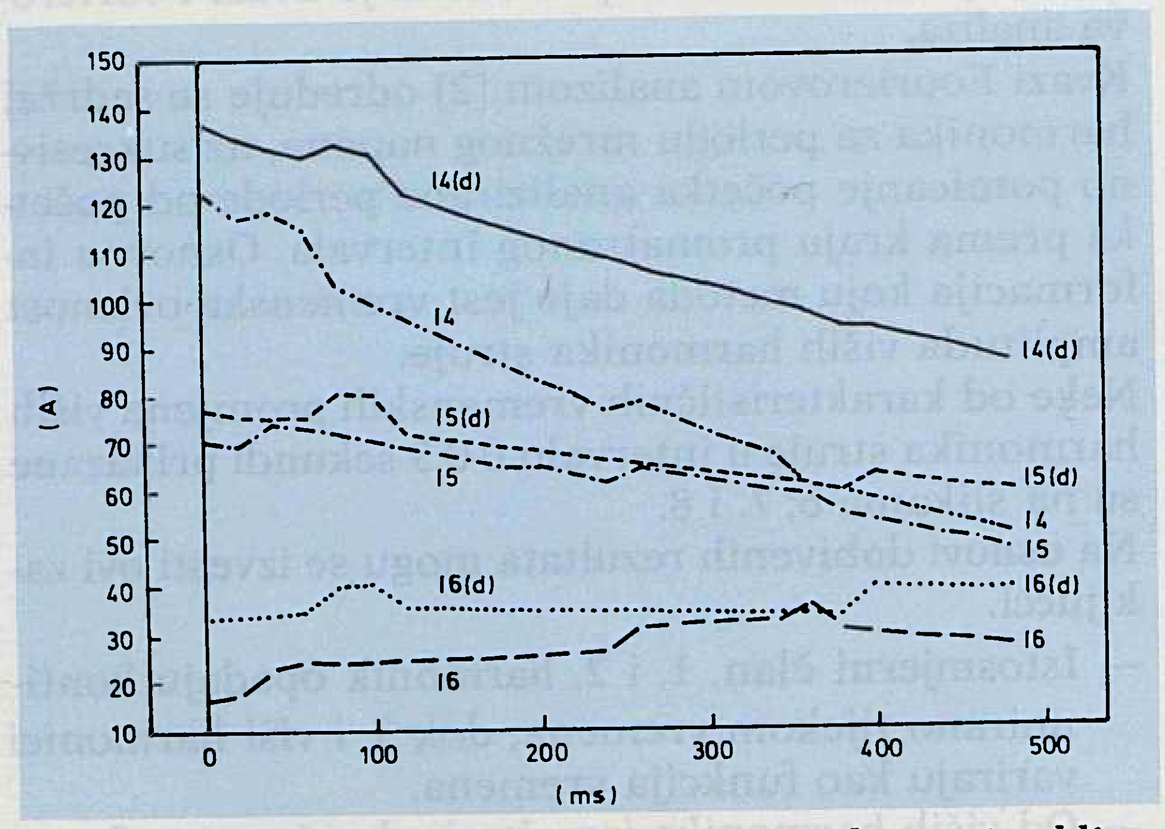
- Istosmjerni član, 1, i 2. harmonik opadaju kontinuirano tijekom vremena, dok 3. i viši harmonici variraju kao funkcija vremena.
- Od viših harmonika izrazito je dominantan 2.
- Amplitude 3. i viših harmonika redovito rastu tijekom vremena u odnosu prema amplitudi osnovnog harmonika.
- U viših harmonika zamijećeno je kašnjenje njihova maksimuma u odnosu prema trenutku uključenja.
- Premda zatvoreni tercijar smanjuje apsolutni iznos struje uključenja, on također utječe na apsolutni porast viših harmonika.



Slika 6. Vremenska promjena istosmjernog člana, 1, 2. i 3. harmonika struje u fazi A (slika 4), tercijar zatvoren



Slika 7. Vremenska promjena 4, 5, 6. i 7. harmonika struje u fazi A (slika 4), tercijar zatvoren



Slika 8. Vremenska promjena 4 – 6. harmonika struje uključenja faze C s otvorenim tercijarom (i4, i5 i i6) i sa zatvorenim tercijarom (i4(d), i5(d) i i6(d))

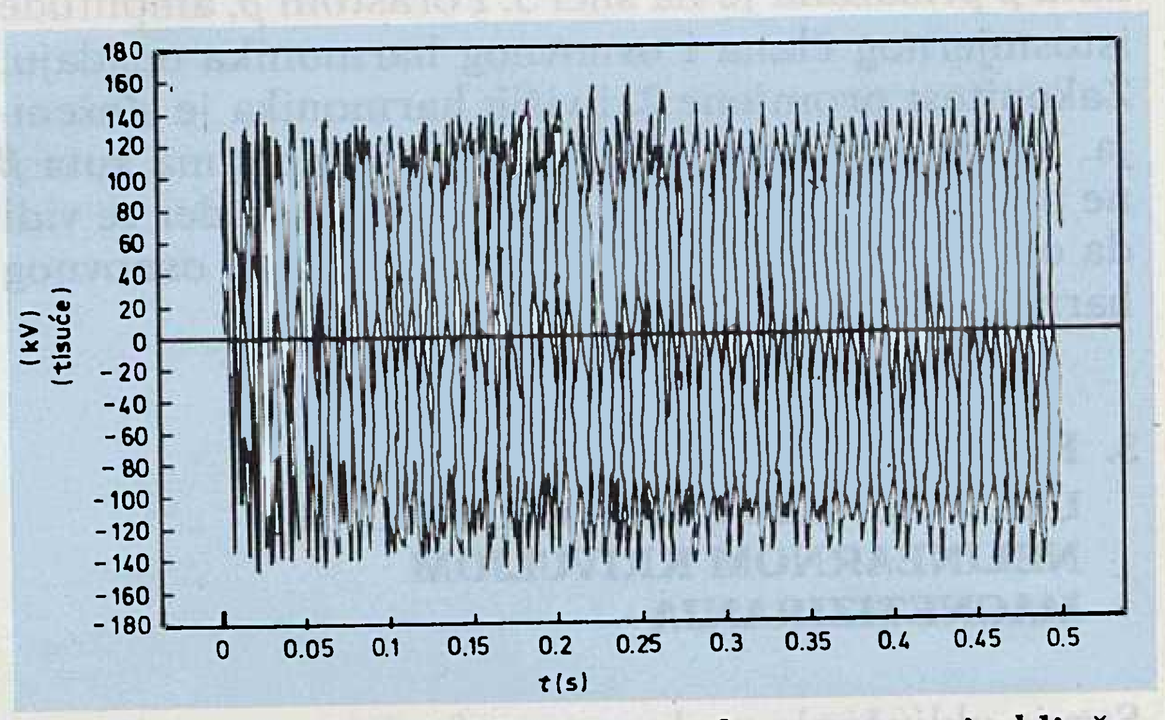
Dobiveni rezultati potvrđuju neke činjenice uočene u [1; 2; 3], u vezi s prenaponima uzrokovanim strujom uključenja.

U praksi je uočen fenomen kašnjenja trenutka pojavljivanja maksimalnog prenapona u odnosu prema trenutku pojavljivanja maksimalne struje uključenja.

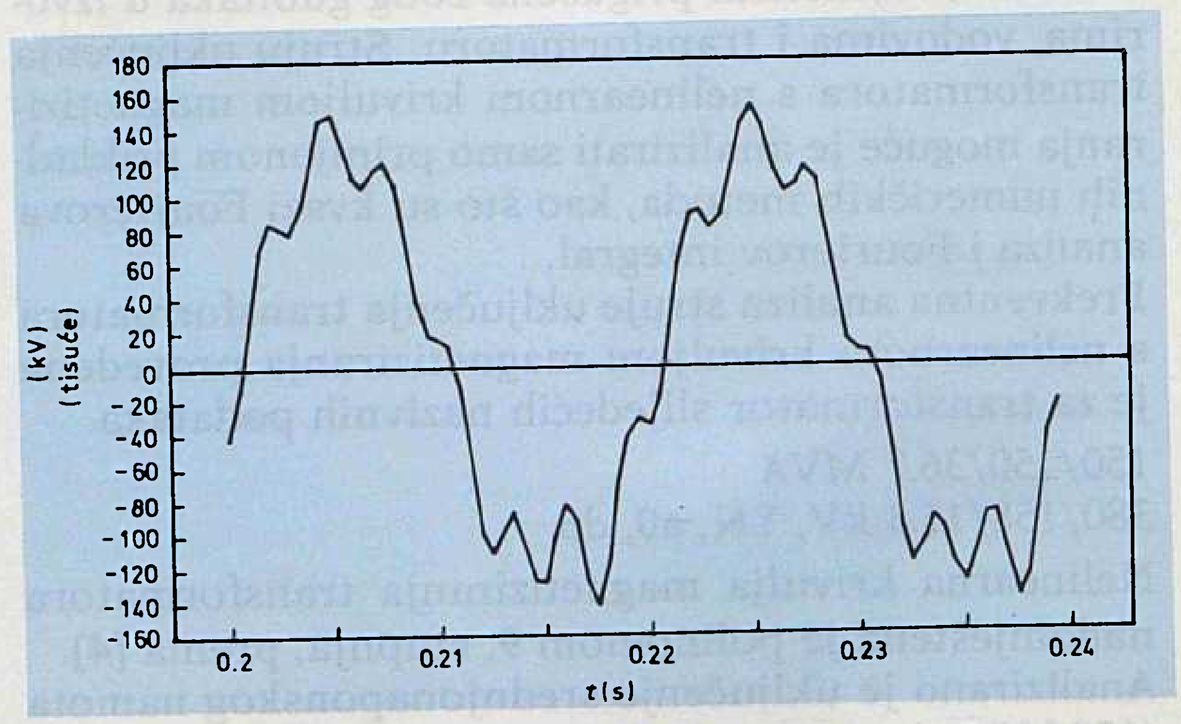
Zbog vremenskih varijacija viših harmonika struje uključenja, uvjetovanih poglavito prigušenjem prijelazne pojave, dolazi do kašnjenja nastanka maksimalne amplitude određenih viših harmonika struje uključenja u odnosu na trenutak maksimalne amplitude struje uključenja. Prenaponi, direktna posljedica rezonatnih harmonika, slijede vremenske varijacije amplitude rezonantnih harmonika, što znači da se i u njih očituje opisano kašnjenje.

Zanimljivo je napomenuti da su 3. harmonik u 3-HVDC stanicama, te 4. u kabelskim sistemima kritični harmonici [1].

Za opisani transformator proračunati su naponi na stezaljkama transformatora za slučaj uključenja transformatora na vod dužine 200 km. Naponi na stezaljkama transformatora prikazani su na slici 9. Maksimalni prenapon ($k \cong 1.2$) pojavljuje se u fazi A, i to 220 milisekundi nakon uključenja. Detalj napona faze A prikazan je na slici 10.

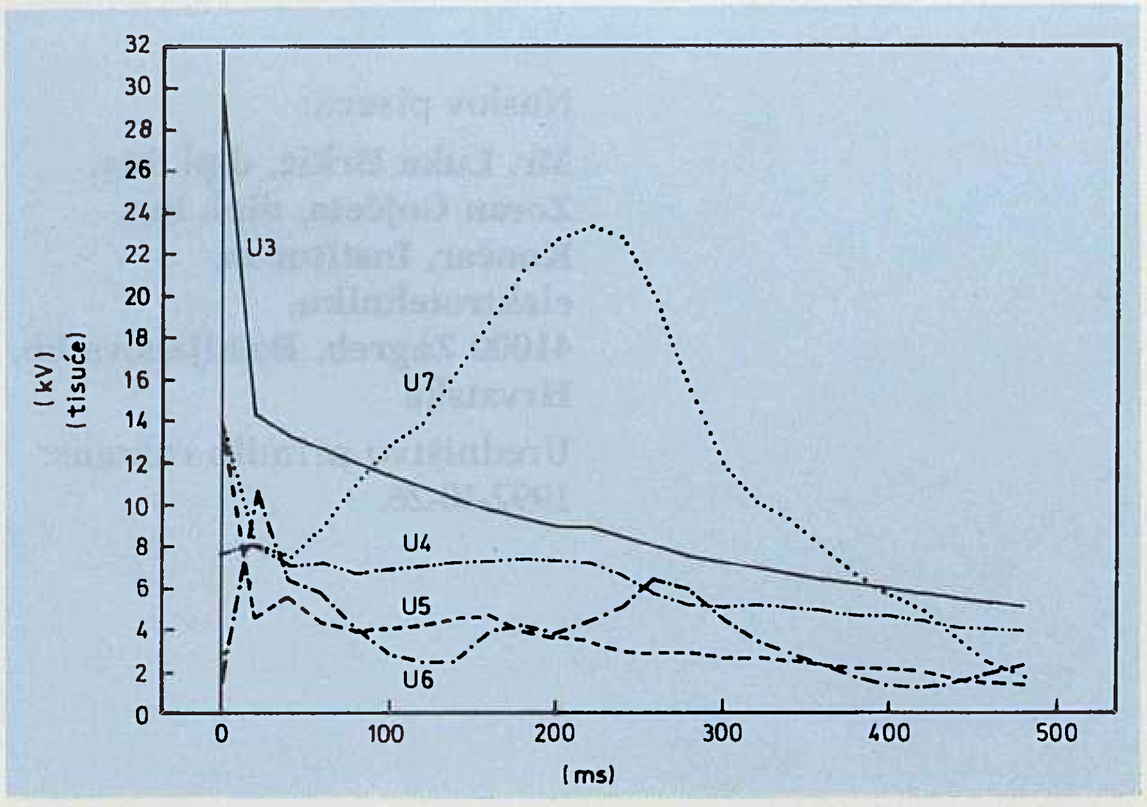


Slika 9. Naponi na stezaljkama transformatora pri uključenju transformatora na vod dužine 200 km

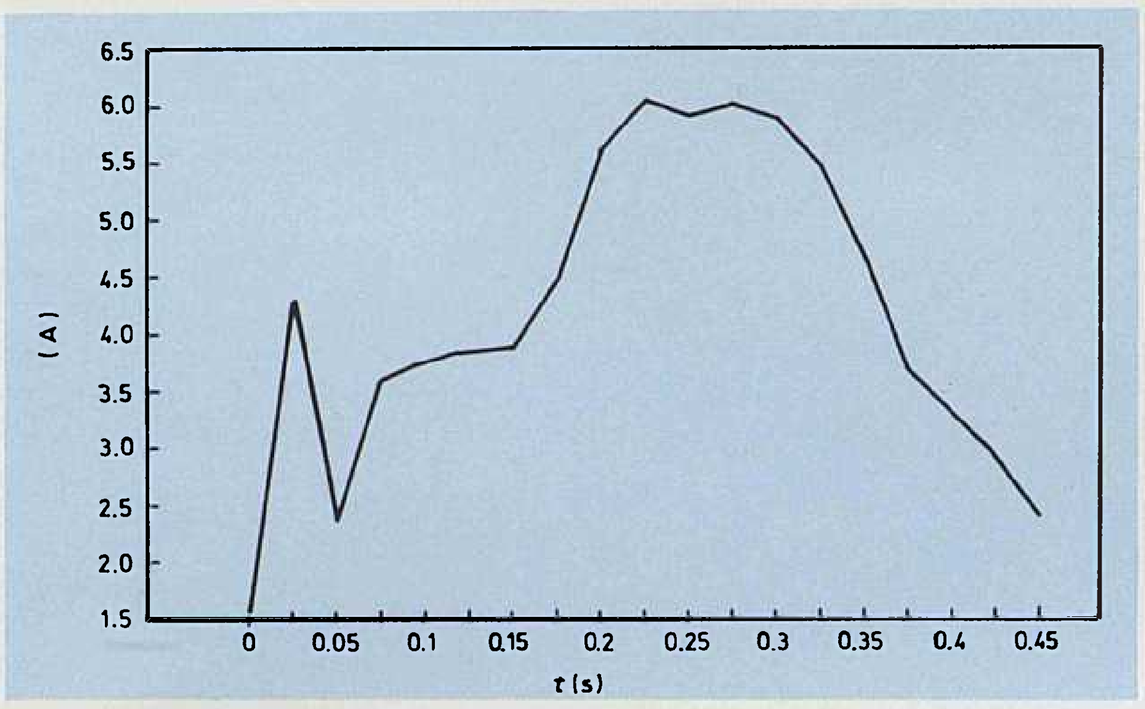


Slika 10. Detalj napona faze A pri uključenju transformatora na vod dužine 200 km

Kvazi Fourierovom analizom utvrđeno je da uzrok prenapona rezonantni 7. harmonik napona. Vremenska promjena viših harmonika napona, te promjena 7. harmonika struje prikazane su na slikama 11. i 12. Usporedbom slika 11. i 12. uočljiva je podudarnost vremenskih promjena 7. harmonika napona i 7. harmonika struje.



Slika 11. Vremenska promjena 3 – 7. harmonika napona faze A pri uključenju transformatora na vod dužine 200 km



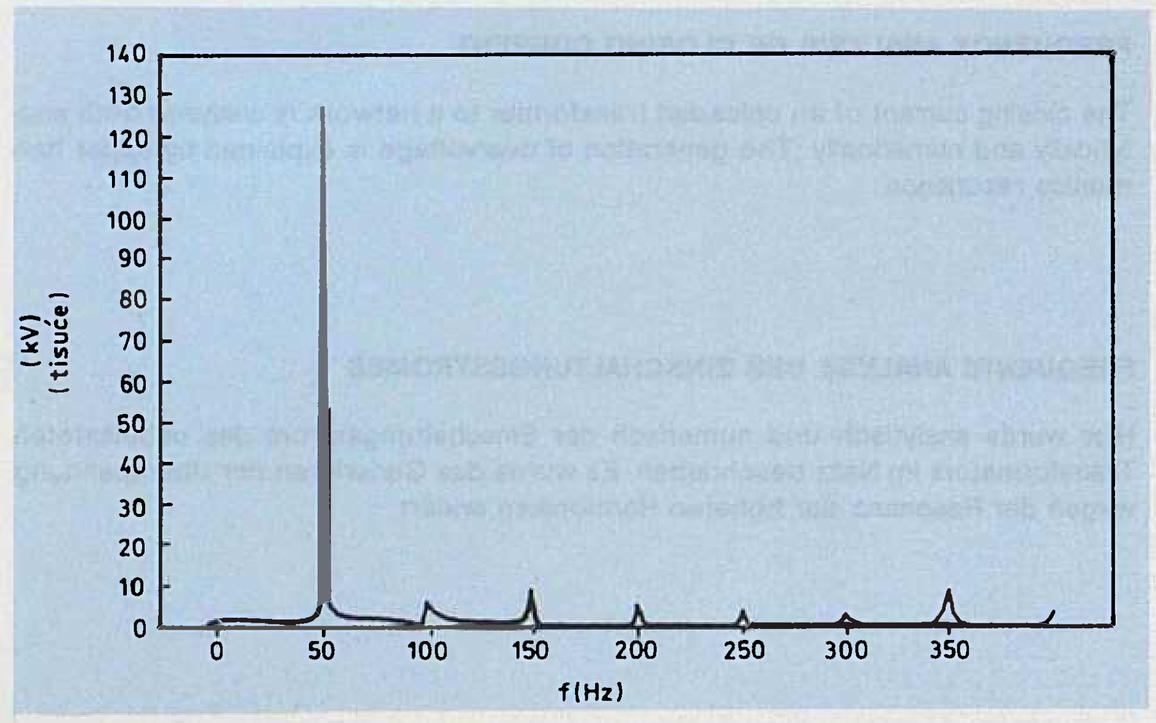
Slika 12. Vremenska promjena 7. harmonika struje pri uključenju transformatora na vod dužine 200 km

Budući je struja uključenja neperiodička funkcija, kao metoda frekventne analize može se primijeniti i Fourierov integral. Poznato je da se frekventni spektar $F(\omega)$ apsolutno integrabilne funkcije $f(t)$ definirane na konačnom intervalu, koja zadovoljava Dirichletove uvjete, može prikazati pomoću Fourierova integrala [5]:

$$F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt. \qquad (18)$$

Fourierov integral transformira originalnu vremensku funkciju u sumu neizmjerno velikog broja titranja s neprekinuto promjenljivom frekvencijom. Numeričko računanje integrala pojednostavljeno je primjenom prikladnih programskih paketa [6], a dobiveni integral vrlo zorno prikazuje »težinski« udio pojedinih harmonika u cjelokupnoj prijelaznoj pojavi.

Primjerice, odredi li se Fourierov integral napona faze A, može se uočiti dominacija 7. harmonika napona u odnosu prema ostalim višim harmonicima, kao što se vidi na slici 13.



Slika 13. Fourierov integral napona faze A pri uključenju transformatora na vod dužine 200 km

4. ZAKLJUČAK

Frekventna analiza struje uključenja transformatora s lineariziranom krivuljom magnetiziranja provedena standardnom Fourierovom analizom, te frekventna analiza struje uključenja transformatora s nelinearnom krivuljom magnetiziranja provedena numerički pokazale su sljedeće.

- Struja uključenja transformatora uz izraženu istosmjernu komponentu sadrži i mnoštvo viših harmonika.
- Od viših harmonika naročito je izražen drugi harmonik.
- Tijekom vremena istosmjerni član, 1. i 2. harmonik opadaju kontinuirano.
- Amplitude 3. i viših harmonika variraju tijekom vremena.
- Tijekom vremena raste ralativni udio viših harmonika u odnosu prema osnovnom harmoniku.
- Podudaranje rezonantne frekvencije mreže s frekvencijom nekog od harmonika struje uključenja može izazvati prenapone.

LITERATURA

[1] D. POVH, W. SCHULTZ: »Analysis of overvoltages caused by transformer magnetizing inrush current«, IEEE Trans. PAS-97, July/Avg. 1978.

[2] G. SYBILLE, M. GAVRILOVIĆ J. BELANGER: »Transformer saturation effects on EHV system overvoltages«, IEEE Trans. PAS-104, March 1985.

[3] R. YACAMINI: »Transformer inrush current and their associated overvoltages in HVDC schemes«, IEE Proc. Vol. 133, Pt. C. No. 6, September 1986.

[4] M. POLJAK: »Proračun ponašanja strujnog transformatora u kratkom spoju u mreži bez i sa automatskim ponovnim uključenjem«, Končar, Stručne informacije, 1 – 2, 1987.

[5] I. IVANŠIĆ: »Fourierov red i integral«, ETF Zagreb

[6] Upute za programski paket DADISP

FREQUENCY ANALYSIS OF CLOSING CURRENT

The closing current of an unloaded transformer to a network is analyzed both analytically and numerically. The generation of overvoltage is explained by upper harmonics resonance.

FREQUENTE ANALYSE DES EINSCHALTUNGSSTROMES

Hier wurde analytisch und numerisch der Einschaltungsstrom des unbelasteten Transformators im Netz beschrieben. Es wurde das Generieren der Uberspannung wegen der Resonanz der höheren Harmoniken erklärt.

Naslov pisaca:

Mr. Luka Brkić, dipl. ing.
Zoran Gojčeta, dipl. ing.
Končar, Institut za elektrotehniku,
41000 Zagreb, Baštijanova bb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-10-26.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE I ISKUSTVA NA MONTAŽI CIJEVNOG SUSTAVA KOTLA TE PLOMIN 2 UČINA 210 MW

Zlatko Varaždinec — Borislav Režek, Zagreb

UDK 621.183:621.22

PREGLEDNI ČLANAK

Prikazane su osnovne tehničke značajke cijevnog sustava kotla. Dan je komentar projektnih osobitosti kotla. Analiziran je tijek montažnih radova s posebnim osvrtom na neke probleme pri zavarivanju specijalnih legiranih čelika koji se primjenjuju u kotlogradnji. Bitna iskustva na izvođenju zavarivačkih radova opisana su detaljno. Posebno je obrađena tehnologija montaže membranskih cijevnih stijena, te postizanje kvalitete montažnih zavarenih spojeva u cijevnoj stijeni. Navedeni su osnovni podaci o opsegu provedenih kontrola.

Ključne riječi: cijevni sustav kotla, membranska cijevna stijena, zavarivanje, tehnologija montaže.

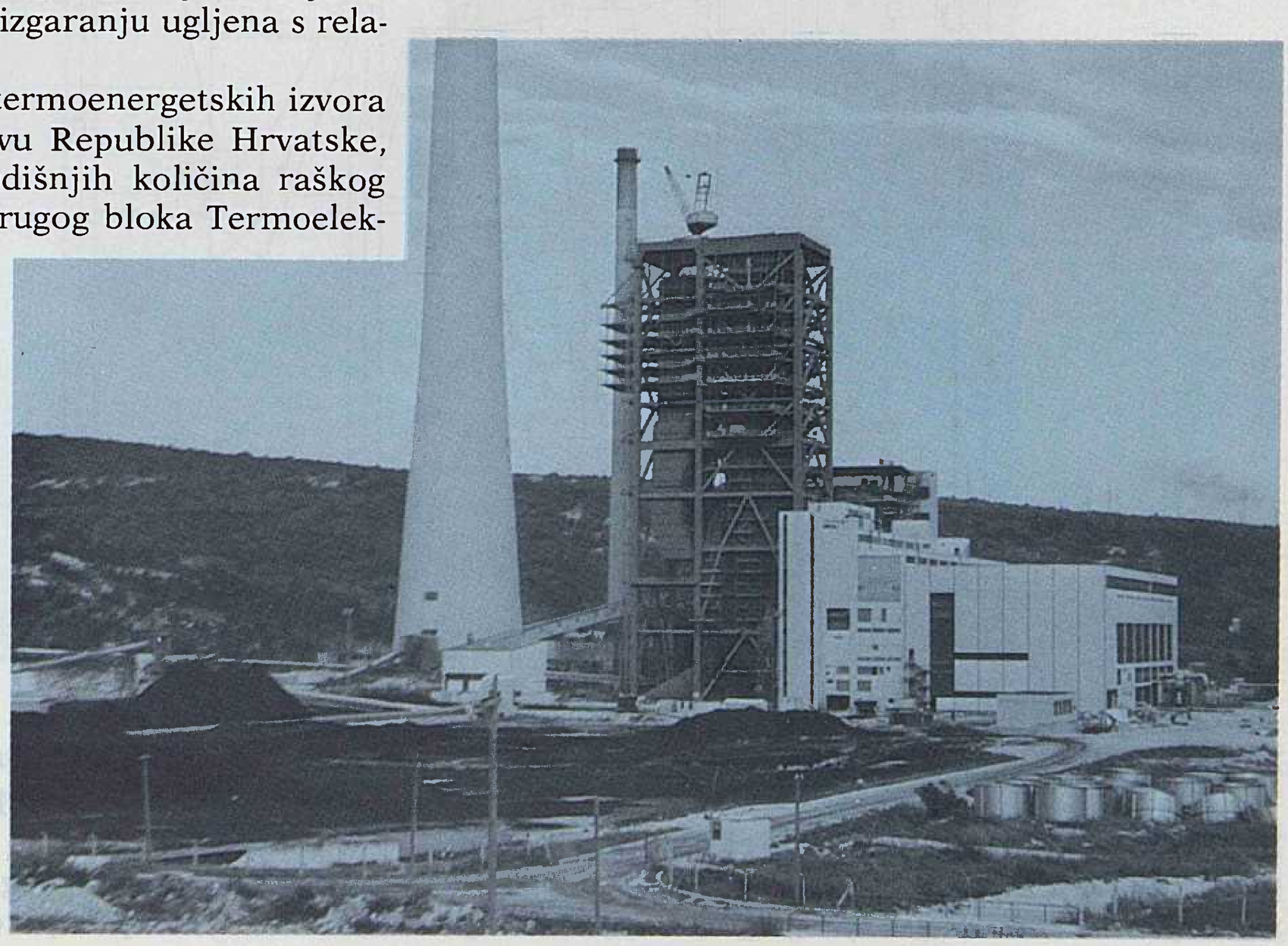
1. UVOD

Za pogon termoelektrana u Europi reda veličine 300 MW redovito se kao generatori pare odabiru parni kotlovi protočnog tipa. Kotlovi ovih veličina konstruirani su u toranjskoj izvedbi s ložištem iz membranskih cijevnih stijena.

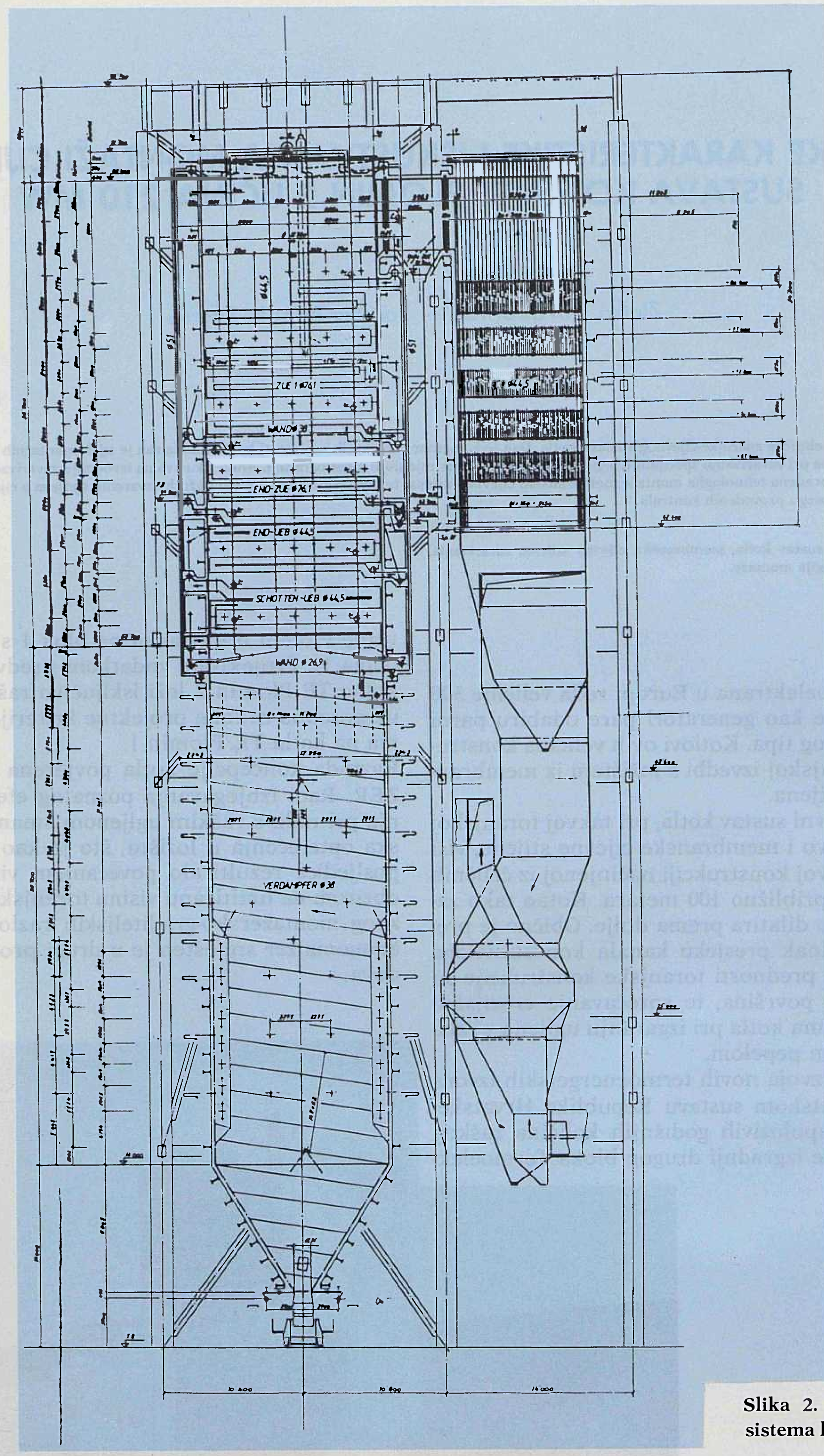
Cjelokupan cijevni sustav kotla, pri takvoj toranjskoj izvedbi, uključivo i membranske cijevne stijene, visi na glavnoj nosivoj konstrukciji načinjenoj iz čeličnih stupova visine približno 100 metara. Kotao tako zavješen slobodno dilatira prema dolje. Obično je presjek ložišta jednak presjeku kanala konvektivnoga dijela. Osnovne prednosti toranjske konstrukcije su manja tlocrtna površina, te sprečavanje erozijskih pojava na cijevima kotla pri izgaranju ugljena s relativno abrazivnim pepelom.

Prema planu razvoja novih termoenergetskih izvora u elektroenergetskom sustavu Republike Hrvatske, te osnovom raspoloživih godišnjih količina raškog ugljena prišlo se izgradnji drugog bloka Termoelektrane Plomin u nastavku na blok 1 s istočne strane (slika 1). Projektnim zadatkom predviđeno je da se kotao TE Plomin 2 loži isključivo raškim ugljenom, uz posebno zadane projektne kriterije glede problema na kotlu TE Plomin 1.

Razrada koncepcije kotla povjerena je tvrtki SULZER. Radi izbjegavanja poznatog efekta zašljakivanja pri radu s raškim ugljenom smanjena su toplinska opterećenja u ložištu, što je kao konstruktivna posljedica rezultiralo povećanjem visine ložišta. S obzirom na limitiranu visinu toranjske konstrukcije, zbog montažersko-graditeljskih razloga, kompletan ekonomajzer smješten je u drugi prolaz dimnih plinova.



Slika 1. Izgradnja TE Plomin 2



Slika 2. Presjek cijevnog sistema kotla TE Plomin 2

2. KONSTRUKTIVNE KARAKTERISTIKE KOTLA

Projektnim zadatkom Hrvatske elektroprivrede kao naručioca učin kotla TE Plomin 2 definiran je za održavanje maksimalnog trajnog opterećenja turbogeneratora od 210 MW, kad kotao treba raditi sa 97% maksimalnog trajnog opterećenja.

Za rješenje SULZER je odabrao svoj poznati tip takozvanog jednocijevnog protočnog kotla s proizvodnjom 650 t/h svježe pare, temperature 535 °C i tlaka

147,4 bar. Projektiran je za loženje ugljenom prašinom raškog kamenog ugljena sljedećih značajka:

Tablica 1. Značajke raškog kamenog ugljena

Karakteristike ugljena	
donja ogrjevna vrijednost	23447 (21770 – 25960) kJ/kg
ukupna vlaga	6,2 %
sadržaj pepela	15 (11 – 19) %
ukupni sumpor	9.5 (9 – 10) %
stupanj meljivosti	90 (80 – 100) °H
temperatura mekšanja pepela	1 175 (1 100 – 1 250) °C
Analiza pepela	
SiO_2 = 1.9 %	Al_2O_3 = 3.27 %
Fe_2O_3 = 4.59 %	CaO = 64.27 %
MgO = 3.79 %	Na_2O = 1.42 %
K_2O = 0.19 %	SO_3 = 20.57 %

Kotao je visok 96.5 metara i sastavljen od dva prolaza dimnih plinova (slika 2), ukupne težine cijevnog sustava 2 368 tona, po izvedbi sličan 300 MW kotlu Šoštanj 4.

U prvom prolazu dimnih plinova (prolaz I) smješteni su isparivač i pregrijači, a u prolazu II ekonomajzer. Zidovi prolaza I načinjeni su od membranskih cijevnih stijena, koje oblažu ložište i čine isparivačke površine kotla. Do visine 51.6 metara cijevi u membranama položene su zavojito, a iznad toga postavljene su vertikalno. Ukupna površina isparivača je 5 541 m².

U prolazu I ovješeni su cijevni snopovi međupregrijača 1, zadnjeg međupregrijača, zadnjeg pregrijača i zavjesnog (šoten) pregrijača kao najdonjega. U 2. tablici prikazani su osnovni podaci o pojedinim pregrijačima.

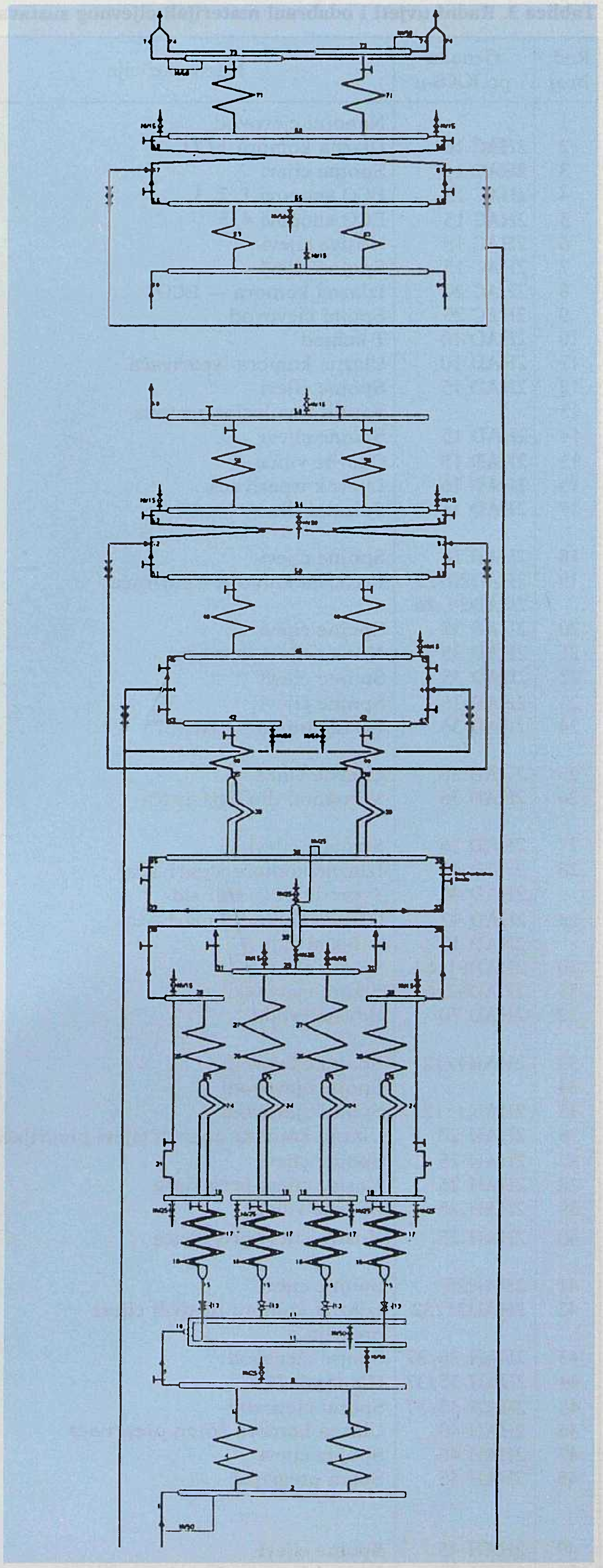
Tablica 2. Osnovni podaci pregrijačkih snopova

Vrsta pregrijača	Broj cijevi (br. snopova)	Korak među snopovima	Ukupna površina
međupregrijač 1	320 (64 × 5)	200 mm	8 908 m²
zadnji međupregr.	192 (64 × 3)	200 mm	2 955 m²
zadnji pregrijač	224 (32 × 7)	400 mm	2 073 m²
zavjesni pregrijač	210 (15 × 14)	800 mm	1 550 m²

Projektni proračunski parametri radnog medija i odabrani materijali po elementima cijevnog sustava kotla prikazani su u tablici 3. [1]

U prolazu II smješteni su cijevni snopovi ekonomajzera ukupne površine 10 630 m² koji se sastoje od 186 cijevi u 62 snopa s korakom 150 mm.

Shema protoka na slici 3. prikazuje način spajanja ogrjevnih površina. Napojna voda struji kroz snopove ekonomajzera u ulazne komore isparivača. Na izlazu iz ulaznih komora isparivača ugrađeni su regu-



Slika 3. Shema protoka cijevnog sistema kotla TE Plomin 2

Tablica 3. Radni uvjeti i odabrani materijali cijevnog sustava kotla

Red. broj	Oznaka po KKS-u	Naziv pozicije	Dimenzija cijevi	Materijal	Radni tlak	Radna temp.
1		Napojni cjevovod	324 × 25	CSN 15221.5		
2	2HAC 10	Ulazna komora ECO	406.4 × 30	15NiCuMoNb5	196.4	250
3	2HAC 15	Spojne cijevi	44.5 × 4.5	St 35.8		250
4	2HAC 15	ECO snopovi 1, 2, 3	44.5 × 4.5	St 35.8	196.2	250
5	2HAC 15	ECO snopovi 4, 5	44.5 × 5	St 35.8	193,3	280/307
6	2HAC 15	Nosive cijevi	44.5 × 6.3	13CrMo44	193.3	309
7	2HAC 15	Spojne cijevi	44.5 × 5	St 35.8	192.6	309
8	2HAC 20	Izlazna komora — ECO	323.9 × 21	15NiCuMoNb5	192.6	309
9	2HAC 25	Spojni cjevovod	273 × 14	15NiCuMoNb5	192.4	309
10	2HAD 10	T-komad		15NiCuMoNb5	197.8	309
11	2HAD 10	Ulazna komora isparivača	323.9 × 24	15NiCuMoNb5	197.8	309
12	2HAD 15	Spojne cijevi	48.3 × 4.5	15Mo3	197.5	309
13		Ventili regulacije protoka				
14	2HAD 15	Spojne cijevi	48.3 × 4.5		192.6	309
15	2HAD 15	Cijevne vilice	48.3/38	15Mo3	192.6	309
16	2HAD 16	Lijevak isparivača	38 × 7.1	15Mo3	192.6	309
17	2HAD 16	Spiralni dio	38 × 5	15Mo3	166.5	399
					189.7	320
18	2HAD 16	Spojne cijevi	38 × 5	15Mo3	166.5	399
19	2HAD20/22	Prelazna komora isparivača	273 × 16	15NiCuMoNb5	166.5	399
	2HAD24/26					
20	2HAD 35	Spojne cijevi	38 × 5	15Mo3	166.3	399
21	2HAD 35	Nosive cijevi komora	51 × 16	13CrMo44	166.3	399
22	2HAD 35	Spojne cijevi	38 × 5	15Mo3	164.1	399
23	2HAD 36	Spojne cijevi	26.9 × 5.6	13CrMo44	166.3	399
24	2HAD 36	Vertikalni dio isparivača	26.9 × 5.6	13CrMo44	165.4	409
					166.3	399
25	2HAD 36	Cijevne vilice	26.9/38	13CrMo44/15Mo3	165.4	409
26	2HAD 36	Vertikalni dio isparivača	38 × 6.3	15Mo3	165.2	413
			44.5 × 8.8	13CrMo44		
27	2HAD 36	Stropne cijevi	38 × 6.3	15Mo3	164.1	413
28	2HAD 42	Izlazne komore isparivača	273 × 21	15NiCuMoNb5	164.1	413
	2HAD 40	— prednji i zadnji zid				
29	2HAD 42	Izlazna komora isparivača	323.9 × 24	15NiCuMoNb5	164.1	413
	2HAD 40	— bočni zidovi				
30	2HAD61/64	Spojni cjevovodi	219.1 × 13	15NiCuMoNb5	163.8	413
31	2HAD62/63	Spojni cjevovodi	273 × 16	15NiCuMoNb5	163.8	413
32	2HAD 70	Odvajač vode	Ø6001 × 37	15NiCuMoNb5	161.2	413
					163.7	413
33	2HAH1/12	Spojni cjevovodi	273 × 16	15NiCuMoNb5	161.2	413
34		Spojni cjevovodi				
35	2HAH1/12	Spojni cjevovodi	273 × 16	15NiCuMoNb5	161.0	413
36	2HAH 20	Ulazna komora nosivih cijevi pregrijača	323.9 × 21	15NiCuMoNb	160.9	413
37	2HAH 25	Spojne cijevi	44.5 × 6.3	13CrMo44	160.5	413
38	2HAH 25	Nosive cijevi pregrijača	44.5 × 6.3	13CrMo44	159.6	419
39	2HAH 25	Cijevne vilice	44.5/44.5	13CrMo44	159.6	419
40	2HAH 25	Nosive cijevi pregrijača	44.5 × 6.3	13CrMo44	158.5	419
					158.1	434
41	2HAH25	Spojne cijevi	44.5 × 6.3	13CrMo44	157.9	434
42	2HAH31/32	Izlazna komora nosivih cijevi pregrijača	323.9 × 33	15Mo3	157.9	434
43	2HAH 35/37	Spojni cjevovod	323.9 × 33	15Mo3	157.6	434
44	2HAH 35/37	Hladnjak 1	323.9 × 33	15Mo3	157.6	424/434
45	2HAH 35/37	Spojni cjevovod	323.9 × 33	15Mo3	157.3	424
46	2HAH 40	Ulazna komora šoten pregrijača	323.9 × 33	15Mo3	157.2	424
47	2HAH 45	Spojne cijevi	44.5 × 5.6	13CrMo55	156.9	424
48	2HAH 45	Šoten pregrijač	44.5 × 5.6	13CrMo44	156.9	424
			44.5 × 7.1	10CrMo910		
			44.5 × 5	× 20CrMoV121	153.3	487
49	2HAH 45	Spojne cijevi	44.5 × 5	× 20CrMoV121	153.3	487
50	2HAH 50	Izlazna komora šoten pregrijača	323.9 × 25	× 20CrMoV121	153.0	487
51	2HAH 51/53	Spojni cjevovod	323.9 × 20	× 20CrMoV121	153.0	487
52	2HAH 51/53	Hladnjak 2	323.9 × 20	× 20CrMoV121	153.0	487/467
53	2HAH 51/53	Spojni cjevovod	323.9 × 20	13CrMo44	152.6	467
54	2HAH 60	Ulaz. komora krajnjeg pregrijača	323.9 × 20	13CrMo44	152.3	467
55	2HAH 65	Spojne cijevi	44.5 × 6.3	10CrMo910	152.0	467

Red. broj	Oznaka po KKS-u	Naziv pozicije	Dimenzija cijevi	Materijal	Radni tlak	Radna temp.
56	2HAH 65	Krajnji pregrijač	44.5 × 6.3	10CrMo910	147.7	535
			44.5 × 5	× 20CrMoV121		
			44.5 × 5.6	× 20CrMoV121		
			44.5 × 5.3	× 20CrMoV121		
57	2HAH 65	Spojne cijevi	44.5 × 6.3	× 20CrMoV121	147.7	535
58	2HAH 70	Izlaz. komora krajnjeg pregrijača	508 × 54	× 20CrMoV121	147.4	535
59		Cjevovod svježe pare	377 × 32	× 20CrMov121		
60		Cjevovod hladnog međupregrijanja	521 × 20	CSN 15110.5		
61	2HAJ 10	Ulazna komora međupregrijača 1	550 × 20	15Mo3	40.8	355
62	2HAJ 15	Spojne cijevi	76.1 × 4	15Mo3	40.6	355
63	2HAJ 15	Međupregrijač 1	76.1 × 4	15Mo3	40.6	365
			76.1 × 5	13CrMo44	40.3	491
64	2HAJ 15	Spojne cijevi	76.1 × 5	13CrMo44	40.3	491
65	2HAJ 20	Izlazna komora međupregrijača 1	508 × 24	13CrMo44	40.3	491
66	2HAJ 25/26	Spojni cjevovod	508 × 17	13CrMo44	40.1	491
67	2HAJ 25/6	Hladnjak 3	508 × 17	13CrMo44	40.1	491/460
68	2HAJ 25/26	Spojni cjevovod	508 × 12	13CrMo44	39.9	460
69	2HAJ 30	Ulaz. komora krajnji međupregrij.	508 × 17	13CrMo44	39.8	460
70	2HAJ 35	Spojne cijevi	76.1 × 4	13CrMo44	39.6	460
71	2HAJ 35	Krajnji međupregrijač	76.1 × 4	13CrMo44	39.6	460
			76.1 × 5	10CrMo910		
			76.1 × 5.6	× 20CrMoV121	39.5	535
72	2HAJ 35	Spojne cijevi	76.1 × 5.6	× 20CrMoV121	39.0	535
73	2HAJ 40/42	Izlaz. komora krajnji međupregrij.	419 × 34	10CrMo910	38.8	535
74		Cjevovod vrućeg međupregrijanja	377 × 22	CSN 15128.5		

lacijski ventili kojima se osigurava jednakost protoka kroz sve cijevi isparivača. Iz isparivača ulazi mješavina voda-para u odvajač vode. Izdvojena para dalje prolazi kroz snopove zavjesnog i zadnjeg pregrijača. Dva regulacijska stupnja ubrizgavanja, na 4 mjesta ubrizgavanja, zbog dva paralelna toka pregrijane pare, održavaju izlaznu temperaturu pare na željenoj vrijednosti.

Radi izbjegavanja filmskog isparavanja u cijevnim stijenama ložišta, koje se može javiti zbog visokih toplinskih opterećenja, ložište je do visine 51.6 metra izvedeno sa zavojito položenim cijevima u membranskom zidu. Takvo konstruktivno rješenje sa zavojito položenim cijevima omogućava izvedbu s manjim brojem cijevi u stijeni ložišta odnosno smanjenim protočnim presjekom isparivača. Time se povećava maseni protok vode kroz pojedinu cijev, što sprečava pojavu efekta filmskog isparavanja na mjestima maksimalnoga lokalnoga toplinskog opterećenja. [2]

Međupregrijač je dvostepen i ima dva mjesta ubrizgavanja za regulaciju temperature.

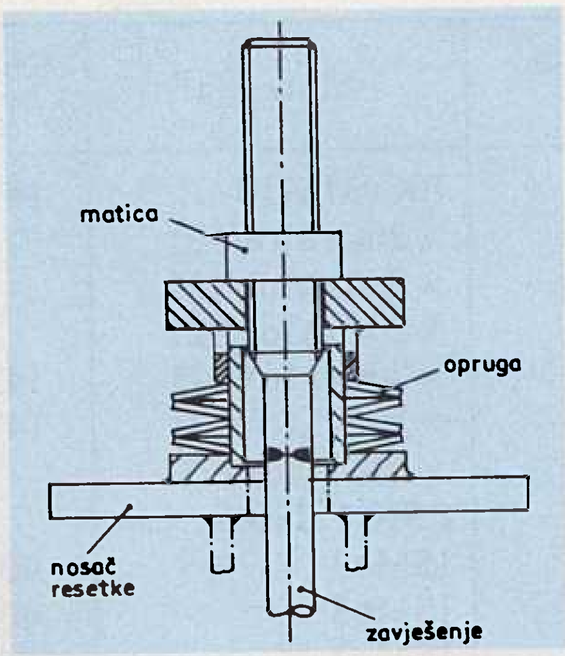
Kotao je viseće izvedbe, zavješen na nosivu rešetku koja je ujedno završna platforma čelične konstrukcije. Cijevni sustav kotla, tako zavješen, slobodno dilatira zbog temperaturnih promjena prema dolje, te kod punog pogonskog opterećenja na najnižoj točki (ulaznoj komori isparivača) ova dilatacija iznosi 490 mm. Cijevni snopovi pregrijača i međupregrijača zavješeni su na nosive cijevi pregrijača, čije su radne temperature i toplinska izduženja ista kao i membranskih cijevnih zidova isparivača, čime je izbjegnuto izazivanje dodatnih naprezanja u cijevima snopova.

Pomak sabirnih komora pregrijača prema niže zbog temperaturne dilatacije omogućuje izvedba zavješenja, koje je na jednoj strani oslonjeno na zid isparivača, a na drugoj strani na nosive cijevi komora. Kroz nosive cijevi dimenzije Ø 51 × 16 prolazi para iste temperature kao i kroz isparivač. Toplinska izduženja nosivih cijevi komora jednaka su izduženjima zidova isparivača. Spojni cjevovodi sabirnih komora su zavješeni na opružnim zavješenjima s konstantnom silom. Hod zavješenja podešen je prema izduženju isparivača u toj ravnini.

U prolazu II cijevni su snopovi ekonomajzera zavješeni na nosive čelične trake od istog materijala kao i oplata, te je temperaturno izduženje jednako. Maksimalno temperaturno izduženje drugog prolaza iznosi 210 mm.

Vođenje kotla unutar čelične konstrukcije riješeno je posebnim sistemom vođenja kotla. Sistem vođenja kotla projektiran je za osiguravanje prolaza I i II od plastičnih deformacija, a koje su moguće u ekstremnim situacijama (jaki udari vjetra, potresi, ekstremni pogonski uvjeti). Vodilice su postavljene između sredina bandaža i osnovnih stupova čelične konstrukcije, te prenose sile s kotla na stupove čelične konstrukcije. U prolazu I su postavljene u 3 nivoa (na koti 80 250 m, 55 000 m i 15 393 m), a u prolazu II u 2 nivoa (kota 79 550 m i 64 800 m). Za osiguranje od jakih udara vjetra vodilice prolaza I proračunate su na vlačnu silu od 60 tona. U normalnom pogonu vodilice omogućuju poprečno kretanje kotla do 10 mm.

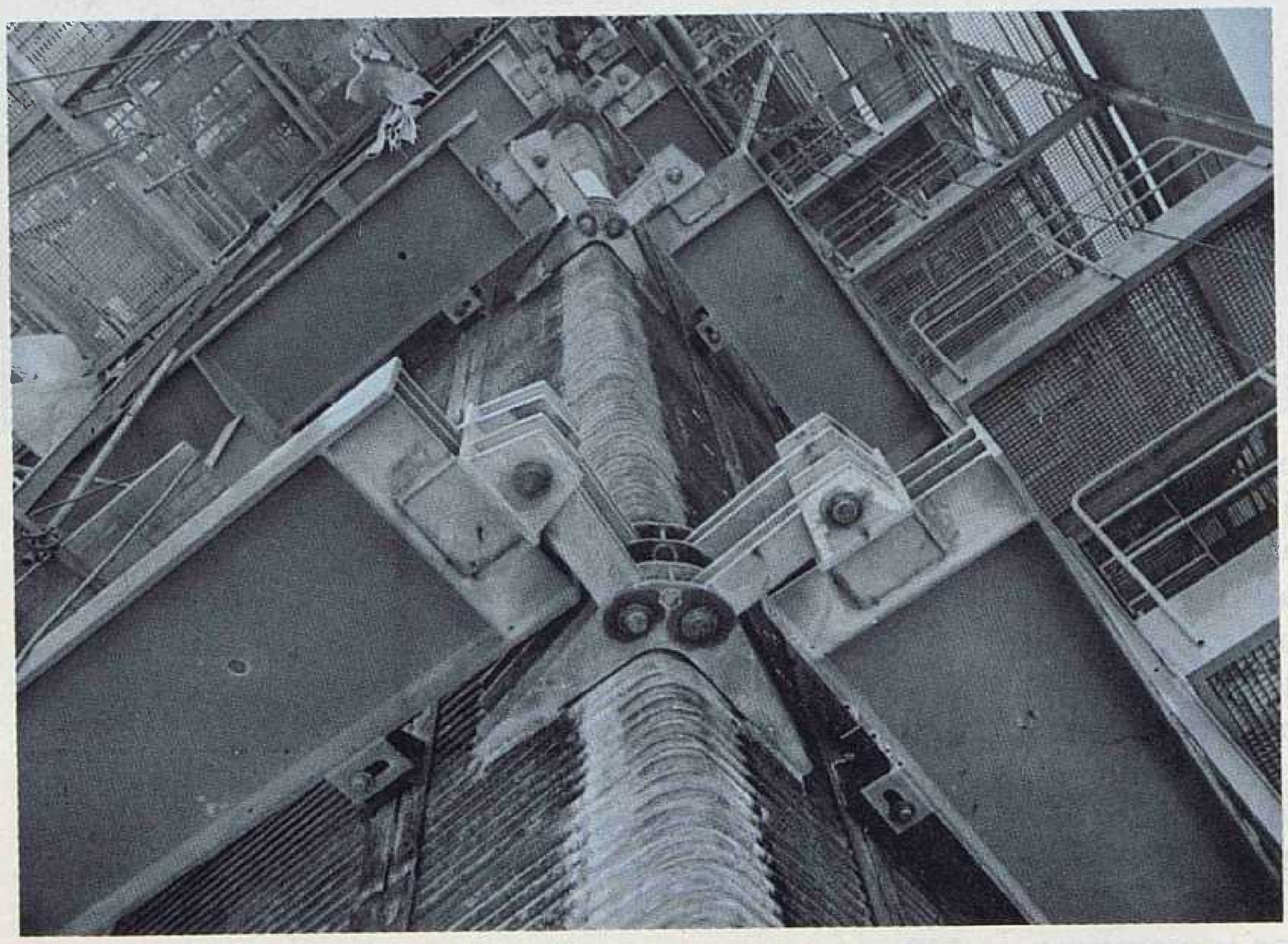
Membranske cijevne stijene isparivača zavješene su za nosivu rešetku pomoću ukupno 64 zavješenja, elastično preko dva para tanjurastih opruga mak. nosivosti 33 t po zavješenju. Kraj cilindričnog zavješenja izveden je navojno, što omogućuje podešavanje visine i ujedno kontrolu opterećenja (slika 4). Također je moguće kompleksnim podešavanjem svih zavješenja, centrirati kompletni kotao u odnosu prema uzdužnoj glavnoj osi. Pregrijački snopovi zavješeni su na isti način kao i cijevne stijene isparivača, dok su ekonomajzer i oplata prolaza II zavješeni kruto.



Slika 4. Detalj zavješenja membranskih cijevnih stijena isparivača i pregrijača na vrhu kotla

Membranske cijevne stijene isparivača ojačane su čeličnim pfofilima IZN 625. Ove bandaže, postavljene su horizontalno na svakih 2,5 m visine u vertikalnom dijelu, na svakih 4 m visine u zavojitom, te na svakih 1,8 m u spiralnom dijelu isparivača, odnosno lijevku.

Po tri bandaže povezane su vertikalno čeličnim profilima INP 300. Konstrukcija pričvršćenja ojačanja za zidove isparivača, kao i spojevi sa vertikalnim profilima, izvedeni su tako da omogućuju nesmetana toplinska izduženja zidova isparivača u horizontalnom i vertikalnom smjeru (slika 5).



Slika 5. Uglovi spiralnog isparivača s ojačanjima

3. PROJEKTNE OSOBITOSTI KONSTRUKCIJE KOTLA

Kotao je projektiran za raški kameni ugljen koji osim visokog udjela sumpora (9,5%) sadrži i 15% pepela sklonog zašljakivanju i prljanju ogrjevnih površina. Zbog tih razloga kotao je opremljen s većim brojem parnih ispuhivača (78 kom.) i vodnih ispirača pepela (72 kom.). Loženje je izvedeno kao tangencijalno kutno sa 24 gorača za ugljenu prašinu i 8 gorača za ekstra lako loživo ulje za potpalu kotla.

Tijekom probnog pogona i prvih dana eksploatacije TE Plomin 1, zbog nepredviđenog efekta naljepljivanja letećeg pepela na stijenke ložišta, pokazalo se da maksimalno opterećenje prihvatljivo za trajnu ekploataciju iznosi samo 62% od projektom predviđenih 125 MW.

Konstruktor kotla TE Plomin 2 problem je riješio smanjenjem temperature i toplinskih opterećenja. Tako su zbog znatno većeg volumena ložišta i povoljnijeg rasporeda gorača toplinska opterećenja ložišta znatno smanjena, a proračunska temperatura dimnih plinova na kraju ložišta iznosi 1 018 C.

U odnosu na 125 MW kotao TE Plomin 1 koji se loži istim ugljenom, volumen ložišta je trostruko povećan, toplinsko opterećenje ogrjevnih površina ložišta smanjeno je za 30%, a toplinsko opterećenje pojasa gorača za 40%. Korak cijevnih snopova međupregrijača, krajnjeg pregrijača i ekonomajzera (150 mm) je povećan, dok su brzine dimnih plinova kroz cijevne snopove smanjene i kreću se do maks. 8 m/s. Karakteristične vrijednosti za oba bloka prikazane su u tablici 4.

Očekuje se da će temperaturne neravnomjernosti na raznim mjestima ložišta biti blaže i da lokalne temperature na kritičnim mjestima neće doseći temperaturu taljenja pepela za predviđeni ugljen.Povećanje visine ložišta također omogućuje dvostruko veći put izgaranja čestica u odnosu na TE Plomin 1. Takvo rješenje osigurava izgaranje do kraja i najkrupnijih čestica, a ujedno i njihovo hlađenje ispod temperatura sinteriranja prije nego što dođu u dodir sa konvektivnim površinama.

Tablica 4. Karakteristične vrijednosti kotlova Plomin 1 i Plomin 2

	Plomin 1	Plomin 2
Snaga bloka	125 MW	210 MW
Proizvodnja pare	385 t/h	670 t/h
Ukupno dovedena toplina	351,6 MW	605,3 MW
Presjek ložišta	9,83 × 9,83 m	12,95 × 12,95 m
Obujam ložišta	2391,5 m³	7 184,3 m³
Broj gorača (u pogonu)	12	20
Topl. opterećenje po goraču	29,3 MW	30,2 MW
Površina pojasa zone gorača	280,1 m²	691,7 m²
Topl. opt. zone gorača	1,255 MW/m²	0,875 MW/m²
Volumno topl. opterećenje	0,147 MW/m³	0,0843 MW/m³
Temp. d. plina na izl. ložišta	1 180°C	1 018°C

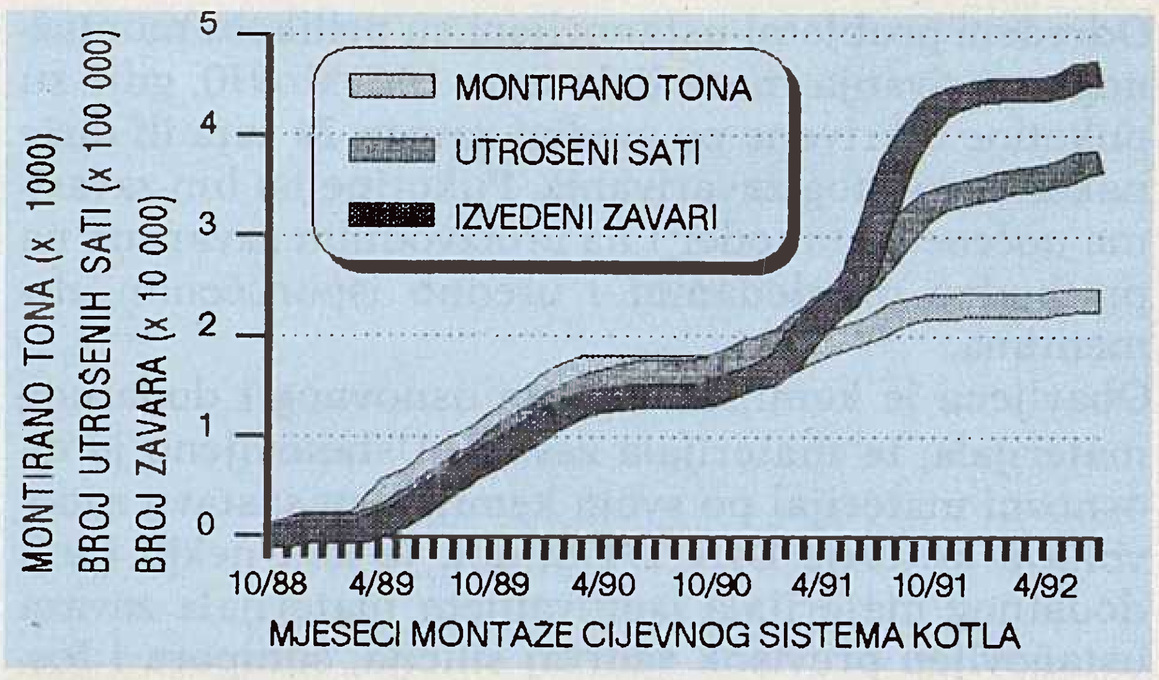
4. PROIZVODNJA KOTLA I PRIPADAJUĆE OPREME

Kotlovsko postrojenje je ugovoreno s tvrtkom »Đuro Đaković Inženjering«, koja je inženjering na kotlu povjerila tvrci SULZER. »SULZER« je izradio bazni projekt, izvedbeni projekt i radioničku dokumentaciju. Glavni podisporučilac kotlovske opreme, a također i sudionik u razradi dokumentacije je »Đuro Đaković — Tvornica energetskih postrojenja« koja je isporučila ravne, zavojite i spiralne isparivačke sekcije s uglovima gorača, zavješenja, međupregrijače i zavjesni pregrijač, spojne cjevovode i komore, ekonomajzer te oplatu kotla sa spojnim kanalima. »SUZLER« je isporučio odvajač vode, zadnji pregrijač, kompletnu armaturu uključivši glavni parni ventil i hladnjake pare.

Cjelokupnu montažu i sve zavarivačke radove na čeličnoj konstrukciji i cijevnom sustavu kotla izvodila je tvrtka »Đuro Đaković — MONTAŽA«. Osiguranje kvalitete u proizvodnji i pri montaži vršio je »EKONERG« — Zagreb. Nadzor na montaži prema ugovorenim DIN, VDI, VGB propisima, te posebno nadzor zavarivanja prema »Technische Regeln fuer Dampfkesseln« TRD — 201 [3] investitor je također povjerio firmi »EKONERG« — Zagreb.

5. MONTAŽA CIJEVNOG SUSTAVA

Montaža je započela u listopadu 1988. s predviđenim trajanjem od 14 mjeseci. Zbog u prvom redu izostanka cjelovitog planiranja i upravljanja projektom od izvođača (»INGRA« — Zagreb) kada je blok građen ugovorom po sistemu »ključ u ruke«, a što je rezultiralo nedostatkom opreme i dokumentacije, a kasnije i zbog pomanjkanja financijskih sredstava investitora, montaža cijevnog sustava kotla završena je u srpnju 1992. godine odnosno 30 mjeseci kasnije od plana.



Slika 6. Progres tehničke gotovosti montaže kotla Plomin 2

Na dijagramu, slika 6, dan je ukupan prikaz kretanja tehničke gotovosti cijevnog sustava kotla od početka do kraja montaže. U razdoblju 4.91 – 10.91, u kojem je postavljena nova organizacija posla, kada je investitor izvršio preugovaranje poslova i preuzeo cjelovito planiranje i upravljanje projektom, montaža cijevnog sustava kotla izvedena je u skladu s uobičajenim normativima (u razdoblju 6 mjeseci montirano je 57% kotla, za što je utrošeno približno 100 000 norma sati).

Tijekom montaže cijevnog sustava kotla montirano je 2 368 tona opreme, zavareno je 26 000 cijevnih zavara i 20 000 metara uzdužnih zavara. Za montažu je korištena 27 t dizalica i 8 elektromotornih vitala nosivosti 5 t smještenih na vrhu kotla, te auto-dizalice nosivosti 30 t i 40 t na predmontažnom prostoru. Posebna pozornost pridana je kvaliteti zavarivačkih radova. Svi zavarivači cijevnih zavara bili su atestirani prema DIN 8560 i dodatno reatestirani nakon dolaska na gradilište. Kontrola zavara bezrazornim metodama provedena je u opsegu: svi cijevni zavari klase Q1 obvezno su kontrolirani 100% UT (ultrazvučno), 100% RT (radiografski) i 100% MT (magnetski), a cijevni zavari klase Q2 100% UT i 5% RT. Određeni uzorci ispitani su laboratorijski razornim metodama, a obavljena je analiza legirnih elemenata. Uzorci su vađeni iz već ugrađenih dijelova cijevnog sustava, posebno materijal 10CrMo910 s kojim je bilo problema u zavarivanju.

Pri hidrauličnoj tlačnoj probi na ispitnom tlaku od 233 bara došlo je do propuštanja na samo 3 zavara, dva izvedena u proizvodnji i jedan u montaži.

5.1. Problemi zavarivanja materijala 10CrMo910

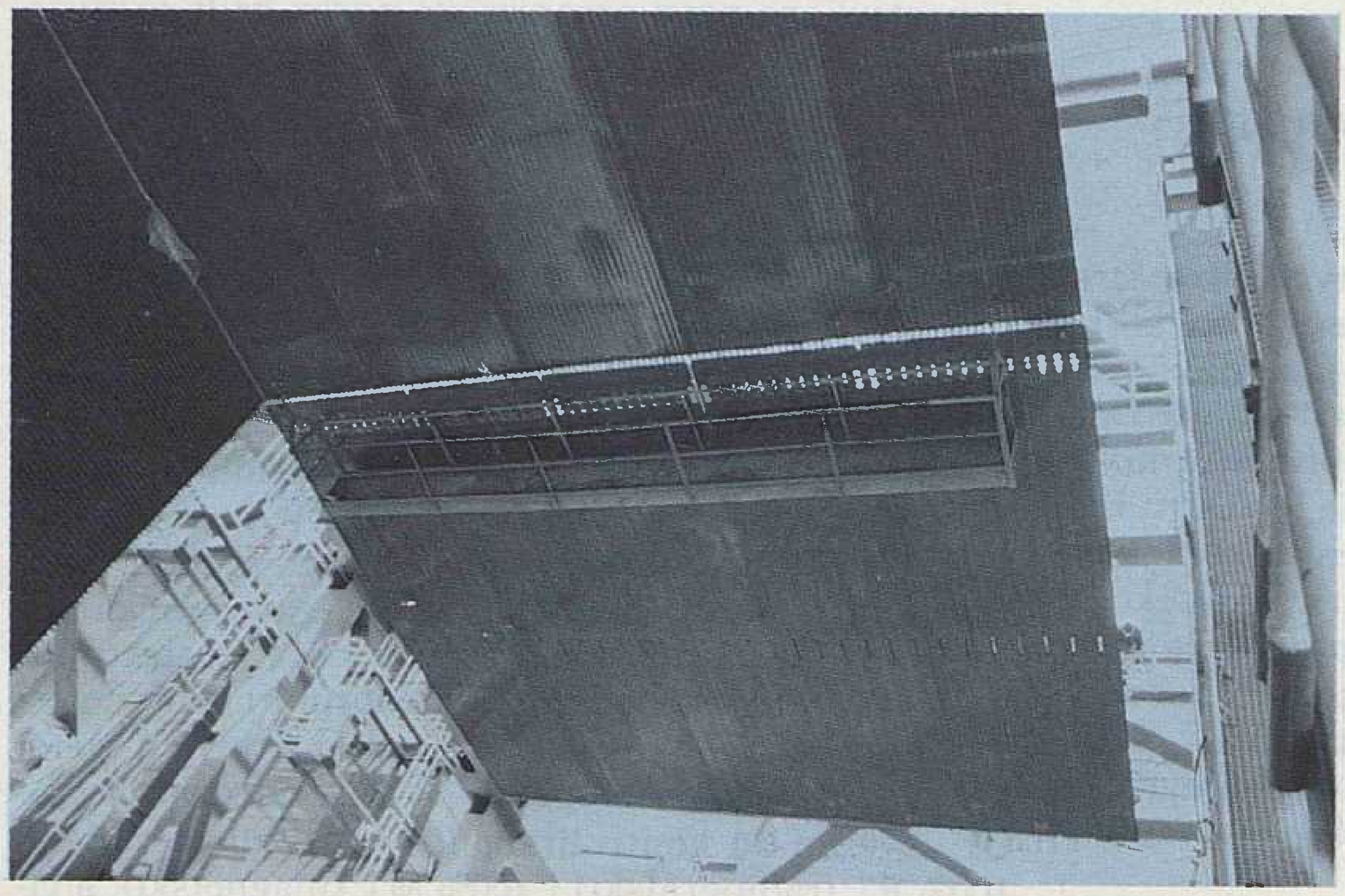
Materijal 10CrMo910 primijenjen je na dijelovima cijevnog sustava kotla čije se radne temperature kreću između 450 °C i 500 °C. Od materijala 10CrMo910 izrađen je: dio cijevnih snopova zavjesnog pregrijača, zadnjeg pregrijača i zadnjeg međupregrijača, kompletan spojni kanal i gornji dio oplate prolaza II. Materijal cijevi isporučio je »Mannesmann«, a lim je isporučila željezara »Jesenice«. Cijevni zavari izvođeni su TIG-postupkom uz predgrijavanje na 300 °C i uz korištenje žice CM2-IG (Boehler). Lim zavari izvođeni su REL-postupkom, uz predgrijavanje na 300 °C, a korištena je elektroda EVB2CrMo (Jesenice).

Određeni problemi ustanovljeni su prilikom montažnog zavarivanja materijala lima 10CrMo910, gdje su pukotine otkrivene po sredini zavara 24 sata ili duže nakon izvršenog zavarivanja. Pukotine na lim-zavarima uočene su također i na proizvodnim zavarima na prethodno pregledanim i uredno isporučenim elementima.

Obavljena je kemijska analiza osnovnog i dodatnog materijala, te materijala zavara. Ustanovljeno je da osnovni materijal po svom kemijskom sastavu zadovoljava kriterije DIN 17175, dok je kod nekih šarži dodatnog materijala ispitivanjem materijala zavara ustanovljen previsok sadržaj silicija, sumpora i fosfora, propisanih DIN 8575. Na osnovi dobivenih rezultata nije bilo dopušteno dalje zavarivanje određenim šaržama elektroda EVB2CrMo (Jesenice). Zavarivanje je uspješno nastavljeno elektrodom FOX CM-2Kb (Boehler), koja sadrži legirne elemente u materijalu žice a ne u oblozi, uz strogo poštivanje propisanog postupka, predgrijavanje na 250 °C i prekrivanje azbestom zavarenih spojeva.

5.2. Montaža membranskih cijevnih stijena isparivača

Membranske cijevne stijene isparivača isporučene su na gradilište u manjim dijelovima — registrima prikladnim za proizvodnju i transport, dimenzija 9,800 × 2,500 vertikalni dio i 13,000 × 2.500 zavojiti dio. U fazi predmontaže registri su na gradilištu sastavljani u cijevne stijene u ukupnoj širini ložišta, koje su na koti 0,0 ukrućivane bandažama. Tako pripremljeni dijelovi membranske cijevne stijene pomoću specijalnih naprava dovedeni su u vertikalni položaj i dizalicama podizani na mjesto ugradnje (slika 7).

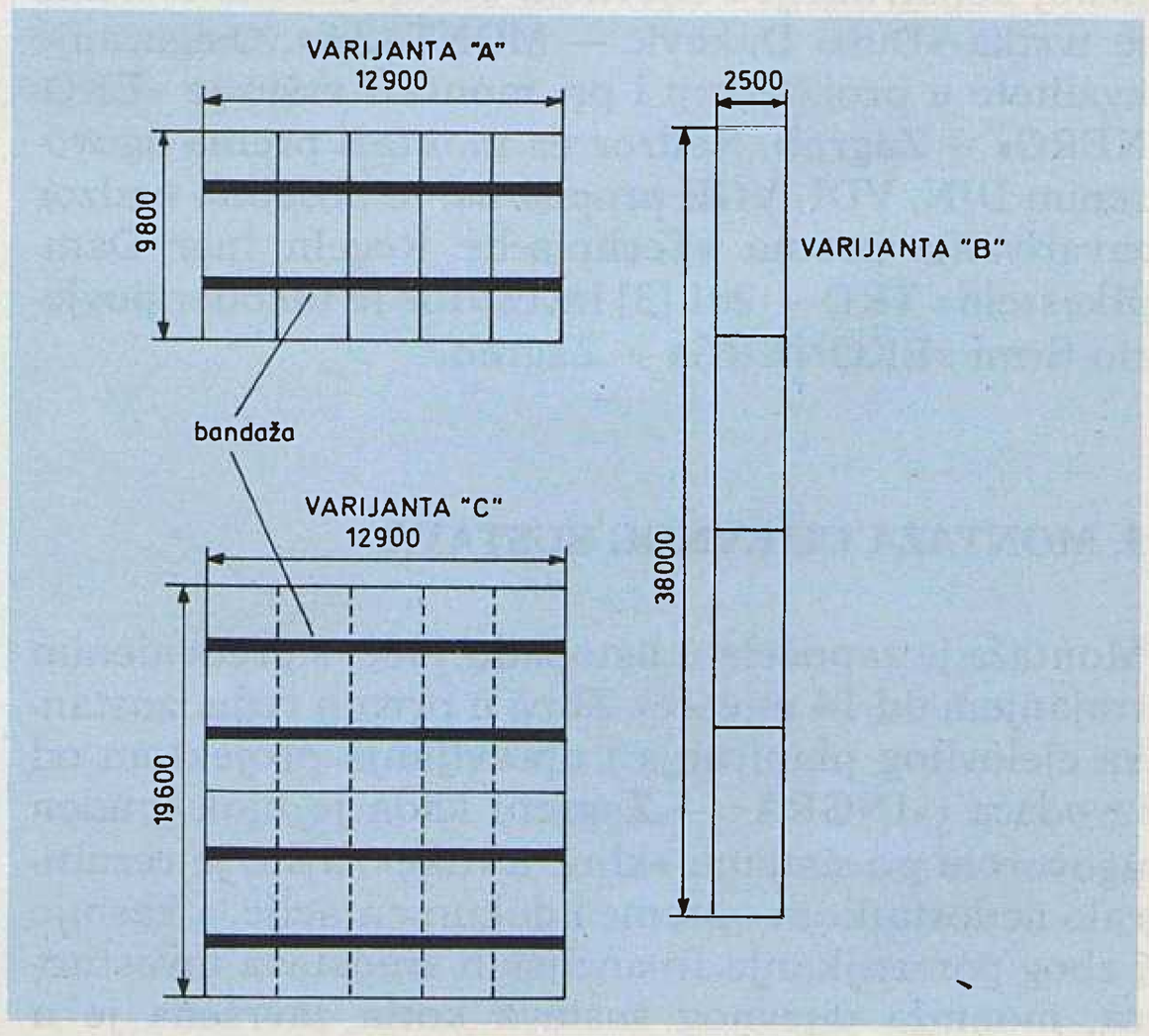


Slika 7. Montaža cijevnih stijena vertikalnog isparivača

5.2.1. *Tehnologija montaže cijevnih stijena vertikalnog isparivača*

Sastavljanje cijevnih stijena vertikalnog isparivača na izgradnji toranjskih kotlova načelno je moguće izvoditi u tri varijante prema slici 8:

a) sastavljanjem registara po širini do ukupne širine stranice (12,900 m) na predmontažnom prostoru i zatim podizanjem na mjesto ugradnje,
b) sastavljanjem registara po visini do ukupne dužine vertikalnog isparivača 38,000 m na predmontažnom prostoru. Nakon podizanja i centriranja ukrupnjenih registara 2,500 × 38,000 m se obavlja sastavljanje u ukupnu širinu stranice,
c) sastavljanjem 2 registra po visini i povezivanjem preko ojačanja cijevnih stijena — bandaža s ostalim registrima do ukupne širine na predmontažnom prostoru (bez zavarivanja s ostalim registrima). Zavarivanje po širini izvodi se pošto se podigne i prilagodi još jedna ukrupnjena stijena 19,600 × 12,900 m.



Slika 8. Mogućnosti montaže cijevnih stijena vertikalnog isparivača

Na gradilištu je primijenjena varijanta a). Prednost je te varijante u smanjenju broja sati visinskog rada, te posebno što omogućuje rad na predmontaži i kod jačeg vjetra. Nedostatak je u kumulativnom prijenosu odstupanja iz jednog registra na preostale u toj stranici, što može izazvati nepodudaranje osi cijevi između dviju stranica. Taj nedostatak rješava se razrezivanjem brtvenih traka. Bitan uvjet za uspješnu montažu cijevnih registara jest poštivanje redoslijeda zavarivanja prema kriteriju da se prvo zavaruju cijevi koje imaju najmanji razmak (u jednoj ravnini bilo je potrebno zavariti 250 cijevi). Zbog nepoštivanja redoslijeda zavarivanja na desnoj strani vertikalnog isparivača nastala su nedozvoljena izbočenja cijevne stijene. Taj problem je saniran izrezivanjem jednoga dijela cijevne stijene i ubacivanjem novoga dijela. Navedeni nedostaci varijante a) mogu se znatno smanjiti strožom kontrolom proizvodnje registara i probnom predmontažom registara u proizvodnji.

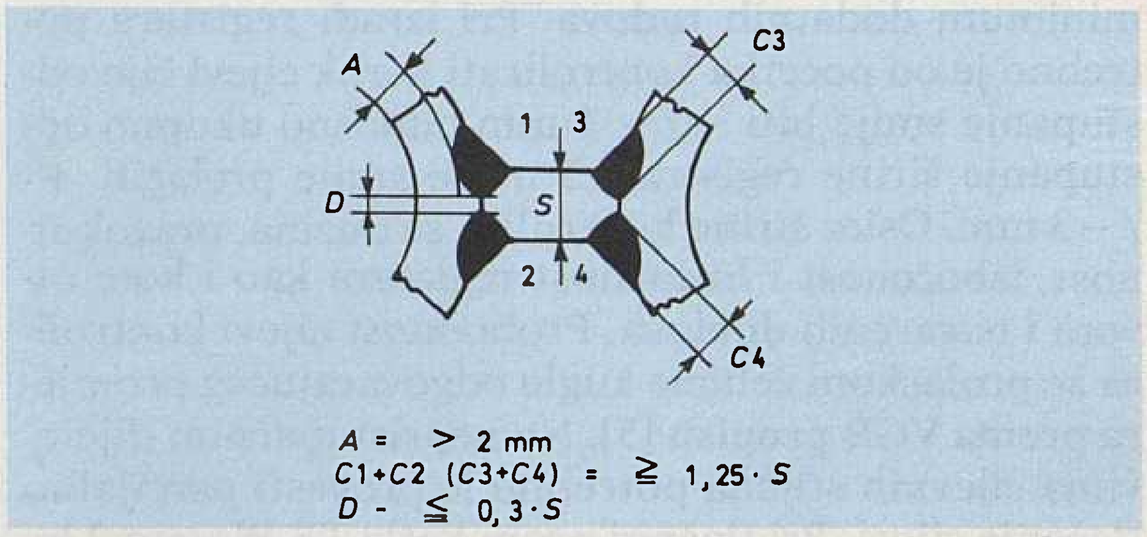
Glavna prednost varijante b) jest u tome što se odstupanje od suosnosti cijevi jednog registra ne prenosi na ostale registre po širini, te se time razrezivanje brtvenih traka svodi na minimum. Broj sati visinskog rada manji je u odnosu prema varijanti a), jer se svi cijevni zavari i brtvene pločice zavaruju na predmontažnom prostoru. Nedostatak varijante b) vrlo je osjetljivo podizanje ukrupnjenih registara (2,500 × 38,000 m) zbog opasnosti od prevelikog savijanja i plastičnog deformiranja, kao i otežana montaža bandaža na visini. Nedostatak je također i teže osiguranje registara (2,500 × 38,000 m) od udara vjetra s obzirom na to da se bandaže montiraju tek pošto su podignuti svi registri jedne stranice.

Primjenom varijante c) udio visinskog rada bio bi manji od varijante a). Polovica od ukupnog broja cijevnih zavara i zavara brtvenih pločica izvodi se na predmontažnom prostoru. Razrezivanje brtvenih traka svodi se na minimum. Osiguranje od udara vjetra podignutog elemenata je jednostavno jer su bandaže montirane prije podizanja. Ukrupnjena stijena ima dimenzije 19 600 × 12 900 i težinu do 30 tona. Ova varijanta je posebno osjetljiva, obzirom na veliku površinu i visinu elementa koji se podiže, u fazi dovođenja u vertikalni položaj, kada su moguće trajna deformacijska oštećenja membrane.

5.2.2. *Zavarivanje montažnog spoja cijevnih stijena cijev/lim*

Sastavljanje registara na gradilištu obuhvaćalo je zavarivanje cijevi i zavarivanje spoja cijev/lim. Spoj cijev/lim vrlo je bitan, jer osim čvrstoće i brtvljenja cijevne stijene, mora omogućiti nesmetano odvođenje topline sa brtvenog lima na stijenku cijevi. U slučaju nekvalitetnog zavarenog spoja moguća su pregaranja limova u eksploataciji kotla. Također se zbog istog razloga širina limene trake koja se ugrađuje između registara kod montažnih prilagođavanja ne smije povećavati. Problem odvođenja topline naročito je naglašen na cijevnim stijenama s većim korakom (na vertikalnom isparivaču primjenjen je korak 100 mm i korak 50 mm).

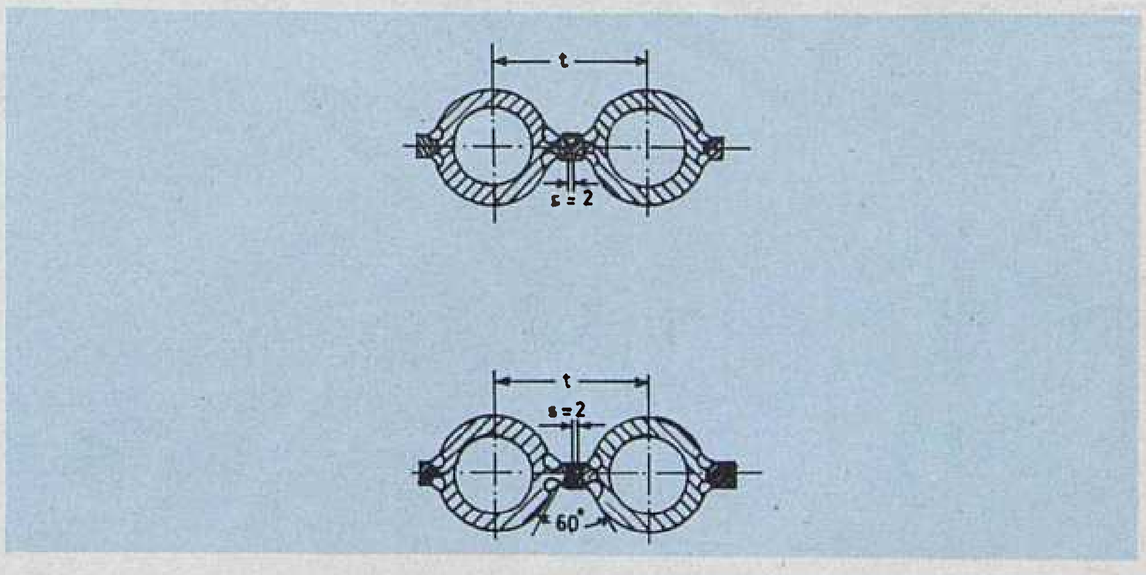
Propisom koji pobliže definira kriterije iz TRD-a [3], Vereinbarung 1968/1 [4] propisan je minimalno dopušten presjek zavara cijev/lim i maksimalno dozvoljena dubina zavara na cijevi (slika 9), kao i mehaničke probe koje se primjenjuju za kontrolu ovakvog spoja. Prevelika provarenost osnovnog materijala cijevi smanjuje čvrstoću cijevi. Ispitivanjima je utvrđeno da [2] cijev u membranskoj cijevnoj stijeni može izdržati samo 40% opterećenja izazvanog unutrašnjim tlačenjem u odnosu prema slobodnoj cijevi.



Slika 9. Presjek zavara cijev/lim prema Vereinbarung 1968/1

Pripremom spoja cijev/lim u membrani (SULZER) i predviđenom tehnologijom zavarivanja montažnih zavara pomoću REL-postupka, nije bilo moguće postići kriterije zahtijevane propisom Vereinbarung 1968/1. To je ustanovljeno na tehnološkim probama, uzorcima, te na atestaciji postupka zavarivanja. Geometrija provarenosti utvrđena je izravnim mjerenjem na izbrušenom i jetkanom presjeku uzorka. Zbog uočenih problema projektiran je i ispitan novi tehnološki postupak zavarivanja koji predviđa prvi prolaz TIG, a zatim REL-postupak. Na vertikalnom isparivaču (korak 100 mm) nakon izvađenih uzoraka i obavljenih mehaničkih proba izvršena je sanacija i zavarivanje korijena TIG-postupkom. Pri okrupnjavanju dijelova spiralnog isparivača navedeni spojevi izvedeni su u korijenu TIG-om, a u popuni REL-postupkom.

Iskustvo je pokazalo da zbog nemogućnosti otkrivanja pogrešaka nakon zavarivanja te mogućih oštećenja cijevi, odnosno nemogućnosti mjerenja minimalnog presjeka zavara kontrolama bez razaranja, navedeni spoj cijev/lim treba izvoditi strojno (EPP-postupkom) i izbjegavati na gradilištima. Montažni spoj cijev/lim jednostavno se supstituira prema konstrukcijskoj promjeni detalja spajanja registara (slika 10).



Slika 10. Primjer zavarivanja registara spojem lim/lim

Zavarivanje membrana na gradilištu na spoju cijev-/lim treba izbjegavati, te spajanje registara obavljati spojem lim/lim, koji mora zadovoljiti samo zahtjeve brtvljenja i čvrstoće, a ne ubraja se u integralni zavareni spoj cijevnog sustava.

5.2.3. *Potrebne kontrole cijevnih stijena u proizvodnji*

Stroga kontrola dopuštenih tolerancija u proizvodnji cijevnih stijena omogućuje nesmetanu montažu uz minimum dodatnih radova. Pri izradi registara potrebno je od početka kontrolirati korak cijevi čije odstupanje smije biti +/– 1 mm odnosno ukupno odstupanje širine registra 2,5 m ne smije prelaziti +-/–3 mm. Osim širine kontrolira se dužina, pravokutnost, izbočenost i linearnost registara kao i kote otvora i navarenih dijelova. Prohodnost cijevi kontrolira se prolaskom čelične kugle odgovarajućeg promjera prema VGB propisu [5]. Na nepristupačnim dijelovima cijevnih stijena potrebno je provesti parcijalno tlačenje cijevi. Pri tlačnoj probi kotla TE Plomin 2 locirana su tri mjesta propuštanja, od kojih se dva odnose na zavare iz proizvodnje. Uzrok propuštanja bila je propaljenost cijevne stijene ugla gorača u spoju s limenom kutijom uljnog gorača na vrlo nepristupačnom mjestu s teškim otkrivanjem mjesta propuštanja. Za popravak navedene greške utrošeno je 200 sati.

5.3. Montaža međupregrijača i pregrijača

Cijevni snopovi međupregrijača i pregrijača nalaze se unutar prolaza I i povezani su sabirnim komorama pomoću spojnih cijevi koje prolaze kroz zidove isparivača. Brtvljenje prolaznih otvora u membranskim cijevnim stijenama isparivača ostvareno je brtvenim kutijama s vanjske strane. Budući da su cijevne stijene isparivača bile isporučene s navarenim brtvenim kutijama, bilo je potrebno prilagoditi visinu horizontalne osi snopa i cilindričnog otvora brtvenih kutija.

Prilagođavanje visine ostvareno je skraćivanjem ili produljenjem nosivih cijevi pregrijača na koje su zavješeni cijevni snopovi. Pošto je određena točna dužina, odnosno visina, jednog cijevnog snopa, izrađena je naprava za predmontažu kojom je osigurano sastavljanje ostalih snopova na točnu dužinu.

Na svim zavarima cijevi međupregrijača i pregrijača primijenjena je ultrazvučna kontrola 100% i radiografska kontrola 5%. Na zavarima od materijala x20CrMoV121 provedena je dodatno i kontrola tvrdoće koja nakon toplinske obrade ne smije prelaziti 330 HV.

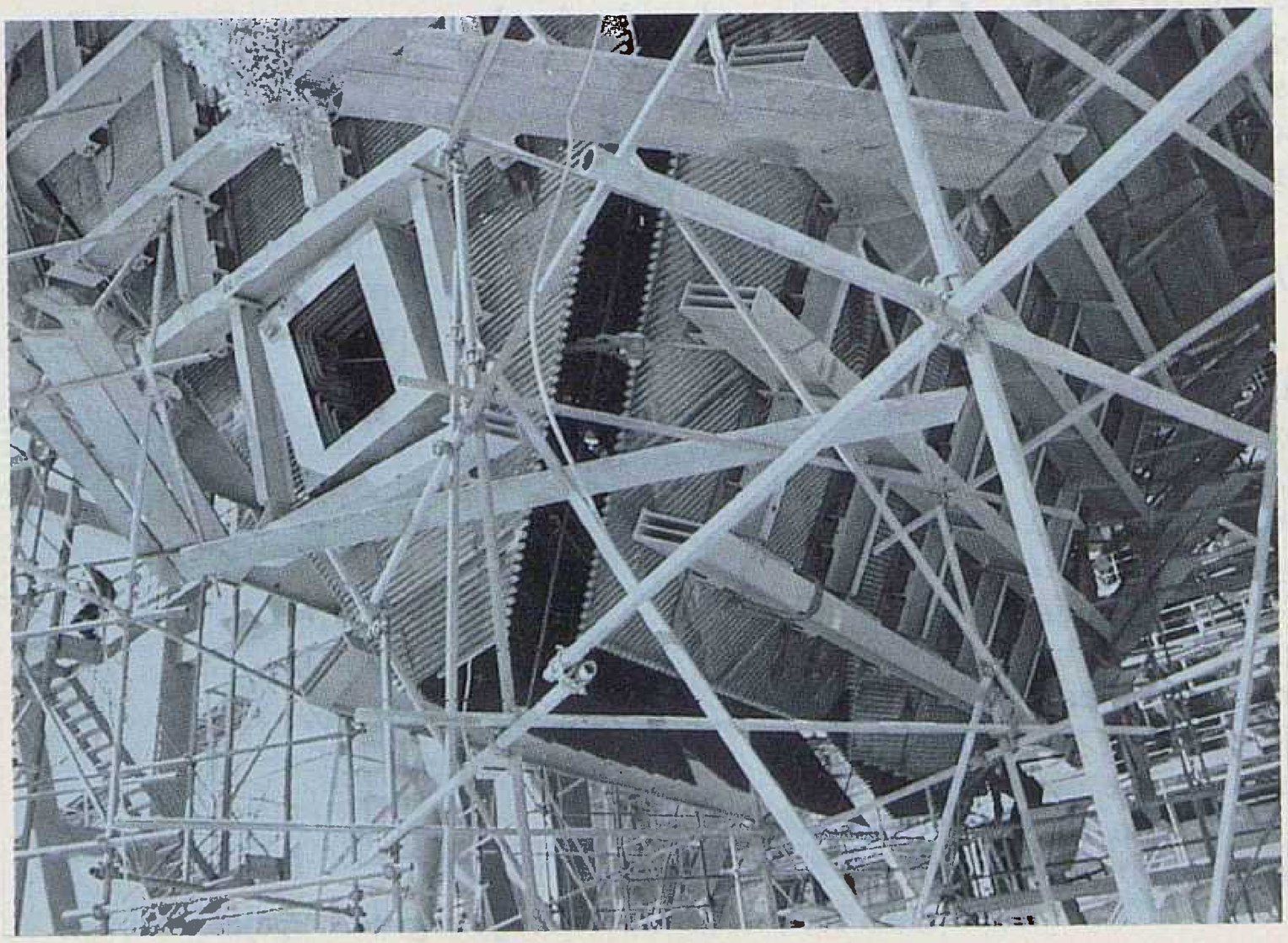
5.4. Centriranje kotla

Tijekom montaže cijevnog sustava kotla provedena su centriranja (podešavanja) u tri navrata.

Prvo centriranje izvedeno je nakon montaže zavješenja radi dovođenja svih zavješenja u horizontalnu ravninu. Time je omogućena vertikalnost prvog reda cijevnih stijena.

Drugo centriranje izvedeno je nakon montaže vertikalnog isparivača kako bi se krajevi vertikalnog isparivača doveli u istu ravninu, što omogućuje montažu spiralnog dijela isparivača. To je podešavanje vrlo bitno jer o njemu ovisi točnost montaže spiralnog isparivača pri kojoj se povezuju cijevi dviju stranica, ugrađuju uglovi gorača i montira lijevak kotla (slika 11).

Treće centriranje uslijedilo je nakon montaže lijevka kotla. Provedena je kontrola centričnosti lijevka glede nosivosti stupova čelične konstrukcije i kontrola vertikalnosti prolaza I. Izmjerene vrijednosti zadovoljavaju tolerancije dozvoljene propisom VGB [5]. Pri ovom centriranju izvedeno je i podešavanje opterećenja pojedinih zavješenja zidova isparivača kako bi sve tanjuraste opruge nosile podjednak teret. Podešavanje je izvedeno izjednačavanjem progiba opru-



Slika 11. Montaža lijevka isparivača

ga. Pri podešavanju kontinuirano je kontrolirana vertikalnost i centričnost prolaza I.
Tijekom montaže isparivača geodetski je kontroliran položaj stranica, visinska točnost i vertikalnost, te kontrola visina i horizontalnosti kota sabirnih komora međupregrijača i pregrijača.

5.5. Montaža spojnih cjevovoda

Sojni cjevovodi komora izrađeni su od sljedećih materijala:

— ekonomajzer/isparivač
  15NiCuMoNb5
— isparivač/zavjesni pregrijač
  15Mo3
— šoten/zadnji pregrijač
  x20CrMoV121/13CrMo44
— međupregrijač 1/zadnji međupregrijač
  13CrMo44.

Posebna pozornost obraćena je zavarivanju spojeva od materijala x20CrMo121 obzirom na to da je riječ o sitnozrnatom visokolegiranom krom-čeliku sklonom pukotinama pri nepravilnoj toplinskoj obradi. Postupak toplinske obrade pri zavarivanju i nakon zavarivanja bio je sljedeći:

— predgrijavanje na 250 – 350 °C
— zavarivanje na 450 °C
— spuštanje na 100 – 150 °C nakon zavarivanja i držanje na toj temperaturi min. 2 sata
— zagrijavanje na 760 °C brzinom maks. 150 °C/h i držanje na temperaturi min. 2 sata
— hlađenje na sobnu temperaturu brzinom maks. 150 °C.

Toplinska obrada zavara obavljena je uz grafičku registraciju svakog zavara. Korijen zavara štićen je u toku zavarivanja s unutarnje strane formir-plinom (88% N_2 i 12% H_2). Zbog nemogućnosti 100%-tnog ispunjavanja cijevi formir-plinom (naročito ne na zadnjem spoju) za zavarivanje korijena korištena je žica CM2-IG, a za popunu žica 20MVW-IG i elektroda FOX 20MVW. Zavarivanjem korijena žicom CM2-IG postiže se bolja žilavost korijena i izbjegava se mogućnost pojave »narančine kore« zbog slabe unutarnje zaštite. [6]

6. ZAKLJUČAK

Pravilnom pripremom, poštivanom dinamikom isporuke opreme na gradilište, uz iskusnog montažera s kvalificiranom radnom snagom, te razrađenom dokumentacijom tehnologije montaže, cijevni sustav kotla kapaciteta 650 tona pare/sat može se montirati u roku 13 mjeseci. Analiza utroška vremena na montaži kotla TE Plomin 2 pokazuje da je u razdoblju kada su bile ispunjene prethodne pretpostavke intenzitet montaže bio zadovoljavajući. Pri montaži izrađeno je niz raznih montažnih naprava i šablona u ukupnoj težini od približno sto tona materijala.
Također je nužno napomenuti da ugovoreni propisi TRD kvalitetno pokrivaju sve faze izgradnje, te trebaju biti uključeni u fazi projektiranja i odabira materijala kako bi u cijelosti mogli biti primijenjeni u fazi montaže, kontrole i preuzimanja izvedenih radova. Za djelotvornu montažu na gradilištu presudno je važna integralna koordinacija radova svih izvođača, posebno na koti 0,0. Najosjetljivija faza montaže cijevnog sustava je montaža ekranskih panoa s vertikalnim i spiralnim cijevnim stijenama, za koju je potrebno uraditi opsežne pripreme kako bi se predmontaža obavljala istodobno s montažom.
Faza montaže koja završava tlačnom probom cijevnog sustava prvi je ključni termin u montažnim radovima kompletiranja energetskog bloka, nakon čega se otvara niz paralelnih montažnih aktivnosti na ostalim sustavima kotlovskog postrojenja. Iskustva s izgradnje blokova ove veličine pokazuju da je nakon tlačne probe kotla daljnji tijek izgradnje uobičajeno izvjestan.

LITERATURA

[1] SULZER — Strangschema 1-103.024.079
[2] L. ANDREE »Izbor parnog kotla sa ložištem na ugljenu prašinu za blokove učina 300 MW«, Strojniški vestnik Ljubljana 1978.
[3] TRD-201 Technische Regeln fuer Dampfkessel, Ausgabe 1988.
[4] Vereinbarung 1968/1 (Dampfkessel) Vd-TueV
[5] VGB-R 501 H Richtlinie fuer die Herstellung und Bauueberwachung von Hochleistungsdampfkesseln (Nachdruck 1989)
[6] A. FARWER MEERSBUCH »Der Praktiker«, 3/83.

TECHNICAL CHARACTERISTICS AND EXPERIENCE DURING INSTALLATION OF THE TUBE SYSTEM OF THERMAL POWER PLANT PLOMIN 2 BOILER HAVING 210 MW INSTALLED CAPACITY

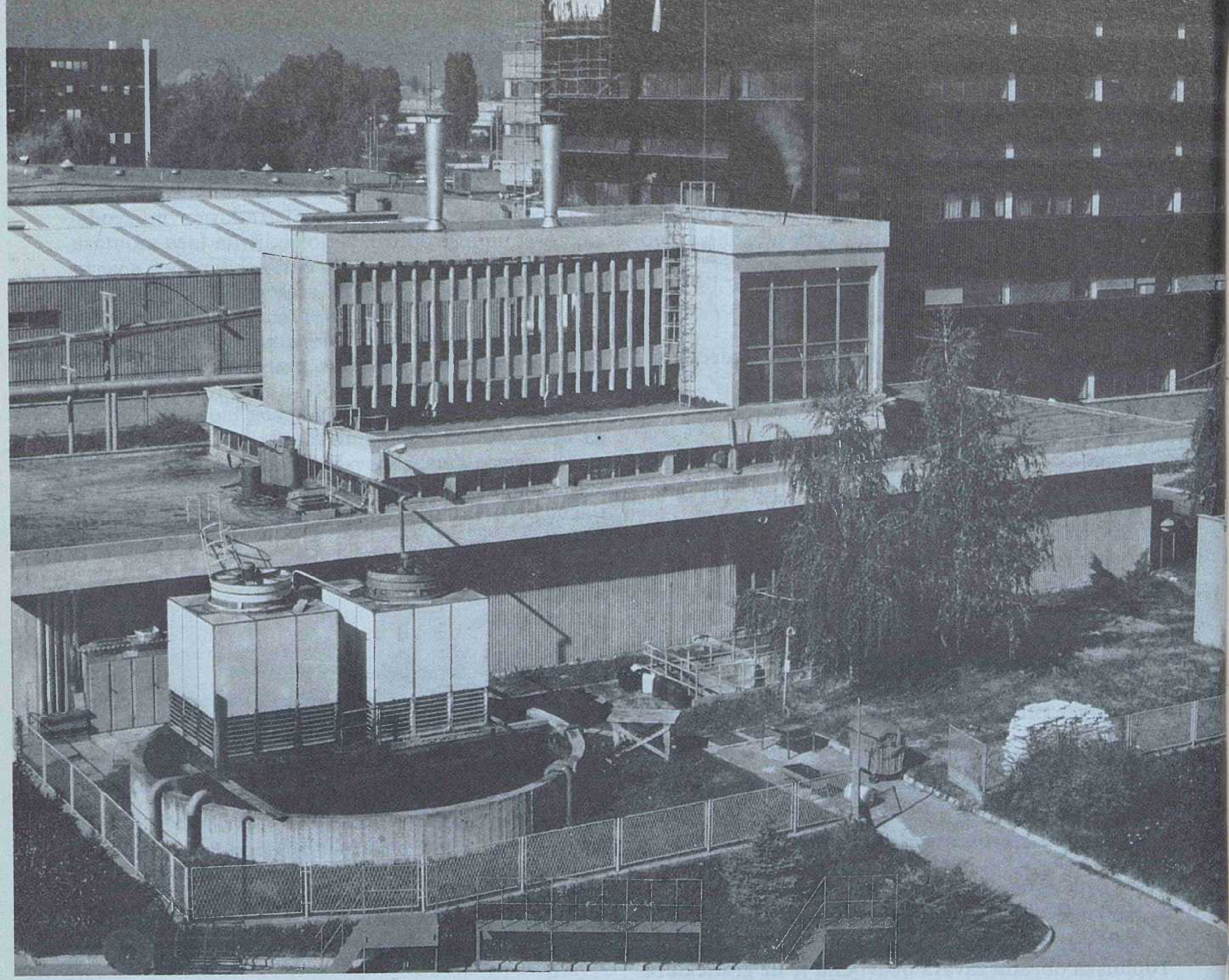
Basic technical characteristics of the boiler tube system are shown. Comments are made on the designed boiler characteristics. Progress of installation works is analyzed with a special emphasis on some problems by welding of special steel alloys, that are used in boiler construction. Important experiences related to welding works are described in detail. Separately, the technology of membranic tube walls installation is worked out as well as the quality achievement by prefabricated welding joints in a tube wall. Basic data on a range of realized controls are stated.

TECHNISCHE CHARAKTERISTIKEN UND ERFAHRUNGEN BEI DER MONTAGE DER ROHRSYSTEME DER KESSEL VON TE PLOMIN 2 210 MW

Hier wurden die technischen Grundcharakteristiken der Rohrsysteme der Kessel geschildert. Es wurde der Verlauf der Montagearbeiten mit einem besonderen Rückblick auf einige Probleme beim Schweissen spezieller legierter Stähle die beim Kesselbau verwendet werden beschrieben. Die Montagetechnologie der Membranen, Rohr — Wände sowie die besondere Qualität der Montage — geschweissten Verwbindungen in der Rohrwand wurden separat behandelt. Es wurden Grundangaben angeführt über den Umfang der durchgeführten Kontrollen.

Naslov pisaca:
Zlatko Varaždinec, dipl. ing.
Borislav Režek, dipl. ing.
Ekonerg, 41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-12-10.



PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabeli za napone:

1 kV - s termoplastičnom izolacijom
10 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen propilena

20 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- termoplastičnog polietilena
35 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen-propilena

Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Brodski kabeli izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
Kabeli i konektori za aerodromske instalacije.
Samonosivi kabelski snopovi Elkalex-1.
Telekomunikacijski kabeli s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
Optički kabeli.
Specijalni vodovi i kabeli.
Rudarski kabeli.
Kabelski setovi sa konektorima.
Lakirana žica.
Alumunijska, alu-čelična i užad iz aluminijske legure.
Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.
Umreživi polietilen.

»ELKA« Tvornica električnih kabela - Zagreb, Žitnjak bb, P. O. B. 150
Tel.: 232-200; Telex: 21-193; Telefax: 223-898

KONZERVACIJA PARNIH TURBINA ZA VRIJEME STAJANJA

Izvanredni prof. dr. Branko Staniša, Karlovac — Drago Šešo, Zagreb

UDK 621.165.1
PREGLEDNI ČLANAK

Parne turbine za vrijeme duljeg stajanja mogu znatno korodirati. Korozija smanjuje korisnost, pouzdanost i vijek trajanja korodiranih dijelova turbine. Za sprečavanje korozije parnih turbina tijekom stajanja postoje različite metode konzervacije. U ovom radu iznesene su metode suhe konzervacije parnih turbina i prikazani su primjeri izvedenih rješenja.

Ključne riječi: parne turbine, korozija, konzervacija.

1. UVOD

Za vrijeme duljeg stajanja parne turbine može njezin protočni dio zbog zaostale vlage od pare, kao i od vlage iz zraka vrlo jako korodirati. Korozija protočnoga dijela smanjuje korisnost, pouzdanost i vijek trajanja dijelova turbine. Zbog korozijskog oštećenja dijelova turbine bilo je mnogih otkaza i havarija turbina s velikim materijalnim posljedicama [1, 2]. Sve to nametnulo je potrebu da se sprečavanju korozije parnih turbina za vrijeme stajanja posvećuje posebna pozornost.

Za sprečavanje korozije turbine za vrijeme stajanja postoji više metoda suhe i mokre konzervacije. Za konzervaciju turbina najčešće se primjenjuje suha konzervacija. Mokra konzervacija turbine primjenjuje se kad iz bilo kojeg razloga nije moguće primijeniti suhu konzervaciju ili kada je mokra konzervacija ekonomski povoljnija od suhe. Jedna od jednostavnijih i vrlo djelotvornih metoda konzervacije parne turbine za vrijeme stajanja jest upuhivanje suhog zraka. Suh zrak preuzima na sebe vlagu i tako se sprečava korozija protočnog dijela turbine i kondenzatora s parne strane. Postoji više metoda i uređaja za sušenje zraka. Jedan od najšire primjenjivih uređaja za sušenje zraka i konzervaciju parnih turbina upuhivanjem suhog zraka jest proizvodnje Munters. U ovom radu dane su osnove postupka konzerviranja parnih turbina suhom metodom. Detaljno je obrađena metoda konzervacije parnih turbina suhim zrakom. Posebno je opisan postupak konzerviranja pomoću sušača zraka Munters. Izneseni su izvedeni primjeri i projektna rješenja postupka konzerviranja parnih turbina za vrijeme stajanja upuhivanjem suhog zraka.

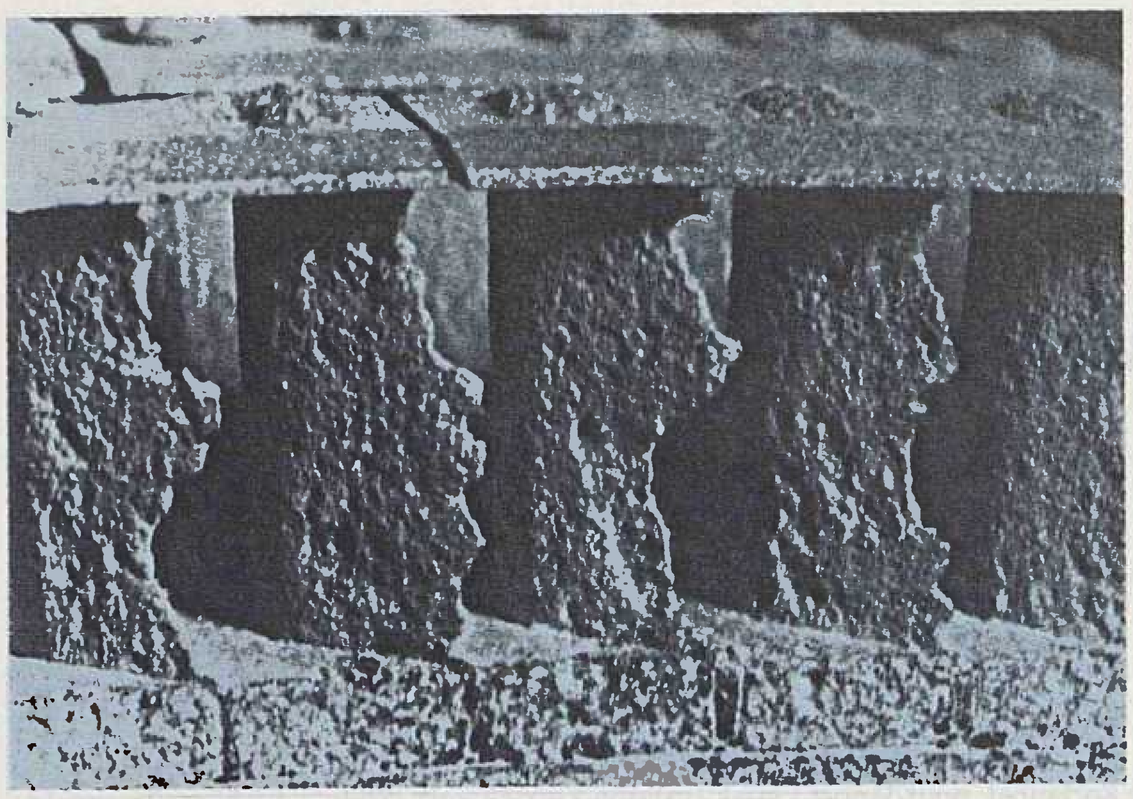
2. KOROZIJA PARNIH TURBINA ZA VRIJEME STAJANJA

Parne turbine su za stajanja tijekom popravka njihovih pomoćnih uređaja, godišnjih revizija ili zastoja cijelog postrojenja duljeg od tri dana ugrožene od tzv. stajaće korozije [3, 4]. Od stajaće korozije mogu biti ugroženi svi dijelovi protočnog dijela turbine. Stajaća korozija može biti točkastog oblika ili opća preko cijele površine dijelova turbine. Točkasta korozija u obliku brojnih sitnih udubljenja i karaktera nastaje kada su samo manje površine protočnog dijela turbine pokrivene vlagom ili se na njima nalaze razbacane sitne kapljice vode. Opća korozija nastaje kada je cijela površina dijelova turbine prekrivena slojem vlage. Posebno ugrožavajuće djeluje pojava točkaste korozije u obliku kratera.

Od korozije su najugroženiji niskolegirani dijelovi turbine. Dijelovi turbine od austenitnog čelika, posebno od visoko kromom legiranih čelika (Cr > 12%) manje su ugroženi od stajaće korozije. Za vrijeme stajanja turbine obično korodiraju statorske i rotorske lopatice, dijafragme, diskovi, vratila i labirintne brtve. S obzirom na pouzdanost turbine posebno je opasna korozija rotorskih lopatica jer su one tijekom rada opterećene statičkim i dinamičkim naprezanjima. Zbog velikih naprezanja u rotorskim lopaticama mogu u nekim slučajevima čak i mala oštećenja od korozije uzrokovati njihov lom i težu havariju turbine. Primjer jake korozije rotorskih lopatica nastale tijekom stajanja parne turbine snage 4,5 MW prikazan je na sl. 1. Prikazane lopatice oštećene su od korozije u obliku dubokih udubljenja i kratera preko cijele svoje površine. Korozija je također vrlo jako oštetila izlazne bridove rotorskih lopatica. Tako jaka korozija rotorskih lopatica uzrokovala je njihov lom i havariju na niz turbina.

Korozija dijelova turbina za vrijeme stajanja, tj. mirovanja može nastati samo uz istovremenu prisutnost vode i kisika. Stajaća korozija metala uz prisutnost vode i kisika jest elektrokemijska korozija. Oksidacijsko sredstvo pritom je kisik otopljen u vodi.

Jačina korozije ovisi o brojnim kemijskim i fizikalnim čimbenicima. Koji će od njih prevladati ovisi o konkretnom slučaju. Razne otopljene soli u vodi čine sadržaj elektrolita manje ili više agresivnim. Budući



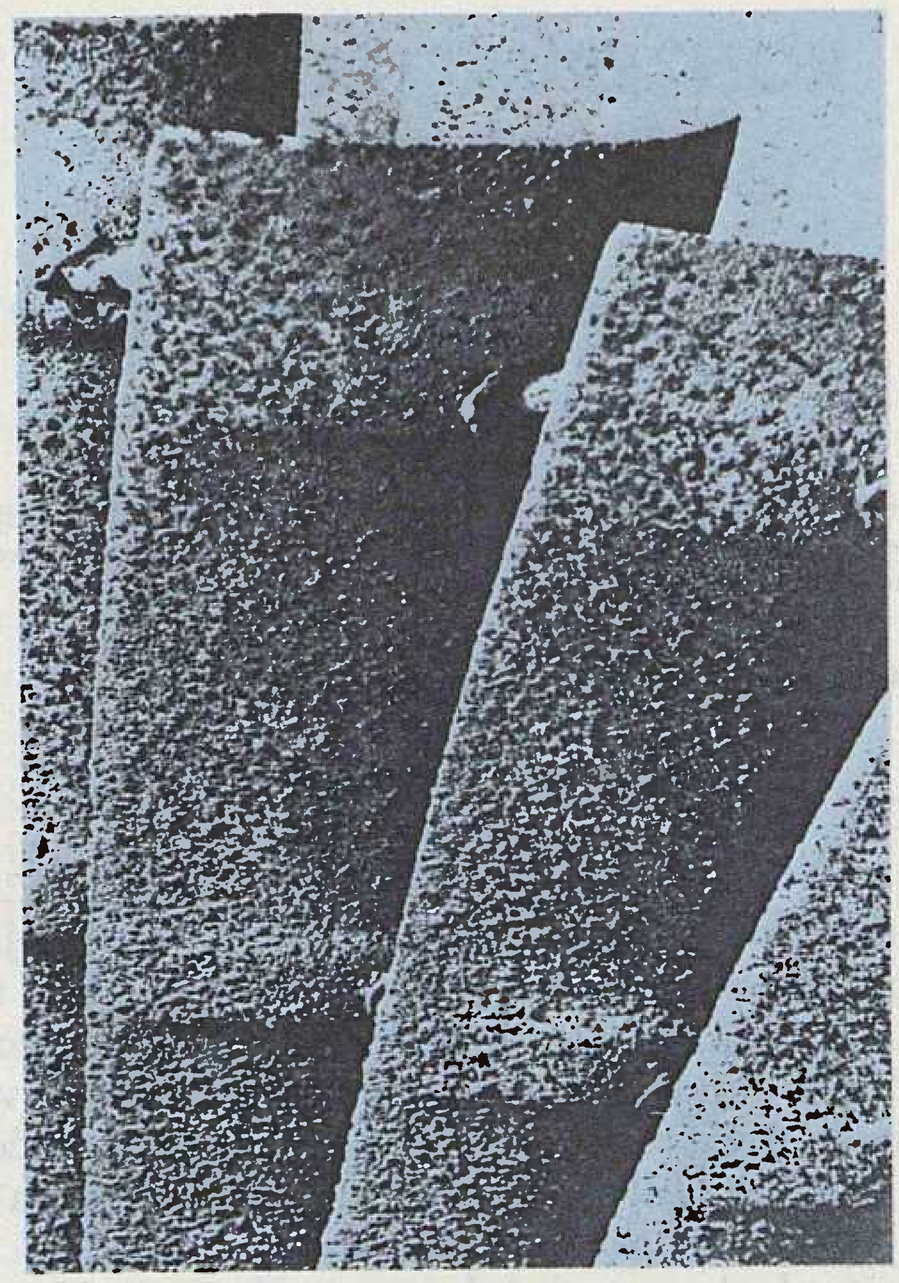
Slika 1. Primjer jake korozije rotorskih lopatica zbog duljeg stajanja parne turbine snage 4,5 MW

da se elektrokemijska korozija odvija u prisutnosti iona sadržanih u vodi, tj. elektrolitu, jačina korozije će ovisiti o njihovu sastavu i koncentraciji. Pojačano djelovanje na kraterastu koroziju ima prije svega djelovanje iona klorida. Ali također i druge vrste iona koje sadrži voda s otopljenim solima mogu uzrokovati intenzivnu koroziju.

Soli u vodenoj pari uglavnom su prisutne od kemikalija za kemijsku pripremu vode. Te primjese u pari koje se nazivaju soli uglavnom su natrijev hidroklorid, natrijev klorid, natrijev sulfat, natrijev fosfat i natrijev silikat. Osim ovih primjesa u pari se nalazi i primjesa kalcija, magnezija, željeza i aluminija. Koncentracija primjesa, tj. soli u vodenoj pari mijenja se tijekom ekspanzije pare u turbini. Ekspanzijom pare topljivost soli u pari smanjuje se pa se one talože na površinu protočnog dijela turbine. Naslage soli na protočnom dijelu turbine uz prisutnost vlage mogu uzrokovati manju ili jaču koroziju, ovisno o agresivnosti soli.

Vlaga u turbini za vrijeme stajanja može nastati od kondenzata zaostale pare, koji se skuplja u džepovima i u loše odvodnjenim prostorima turbine. Za vrijeme stajanja turbine vlaga može doći u turbinu i sa zrakom određene relativne vlažnosti koji u nju prodire iz strojarnice kroz labirintne brtve, drenažne ventile i druge otvore. Vodena para iz tog zraka u dodiru s hladnim dijelovima turbine kondenzira na površini metala i stvara opnu vlage u kojoj su rastvoreni agresivni plinovi, koji pospješuju stajaću koroziju. Posebno opasno za korodiranje protočnog dijela turbine za vrijeme stajanja jest povratno prodiranje pare iz oduzimanja pri neispravnim oduzimačkim ventilima ili iz kondenzatora. Na sl. 2, dan je primjer jake točkaste korozije rotorskih lopatica niskog tlaka trokućišne kondenzacijske turbine snage 210 MW nastale za vrijeme stajanja, zbog povratnog prodiranja pare iz kondenzatora [3]. Za vrijeme stajanja turbine para je dolazila u kondenzator iz drugog sustava.

Korozijska mikroudubljenja i krateri rotirajućim dijelovima turbine, nastali za vrijeme stajanja turbine, mogu biti počeci daljnje korozije s pojavom pukotina, koje mogu uzrokovati havarije s katastrofalnim posljedicama. Zbog toga, a radi pouzdanosti turbine, nužno je za sprečavanje stajaće korozije primijeniti odgovarajući postupak konzervacije.



Slika 2. Točkasta korozija rotorskih lopatica predzadnjeg stupnja niskog tlaka kondenzacijske turbine snage 210 MW, TE Kostolac

3. METODE KONZERVACIJE PARNIH TURBINA ZA VRIJEME STAJANJA

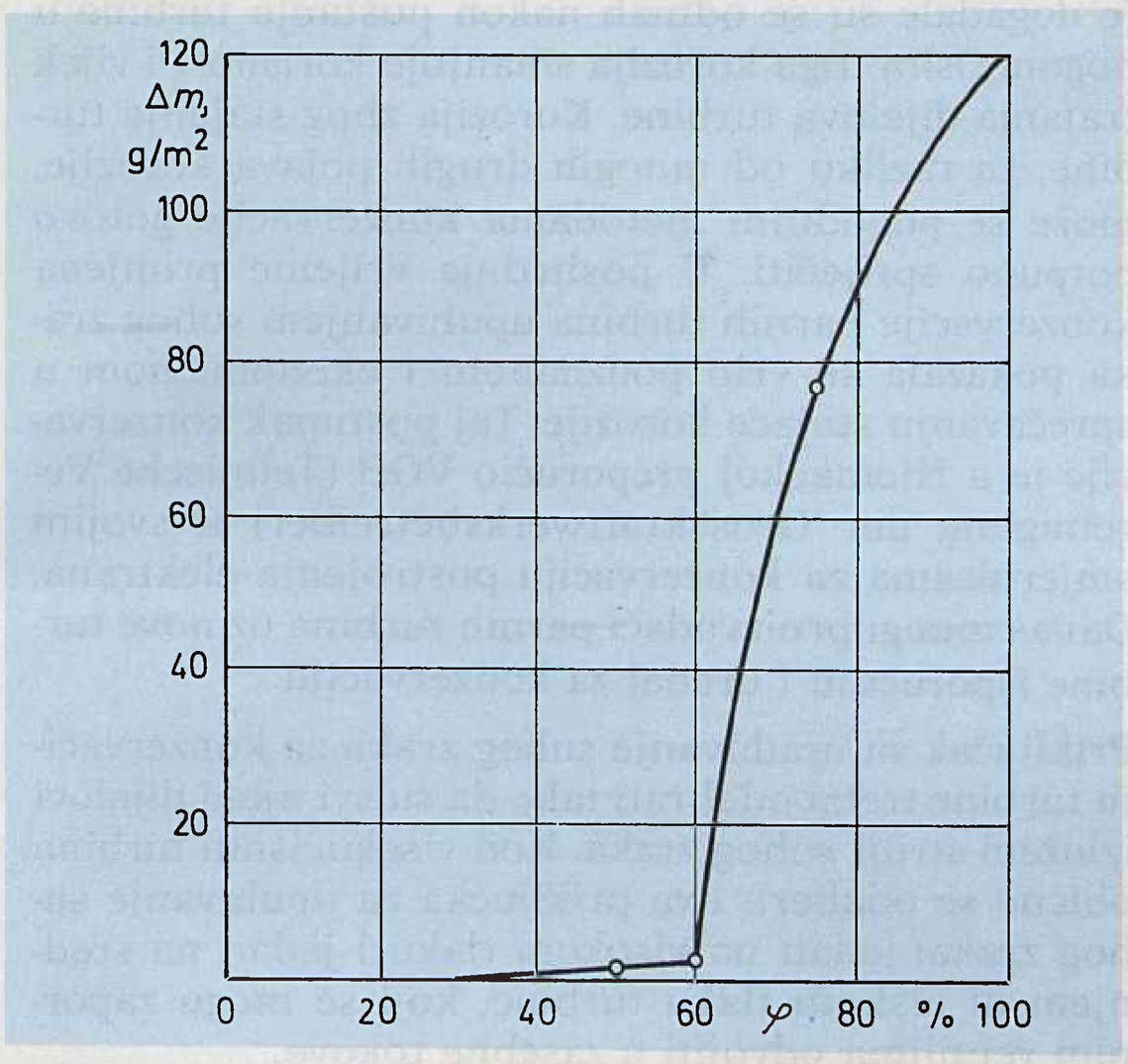
Budući da je stajaća korozija metala vezana uz istodobnu prisutnost vode i kisika, isključivanjem obaju ili jednog od njih iz protočnog dijela turbine do korozije njezinih dijelova neće doći. Iz tog proizlaze postupci suhe konzervacije uz držanje metala daleko od kisika.

Ako se voda i kisik ne mogu odstraniti, primjenjuju se metode aktivne ili pasivne zaštite protiv korozije. Tako se npr. za konzervaciju turbine za vrijeme stajanja mogu primijeniti razni inhibitori za zaštitu od korozije.

Jednom od vrlo djelotvornih metoda konzervacije parnih turbina, naročito većih snaga, za vrijeme stajanja pokazala se u posljednje vrijeme primjena oktadecilamina (ODA) $C_{18}H_{37}NH_2$. ODA se ubacuje u paru za vrijeme zaustavljanja turbine, pri temperaturi pare nižoj od 300°C. Postupak ubacivanja ODA pri sniženim parametrima pare traje približno 15 min. Primjenom ODA stvara se na površini metalna zaštita sloj nesmočive površine otporne na različite oblike korozije. Osim zaštite od korozije ODA penetrira u porozni korozijski sloj i naslage soli te čisti površinu metala od tih naslaga. Zaštitno djelovanje ODA traje do 8 mjeseci. Pri puštanju turbine u pogon stru-

ja pare odnosi sloj ODA i prethodne naslage korozije i soli koje je ODA penetrirajućim djelovanjem odvojila od površine metala. Ti produkti se u pročistaču kondenzata odstrane.

Za sprečavanje korozije protočnoga dijela parnih turbina za vrijeme stajanja najviše se primjenjuju suhe metode konzervacije. Sve metode suhe konzervacije zasnivaju se na odstranjivanju vode ili vlage iz protočnog dijela turbine, tj. njegovu sušenju. Pritom se mora osigurati da nakon odvodnjavanja turbine ne ostane vode u raznim džepovima. Na površinama protočnog dijela turbine, koji se konzervira, ne smiju se nalaziti hidroskopske naslage soli. Temperatura svih površina stijenki koje se konzerviraju mora biti viša od temperature zasićenja zraka da se izbjegne pojava lokalnog orošavanja. U konzerviranom prostoru turbine, prema Vernovu dijagramu, relativna vlažnost zraka ni na jednom mjestu ne smije biti iznad 50%, sl. 3 [5]. Iz danog Vernova dijagrama vidljivo je da brzina korozije metala naglo raste nakon povećanja relativne vlažnosti zraka iznad 60%. U praksi se zbog veće pouzdanosti obično teži da relativna vlažnost zraka u konzerviranom prostoru bude ispod 30%.



Slika 3. Utjecaj relativne vlažnosti zraka (φ) na prirast mase korozije metala (Δm)

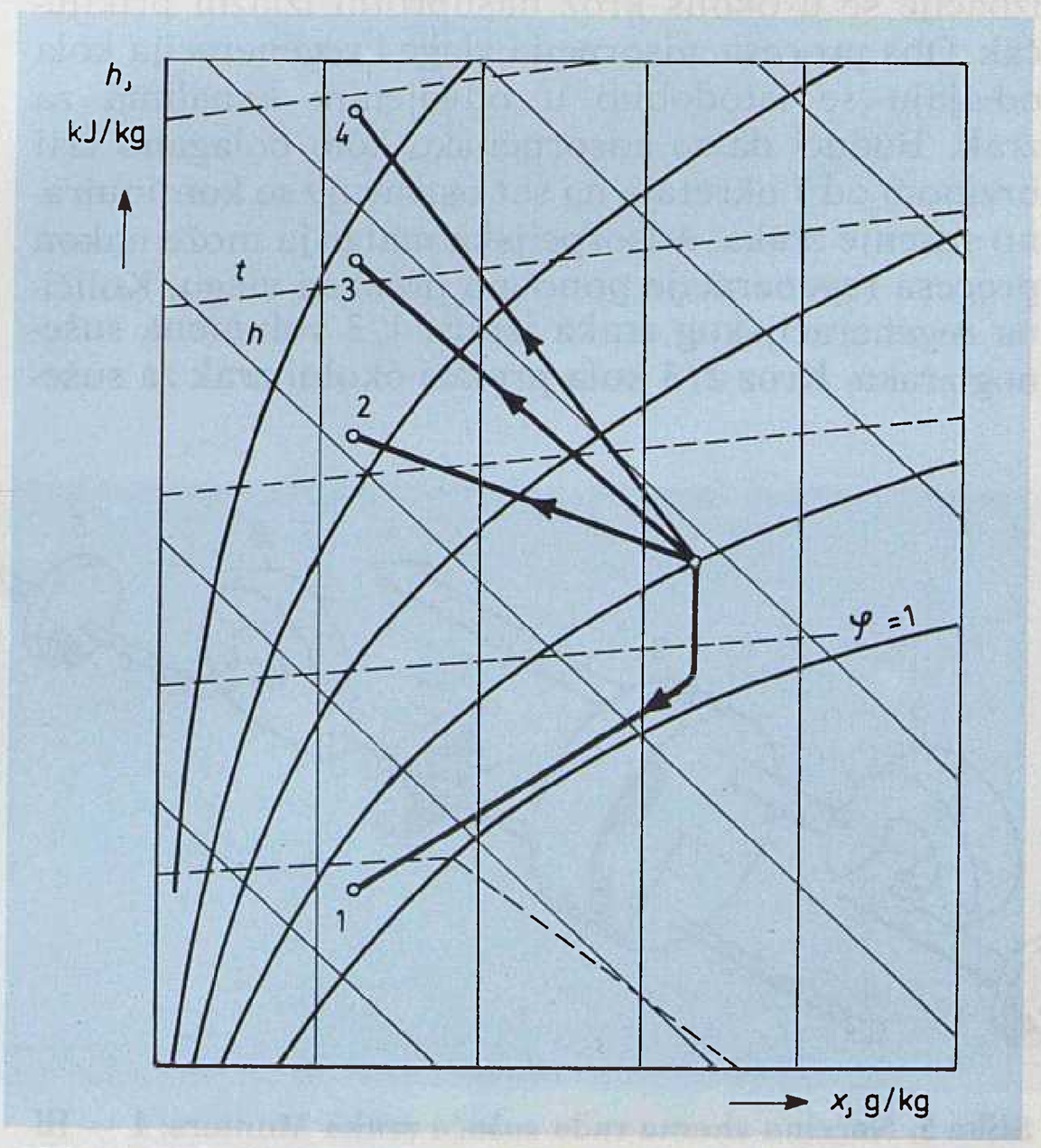
Suha konzervacija protočnog dijela turbine za vrijeme stajanja, tj. njezino sušenje, može se provesti upuhivanjem vrućeg zraka. Upuhivanje zraka obično se izvodi pomoću ventilatora, a grije se električnim grijačem. Ulaz upuhivanja vrućeg zraka treba odabrati tako da se osigura da struja vrućeg zraka opstrujava sve dijelove protočnoga dijela turbine, koji se konzerviraju. Pritom treba paziti da u cijelom protočnom dijelu turbine u koji se upuhuje vrući zrak postoji mali pretlak. Na turbini treba zatvoriti sve otvore, a jedino ostaviti otvore predviđene za izlaz upuhivanog vrućeg zraka. Pri upuhivanju vrućeg zraka važno je da se svi dijelovi turbine dovedu na temperaturu koja je iznad temperature rosišta izlazećeg vrućeg zraka. U protivnom moglo bi doći još do povećane korozije upuhivanjem vrućeg zraka umjesto konzervacije. Zbog toga se mora obvezatno izvoditi kontrola, tj. mjerenje temperature i relativne vlažnosti izlazećeg vrućeg zraka iz turbine. Osim toga moraju se mjeriti temperatura kućišta turbine, koja mora biti iznad temperature rošenja zraka. Upuhivani vrući zrak mora biti čist, bez nafte, ulja i prašine.

Suha konzervacija protočnog dijela turbine za vrijeme stajanja može se također izvoditi upuhivanjem suhog zraka. Konzervacija suhim zrakom pouzdanija je i efikasnija u odnosu prema vrućem zraku [6]. Sam postupak upuhivanja suhog zraka u protočni dio turbine isti je kao i upuhivanja vrućeg zraka. Suhi zrak preuzima na sebe vlagu i tako suši prostor i površine metala, koje se konzerviraju. Uspješnost konzervacije prati se također mjerenjem relativne vlage izlaznog zraka, koja treba da bude ispod 30%. Kad se postigne konstantna vlažnost izlaznog odrađenog suhog zraka iz turbine, znak je da su sve površine koje opstrujava suhi zrak osušene od vlage. Iskustvo je pokazalo da se konstantnost relativne vlage na izlaznim mjestima iz turbine postigne nakon 12 do 24 sata [7].

Suhi zrak za upuhivanje u prostor koji se konzervira može se dobiti pomoću više metoda sušenja, tj. odvlaživanje zraka, npr.

— sušenje hlađenjem
— sušenje krutim adsorberom
— sušenje tekućim adsorberom
— sušenje Muntersovom metodom.

Na sl. 4, dana je u h-x dijagramu za vlažan zrak usporedba promjene stanja zraka u procesu sušenja pre-

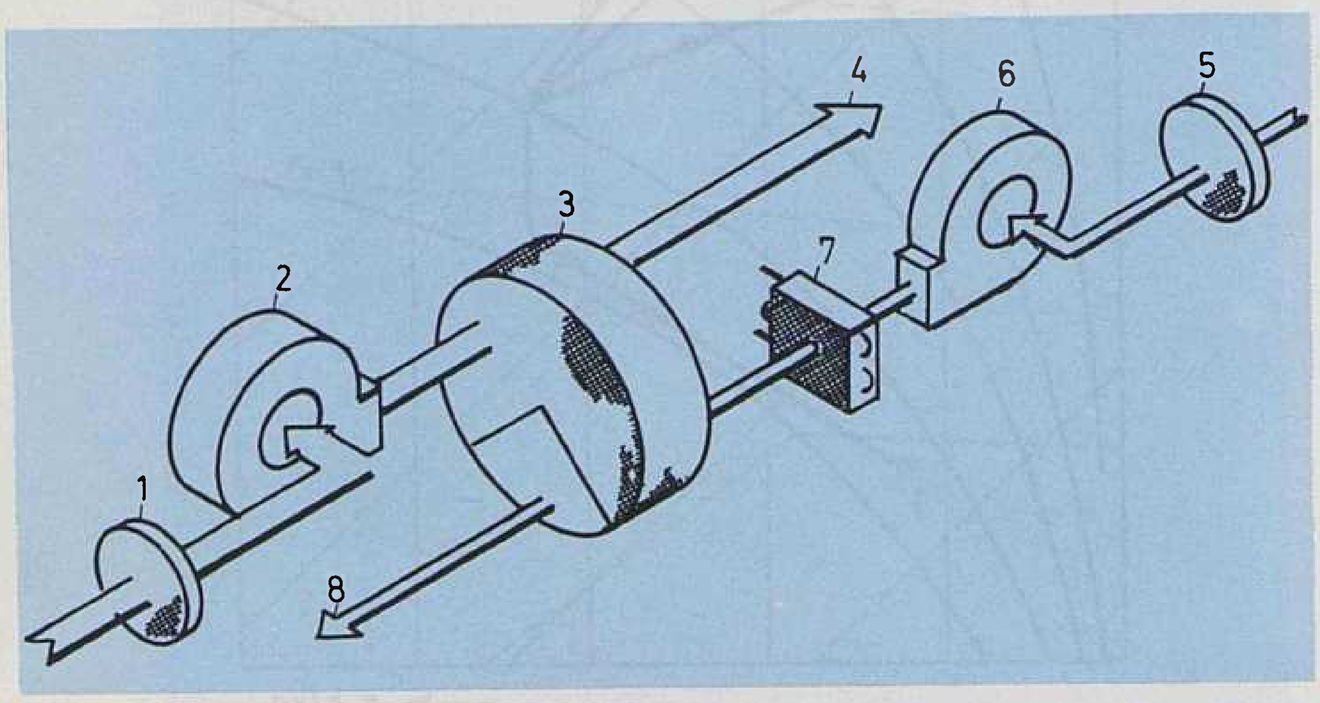


Slika 4. Prikaz različitih procesa sušenja zraka u h – x dijagramu za vlažan zrak: 1 — sušenje hlađenjem; 2 — sušenje tekućim adsorberom; 3 — sušenje krutim adsorberom; 4 — sušenje Muntersom

ma navedenim metodama [6]. Iz dane usporedbe procesa sušenja zraka po različitim metodama može se uočiti da Murtesova metoda daje suhi zrak s najmanjom relativnom vlažnošću uz istu apsolutnu vlagu. Upravo to svojstvo pogoduje u primjeni sušenja protočnog dijela turbine pri suhoj konzervaciji. Osim te prednosti, Muntersova metoda ima prednosti nad ostalim metodama sušenja zraka i u tome što su sušači zraka izvedeni po toj metodi veoma jednostavni za primjenu, kao i što uz isti utrošak energije imaju veći učin.

Muntersovi sušači zraka koriste krutu adsorpcijsku tvar. Vlaga se izmjenjuje u polagano rotirajućem adsorpcijskom kolu, koji se sastoji od vatrootpornog materijala saćaste strukture u aksijalnom smjeru. Vatrootporni materijal impregniran je licilom u sitno kristaličnom obliku, koji ima površinu od 3 000 m^2/m^3 mase. Kako je parcijalni tlak vodene pare iznad adsorpcione materije, tj. licila, vrlo nizak, dolazi do izvanredno dobre izmjene vlage između zraka i adsorpcijske materije.

Proces sušenja zraka odvoja se prema sl. 5. Pomoću ventilatora preko filtra usisava se okolni zrak brzinom nastrujavanja oko 2.5 m/s i tlači kroz adsorpcijsko kolo iz kojeg izalzi odvlažen, tj. suh zrak. Oblik saća u kolu omogućuje laminarno strujanje s minimalnim trenjem i padom tlaka. Vlaga adsorbirana na kolu u dijelu adsorbacije biva oduzeta pomoću struje vrućeg zraka u regeneracijskom dijelu kola. Okolni zrak za regeneraciju adsorpcijskog kola usisava se također preko filtra s druge strane uređaja pomoću ventilatora i tlači kroz električni grijač, gdje se zrak zagrije za približno 70°C. Zagrijani zrak odlazi kroz regeneracijski dio adsorpcijskog kola i ovlažen izbacije se u okoliš kroz nasuprotni izlazni priključak. Oba procesa adsorpcija vlage i regeneracija kola odvijaju se istodobno u odvojenim kanalima za zrak. Budući da se adsorpcijsko kolo polagano vrti brzinom od 7 okretaja na sat ostvaruje se kontinuirano sušenje zraka. Adsorpcijska materija može nakon procesa regeneracije ponovno preuzeti vlagu. Količina regeneracijskog zraka iznosi 1/3 volumena sušenog zraka. Kroz 2/3 kola prolazi okolni zrak za sušenje, a kroz 1/3 kola prolazi regeneracijski zrak. Dva odvojena protusmjerna protoka zraka kroz adsorpcijsko kolo postižu se brtvljenjem djela sušača za sušenje i regeneraciju.



Slika 5. Načelna shema rada sušača zraka Munters: 1 — filtar zraka za sušenje; 2 — ventilator zraka za sušenje; 3 — kolo za sušenje; 4 — suhi zrak; 5 — filtar zraka za regeneraciju; 6 — ventilator zraka za regeneraciju; 7 — grijač; 8 — izlaz regeneracijskog zraka

Izbor postupka konzervacije turbine radi sprečavanja stajaće korozije ovisi o specifičnim uvjetima i mjesnim tehničkim okolnostima termoelektrane, kao i o duljini i učestalosti stajanja turbine. Ako je na raspolaganju više metoda konzervacija turbine za vrijeme stajanja, odluku o izboru metode treba donijeti na osnovi razmatranja ekonomičnosti pojedine metode za konkretni primjer.

4. PRIMJERI KONZERVACIJE PARNIH TURBINA SUHIM ZRAKOM

Konzervacija parnih turbina za vrijeme stajanja u termoelektranama i industrijskim energanama često se zanemaruje zbog neznanja ili zbog potcjenjivanja opasnosti od stajaće korozije. Međutim, često je korozija nastala tijekom stajanja turbine bila uzrokom puknuća rotorskih lopatica i havarija turbine. U nekim primjerima havarije turbina zbog stajaće korozije događale su se odmah nakon puštanja turbine u pogon. Osim toga korozija smanjuje korisnost i vijek trajanja dijelova turbine. Korozija zbog stajanja turbine, za razliku od mnogih drugih pojava korozije, može se pogodnim metodama konzervacije gotovo potpuno spriječiti. U posljednje vrijeme primjena konzervacije parnih turbina upuhivanjem suhog zraka pokazala se vrlo pouzdanom i ekonomičnom u sprečavanju stajaće korozije. Taj postupak konzervacije je u Njemačkoj preporučio VGB (Tehnische Vereinigung der Grosskraftwerksbetreiber) u svojim smjernicama za konzervaciju postrojenja elektrana. Danas mnogi proizvođači parnih turbina uz nove turbine isporučuju i uređaj za konzervaciju.

Priključak za upuhivanje suhog zraka za konzervaciju turbine treba odabrati tako da su svi njeni dijelovi izloženi struji suhog zraka. Kod višekućišnih turbina obično se odaberu dva priključka za upuhivanje suhog zraka: jedan na visokom tlaku i jedan na srednjem ili niskom tlaku turbine, koji se mogu zapornim ventilima odvojiti u zasebne tokove.

Kapacitet sušača zraka može se odrediti pomoću izraza

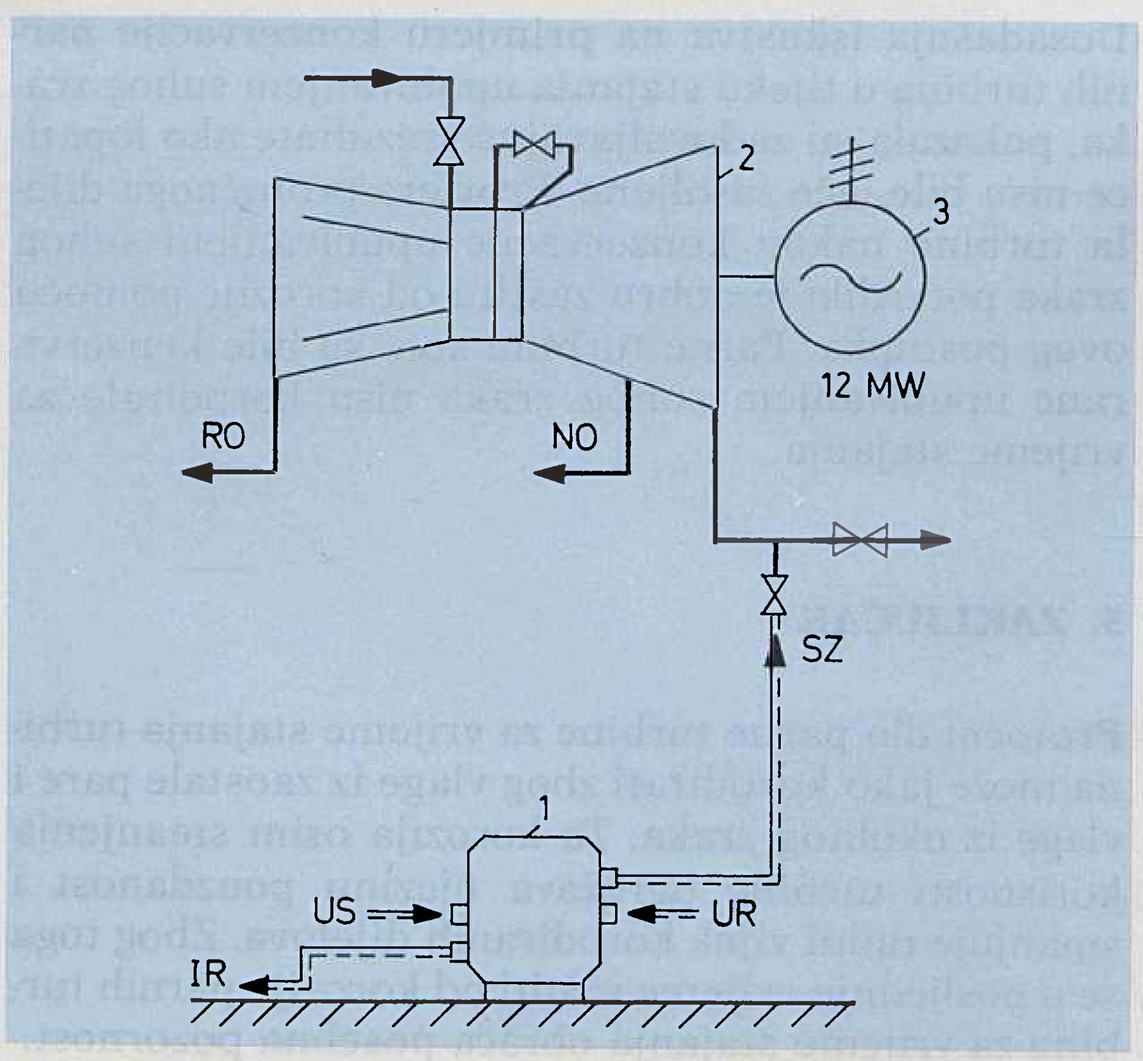
$$Z = W/t,$$

gdje je W — ukupna količina vode koju treba osušiti, t — usvojeno vrijeme za isušivanje vode. Pri određivanju kapaciteta sušača može se pretpostaviti da je na ukupnoj površini koja se konzervira oko 0,01 mm debeo sloj vode. Nakon zaustavljanja turbine može se prihvatiti da se preostala ostatna voda treba isušiti maksimalno za tri dana.

Postupak konzervacije parne turbine upuhivanjem suhog zraka zahtijeva potpuno uklanjanje vode iz protočnoga dijela turbine i kondenzatora. Prisutnost vode uzrokovala bi stalno ovlaženje suhog zraka, tako da bi sušenje trajalo tako dugo dok sva preostala voda u raznim džepovima ne bi ishlapila i sa suhim

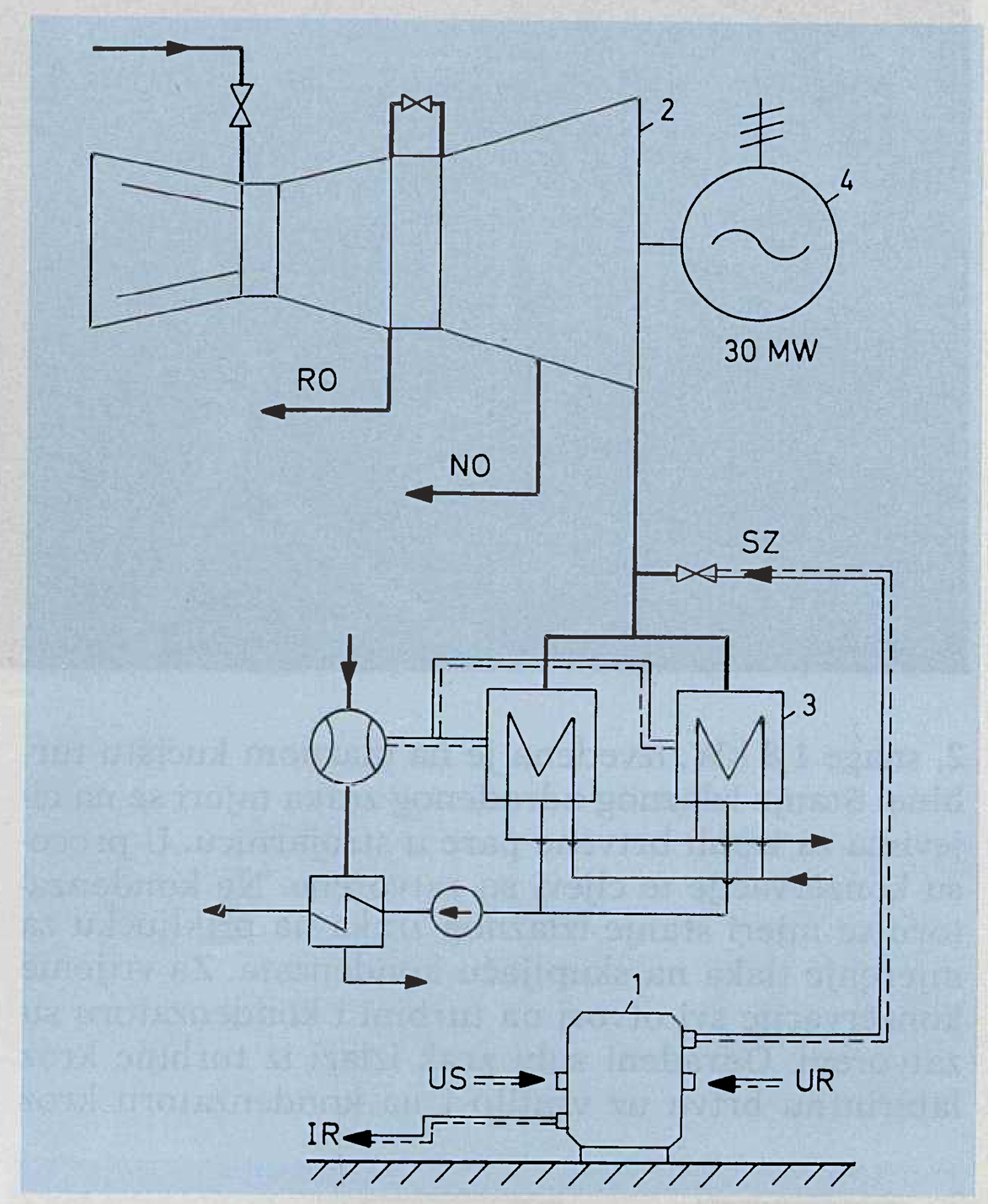
zrakom se izbacila u okoliš. Također ne smije prodirati povratno para u protočni dio turbine ni ulaziti u kondenzator. Upuhivanjem suhog zraka za konzervaciju treba započeti nakon zaustavljanja turbine i njezina odvodnjavanja čim temperature na priljučnim mjestima to dopuštaju. Nakon odvodnjavanja turbine treba zatvoriti sve otvore osim onih koji su predviđeni za izlaz odrađenoga suhog zraka. Za izlaz zraka dovoljni su otvori na labirintnim brtvama i jedan izlaz na kondenzatoru. Zbog velikih razlika temperatura u početku između upuhivanog zraka i rotora turbine treba rotor okretati pomoću stroja za okretanje sve do ohlađenja na temperaturu 120°C. Mjerenjem relativne vlažnosti ulaznog i izlaznog zraka može se utvrditi da li je u protočnom dijelu još prisutna slobodna voda. Relativna vlažnost izlaznog zraka obično se mjeri na cijevi za izlaz brtvene pare i predviđenom izlazu suhog zraka iz kondenzatora.

Na slici 6. je primjer sheme priključivanja sušača zraka Munters M 120, snage 1,2 kW za ispuhivanje suhog zraka na protutlačnu turbinu s reguliranim oduzimanjem pare, snage 12 MW, instalirane u EL-TO Zagreb. Priključak za upuhivanje suhog zraka za konzervaciju turbine za vrijeme stajanja izveden je na ispušnom cjevovodu. Upuhivanjem suhog zraka na ovom mjestu postiže se njegovo dobro opstrujavanje po cijelom protočnom dijelu turbine. Konzervacija ove turbine upuhivanjem suhog zraka radi sprečavanja stajaće korozije izvodila se u tijeku godišnje revizije turbine. U tijeku konzervacije bili su zatvoreni svi ventili za paru i odvodnjavanje turbine. Odrađeni suhi zrak izlazio je iz turbine kroz vanjske labirinte brtve i cijevi za izlaz brtvene pare u strojarnicu. Na tim cijevima povremeno se mjerila relativna vlažnost i temperatura izlaznog zraka iz turbine.



Slika 6. Shema upuhivanja suhog zraka u protutlačnu parnu turbinu s reguliranim oduzimanjem pare, snage 12 MW, EL-TO Zagreb: 1 — sušač zraka Munters M 120; 2 — turbina; 3 — generator; US — ulaz zraka za sušenje; SZ — suhi zrak; UR — ulaz zraka za regeneraciju; IR — izlaz regeneracijskog zraka; RO — regulirano oduzimanje pare; NO — neregulirano oduzimanje pare

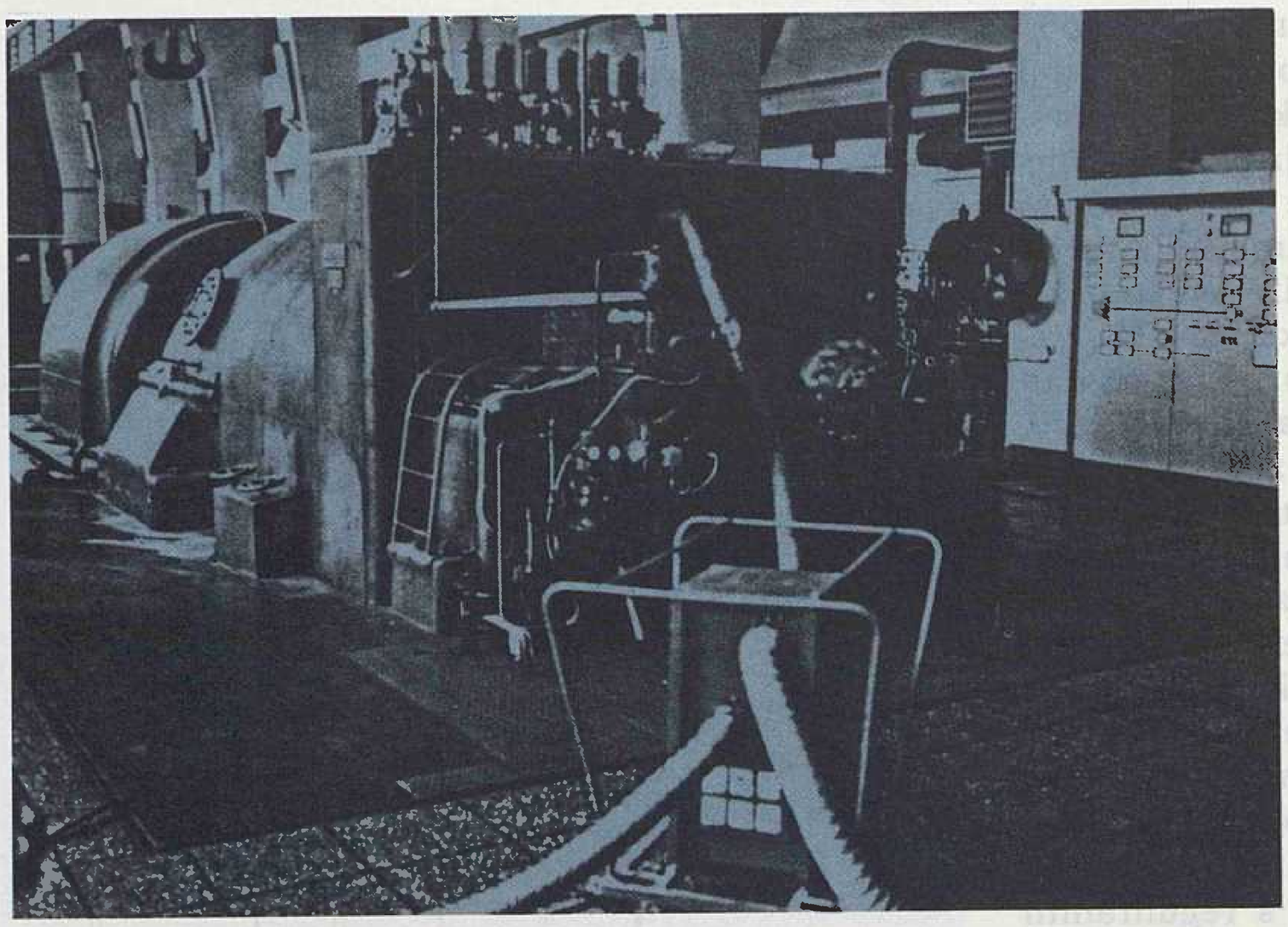
Mjerilo se pomoću digitalnog higrotermometra DHT 02 S. Relativna vlažnost suhog zraka na izlazu iz turbine nakon isušavanja protočnog dijela turbine iznosila je 20%. Upuhivanje suhog zraka izvodilo se za sve vrijeme stajanja turbine.



Slika 7. Shema upuhivanja suhog zraka u protutlačnu parnu turbinu s reguliranim oduzimanjem pare i grijućim kondenzatorom, snage 30 MW, EL-TO Zagreb: 1 — sušač zraka Munters M 120; 2 — turbina; 3 — grijući kondenzator; 4 — generator; US — ulaz zraka za sušenje; SZ — suhi zrak; UR — ulaz zraka za regeneraciju; IR — izlaz regeneracijskog zraka; RO — regulirano oduzimanje pare; NO — neregulirano oduzimanje pare

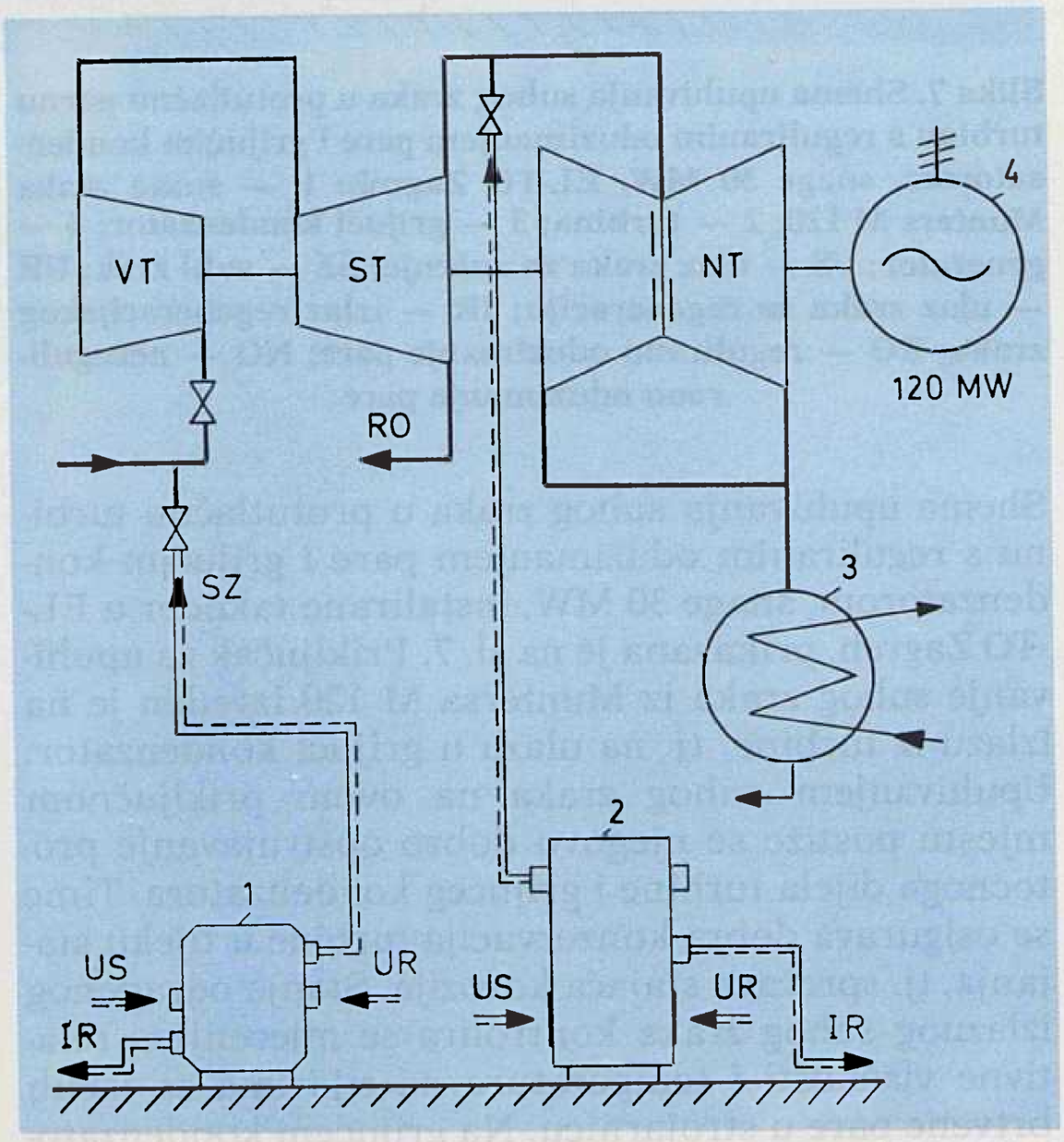
Shema upuhivanja suhog zraka u protutlačnu turbinu s reguliranim oduzimanjem pare i grijućim kondenzatorom, snage 30 MW, instalirane također u EL-TO Zagreb, prikazana je na sl. 7. Priključak za upuhivanje suhog zraka iz Muntersa M 120 izveden je na izlazu iz turbine, tj. na ulazu u grijući kondenzator. Upuhivanjem suhog zraka na ovom priključnom mjestu postiže se njegovo dobro opstrujavanje protočnoga dijela turbine i grijućeg kondenzatora. Time se osigurava dobra konzervacija turbine u tijeku stajanja, tj. sprečava stajaća korozija. Stanje odrađenog izlaznog suhog zraka kontrolira se mjerenjem relativne vlažnosti i temperature na cijevima za ispuh brtvene pare u strojarnicu. Na grijućem kondenzatoru mjeri se stanje izlaznog zraka na otvoru za mjerenje tlaka, gdje je predviđen izlaz odrađenog suhog zraka.

Na sl. 8. prikazan je primjer konzervacije za vrijeme stajanja dvije kondenzacijske parne turbine snage po 12,5 MW instalirane u TE Jertovec. Priključak za upuhivanje suhog zraka pomoću Muntersa M 200 —



Slika 8. Prikaz upuhivanja suhog zraka u kondenzacijske turbine snage 12,5 MW, TE Jertovec

2, snage 1,8 kW, izvedena je na ulaznom kućištu turbine. Stanje izlaznog odrađenog zraka mjeri se na cijevima za ispuh brtvene pare u strojarnicu. U procesu konzervacije te cijevi su zatvorene. Na kondenzatoru se mjeri stanje izlaznog zraka na priključku za mjerenje tlaka na skupljaču kondenzata. Za vrijeme konzervacije svi otvori na turbini i kondenzatoru su zatvoreni. Odrađeni suhi zrak izlazi iz turbine kroz labirintnu brtvu uz vratilo i na kondenzatoru kroz priključak za mjerenje tlaka na skupljaču kondenzata.



Slika 9. Shema upuhivanja suhog zraka pomoću dva sušača zraka u trokućišnu kondenzacijsko oduzimnu turbinu snage 120 MW, TE-TO Zabreb: 1 — sušač zraka Munters M 120; 2 — sušač zraka Munters M 200-2; US — ulaz zraka za sušenje; SZ — suhi zrak; UR — ulaz zraka za regeneraciju; IR — izlaz regeneracijskog zraka; VT, ST, NT — visoki, srednji i niski tlak turbine; RO — regulirano oduzimanje pare; 3 — kondenzator; 4 — generator

Za konzervaciju višekućišnih kondenzacijskih parnih turbina većih snaga s velikim volumenom protočnog dijela i kondenzatora primjenjuje se više sušača zraka. Primjer priključivanja i upuhivanja suhog zraka za konzervaciju za vrijeme stajanja trokućišne kondenzacijske oduzimne parne turbine snage 120 MW instalirane u TE-TO Zagreb prikazan je na sl. 9. Tu se za upuhivanje suhog zraka primjenjuju dva sušača. U visokotlačni dio turbine upuhije se suhi zrak pomoću Muntersa M 120, a u srednji i niski tlak i kondenzator pomoću Mintersa M 200-2.

Dosadašnja iskustva na primjeru konzervacije parnih turbina u tijeku stajanja upuhivanjem suhog zraka, pokazala su zadovoljavajuće rezultate ako lopatice nisu bile jače zasoljene. Provjera protočnoga dijela turbine nakon konzervacije upuhivanjem suhog zraka potvrdila je dobru zaštitu od korozije pomoću ovog postupka. Parne turbine koje su bile konzervirane upuhivanjem suhog zraka nisu korodirale za vrijeme stajanja.

5. ZAKLJUČAK

Protočni dio parne turbine za vrijeme stajanja turbina može jako korodirati zbog vlage iz zaostale pare i vlage iz okolnog zraka. Ta korozija osim smanjenja korisnosti turbine ugrožava njezinu pouzdanost i smanjuje radni vijek korodiranih dijelova. Zbog toga se u posljednje vrijeme zaštiti od korozije parnih turbina za vrijeme stajanja obraća posebna pozornost.

Za zaštitu turbina od tzv. stajaće korozije postoje razne metode suhe i mokre konzervacije. Ako na površinama protočnog dijela turbine nema hidroskopskih naslaga soli, za konzervaciju turbine za vrijeme stajanja obično se primjenjuju suhe metode. Od suhih metoda konzervacije, a radi sprečavanja stajaće

korozije protočnog dijela parnih turbina i kondenzatora najviše se primjenjuje upuhivanje suhog zraka. Za proizvodnju suhog zraka i njegovo upuhivanje u turbinu i kondezator pokazala se najdjelotvornija Muntersova metoda. Muntersovi sušački zraka, osim velike efikasnosti, vrlo su jednostavni za rukovanje i održavanje. Zbog tih svojih prednosti u odnosu na druge tipove sušača zraka, vrlo široko se primjenjuje za konzervaciju turbinskih postrojenja za vrijeme stajanja.

Ako na površinama protočnoga dijela turbine ima naslaga od produkata korozije ili većih naslaga od soli, za konzervaciju radi sprečavanja stajaće korozije u posljednje vrijeme vrlo dobrom se pokazala primjena oktadecimalna (ODA) $C_{18}H_{37}NH_2$, naročito kod turbinskih postrojenja većih snaga. ODA, zbog svog penetrirajućeg djelovanja, osim zaštite od korozije čisti površine od naslaga produkata korozije i soli.

LITERATURA

[1] R. SMOCK, »New guidelines portend changes in boiler water changes in boiler water treatment practices« Power Engineering (1986) 8, 18 – 24.

[2] M. MARKOVIĆ, »Značaj održavanjakvalitete vode-pare za pouzdanost rada termoenergetskih postrojenja«, Elektroprivreda (1988) 5/6, 209 – 226.

[3] B. STANIŠA, »Korozija i erozija protočnog dijela turbine«, seminar — Zaštita od korozije opreme termoelektrana, Negotin, 12 – 14. 2. 1991, Zbornik radova, 1 – 22.

[4] J. KONTIĆ, B. STANIŠA, »Korozijske pojave u kružnom toku voda-para kod termoenergetskih postrojenja«, VIII jugoslavenski simpozij termičara, Neum, 8 – 11. 5. 1990, Zbornik radova, 851 – 860.

[5] G. KOLARIĆ, »Konzerviranje turbina i kotlova za vrijeme stajanja pomoću suhog zraka«, Jugoslavensko savjetovanje »Stanje i perspektive zaštite materijala u Jugoslaviji«, Portorož, 24 – 26. 11. 1986, Zbornik radova, 23 – 1 – 9.

[6] G. KOLARIĆ, »Ušteda energije sušenjem uzduha Muntersovom metodom«.

[7] K. H. BIEBER, »Einsatz und Bereitschah von Resevekraftwerken«, VGB Kraftwerkstechnik 59 (1979) 7, 595 – 608.

CONSERVATION OF STEAM TURBINES DURING NON-OPERATION TIME

Steam turbines can corrose a lot during a longer non-operation period. Corrosion diminishes the efficiency, reliability and the life time of corrosive turbine parts. To avoid the corrosion of steam turbines during the non-operation time defferent conservation methods are available. In this work the methods of dry conservation of steam turbines are given, showing the examples of the cases realized so far.

KONSERVIERUNG DER DAMPFTURBINEN WÄHREND DER STILLEGUNG

Die Dampfturbinen können nach einer längeren Zeit in der sie nicht arbeiten bedeutend korrodieren. Die Korrosion beeinflusst den Nutzen, die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer der korrodieten Turbinenteile. Zur Verhinderung der Korrosion der Dampfturbinen während der Stillegung, bestehen verschiedene Konservierungsmethoden. In dieser Arbeit spricht man über die Methode der trockenen Konservierung der Dampfturbinen und es wurden auch Beispiele der Lösungen geschildert.

Naslov pisaca:

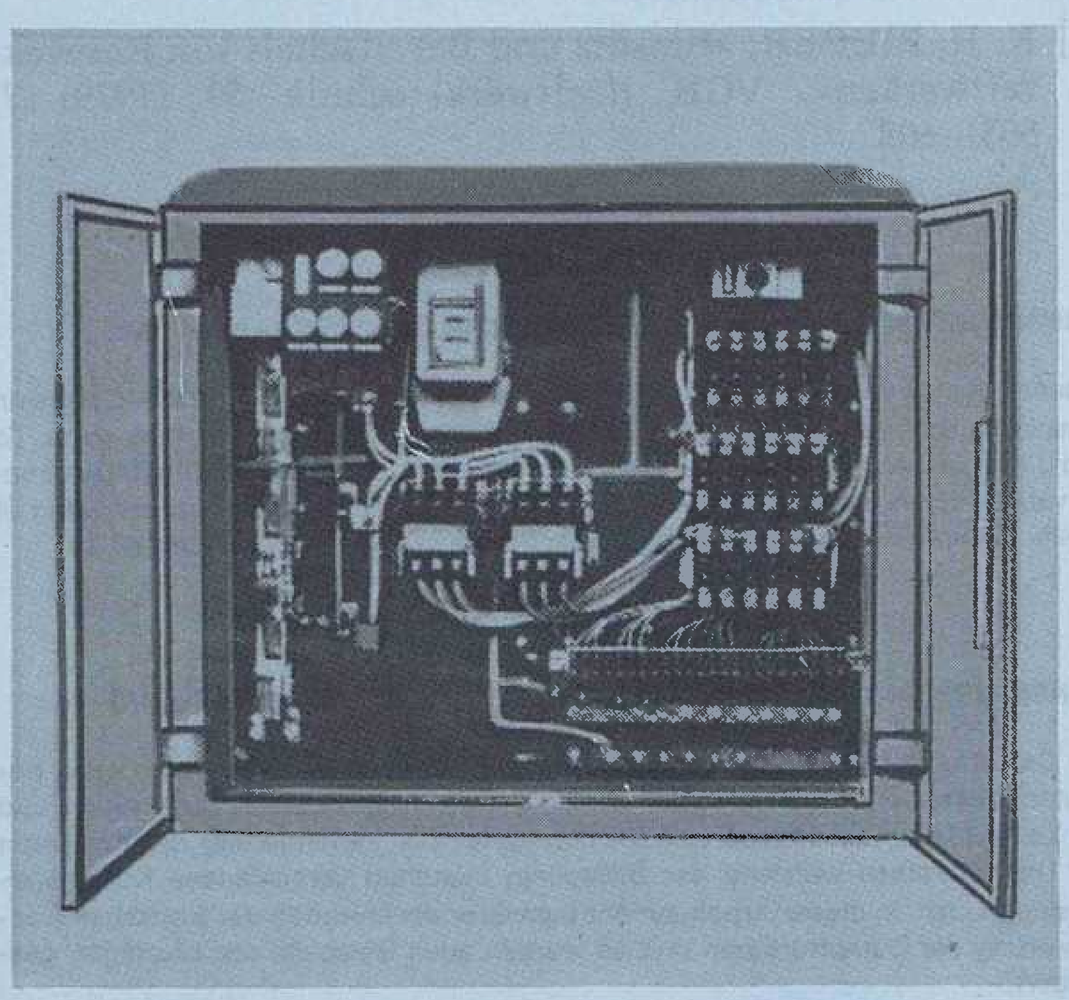
Izv. prof. dr. Branko Staniša, dipl. ing.
ENIN – Energetski institut, d.d.
47000 Karlovac, Mala Švarća 155, Hrvatska

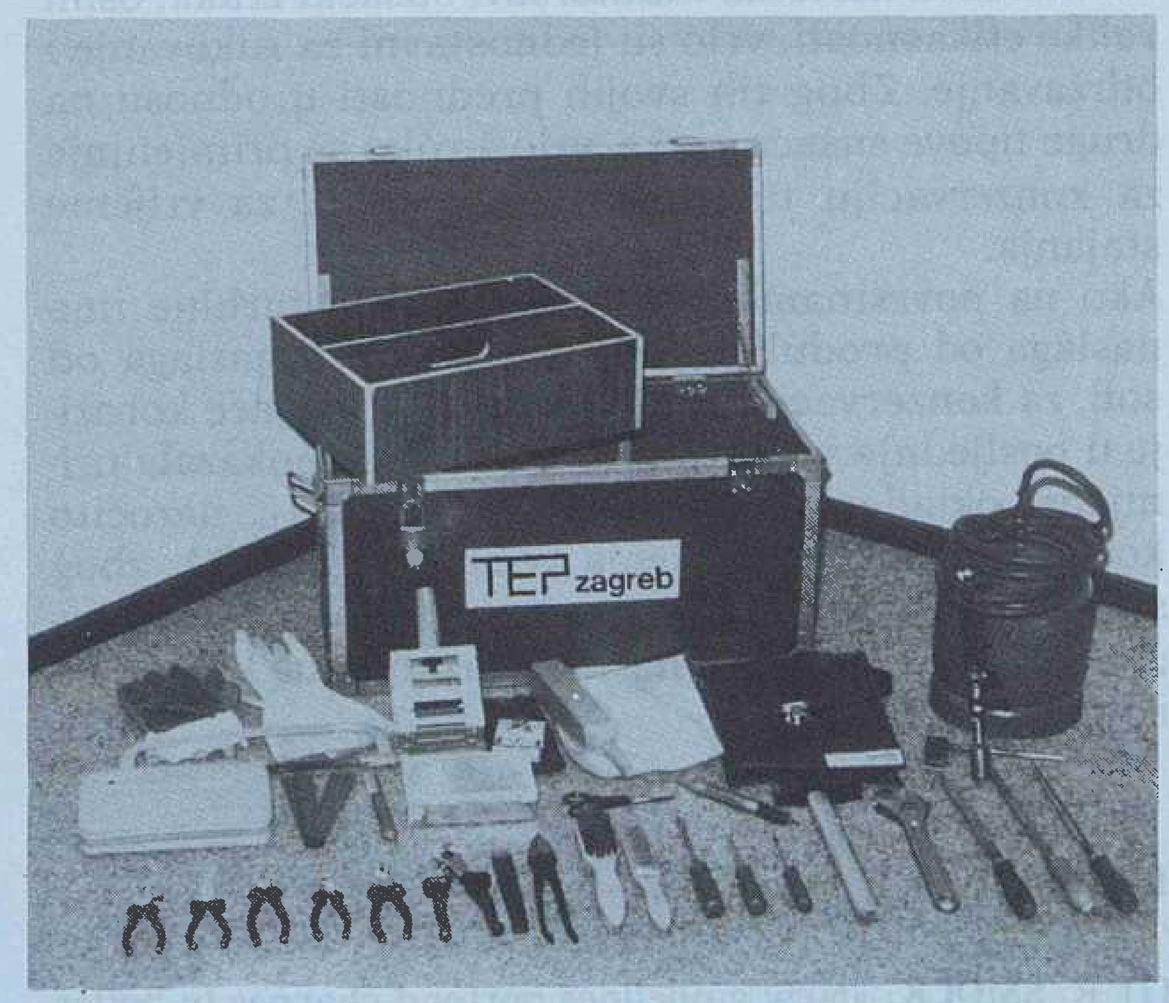
Drago Šešo, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda EL-TO
41000 Zagreb, Zagorska 1, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis: 1992-09-24.

TEP tvornice elektrotehničkih proizvoda · zagreb

41090 ZAGREB, Medarska 69 — Telefon: 041/156-522, Telex: 21361, Telefax: 041/156-539, 156-520





TEP-PROGRAM ZA ELEKTRODISTRIBUCIJU

KABELSKI PRIBOR

— za impregniranim papirom izolirane kabele 1 – 35 kV
— za plastikom izolirane kabele 1 – 35 kV
— pribor za spajanje vodiča Al i Cu

ORMARI I ORMARIĆI

ZA NAPONSKO PODRUČJE DO 1 kV

— kabelski razvodni ormari
— kućni priključni ormarići za kabelski priključak*
— kućni priključni ormarići za priključak samonosivim kabelom*
— mjerno-priključni ormari*

* ormari i ormarići su opremljeni stezaljkama za direktno spajanje Al i Cu vodiča

VANJSKA RASVJETA

— svjetiljke za saobraćajnice
— svjetiljke za parkove
— elektronički regulatori rasvjete

SISTEM ZA OGRANIČAVANJE SNAGE

— potrošački prekidači
— sklopnici za upravljanje trošilima

ZADUŽENJE HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Zbog teških ratnih razaranja i uništavanja elektroenergetskih objekata u Hrvatskoj, plan proizvodnje manji je od potrošnje. Da se pokrije manjak konzuma, pristupljeno je zaduženju električne energije od stranih sustava. Prikaz zaduženja od 1. prosinca 1991. do 31. listopada je sljedeći:

Zaduženje: HEP se u prosincu 1991. godine, te siječnju i veljači 1992. godine zadužio u Švicarskoj za 15,1 GWh, od čega je u ožujku ove godine vraćeno 1,8 GWh, a u tranju 13,3 GWh. Time je dug Švicarskoj u potpunosti vraćen.

Na temelju Specijalnog ugovora u razdoblju siječanj-ožujak 1992. godine dobijena je pomoć iz Europe (EDF, ENEL, OVG i ATEL) u iznosu 155,3 GWh koju je nužno vratiti u razdoblju od 1. listopada 1992. do 31. ožujka 1992, uz koeficijent 1,06 ili ukupno 164,6 GWh.

Na temelju Specijalnog ugovora br. 2 (EDF, ENEL, ATEL) u razdoblju od 1. travnja do 15. srpnja 1992. (za vrijeme remonta NE Krško i zbog nemogućnosti preuzimanja energije iz Bugarske prema ugovoru) zadužili smo se za ukupno 139,4 GWh, što smo dužni vratiti u razdoblju od 1. travnja 1993. do 31. srpnja 1993.

Ukupan dug prema tim ugovorima iznosi 304,0 GWh.

U razdoblju od 1. srpnja 1992. do 31. kolovoza 1992. zadužili smo se u ČEŠKOJ I SLOVAČKOJ ukupno u iznosu 139,5 GWh. To moramo vratiti ili platiti prema dogovoru.

Na temelju Osnovnog ugovora, koji podrazumijeva preuzimanje energije iz Italije prema dugoročnom ugovoru o međusobnoj pomoći, HEP je preuzeo tijekom 1992. i do 30. rujna 1992. 96,9 GWh. Postoji obveza da se to vrati tijekom 1993. prema sezonama i tarifama i prema međusobnom dogovoru.

Na račun posudbe zadužili smo se u Švicarskoj u rujnu 36,6 GWh i u listopadu 17,6 GWh odnosno ukupno 54,3 GWh, a dužni smo vratiti u razdoblju od 4. siječnja do 26. veljače 1993. 20 posto, odnosno više od 65,4 GWh.

HEP je dužan i Sloveniji 48,8 GWh na račun zaduženja u 1991. 1992. godini.

Radi hidro-viškova u drugoj polovici listopada vraćeno je Italiji energije u iznosu 55,3 GWh, a u studenom 115,16 GWh uglavnom noćnih viškova na temelju Osnovnog ugovora. Prema posebnom aranžmanu vraćena je dnevna električna energija od 6–22 h u listopadu 12,9 GWh u studenom 34,4 GWh i u prosincu 7,0 GWh. Na temelju ukupnog zaduženja po Specijalnom aranžmanu ostao je dug za 1993. godinu u iznosu od 250,0 GWh.

I. R.

MEĐUNARODNI KONGRES »ENERGIJA I ČOVJEKOVA OKOLINA«

Od 27. do 31. listopada 1992. u Opatiji je održan međunarodni kongres »Energija i zaštita čovjekove okoline«. To je trinaesti takav znanstveni stručni skup, a prvi u samostalnoj državi Hrvatskoj. Organizatori kongresa bili su Hrvatsko udruženje za sunčevu energiju Rijeka, Tehnički fakultet Rijeka, radna zajednica Alpe-Jadran, Radna grupa za znanstvenu i tehnološku suradnju i Univerza iz Ljubljane, Fakultet za strojarstvo. Pokrovitelji su bili Ministarstvo industrije, brodogradnje i energetike, Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša, Izvršno vijeće Skupštine općine Rijeka i dr.

Na kongresu je prikazan 91 referat iz raznih područja energetike, energetskih tehnologija i zaštite okoliša. Referati su simultano predvođeni na hrvatski i engleski jezik.

U sklopu Kongresa održane su specijalne radionice (work shop) sa temama:

- racionalizacija proizvodnje i potrošnje energije za zgrade
- pristup planiranju u obnovi ratom razrušenih kuća s aspekta ekonomičnosti življenja,
- energetski i ekološki problem pod nazivom »Energetska kuća 92« i
- standardizacija na području termodinamike, procesne tehnike, termoenergetike i energetike.

Za okruglim stolom, na kraju Kongresa, donesene su preporuke koje će se uputiti ministarstvima i ustanovama koje se bave energetikom i zaštitom okoliša.

I. R.

SURADNJA TVORNICE JEDINSTVO S AMERIČKOM TVRTKOM WESTINGHOUSE

Zagrebačka tvornica, »Jedinstvo« ugovorila je s američkom tvrtkom Westinghouse izradu elemenata za nuklearna postrojenja. Prvi komadi (tzv. satnice za nuklearno gorivo), već su isporučeni u američku centralu. Ugovor je potpisan na osam godina, a godišnja isporuka vrijedi jedan milijun dvjesto tisuća dolara. Jedinstvo je obvezatno da godišnje naručitelju isporući 1664 satnica.

Amerikanci su zadovoljni isporučenim satnicama koje se izrađuju od američkog materijala. Svaki proizvedeni djelić toga elementa provjerava se optičkim instrumentima, a odstupanje može biti tek pet mikrona. Za svaki se dio i fazu proizvodnje dostavlja i posebna dokumentacija.

I. R.

SUVREMENA OPREMA ZA HPT

Poduzeće Hrvatske pošte i telekomunikacije (HPT) ugovorilo je švedskom tvrtkom »Ericsson« isporuku telefonskih centrala za Hrvatsku. Ugovorena je isporuka tranzitno-međunarodnih centrala za Rijeku, Split i Osijek, dviju centrala, međunarodne i tranzitne, za Zagreb, centrale za telefonske službe, suvremene opreme za automatsko upravljanje telekomunikacijskom mrežom i prijenosne opreme i instrumenata. Za naručene centrale i opremu uložit će se približno 182 milijuna švedskih kruna. Dogovoreno je da HPT osigura 30 posto sredstava, a 70 posto je kredit na osam godina.

I. R.

IZVOZNI USPJESI ELEKTROINDUSTRIJE

Zagrebačko poduzeće »Nikola Tesla«, specijalizirani proizvođač telekomunikacijskih sustava i uređaja, nedavno je zaključio nov izvozni posao za stranog partnera.

S delegacijom sibirskoga grada Barmaula iz Altajskog kraja, dijela Ruske Federacije, potpisan je ugovor o isporuci tranzitne međugradske telefonske centrale izrađene u najsuvremenije AXE 10 digitalnoj tehnologiji. Posao vrijedi više od deset milijuna dolara.
Poduzeće »Končar-Elektroindustrija d.d.« i češka tvrtka »Elektropraca« potpisali su u Zagrebu trogodišnji ugovor o poslovnoj suradnji vrijedan 12 milijuna njemačkih maraka. Češki partner proizvodit će i isporučivati »Končaru« usisivače i parna glačala, a poduzeće »Končar-Mali kućanski aparati« iz Samobora njima kalorifere i elektro-grijalice vode.

I. R.

PRIJEDLOG ELEKTROENERGETSKE BILANCE HRVATSKE ZA 1993. GODINU

Hrvatska elektroprivreda izradila je prijedlog Elektroenergetske bilance Hrvatske za 1993. godinu. Na temelju sadašnjih sveukupnih okolnosti gotovo je nemoguće izraditi Elektroenergetsku bilancu za 1993. godinu sa zadovoljavajućom točnošću. U ratnim razaranjima uništen je znatan broj distributivnih i velikih potrošača, a vrijeme i dinamika njihove sanacije ne mogu se trenutno odrediti. Identična situacija je s prijenosnom i distributinom mrežom.

Problem je planiranja proizvodnje električne energije iz hidroelektrana. Zbog okupacije hidroelektrane Obrovac, Manjolovac i Golubić nisu uzete u poračun, kao i HE Peruča i HE Dubrovnik zbog opsega šteta i njihove sanacije.

Zbog prekida svih 400, 220 i 110 kV dalekovoda koji nas vežu na elektroenergetski sustav Bosne i Hercegovine te Srbije isporuka električne energije iz termoelektrana u tim republikama na temelju dugoročnih Ugovora o izgradnji i korištenju ovih objekata (TE Tuzla, TE Kakanj, TE Gacko, TE Obrovac) nije planirana. Na taj smo način uskraćeni za sljedeću godišnju količinu (okvirne veličine)

TE Tuzla	1090 GWh
TE Kakanj	276 GWh
TE Gacko	Wh
TE Obrenovac	1680 GWh
Ukupno	3 546 GWh

Potrebe distributivnih potrošača utvrđene su na osnovi prijavljenih količina pojedinih distributivnih područja. U usporedbi s ostvarenjem u 1992. godini ovako planirane potrebe su 9,16 posto veće, odnosno na razini su potreba u 1991. godini.
Plan potreba velikih potrošača formiran je na temelju prijave samih potrošača. U odnosu prema procjeni ostvarenja u 1992. godini te su potrebe znatno veće (oko 45 posto) jer se planira osposobljavanje pogona oštećenih ratnim razaranjima.
Plan gubitaka na mreži prijenosa utvrđen je u iznosu 368 GWh, što je na razini 3,01 posto procijenjenog ostvarenja ukupne potrošnje električne energije u 1992. godini.
Proizvodnja hidroelektrana utvrđena je prema 70 postotnoj godišnjoj vjerojatnosti pojave dotoka na 40-godišnjem nizu hidroloških podataka (1951 – 1990). Zbog Neraspoloživosti dijela već spomenutih hidropotencijala ukupna proizvodnja iz tih izvora manja je za približno 987 GWh od moguće. Udio proizvodnje hidroelektrana u ukupnoj proizvodnji iznosi samo 38,8 posto.
Plan proizvodnje termoelektrana utvrđen je u skladu s kriterijem za planiranje njihova rada. Termoelektrane na tekuće gorivo (TE Rijeka i TE Sisak) planirane su do ukupnog zadovoljenja potreba. Rad TE Plomin planiran je s godišnjom potrošnjom od 200 000 tona ugljena. S obzirom na potrebe zaliha i potrošnje iz inozemstva, potrebno je nabaviti otprilike 200 000 tona zbog potrebe miješanja.
Za tako planiranu proizvodnju potrebno je osigurati sljedeće količine goriva:

ugljen	—	229 700 tona
lož-ulje	—	1 022 300 tona
zemni plin	—	$358{,}7 \times 10^6$ m³
koksni plin	—	$51{,}3 \times 10^6$ m³.

Iz dosadašnje prakse može se zaključiti da nam INA neće moći isporučiti potrebne količine tekućeg goriva, pa predviđena proizvodnja iz termoelektrana dolazi u pitanje. Za sada postoje pretpostavke mogućeg uvoza električne energije u ljetnom razdoblju iz Ukrajine ili iz Češke i Slovačke od približno 100 GWh mjesečno čime bi mogli kompenzirati potrošnju lož-ulja, no cijena te energije znatno bi premašila cijenu iz naših termoelektrana.

I. R.

PLINOFIKACIJA OPĆINA ĐAKOVO I ŽUPANJA

Obavljene su sve tehničke pripreme za početak realizacije plana plinofikacije područja općine Đakovo. Prva faza radova počet će tijekom 1993. godine. Orijentacijska vrijednost radova prve faze iznosi približno 50 milijuna DEM. Radovi će biti završeni potkraj rujna 1993. godine. Također je predviđena i plinofikacija područja općine Županja koja ima velikih problema u opskrbi energijom (ugljenom i strujom). No uvođenjem plina za potrebe industrijskih postrojenja i individualnih potrošača predstavljat će veliku dobit.
Na sugestiju INA-Naftaplina pri Skupštini općine Županja osnovat će se tim stručnjaka koji će voditi daljnje aktivnosti glede uvođenja plana. Njihova je zadaća definirati glavne potrošače koji trebaju financirati izradu izvedbene dokumentacije o uvođenju plina u 15 naselja županjske općine.

I. R.

40. OBLJETNICA OSNUTKA NAFTAPLINA

Dan rudara »INA-Naftaplin« obilježen je 4. prosinca, na Sv. Barbaru, zaštitnicu svih rudara. Taj se dan među rudarima obilježava u cijelom svijetu. Ujedno je na taj dan prije 40 godina osnovana »INA-Naftaplin«. Tom prilikom održana je zajednička proslava dana rudara i 40. godišnji jubilej Naftaplina.

Razvoj naftaplina

Od 1. siječnja 1952. počinje djelovati »Poduzeće za proizvodnju nafte i plina sa sjedištem u Zagrebu«. Nova organizacija nastala je ujedinjenjem četiriju poduzeća koja su se dotada bavila tom djelatnošću. U svibnju iste godine poduzeće mijenja ime u »Naftaplin«, poduzeće za istraživanje i proizvodnju nafte i plina u Hrvatskoj. Početna proizvodnja od 102 000 tona nafte i 6 milijuna i 300 tisuća prostornih metara plina ostvarena je prva godina rada.
»Naftaplin« je stalno povećavao proizvodnju, pa je ona u pojedinim razdobljima prelazila dva, pa čak i tri milijuna tona nafte godišnje. Ukupna proizvodnja do danas iznosi 78 milijuna tona nafte i više od 29 milijardi prostornih metara prirodnog plina. Tome je zacijelo pridonijelo korištenje suvremenih tehnologija istraživanja i stalno jačanje kadrovskih potencijala. Od 1 578 zaposlenih u 1952. godini, »Naftaplin« je narastao do 9 000, da bi se prošle, 1992. godi-

ne primjenom stimulativnih mjera prijevremenog odlaska u mirovinu smanjio broj zaposlenih na ukupno 7 987 djelatnika.

I. R.

IZGRADNJA TERMOELEKTRANA

Plinske termoelektrane — U mogućim planovima razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske predviđena je izgradnja do četiri plinske elektrane s kombiniranim ciklusom ukupne instalirane snage 1 045,2 MW. Sve četiri plinske elektrane mogu se izgraditi na postojećim lokacijama TE-TO Zagreb, EL-TO Zagreb, Sisak 3 i TE Osijek. Prednost u izgradnji odnosi se na lokacije u Zagrebu. Konačni izbor veličine snage i dinamika izgradnje elektrana utvrdit će se pošto se realno spoznaju mogućnosti uvoza plina i mogućnosti lokacija.

Termoelektrane na uvozni ugljen — U ovisnosti o mogućim događajima, o razini rasta potrošnje električne energije i mogućih prekida isporuka električne energije iz zajedničkih objekata, bilo bi potrebno do 2010. godine izgraditi i pustiti u pogon do tri termoelektrane snage 300 MW na uvozni ugljen.

Za realizaciju izgradnje termoelektrana na uvozni ugljen posebno je važno osigurati i zaštititi najmanje dvije do tri lokacije za njihovu izgradnju.

Nuklearne elektrane — Izgradnja nuklearnih elektrana razmatrana je kao moguća opcija, ali je prednost dana hidroelektranama, termoelektranama na prirodni plin i uvozni ugljen. Potreba za izgradnjom nuklearnih elektrana pojavljuje se potkraj promatranog razdoblja 2010. godine, pri većoj razini potrošnje električne energije i obustavi isporuke električne energije iz zajedničkih objekata.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

NAGRADA ZA GAŠENJE NAFTNIH VRELA U KUVAJTU

Mađarski naftni stručnjaci S. K. Szabo i M. Illes nagrađeni su posebnom nagradom iz zaklade Philip Morris (30 000 DM) što su sa svojim timom ubrzali gašenje požara naftnih izvora u Kuvajtu.

Iračke su trupe u povlačenju zapalile 730 izvora nafte. Međunarodni pokušaji gašenja na početku su bili reltivno neuspješni. Dva mjeseca nakon početka gašenja, u travnju 1991, bilo je ugašeno tek 30 izvora. Tada je u lipnju izjavio svjetski stručnjak za vatrogastvo Red Adair da će trebati 4 do 5 godina da se svi požari ugase. Do rujna u Kuvajtu je bilo 30 gasilačkih ekipa iz SAD, Irana, Francuske, Rumunjske, Italije, Kine, Kanade i Mađarske, ukupno 9 500 ljudi. Osobito uspješna i spektakularna pokazala se nekonvencionalna metoda gašenja mađarske ekipe. Za gašenje su spomenuti stručnjaci pregradili ruski tenk T 34, na koji su ugradili dvije turbine MIG 21.

Vozilo se približilo gorućem izvoru, a rukovalac u toplinski zaštićenoj kabini upravio je pomične sapnice na plamen. Iz sapnica je velikom brzinom šiknula voda i pjena. Tekućina je izlazila u obliku vira u sitnim kapljicama kao prašina. Zatim je neka vrsta lijevka (stinger) smještena u izlaznu cijev izvora i zatrpana specijalnom smjesom. Postupak je omogućio da je nakon manje od osam mjeseci, od završetka zaljevskog rata, mogao emir od Kuvajte 6. studenog 1991. ugasiti posljednji gorući izvor.

Energie, god. 44 (1992), br. 6

Mrk.

SPOR OKO HIDROELEKTRANE GABCIKOVO

Čehoslovačka je vlada, na prijedlog Mađarske, dala stručnjacima Europe zajednice na analizu projekta hidroenergetskog sustava Gabcikovo — Nagymaros. Tek kad ova stručna komisija dade svoje mišljenje konačno će se odlučiti o projektu, koji su još 1977. prihvatile obje države. Projekt obuhvaća iskorištenje Dunava na daljnji 200 km, između Bratislave i Budimpešte. Na tom bi se dijelu trebale graditi dvije hidroelektrane. Mađarska je obustavila gradnju svoje hidroelektrane Nagyvaros zbog ugrožavanja najvećeg srednjoeuropskog spremnika podzemne vode. Slovačka, međutim, gradi dalje svoju stepenicu Gabcikovo. Pritom treba Dunav provesti u kanal dug 17 km i širok 100 m. U Mađarskoj se boje da bi se time poljoprivredno zemljište pretvorilo u pustu, kao što se to dogodilo u prošlom stoljeću zbog »Theiss-regulacije«. S druge se pak strane postavlja pitanje granice. Danas ona teče između Slovačke i Mađarske sredinom rijeke. Promjenom toka rijeke utjecat će se bilo na promjenu granice, bilo na mađarski posjed na Dunavu.

ETZ, god. 113(1992), br. 15

Mrk.

AEG IZRAĐUJE POKUSNE »ZEBRA — BATERIJE«

Nakon trogodišnjeg razvojnog rada s elektrovozilima tvrtka AEG prelazi na pokusnu ili tzv. pilot-proizvodnju svojih visokoenergetskih Na-Ni Cl_2 baterija. Serijska je proizvodnja predviđena nakon 1995. Ovi su akumulatori nazvani »Zebra-baterije« i imaju mogućnost da akumuliraju četiri puta više energije nego olovni akumulatori. Povećana je pouzdanost i životna dob. One traju 5 godina, a vozilo može proći 100 000 km. S jednim se punjenjem može preći 300 km. Na-Ni Cl_2 ćelije imaju pri temperaturi od 300 °C napon od 2,6 V. Zbog navedene povišene temperature baterije su smještene u toplinski izoliranom kućištu.

ETZ, god. 113(1992), br. 15

Mrk.

VAKUUMIRANI SOLARNI KOLEKTORI

Uz uobičajene pločaste solarne kolektore za toplu vodu razvijeni su i vakumirani kolektori u cijevnoj ili također pločastoj izvedbi. Njihova je korisnost do 15% veća od običnih kolektora, ali je njihova cijena dva do tri puta veća. Uz velike investicije skuplja je montaža i održavanje (nadzor visokog vakuuma). Značajniji je nadalje problem sigurnosti pri montaži. Zbog visokog vakuuma može doći do implozije kolektora i ranjavanja radnika. Svakako moraju raditi sa zaštitnim očalima. Ipak, vakuumski kolektori imaju primjenu u industrijskim postrojenjima gdje tehnološka voda mora imati temperaturu višu od 80° C. Montaža u industriji ima i tu prednost da je kolektorski uređaj pod stručnim nadzorom. Danas su takvi kolektori toliko usavršeni da daju vrlo dobre rezultate primijenjeni u prehrambenoj industriji.

Energie, god. 44(1992), br. 7.

Mrk.

MANJA PROIZVODNJA NAFTE U BIVŠEM SSSR-u

Gospodarstvo zemalja bivšeg SSSR-a sve više upada u krizu. U godini 1988. proizvedeno je 624 milijuna tone sirove nafte, dok je 1991. proizvedeno tek 517 milijuna tona. Za 1992. predviđa se samo 456 milijuna tona. Izvoz nafte također se smanjio. Godine 1988. iznosio je 206 milijuna tona, 1991. 136 milijuna tona, a 1992. se predvidjelo 108 milijuna tona. Posljedica je toga drastičan pad deviznog priljeva i povećanje gospodarskih poteškoća.

Energie, god. 44(1992), br. 7

Mrk.

100 GODIŠNJICA VDE

Početkom 1993. slavit će se 100 godina od osnutka Saveza njemačkih elektrotehničara VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker), koji je osnovan u Berlinu 22. siječnja 1893. Zadaća je Saveza unapređenje ključnih tehnologija elektrotehnike i elektronike, kao i na njih vezanih disciplina u znanosti i primjeni. Savez je danas najveća takva organizacija u Njemačkoj, sa 34 000 individualnih i približno 1 000 kolektivnih članova.

Energie, god. 44(1992), br. 7

Mrk.

SOLARNE ĆELIJE OD KADMIJ-TELURIDA

Poznato je već 20 godina da je moguće proizvesti fotovoltaičke ćelije od kadmij-telurida (Cd Te). Institut Betelle iz Frankfurta uspio je razviti postupak za dobivanje tog materijala koji je pokazao začuđujuće dobre rezultate. Postupak stavljanja tankog sloja CdTe na noseći materijal brz je i razmjerno jeftin. Ćelije postižu korisnost od 11%, što odgovara ćelijama od amorfnog silicija. Na silicijskim ćelijama korisnost već za nekoliko mjeseci padne na nekih 6%. U institutu Betelle počet će s pokusnom proizvodnjom ćelija, i to godišnje 20 000 modula dimenzije 50 × 50 cm. Njihova bi cijena bila samo jedna jedna petina silicijskih ćelija. Nakon pokusne proizvodnje slijedi povezivanje s industrijom i komercijalna proizvodnja. Silicijska tehnika učinila je doduše velik napredak, no jedan kWh iz fotovoltaičkih elektrana stoji još uvijek oko 1 DEM. Ipak ovakva tehnologija sve više prodire u zemlje bogate suncem. Tako je npr. Iran, početkom 1992, zaključio ugovor s tvrtkom Telefunken o dobavi kompletne tvornice solarnih silicijskih ćelija. Od TdTe ćelija, pak, očekuje se osobito velik prodor na svjetsko tržište zbog rastućeg interesa za regenerativnu energiju.

Energie, god. 44(1992), br. 7

Mrk.

PROSJEČNO TRAJANJE VISOKOŠKOLSKIH STUDIJA U NAJRAZVIJENIJIM ZEMLJAMA

Studenti u mnogim zemljama znatno produžuju studij u usporedbi s propisanim rokom trajanja. Najdulje studiraju studenti u Italiji. Umjesto propisanog trajanja od 4,5 godine oni prosječno završavaju tek nakon 7,5 godina. Studij dakle produžavaju za 66% vremena. Odmah zatim slijede Francuzi. Propisano vrijeme studija je 4 godine, no u prosjeku se produljuje na 7 godina, što iznosi 75%. Najmanje produljuju studij u Japanu, i to samo 5% vremena. Propisani dio studija najkraći je u Velikoj Britaniji, traje 3,5 godine, ali se u prosjeku produljuje na nešto manje od 4 godine, odnosno 14% vremena. Propisano vrijeme studija, stvarno prosječno trajanje i postotak produženja vremena za najrazvijenije zemlje svijeta dan je u tablici.

Zemlja	Studiranje godina		
	Propisano vrijeme	Stvarno trajanje	% produženja
Italija	4,5	7,5	66
Francuska	više od 4	7	75
Njemačka	4 do 5	7	55
Nizozemska	4,1	5,9	44
Švedska	4	5,5	37
SAD	4,1 do 4,2	5	24
Japan	4,1	4,3	5
V. Britanija	3,5	4	14

ETZ, god. 113(1992), br. 16

Mrk.

NOVI FLEKSIBILNI VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČ

Stručnjaci britanske tvrtke General Electric Marconi (GEC) u Wembleyu pronašli su novi supravodljivi materijal na osnovi oksida kadmija, olova i bakra. Kritična mu je temperatura 92 K (−181 °C), dakle 15 K iznad temperature tekućeg dušika, što omogućuje ekonomično hlađenje. Kritična je temperatura još uvijek dovoljno visoka pri velikim strujama. Prema prvim istaživanjima ovaj je materijal manje krhak nego dosad poznati visoko temperaturni supravodiči, pa se stoga mogu lakše proizvoditi žice ili kabeli za energetske svrhe. Pri traženju novih mješavina materijala primjenjena je robotika. Time je omogućeno da se u nešto više od 2 godine istraži 15 000 različitih kombinacija sastojaka čija kritična temperatura prelazi 77 K. Osim opisanog materijala nađena su još dva slična i patentirana u više zemalja. Ovaj razvojni rad rađen je u sklopu jednog od programa Europske zajednice pa ju je ona financijski pomagala.

ETZ, god. 43(1992), br. 16

Mrk.

FRANCUSKO-NJEMAČKA SURADNJA U MODERNIZACIJI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U ISTOČNOJ EUROPI

Francusko elektroprivredno poduzeće EdF i njemačka Bayernwerke i Preussen Elektra sklopili su u lipnju 1992. okvirni ugovor o elektroprivrednoj suradnji u zemljama istočne Europe. Oni će u koopreaciji pomoći da u tim zemljama postane dobava energije povoljna ekološki i ekonomski. Zajednički će sudjelovati na izradi projekata u Mađarskoj, Češkoj i Slovačkoj, Poljskoj, Rusiji i Ukrajini. Sudjelovat će npr. u savjetovanju i potpori pri privatizaciji elektroprivrednih organizacija i oblikovanju organizacijske strukture poduzeća. Dolaze u obzir i unapređenja u području elektrana i mreža, npr. modernizacija i proširenje poljske termoelektrane na ugljen Dolna Odra i završetak gradnje slovačke nuklearne elektrane Mohovce dogradnjom sigurnosnih tehničkih uređaja. Radit će se također na pripremi istočnoeuropske električne mreže za priključenje na zapadnoeuropski elektroenergetski sustav.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 15

Mrk.

EUROPARLAMENT ZAHTIJEVA KOORDINIRANU ENERGETSKU POLITIKU

Europski parlament u Strasbourgu traži da se koordiniraju sva sredstva i dugoročni ciljevi energetske politike u europskim zemljama, u perspektivi široko obuhvaćenog gospodarskog prostora. Cilj EZ treba da bude i ubuduće vođenje zajedničke energetske politike koja će uskladiti sve aktivnosti na tom polju i težiti boljoj energetskoj bilanci zajednice i pojedinih zemalja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 15

Mrk.

NEMA OPASNOSTI OD RADIOAKTIVNOSTI RUSKOGA ZEMNOG PLINA

Na mnoga izlaganja u tisku da je ruski zemni plin zagađen radioaktivnim nuklidima, nastalih zbog nuklearnih eksplozija izvan ispitnih poligona, njemački je Savezni ured za zaštitu od radijacija konstatirao da od njega ne prijete nikakve opasnosti. Glavni radioaktivni plin u zemnom plinu je kriptom 85, a zatim tricij i ugljik 14. U slobodnom izgaranju plina npr. pri kuhanju ili u plinskim termoelektranama oslobađa se i kripton. Međutim, u najnepovoljnijim okolnostima radi se o najviše 10 nanosiverta na godinu, što je stotisućiti dio prirodne radijacije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 15

Mrk.

ISKORIŠTENJE UGLJIČNOG DIOKSIDA IZ TERMOELEKTRANA

Premda su se u posljednje vrijeme nešto ublažila mišljenja o opasnosti od ugljičnog dioksida što izlazi iz termoelektrana, ipak, se svestrano pokušava smanjiti njegova emisija u atmosferu. Jedna je od mogućnosti da se tekući ili kruti ugljični dioksid baca u ocean, što bi prema mišljenju profesora T. Ohmusija, iz japanskog centralnog istraživačkog Instituta japanskih elektrana, podiglo cijenu kilovat-sata za jednu trećinu. No predlaže se i druga mogućost iskorištenja CO_2. Prema metodi profesora H. Inui s tehničkog sveučilišta u Kyotu, ugljični bi se dioksid pomoću metalnih katalizatora, uz dodatak vodika, preradio u benzin. Istraživanja su pokazala da bi se npr. u termoelektrani od 1 000 MW jedna trećina nastalog CO_2 mogla preraditi. Na dan bi se moglo dobiti 4 000 t sintetičkog benzina. Cijena bi mu se kretala 1,5 do 1,7 USD po litri. U pokusima se pokazalo da smjesa od 25% ugljičnog dioksida i 75% vodika, pri temperaturi 250 °C i tlaku 100 bara, preko metana, daje upotrebljivi benzin. Uvede li se navedeni postupak, termoelektrane će postati tvornice benzina.

ÖZE, god. 45(1992), br. 9

Mrk.

JAPAN UGRAĐUJE BATERIJE U DISTRIBUTIVNU MREŽU

U Japanu se čine pokusi kako da se akumulira električna energija. Akumuliranje u pumpno-akumulacijskim hidroelektranama zbog različitih je razloga rijetko moguće, pa se pokuša naći rješenje s natrij-sumpornim baterijama (koje moraju trajno biti na temperaturi 300 °C). Prva takva baterija nedavno je pokusno ugrađena u stanicu Kawasaki kraj Tokija, snage 10 kW, s mogućnošću akumuliranja 80 kWh. Sada je u pogonu još jedan takav uređaj od 100 kW i 400 kWh, koji će prema predviđanjima raditi pokusno dvije godine. Pokažu li navedeni uređaji dobre rezultate, u planu je baterija od 1 MW, energije akumuliranja od 8 MWh.

ÖZE, god. 45(1992), br. 9

Mrk.

UŠAO U POGON TRANSATLANTSKI KABEL SAD — NJEMAČKA

Prvi izravni transatlantski telekomunikacijski kabel između SAD i Njemačke pušten je u pogon 22/23. kolovoza 1992. Kabelom je moguće istovremeno prenositi 60 000 telefonskih razgovora, odnosno odgovarajući broj podataka ili videosignala. U polaganju kabela postignut je nov svjetski rekord. Radovi su izvršeni u 18 mjeseci, što je manje od pola do sada potrebnog vremena za planiranje i gradnju.

ETZ, god. 113(1992), br. 17

Mrk.

BIOMASA ZA POGON PLINSKE TURBINE

Istraživanja istraživačkog centra tvrtke General Electric pokazala su da plinske turbine koje su u pogonu s biomasom koja se obnavlja, dugoročno gledajući, ne narušavaju bilancu ugljičnog dioksida u atmosferi. Pri tome se pretpostavlja stalno obnavljanje biomase. U ispitnom uređaju u plin je pretvoreno 80 tona usitnjenih drvenih otpadaka i 40 tona prešanih drvenih peleta. Plin je korišten u prilagođenoj plinskoj turbini. Pri tome je postignuta ogrjevna moć kao pri plinificiranom ugljenu, uz korisnost od 34% do 38%. Za opskrbljivanje gorivom npr. postrojenja od 30 MW trebala bi kultivirana šumska površina od 26 km².

ETZ, god. 113(1992), br. 17

Mrk.

BAKTERIJE POVEĆAVAJU CRPLJENJE NAFTE

Pri konvencionalnom načinu crpljenja nafte iz nalazišta se može izvući u prosjeku tek 33% nafte, dok ostali dio neizvađen ostaje u nalazištu. Zbog toga se čine veliki napori da se razviju neke metode crpljenja koje bi bile efikasnije. Uspije li npr. povećati iskorištenje za 10%, svjetske bi se rezerve povećale za 70 milijardi tona.
Mnogo izgleda za uspjeh u povećanju crpljenja nafte ima metoda microbialimproved-oil-recovery (MIOR). Prema toj metodi u tlo koje sadrži naftu (pijesak, kamenje) unose se mikroorganizmi i time potakne promjena tvari. Nastaju različiti polimeri, plinovi i kiseline u porama naftonosnog nalazišta. Ti produkti djeluju na pokretanje naftnih faza i propusnost tla, što dovodi do odvajanja nafte. Sada se radi na mikrobiološkim osnovama i poduzimaju prvi pokusi na ruskom naftonosnom polju Romaškino.

ETZ, god. 113(1992), br. 17

Mrk.

OBNOVLJIVA ENERGIJA U ZEMLJAMA EZ

Eurostat (statistika EZ) u Luksemburgu prvi je put objavio statističke podatke o udjelu obnovljive energije u sveukupnoj primarnoj energiji zemalja EZ u 1989. godini. Taj je postotak iznosio 6%. Najveći dio obnovljive energije, približno 92%, daju vodne snage i biomasa (drvo, drveni otpaci i bioplin). Geotermička energija, koja se koristi u Italiji, daje udio od 6%, a ostatak od 2% otpada na energiju vjetra i sunca. Treba, međutim, primijetiti da su navedeni udjeli vrlo različiti u pojedinim zemljama EZ. Na primjer, udio obnovljive energije u Danskoj iznosi 19%, u Nizozemskoj također 19%, a u Grčkoj 11%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 19

Mrk.

PORAST UGLJIČNOG DIOKSIDA U ATMOSFERI

Stručnjaci Ujedinjenih naroda u New Yorku su izračunali da će onečišćenje zraka ugljičnim dioksidom porasti do 2025. godine od današnjih 0,033% na 0,050% ako se ne promijeni svjetska energetska politika.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 18

Mrk.

VULKAN ETNA I IZBACIVANJE PLINOVA

Poznato je da živi vulkani izbacuju velike količine štetnih plinova, čiju emisiju iz svojih postrojenja elektroprivrede u svim zemljama nastoje smanjiti, dakako uz znatne troškove. Kao primjer neka posluže podaci za vulkan Etna na Siciliji, koje je iznio prof. Guido Visconti sa sveučilišta L'Aquila. Taj vulkan izbacuje godišnje 25 milijuna tona ugljičnog dioksida, što je dvaput više nego što emitiraju sve austrijske termoelektrane. Osim toga, izlazi 18 milijuna tona sumpornog dioksida, zatim klora, mangana, željeza, cinka, aluminija i natrija, kao i nezanemarivih količina srebra i zlata. U jednom danu vulkan u plinovitom obliku izbaci 9 kg srebra i 2,4 kg zlata. Uzmu li se u račun i emisije ostalih vulkana, postavlja se ozbiljno pitanje da li je razumno opteretiti financije europskih zemalja uvođenjem poreza na izbačeni ugljični dioksid.

ÖZE, god. 45(1992), br. 9

Mrk.

NAJVEĆA EUROPSKA SOLARNO VJETRENA ELEKTRANA U POGONU

U kolovozu 1992. predana je na redovnu upotrebu najveća europska hibridna solarno-vjetrena elektrana izgrađena na otoku Pellwornu u Sjevernom moru. Uređaj ima snagu 1 MW i daje energiju u mrežu otoka. Od toga 60% energije daje sunce, a 40% vjetar. Troškovi izgradnje i trogodišnjeg probnog pogona iznose 9 milijuna DEM.

ÖZE, god. 45(1992), br. 9

Mrk.

TROŠKOVI ZA POBOLJŠANJE SIGURNOSTI ISTOČNOEUROPSKIH NUKLEARNIH ELEKTRANA

Stručnjaci tvrtke Siemens-KWU procijenile su da bi troškovi ugradnje potrebnih sigurnosnih uređaja u 63 nuklearne elektrane (tipa s vodom po tlakom) u istočnoj Europi iznosili 12 milijardi DEM. Time bi se reaktori doveli na sigurnosni nivo prema zapadnoeuropskim standardima.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 17

Mrk.

STRUKTURA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZEMLJAMA EZ

U elektroenergetskom sustavu zemalja Europske zajednice bilo je 1990. godine ukupno instalirano 437 GW. Struktura te snage, tj. vrsta elektrana prema energentima, bila je sljedeća. Udio termoelektrana na fosilna goriva bio je 57% (28% na ugljen, 12% na naftu, 4% na zemni plin, 4% smeđi ugljen i ostalo 9%), nuklearnih elektrana 24%, hidroelektranama 18% i 1% ostalih. Postoci pak udjela proizvedene električne energije iz različitih elektrana ponešto se razlikuju od postotka udjela instalirane snage. Ukupno je proizvedeno 1700 TWh, od toga iz fosilnih goriva 56%, 35% u nuklearkama, a 9% u hidroelektranama i iz ostalih regenerativnih izvora. U posljednjih deset godina (1980 – 1990) ukupni je porast potrošnje iznosio 27%, a instalirana je snaga porasla 26%.
Zbog stavljanja u pogon novih nuklearnih elektrana nastala je u ovom razdoblju velika razlika u strukturi proizvodnje. Udio proizvodnje iz fosilnih goriva pao je sa 74% na 56%, udio nuklearnih elektrana od 12% na 35%, a udio regenerativnih izvora, uključujući vodu, od 14% na 9%. Unatoč štednji električne energije njezin potrošak je u posljednjih godina u Europi stalno rastao, osim u istočnoeuropskim zemljama, gdje je u posljednjih godina znatno pao.
Prema procjeni UNIPEDE predviđa se u zemljama EZ do godine 2010. prosječan porast proizvodnje električne energije 1,8% godišnje. Na taj bi način ukupna proizvodnja na kraju promatranog razdoblja iznosila 2400 TWh godišnje, a instalirana snaga, prema današnjoj, morala bi porasti za 120 GW. Za usporedbu treba primijetiti da je u razdoblju 1980 – 1990. porast proizvodnje prosječno godišnje iznosio 3,4%.

Može se pretpostaviti da će do godine 2010. biti potrebno nadomjestiti trećinu današnje snage elektrana, što bi na zemlje EZ značilo da se izgradi ukupno novih 220 GW. Predviđa se da bi od toga bilo 20% nuklearnih elektrana, elektrana-toplana i elektrana na obnovljivu energiju. Ostalih 80% ili 180 GW bile bi elektrane na zemni plin 50 GW i na ugljen 130 GW. Proizvodnja, pak, navedenih 2400 TWh bila bi 37,5% na bazi ugljena, 35% na bazi nuklearne energije, 20% nafte i plina, 7,5% voda i ostali obnovljivi izvori.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 17

Mrk.

SOLARNE ELEKTRANE U ŠVICARSKOJ

Prema izvještaju Saveza švicarskih elektrana (VSE) procjenjuje se da je danas u pogonu u Švicarskoj približno 350, većinom malih solarnih elektrana vezanih na mrežu. Njihova je maksimalna snaga približno 2000 kW, računajući i najveću solarnu elektranu Mont Soleil od 500 kW. Te elektrane proizvode godišnje približno 2 GWh. To bi, prema računu VSE, odgovaralo prosječnoj potrošnji približno 500 domaćinstava.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91(1992), br. 20

Mrk.

Croatia

METAL — ELEKTRO

Stupna transformatorska stanica na čelično-rešetkastom stupu

TIP: **TSRS-ME "92**

- Izrađene i tipski ispitane u skladu s IEC preporukama i tipizacijom N.012.02. HEP-a
- Visoka raspoloživost i pouzdanost u pogonu.
- Potpuna sigurnost osoblja.
- Brza i jednostavna montaža.
- Olakšano održavanje.
- Razna dispozicijska rješenja omogućuju opremanje izvedbe prema želji naručitelja.
- Stup je pocinčani čelični rešetkasti stup.
- Kategorija stupa - srednja.
- Atestirana antikorozivna zaštita.

OPĆENITO:

Stupna transformatorska stanica na čelično-rešetkastom stupu je posebno prikladna pri uklapanju u zračnu mrežu, jer zauzima mali prostor, pa se vrlo lako uklapa u trasu zračnog voda. Osnovna izvedba je sa zračnim srednjenaponskim priključkom i zračnim samonosivim kabelskim snopom (SKS). Na zahtjev naručitelja moguće su i ostale kombinacije: zračno-kabelski, kabelsko-zračni i kabelsko-kabelski.

STUP:

Stup je pocinčani, čelični, rešetkaste konstrukcije. Uklještenje stupa u temelj se izvodi:

a) Sidrenim vijcima (osnovna izvedba)
b) Ubetoniranjem pojasnika (na zahtjev)

TEMELJI:

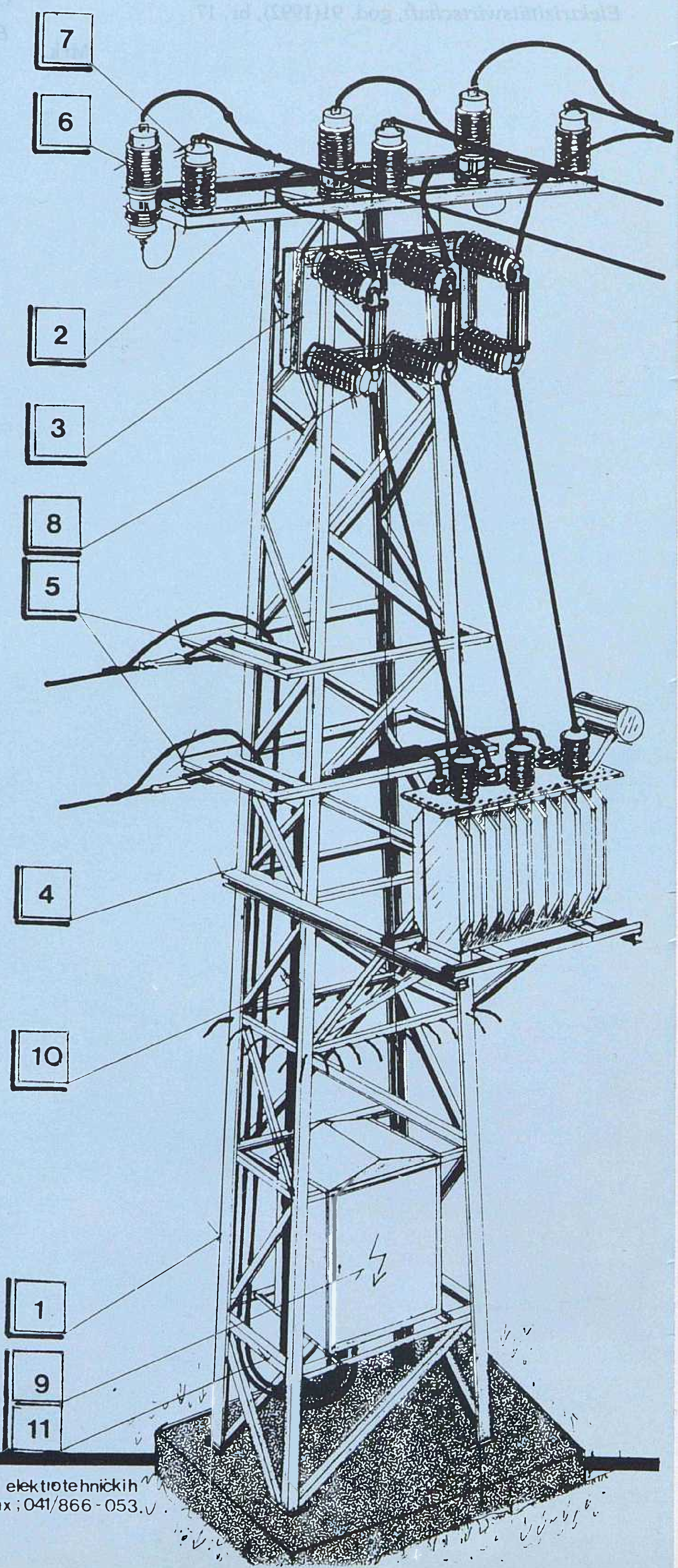
Temelji su projektirani za dva načina izvedbe: monolitni i montažni. Monolitni temelj se izrađuje na mjestu ugradnje, dok se montažni temelj dovozi gotov i postavlja u već pripremljenu odgovarajuću građevinsku jamu. Prednost montažnog temelja je u bržoj montaži cijele stanice, jer se ne čeka na sazrijevanju betona.

PRIPADAJUĆA OPREMA TSRS-ME "92 U PONUDI

01.— Čelično rešetkasti stup 9,5 m
02.— Čelična vršna konzola
03.— Čelična konzola podnožje osigurača SN
04.— Čelična konzola-nosač transformatora
05.— Čelične konzole-nosači priključka NN razvoda
06.— Odvodnici prenapona
07.— Zatezni izolatori zračnih vodova SN
08.— Osigurači SN-a tropolni
09.— Ormarić aluminijski NN razvoda MZ-IP-54 (s opremom)
10.— Kabel PP OO—A
11.— Čelični nosač NN razvodnog Al ormarića.
12.—
13.—
14.—
15.—

NAPOMENA:

- Čelična konstrukcija stupa L 7850 mm s direktnom ugradnjom, ima masu od 560 kg.
- Čelična konstrukcija stupa L 7850 mm sa sidrenim vijcima, ima masu od 576 kg.
- Čelična konstrukcija stupa L 9550 mm s direktnom ugradnjom, ima masu od 607 kg.
- Čelična konstrukcija stupa L 9550 mm sa sidrenim vijcima, ima masu od 620 kg.



METAL - ELEKTRO "Poduzeće za proizvodnju metalopreradivačkih i elektrotehničkih proizvoda 41 264 D. Zelina Tel; 041/866-728 ; 866-051;866-052. Fax ;041/866-053.

Transformatorska stanica na čelično-rešetkastom stupu

TIP: **TSRS-ME''92**

SN oprema:

- Podnožje osigurača s patronama velike prekidne moći
- Odvodnici prenapona (na zahtjev)
- Tropolni rastavljač

Transformator:

- Prijenosni omjer 10/0,4; 20/0,4 kV ili 10-20/0,4 kV
- Nazivna snaga do 250 kVA
- Mase do 1300 kg.

NN oprema:

- Niskonaponski razvodni ormarić izrađen je od aluminijskog lima debljine 3 mm.
- Dovodno polje opremljeno je odgovarajućim niskonaponskim prekidačem ASM-400.(BM 160.)
- Četiri trofazna odvoda s izoliranim prugama i osiguračima velike prekidne moći.
- Četiri jednofazna odvoda s osiguračima velike prekidne moći za javnu rasvjetu.
- Upravljanje javnom rasvjetom (na zahtjev)

a) automatski
   - Uklopni sat ili
   - Uređaj MTK ili
   - Fotorelej

b) ručno
   - Grebenasta sklopka

- Oprema za komperzaciju jalove snage (na zahtjev)
- Druga oprema kao na primjer NN odvodnici prenapona (na zahtjev)

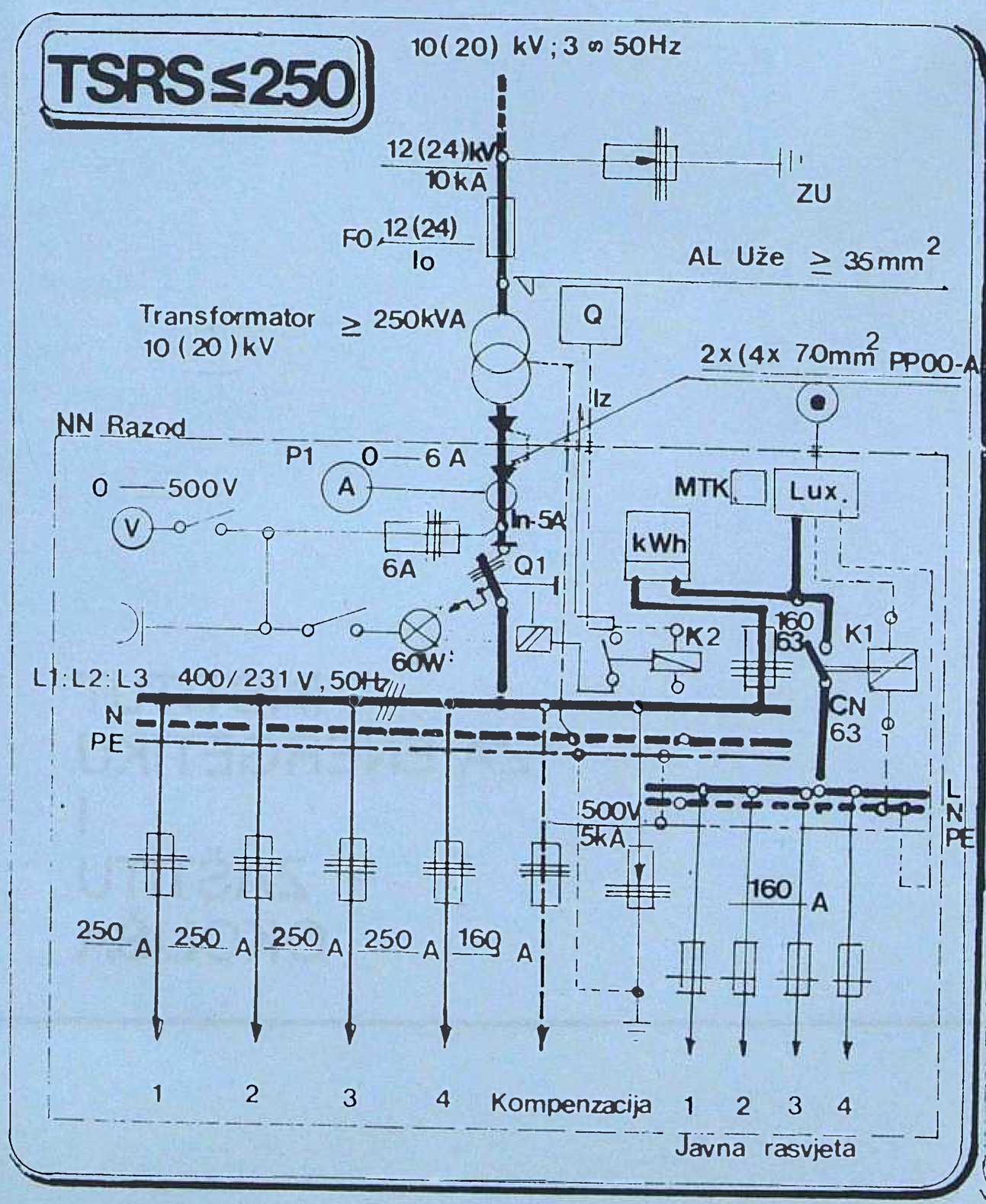
TEHNIČKI PODACI

Nazivni napon	SN	kV	12 ili 24
	NN	V	400/231
Nazivna snaga transformatora do			250 kVA
Nazivna struja	SN	A	30
	NN	A	500
Nazivna kratkotrajno podnosiva struja (1s)	SN	kA	12
	NN	kA	9
Nazivna podnosiva vršna vrijednost struje	SN	kA	30
	NN	kA	18
Vodiči	SN		Al/Č 3x50/8 mm^2
	NN		SKS XOO/O-A goli 3x70+71,5+2x25 mm^2 3x70+2x35 mm^2
Nazivna horizontalna sila vodiča	SN	kN	8,5
	NN	kN	8,5

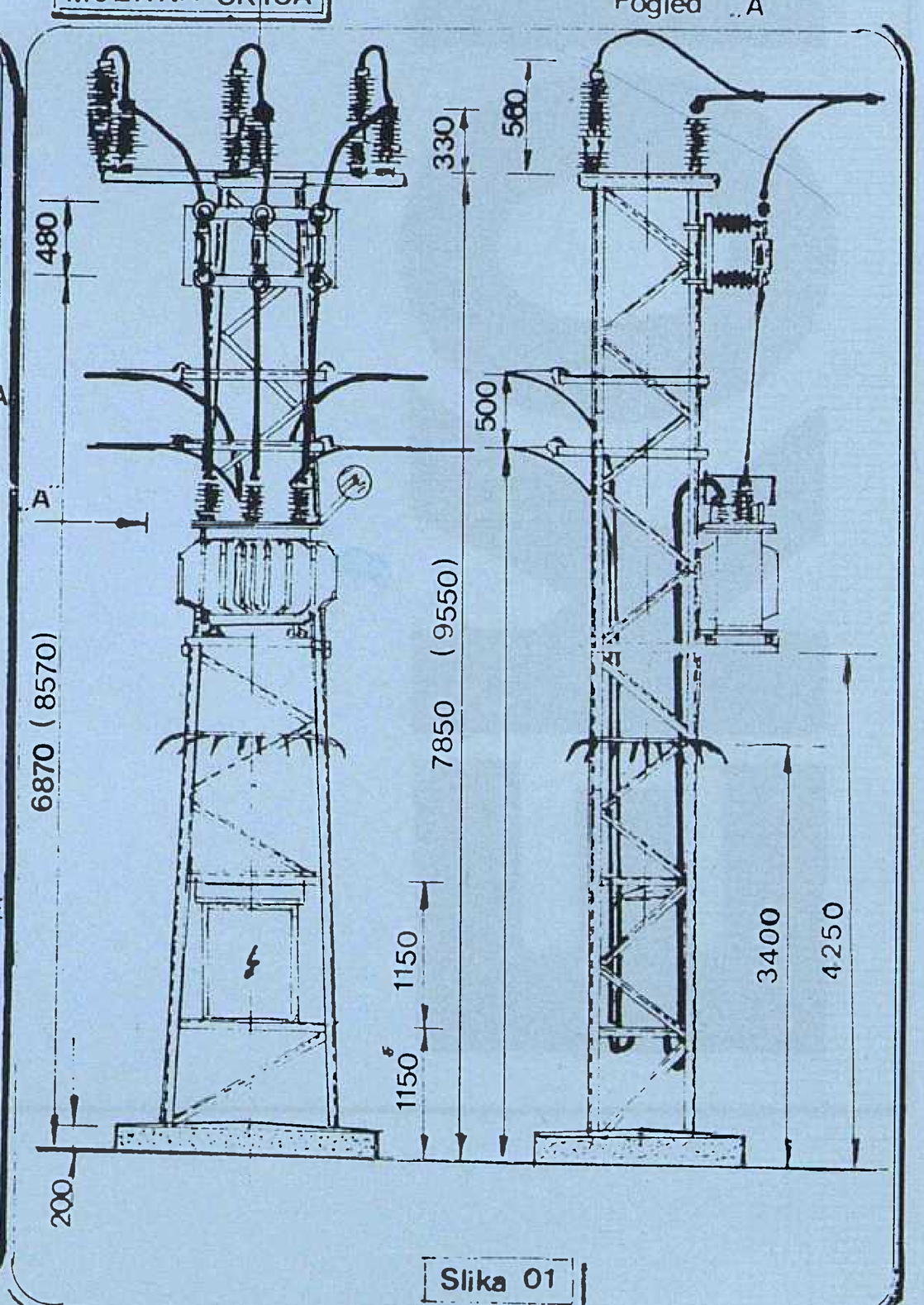
Osigurači SN

kVA Snaga	10 kV SN OSIGURAČI (A)	20 kV SN OSIGURAČI (A)	(kVAr) KOMPENZACIJA
50	6	6	12,5
100	16	6	12,5
160	20	16	25
250	30	16	25

Jednopolna shema stupne transformatorske stanice ≤ 250kVA

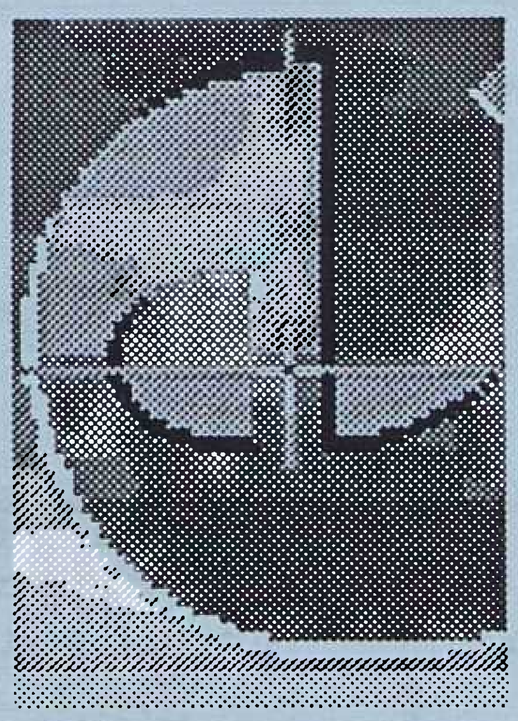


MJERNA SKICA



Slika 01

RG



KON

INSTITUT
ZA ENERGETIKU
I
ZAŠTITU
OKOLIŠA

Energija

Godište 42 (1993) Br. 1

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1053 UDK 621.316.98

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/1, 3–7

ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG IZVORA U RATOM ZAHVAĆENIM PODRUČJIMA REPUBLIKE HRVATSKE

Mr. Damir Subašić, dipl. ing. — Antun Šaler, dipl. ing.

Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, 41000 Zagreb, Savska 41, Hrvatska

U ratom zahvaćenim područjima Republike Hrvatske bio je u upotrebi niz uređaja s izvorima radioaktivnog zračenja. Ovi su izvori primjenjivani u industriji i medicini, no najzastupljeniji su ionizirajući javljači dima i radioaktivni gromobrani. Uništavanjem objekata u (na) kojima su radioaktivni izvori postavljeni nastala je stvarna opasnost oštećenja zaštitne obloge, a time i stvoreni uvjeti za radioaktivnu kontaminaciju okoliša i ugrožavanja ljudskog zdravlja. Zbog mogućega nenadziranog prijenosa ovih izvora, potencijalno su ugroženi i drugi dijelovi Hrvatske, ali i susjedne države. Zbog ovakvih okolnosti Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada uz suradnju s Ministarstvom zdravstva RH, kao i ostalih nadležnih upravnih tijela, a uz potporu nekih relevantnih međunarodnih institucija (IAEA i sl.), pokrenulo je akciju sustavnog zbrinjavanja radioaktivnih izvora u ratnim razaranjima zahvaćenim područjima naše zemlje.

(Lit. 7, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/3–7/1993

ENERGIJA 1059 UDK 621.183:621.22

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/1, 29–39

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE I ISKUSTVA NA MONTAŽI CIJEVNOG SUSTAVA KOTLA TE PLOMIN 2 UČINA 210 MW

Zlatko Varaždinec, dipl. ing. — Borislav Režek, dipl. ing.

Ekonerg, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazane su osnovne tehničke značajke cijevnog sustava kotla. Dan je komentar projektnih osobitosti kotla. Analiziran je tijek montažnih radova s posebnim osvrtom na neke probleme pri zavarivanju specijalnih legiranih čelika koji se primjenjuju u kotlogradnji. Bitna iskustva na izvođenju zavarivačkih radova opisana su detaljno. Posebno je obrađena tehnologija montaže membranskih cijevnih stijena, te postizanje kvalitete montažnih zavarenih spojeva u cijevnoj stijeni. Navedeni su osnovni podaci o opsegu provedenih kontrola.

(Lit. 15, sl. 13, t. 1 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/29–39/1993

ENERGIJA 1058 UDK 63:621.31

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/1, 9–14

ENERGETSKE POTREBE I POTENCIJALNE ENERGETSKE MOGUĆNOSTI AGRARA

Mr. Mirko Rigo, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet, 54000 Osijek, Istarska bb, Hrvatska

Agrar je značajan potrošač energije, ali posjeduje i velik neiskorišten energetski potencijal. Domaćinskim ponašanjem prema ovom potencijalu moguće je uštedjeti na dosada korištenim energentima i ujedno predati višak energije okruženju. Količina neiskorištene energije agrara nije zanemariva ni s gledišta energetske bilance Hrvatske, što je komparativnim pokazateljima prikazano u radu.

(Lit. 15 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/9–14/1993

ENERGIJA 1058 UDK 63:621.31

1. Energetske potrebe i potencijalne energetske mogućnosti agrara
I. Rigo M.
II. Elektrotehnički fakultet, 54000 Osijek, Istarska bb, Hrvatska

Energija
Agrar
Žitarice
Zrno
Biomasa
Sušenje
Poljoprivredna površina

ENERGIJA1059 UDK 621.183:621.22

1. Tehničke karakteristike i iskustva na montaži cijevnog sustava kotla TE Plomin 2 učina 210 MW
I. Varaždinec Z. — Režek B.
II. Ekonerg, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Cijevni sustav kotla
Membranska cijevna stijena
Zavarivanje
Tehnologija montaže

ENERGIJA 1053 UDK 621.316.98

1. Zbrinjavanje radioaktivnih izvora u ratom zahvaćenim područjima Republike Hrvatske
I. Subašić D. — Šaler A.
II. Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, 41000 Zagreb, Savska 41, Hrvatska

Energija

Godište 42 (1993) Br. 1

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1057 UDK 621.165.1

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/1, 41 – 47

KONZERVACIJA PARNIH TURBINA ZA VRIJEME STAJANJA

Izvanredni prof. dr. Branko Staniša, dipl. ing. — Drago Šešo, dipl. ing.

Enin — Energetski institut, Energetika d.d. 47000 Karlovac, Mala Švarća 155, Hrvatska

Parne turbine za vrijeme duljeg stajanja mogu znatno korodirati. Korozija smanjuje korisnost, pouzdanost i vijek trajanja korodiranih dijelova turbine. Za sprečavanje korozije parnih turbina tijekom stajanja postoje različite metode konzervacije. U ovom radu iznesene su metode suhe konzervacije parnih turbina i prikazani su primjeri izvedenih rješenja.

(Lit. 12, sl. 9 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/41 – 47/1993

ENERGIJA 1054 UDK 621.314.21

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/1, 23 – 28

FREKVENTNA ANALIZA STRUJE UKLJUČENJA

Mr. Luka Brkić, dipl. ing. — Zoran Gojčeta, dipl. ing.

Končar — Institut za energetiku, 41000 Zagreb, Baštijanova bb, Hrvatska

Analitički i numerički je analizirana struja uključenja neopterećenog transformatora na mrežu. Objašnjeno je generiranje prenapona zbog rezonacije viših harmonika.

(Lit. 12, sl. 13 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/23 – 28/1993

ENERGIJA 1056 UDK 621.31:681.31

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/1, 15 – 22

MODEL ZA PRORAČUN VREMENA OSVJEŽAVANJA PROCESNIH INFORMACIJA U CENTRIMA VOĐENJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Doc. dr. Juraj Šimunić, dipl. ing.

Tehnički fakultet Rijeka, 51000 Rijeka, Hrvatska

Razrađen je jedan model procesnih informacijskih događaja EEP-a u kojem su procesne informacije definirane točkama u prostoru. Model je primijenjen za kompjutorski proračun vremena osvježavanja procesnih događaja.

(Lit. 21, sl. 5, t. 2 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 41/1/15 – 22/1993

ENERGIJA 1056 UDK 621.31:681.31

1. Model za proračun vremena osvježavanja procesnih informacija u centrima vođenja elektroenergetskog sistema
I. Šimunić J.
II. Tehnički fakultet Rijeka, 51000 Rijeka, Hrvatska

Elektroenergetski sistem
Procesni informacijski događaj
Vremena osvježavanja
Model

ENERGIJA 1054 UDK 621.314.21

1. Frekventna analiza struje uključenja
I. Brkić L. — Gojčeta Z.
II. Končar, Institut za elektrotehniku, 41000 Zagreb, Baštijanova bb

Transformator
Struja Uključenja
Viši harmonici
Fourierova analiza

ENERGIJA 1057 UDK 621.165.1

1. Konzervacija parnih turbina za vrijeme stajanja
I. Staniša B. — Šešo D.
II. Enin-Energetski institut Energetika d.d. 47000 Karlovac, Mala Švarća 155, Hrvatska

Parne turbine
Konzervacija

Energija

Volume 42 (1993) № 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1053 UDK 621.316.98
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/1, 3–7

RADIOACTIVE SOURCES MANAGEMENT IN THE WAR AREAS OF THE REPUBLIC OF CROATIA

Damir Subašić, M. Sc. — Antun Šaler, B. Sc.

Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, 41000 Zagreb, Savska 41, Croatia

In the war areas of the Republic of Croatia, to a certain extent the equipment with radioactive radiation sources was used. These sources were used in industry and medicine, but mainly they include fume ionization sensors and radioactive lightning conductors. Because of demolition of buildings where radioactive sources were installed a real danger of protection shields damage was created and herewith the possibility of environmental radioactive contamination as well as the danger to human health. There is a possibility of unobserved transmission of those sources, so that also other parts of Croatia as well as neighbouring countries are potentially in danger. Because of these circumstances, Public Company for Radioactive Waste Management together with the Ministry of Health of the Republic of Croatia, as well as with some other competent authorities, and with the help of some relevant international organizations (IAEA and similar), started the action of systematic radioactive sources management in the war areas of our country.

(No. of References 7, Fig. 2 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/3–7/1993

ENERGIJA 1056 UDK 621.31:681.31
ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 41/1993/1, 15–22

MODEL FOR CALCULATION OF THE PROCESS INFORMATION RESTORING TIMES IN THE CONTROL CENTERS OF AN ELECTRIC POWER SYSTEM

Juraj Šimunić, Ph. D.

Tehnički fakultet Rijeka, 51000 Rijeka, Croatia

A model of the process information events of electric power stations is worked out, whereby process information are defined by points in the space. The model is used for the computer calculation of process events restoring times.

(No. of References 21, Fig. 5, Tab. 2 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/15–22/1993

ENERGIJA 1057 UDK 621.165.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/1, 41–47

CONSERVATION OF STEAM TURBINES DURING NON-OPERATION TIME

Branko Staniša, Ph. D. — Drago Šešo, B. Sc.

Enin — Energetski institut, Energetika d.d. 47000 Karlovac, Mala Švarća 155, Croatia

Steam turbines can corrose a lot during a longer non-operation period. Corrosion diminishes the efficiency, reliability and the life time of corrosive turbine parts. To avoid the corrosion of steam turbines during the non-operation time different conservation methods are available. In this work the methods of dry conservation of steam turbines are given, showing the examples of the cases realized so far.

(No. of References: 12, Fig. 9, — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 41/1/41–47/1993

ENERGIJA 1057 UDK 621.165.1

1. Conservation of Steam Turbines During Non-Operation
I. Staniša B. — Šešo D.
II. Enin-Energetski institut, Energetika d.d. 47000 Karlovac, Mala Švarća 155, Croatia

Steam Turbines
Conservation

ENERGIJA 1056 UDK 621.31:681.31

1. Model for the Calculation of the Process Information Restoring Times in the Control Centers of an Electric Power System
I. Šimunić J.
II. Tehnički fakultet Rijeka, 51000 Rijeka Croatia

Electric Power System
Process Information Event
Restoring Time
Model

ENERGIJA 1053 UDK 621.316.98

1. Radioactive Sources Management in the War Areas of the Republic of Croatia
I. Subašić D. — Šaler A.
II. Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, 41000 Zagreb, Savska 41, Croatia

Energija

Volume 42 (1993) № 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1058 UDK 63:621.31

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 41/1993/1, 9–14

ENERGY NEEDS AND POTENTIAL AGRICULTURAL ENERGY POSSIBILITIES

Mirko Rigo, M. Sc.

Elektrotehnički fakultet, 54000 Osijek, Istarska bb, Croatia

Agriculture is a significant energy consumer, but it also has a great not used energy potential. Rational behavior considering this potential can bring savings in the until now used energy resources and at the same time give the surplus of energy to the others. The quantity of non-used energy in the agriculture is not to be neglected from the view of Croatian energy balance, what is shown by comparative parameters in this work.

(No. of References: 15 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/9–14/1993

ENERGIJA 1059 UDK 621.183:621.22

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/1, 29–39

TECHNICAL CHARACTERISTICS AND EXPERIENCE DURING INSTALLATION OF THE TUBE SYSTEM OF THERMAL POWER PLANT PLOMIN 2 BOILER HAVING 210 MW INSTALLED CAPACITY

Zlatko Varaždinec, B. Sc. — Borislav Režek, B. Sc.

EKONERG, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Basic technical characteristics of the boiler tube system are shown. Comments are made on the designed boiler characteristics. Progress of installation works in analyzed with a special emphasis on some problems by welding of special steel alloys, that are used in boiler construction. Important experiences related to welding works are described in detail. Separately, the technology of membranic tube walls installation is worked out as well as the quality achievement by prefabricated welding joints in a tube wall. Basic data on a range of realized controls are stated.

(No. of References: 15, Fig. 13, Tab. 1 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/29–39/1993

ENERGIJA 1054 UDK 621.314.21

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/1, 23–28

FREQUENCY ANALYSIS OF CLOSING CURRENT

Luka Brkić, M. Sc. — Zoran Gojčeta, B. Sc.

Končar — Institut za energetiku, 41000 Zagreb, Baštijanova bb, Croatia

The closing current of an unloaded transformer to a network is analyzed both analytically and numerically. The generation of overvoltage is explained by upper harmonics resonance.

(No. of References: 12, Fig. 13, — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/1/23–28/1993

ENERGIJA 1054 UDK 621.314.21

1. Frequency Analysis of Closing Current
I. Brkić L. — Gojčeta Z.
II. Končar, Institut za elektrotehniku, 41000 Zagreb, Baštijanova bb Croatia

Transformer
Closing Current
Upper Harmonics
Fourier's Analysis

ENERGIJA 1059 UDK 621.183:621.22

1. Technical Characteristics and Experience During Installation of the Tube System of the Thermal Power Plant Plomin 2 Boiler Having 210 MW Installed Capacity
I. Varaždinec Z. — Režek B.
II. Ekonerg, 41000 Zagreb, Av. Vukovar 37 Croatia

Boiler Tube System
Membranic Tube Wall
Welding
Installation Technology

ENERGIJA 1058 UDK 63:621.31

1. Energy Needs and Potential Agricultural Energy Possibilities
I. Rigo M.
II. Elektrotehnički fakultet, 54000 Osijek, Istarska bb, Croatia

Energy
Agriculture
Cereals
Grain
Bio mass
Drying
Agriculture Land

UDK 621.31 ENJAAC 42 (2) — (1993) 59 – 108 ISSN 0013-7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 42 (1993) Zagreb 1993 Br. 2

Redakcija završena 1993 — 02 — 26

SADRŽAJ

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, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328, telefax: 041/530-604

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 40 DEM, a za poduzeća i ustanove 80 DEM (za studente 20 DEM). Cijena pojedinog broja u prodaji 8 DEM.

Pretplata je iskazana u DEM, a uplaćuje se u dinarskoj protuvrijednosti na dan uplate.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji — Print: TIZ 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 A—4 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 članaka 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, originaljnaja 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 saopštenje, 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, profesional paper, profesionaljnaja 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 Instituta za elektroprivredu i 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

NEKA POBOLJŠANJA MODELA ZA GODIŠNJU ELEKTROENERGETSKU BILANCU

Dr. Goran Granić — dr. Branka Jelavić, Zagreb

UDK 621.31:65.01

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U ovom radu opisane su tri grupe poboljšanja modela za godišnju elektroenergetsku bilancu, a odnose se na potrošnju električne energije novim tretmanom krivulje trajanja opterećenja i utjecaja temperature, novi model hidroelektrana koji opisuje vjerojatnost pojave hidrologije i novu raspodjelu opterećenja kroz istodobno promatranje hidro i termoelektrana.

Ključne riječi: planiranje rada elektroenergetskog sustava, godišnja elektroenergetska bilanca, metoda kumulanata.

1. UVOD

Mogućnost opisivanja zakonitosti odnosa u elektroenergetskom sustavu matematičkim modelima mijenjala se s raspoloživim alatima. Prvi autor koji je cjelovito postavio model elektroenergetske bilance, odnosno model za simulaciju prilika u elektroenergetskom sustavu, prof. Požar u knjizi *Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima* 1966. godine, pojednostavio je odnose u elektroenergetskom sustavu prema mogućnostima proračuna. Osnovne značajke modela bile su:

— krivulja trajanja opterećenja aproksimirana je trima pravcima
— sumarni model hidroelektrana opisan je trajanjem rada hidroelektrana u razdoblju malih i velikih opterećenja
— vjerojatnost dotoka u hidroelektrane simulirana je preko ostvarenja u prošlosti u dugogodišnjem nizu mjerenja i promatranja
— raspodjela opterećenja je u dva koraka, u prvom koraku između hidroelektrana i termoelektrana, a u drugom koraku između termoelektrana za dio krivulje trajanja opterećenja koji pripada termoelektranama.

Pojednostavljeni odnosi omogućili su da se s dovoljnom razinom točnosti simuliraju odnosi u elektroenergetskom sustavu unutar vremenske jedinice i da se taj proračun može izvesti pomagalima kojima se raspolagalo sredinom šezdesetih godina.

Razvoj računalske tehnike omogućio je egzaktnije opisivanje odnosa u elektroenergetskom sustavu, tako da je metoda stalno dopunjavana novim elementima, što su radili prof. Požar ali i ostali autori (Udovičić, Granić itd.).

Novo poboljšanje u metodi rezultat je provedenih istraživanja i zahtjeva problema da se sa što manje posrednih koraka opišu odnosi u elektroenergetskom sustavu, kako se ne bi gubilo u kvaliteti rješenja. To se u prvom redu odnosi na krivulju trajanja opterećenja i mogućnost njezine aproksimacije.

Istraživanja su također pokazala da se smanjenjem udjela hidroelektrana pojavljuje potreba kvalitetnijeg simuliranja termoelektrana, a posebno međusobnog utjecaja hidroelektrana na termoelektrane i obrnuto.

U ovom radu urađene su tri grupe poboljšanja koje posložnjavaju odnose u elektroenergetskom sustavu, a u isto vrijeme znatno realnije opisuju pojedine elemente elektroenergetskog sustava. Primjenom modela simulacije prilika u elektroenergetskom sustavu obuhvaćena je:

— potrošnja električne energije tretmanom krivulje trajanja opterećenja i utjecajem temperature
— tretman hidroelektrana putem novog modela koji opisuje vjerojatnost pojave hidrologije
— raspodjela opterećenja istodobnim promatranjem utjecaja termoelektrana i hidroelektrana.

Temeljem razrađenoga matematičkog modela izrađena je odgovarajuća programska podrška za simulaciju prilika u elektroenergetskom sustavu.

2. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Predviđanje potrošnje električne energije temelji se na predviđenim satnim opterećenjima, koja se za potrebe proračuna elektroenergetske bilance prikazuju krivuljom trajanja opterećenja. U metodi koja se do sada koristila krivulja trajanja opterećenja aproksimirana je trima pravcima, što je unosilo netočnost naročito u području malih i velikih opterećenja, jer se aproksimacijom sa samo tri pravca nije više mogla prikazati stvarna krivulja trajanja opterećenja. Osim toga, u toku proračuna elektroenergetske bilance korištena je aproksimacija krivulje trajanja Gram-Charlierovim redom, pa su zapravo korištene

dvije vrste aproksimacije tijekom proračuna, koje su svaka za sebe proizvodile određene netočnosti. Da bi se postigla što vjernija slika potrošnje i osigurala konzistentnost pristupa kroz cijeli proračun, za prikaz krivulje trajanja opterećenja izabran je Gram-Charlierov red odnosno metoda kumulanata, tj. direktna aproksimacija krivulje trajanja opterećenja iz srednjih satnih opterećenja u red. Time se smanjuje broj aproksimacija, a red znatno kvalitetnije opisuje krivulju trajanja opterećenja.

2.1. Aproksimacija krivulje trajanja opterećenja

Aproksimacija krivulje trajanja opterećenja postiže se upotrebom Gram-Charlierova reda koji se sastoji od funkcije normalne distribucije i njezinih derivacija, a koristi se metoda kumulanata koja posjeduje generalnu sličnost između oblika krivulje trajanja opterećenja i kumulativne funkcije normalne distribucije. Funkcija distribucije Gram-Charlierova reda ima osnovni oblik:

$$F(z) = \Sigma\, \delta_i \,.\, \theta_i\,(z) \qquad \text{za } i = 0,1,2,3\ldots, \quad (1)$$

gdje je

δ_i — koeficijenti reda sastavljeni iz kumulanata,

θ_i — funkcija normalne distribucije,

z — standardna varijabla.

Krivulja trajanja opterećenja ima sličnosti s kumulativnom krivuljom normalne distribucije, pa je izraz za kumulativnu funkciju Gram-Charlierova reda integral funkcije $F(z)$:

$$E(z) = \int_z^{\infty} \Sigma\, \delta_i\, \theta_i\,(z)\, dz. \quad (2)$$

Daljnjim integriranjem funkcije $E(z)$ dobije se energija ispod krivulje trajanja opterećenja:

$$W_t = \sigma \cdot T \int^{\infty} \int^{\infty} \Sigma\, \delta_i\, \theta_i\,(z)\, dz. \quad (3)$$

U izraz je uključena σ — standardna devijacija zato što se integriranje izvodi preko standardne varijable z.

Osnova reda je funkcija normalne distribucije oblika

$$\theta_o(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2}/2, \quad (4)$$

gdje je

z — standardna varijabla koja se računa prema izrazu

$$z = \frac{p-\mu}{\sigma}$$

p — ekvivalentni nivo opterećenja za koji se računa ekvivalentna krivulja trajanja opterećenja

μ — srednja vrijednost koja se određuje prema izrazu

$$\mu = \frac{1}{n} \Sigma\, \nu_i \cdot P_i$$

n — ukupan broj promatranja

ν — apsolutna frekvencija

σ — standardna devijacija koja se određuje prema izrazu

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \Sigma \cdot (P_i - \mu)^2.$$

Ostali članovi reda su derivacije funkcije normalne distribucije. Općenito se može za derivacije normalne distribucije napisati da je

$$\theta_i = \frac{(-1)^i}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2}/2.\ H_i\,(z), \quad (5)$$

gdje je

$H_i\,(z)$ — skraćeni zapis za Hermiteov polinom.

$$H_i\,(z) = z^i + 1.\delta^i{}_2 z^{i-2} + 1.3.\delta^i{}_4 z^{i-4} - 1.3.5.\delta^i{}_6 z^{i-6} + \ldots \quad (6)$$

Budući da prvi i drugi koeficijent (δ_1 i δ_2) imaju vrijednost 0, Gram-Charlierov red za funkciju distribucije glasi:

$$F(z) = \theta_o + \delta_3\, \theta_3\,(z) + \delta_4\, \theta_4\,(z) + \ldots \quad (7)$$

ili

$$F(z) = \theta_o - \frac{1}{3!} K_{s3} \cdot \theta_3\,(z) + \frac{1}{4!} K_{s4} \cdot \theta_4\,(z) \ldots, \quad (8)$$

gdje su K_{s3} i K_{s4} — standardne vrijednosti kumulanata i mogu se izračunati preko kumulanata i standardne devijacije $K_{sj} = K_j/\sigma^j$. Vrijednost kumulanta K_j određuje se preko momenta višeg reda prema izrazu

$$K_j = \mu_j - \sum_{i=1}^{j-3} \binom{j-1}{i} \cdot \mu_{j-1-i} \cdot K_{i+1} \qquad \text{za } j = 3,4\ldots \quad (9)$$

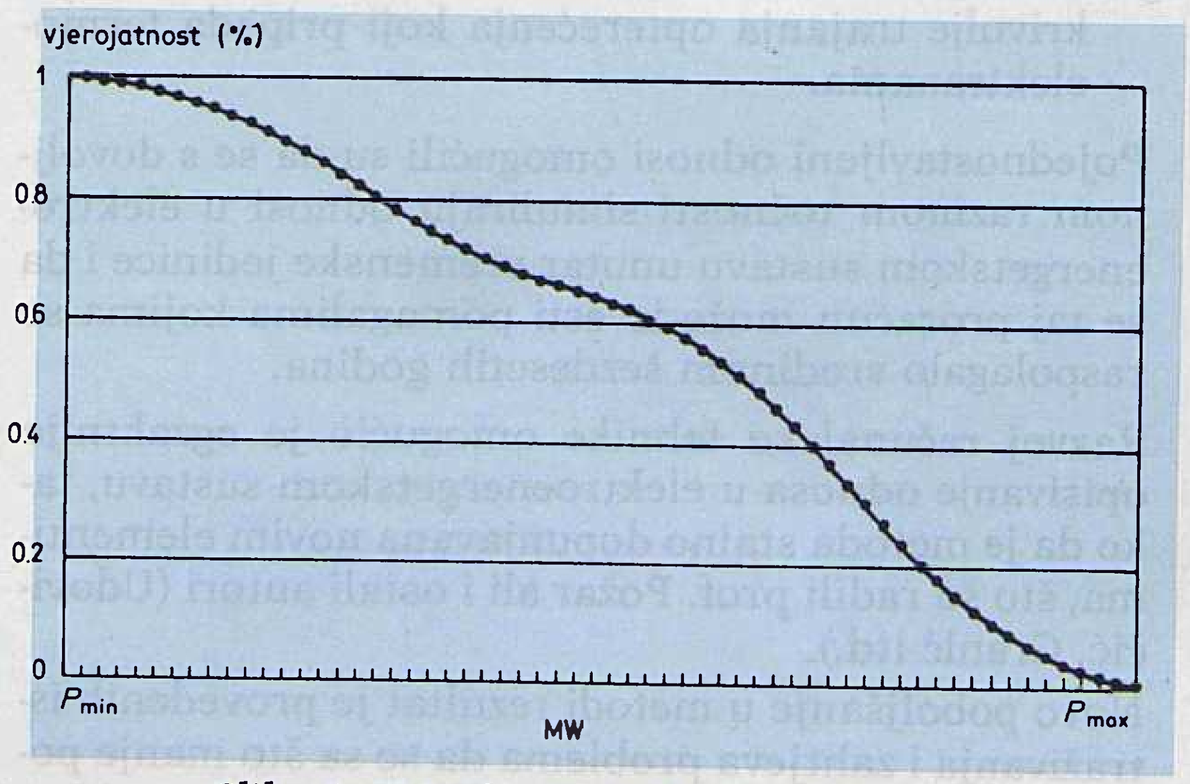
Za prvi i drugi kumulant uzima se da je

$$\mu_1 = \mu = K_1.$$
$$\mu_2 = \sigma^2 = K_2 \quad (10)$$

Krivulja trajanja opterećenja opisuje se kumulativnom funkcijom distribucije, pa Gram-Charlierov red za kumulativnu funkciju distribucije glasi:

$$E(z) = \int_z^{\infty} \theta_o\,(z) dz + \frac{1}{3!} K_{s3} \theta_2\,(z) - \frac{1}{4!} K_{s4} \cdot \theta_3\,(z) + \ldots \quad (11)$$

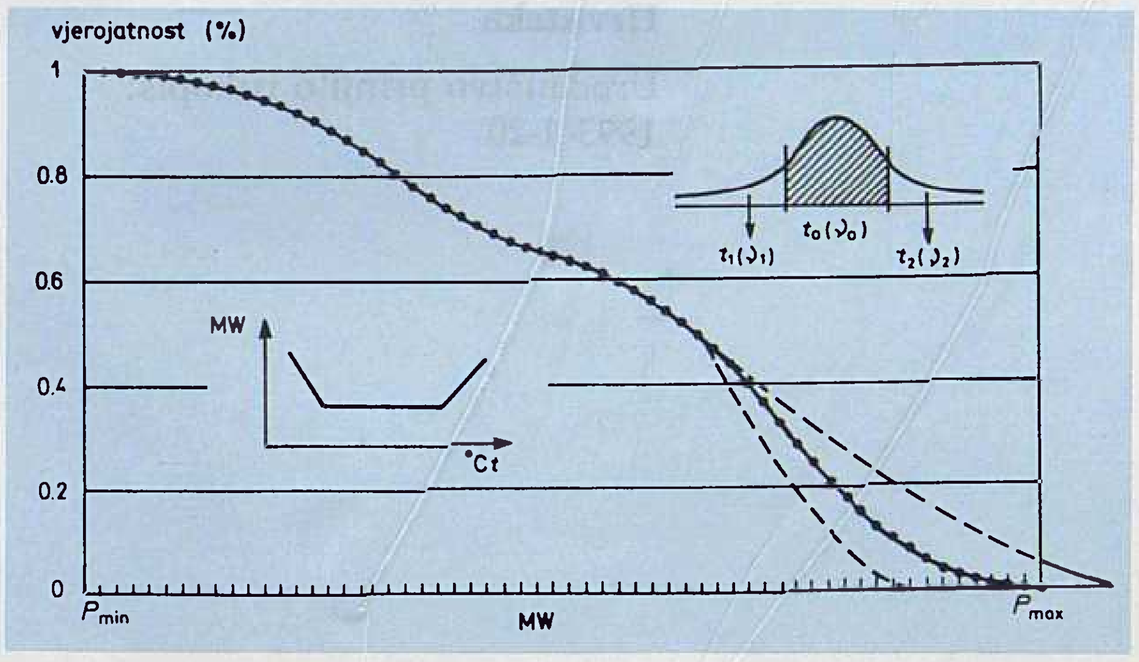
Krivulja trajanja opterećenja prikazana je na slici 1.



Slika 1. Krivulja trajanja opterećenja

2.2. Utjecaj temperature

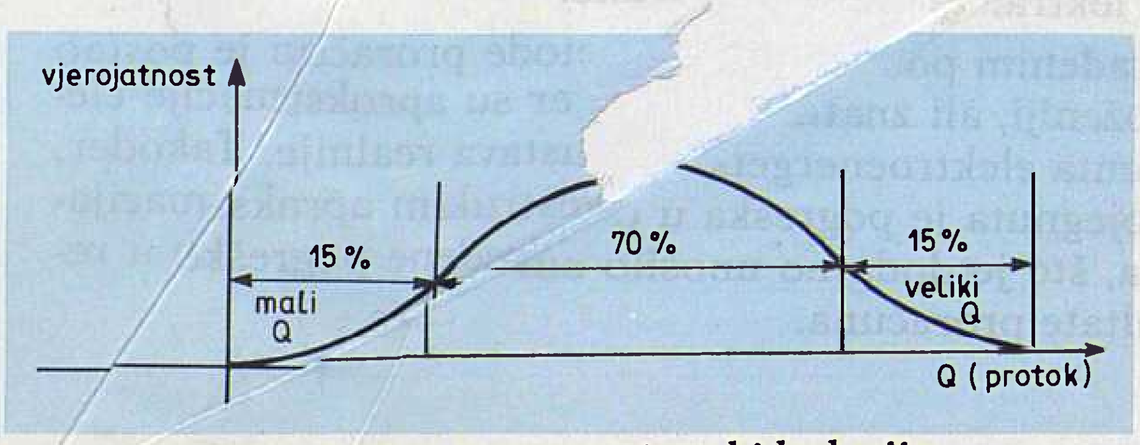
Na potrošnju električne energije u određenom elektroenergetskom sustavu najveću važnost ima utjecaj temperature, posebno za elektroenergetski sustav Hrvatske u zimskom razdoblju. U osnovnom proračunu krivulja trajanja opterećenja određuje se za prosječnu temperaturu. Moguća odstupanja temperature, bez obzira na manju vjerojatnost događaja mogu znatno utjecati na odnose u elektroenergetskom sustavu, odnosno na mogućnost zadovoljenja potrošnje električne energije.
Temeljna pretpostavka novog modela je da nije dovoljno poznavati krivulju trajanja za prosječnu temperaturu, već je potrebno istražiti prilike u elektroenergetskom sustavu i za višu odnosno nižu temperaturu. Model omogućava da se umjesto prosječne temperature promatra jedna ili dvije više temperature od prosjeka s odgovarajućom vjerojatnošću, odnosno jedna ili dvije niže temperature od prosjeka također s odgovarajućom vjerojatnošću.
Analizom utjecaja temperature kod svake grupe potrošača korigiraju se srednja satna opterećenja za promatranu vremensku jedinicu, a iz srednjih satnih opterećenja odredi se krivulja trajanja opterećenja.
Model omogućuje da se svaka vremenska jedinica predstavi s jednom, tri (prosjek + dvije) i pet (prosjek + četiri) krivulje trajanja opterećenja s odgovarajućom vjerojatnošću događanja.



Slika 2. Krivulja trajanja opterećenja u ovisnosti o temperaturi

3. MODEL HIDROELEKTRANA U ELEKTROENERGETSKOJ BILANCI

Hidrološke prilike na nekom području su dinamikom i vremenskim rasporedom neponovljive, ali treba očekivati da postoji određena sličnost između ostvarenih i budućih hidrologija. Zbog te činjenice pojavi određene hidrologije pridružen je sustav vjerojatnosti. U novom modelu proračuna moguće proizvodnje hidroelektrana promatra se prosječna hidrologija, 3 odnosno 5 mogućih slučajeva, koji se određuju temeljem analize ostvarenja hidroloških prilika u prošlosti.
Vrijednosti pojave određenih hidroloških prilika računaju se na osnovi višegodišnjega hidrološkog niza (40 godina), koji je uobičajen u praksi. Ako se ne radi o prosječnoj hidrologiji, predviđeno je da se npr. za 3 slučaja hidrologije dobiju tako da se izračuna prosjek 15% najmanjih voda, 15% najvećih voda, te 70% voda, koje su između donje i gornje granice. Za pet slučajeva hidrologije pretpostavljeni su sljedeći r stoci: 15, 15, 40, 15, 15.



Slika 3. Vjerojatnost pojave hidrologije

Iz ta tri slučaja odnosno njih pet, računa se prosječni slučaj, čije ostvarenje ima najveću vjerojatnost.

4. RASPODJELA OPTEREĆENJA U ELEKTROENERGETSKOJ BILANCI

U raspodjeli opterećenja u proračunu elektroenergetske bilance uvedene su dvije novosti. Jedna se odnosi na hidroelektrane, a druga na sam postupak. Hidroelektrane se u novom modelu tretiraju pojedinačno, a ne ukupno kao do sada, a bilanciranje hidroelektrana i termoelektrana provodi se istodobno, a ne odvojeno kao do sada.
Naime, u dosadašnjem modelu u prvom koraku odredi se raspodjela opterećenja između ukupnog modela hidroelektrana i ukupnog modela termoelektrana. Tako dobivena krivulja trajanja potrebnih snaga termoelektrana aproksimirala se Gram-Charlierovim redom, unutar čega su se onda promatrale samo termoelektrane.
Novim modelom ostvarena je, dakle, takva raspodjela opterećenja između termoelektrana i hidroelektrana koja daje minimum troškova za gorivo u termoelektranama uz najpovoljnije iskorištenje svake hidroelektrane i angažiranje termoelektrana prema troškovima za gorivo. Neraspoloživost termoelektrana uzeta je u obzir, a raspoloživost hidroelektrana je pretpostavljena sa 100%.
Nakon nekoliko iteracija dobije se kombinacija termoelektrana i hidroelektrana koja uzima u obzir potrebe, mogućnosti hidroelektrana i raspoloživost termoelektrana uz minimum troškova za gorivo. Proračun uključuje vjerojatnost pojave hidrologije i potrošnje, što znači da su moguće razne kombinacije koje se mogu pojaviti u praktičnoj primjeni.

5. ZAKLJUČAK

Opisana poboljšanja postojeće metode mogu se ukratko sažeti u nekoliko točaka:

1. izravna veza između satnih opterećenja i krivulje trajanja opterećenja omogućuje kvalitetniji prikaz krivulje,

2. potrošnja nije fiksna, nego je u funkciji temperature, što je važno za zimsko razdoblje,
3. hidroelektrane se prikazuju pojedinačno i kroz razne vjerojatnosti pojave hidrologije,
4. u samoj bilanci istovremeno se bilanciraju hidroelektrane i termoelektrane.

Uređenim poboljšanjem metode proračun je postao složeniji, ali znatno točniji jer su aproksimacije elementa elektroenergetskog sustava realnije. Također, izbjegnuta je pogreška u dvostrukim aproksimacijama, što je dodatno unosilo određene pogreške u rezultate proračuna.

LITERATURA

[1] H. POŽAR: »Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima«, Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd, 1966.

[2] H. POŽAR: »Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima«, Prvi i drugi svezak, Informator, Zagreb, 1983. i 1985.

[3] B. UDOVIČIĆ: »Neka poboljšanja metode konstantne i varijabilne energije za elektroenergetske analize«, Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1974.

[4] G. GRANIĆ, B. JELAVIĆ: »Metoda za izradu elektroenergetske bilance (I. dio — osnove metode)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.

[5] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (I. dio: Potrošnja, proizvodnja hidroelektrana, crpno-akumulacijska postrojenja)«, Energija 6, 1985.

[6] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (II. dio: Proizvodnja termoelektrana, nuklearnih elektrana, termoelektrana-toplana)«, Energija 1, 1986.

[7] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Godišnja elektroenergetska bilanca«, Šesto stručno savjetovanje o upravljanju i informatici u elektroprivredi Jugoslavije, Cavtat, 1986.

SOME IMPROVEMENTS OF THE YEARLY ELECTRIC ENERGY BALANCE MODEL

In this paper three groups of improvements of the model for yearly electric energy balance are described and they are related to electric energy load forecasts using a new treatment of load duration curve and temperature influence, a new hydro power plants model that describes the probability of hydrology and a new load schedule where hydro and thermo power plants are treated at the same time.

EINIGE VERBESSERUNGEN DES MODELLS FUR DIE JAHRLICHE ELEKTROMAGNETISCHE BILANZ

In dieser Arbeit werden drei verbesserte Gruppen der Modelle für die jährliche elektroenergetische Bilanz beschreiben, die sich auf den Verbrauch der elektrischen Energie durch eine neue Behandlung der Belastungskurve und des Temperatureinflusses beziehen. Es wird ein neues Modell der Wasserkraftwerke, das die Glaubwürdigkeit der Erscheinung der Hydrologie, sowie die neue Einteilung der Belastung durch das gleichzeitige Beobachten der Wasser und Wärmekraftwerke beschrieben.

Naslov pisaca:

Dr. Goran Granić, dipl. ing.
Dr. Branka Jelavić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-1-20.

PERSPEKTIVE ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Mr. Željko Tomšić, Zagreb

UDK 621.311.1.001
PREGLEDNI ČLANAK

Dosadašnji rezultati postignuti u poboljšanju energetske efikasnosti vrlo su mali s obzirom na mogućnosti i trenutne potrebe zbog teškog stanja u elektroenergetskom sustavu. U članku se pokušava naći razlog tome, spoznati prepreke u poboljšanju energetske efikasnosti elektroenergetskog sustava i naznačiti smjerove koji bi to mogli promijeniti.

Ključne riječi: energetska efikasnost, elektroenergetski sustav, ekonomska opravdanost.

1. UVOD

Električna energija je osnova za kvalitetu modernog života. Njezina vrijednost je bez premca, ona je široko primjenljiv i upotrebljiv oblik energije koji može efikasno ispuniti mnoge zadatke.

U samo malo više od 100 godina električna energija je promijenila način života većine ljudi u svijetu. Rasvjeta, grijanje, hlađenje, elektromotorni pogon, medicinske tehnologije, kompjutori i masovne komunikacije samo su neka poboljšanja kvalitete života. Zbog toga je dalji razvoj i poboljšanje kvalitete života nezamislivo bez dovoljno električne energije.

U ovom trenutku, pogotovo zbog ratnih posljedica, postoji niz ograničenja u mogućnostima opskrbe električnom energijom i njezin manjak neće se tako brzo i lako moći nadoknaditi. Zbog toga poboljšanje energetske efikasnosti elektroenergetskog sustava nameće se kao jedna od perspektivnih mogućnosti za lakše svladavanje ovih teškoća, ali i za ostvarivanje niza pogodnosti u budućnosti. Trenutno je svakako zanimljiva i štednja električne energije zbog njezina pomanjkanja, ali u perspektivi cilj mora biti poboljšanje energetske efikasnosti, tj. poboljšanje kvalitete života iskorištavanjem električne energije na najoptimalniji način. Interes za poboljšanje energetske efikasnosti u elektroenergetskom sustavu postoji već duže vrijeme, ali su postignuti rezultati gotovo zanemarivi u usporedbi s rezultatima u ekonomski razvijenim zemljama.

Ali i uz teške i ekonomske i energetske prilike ne smijemo zanemariti ni zaštitu okoliša i zbog toga poboljšanje energetske efikasnosti može postati i imperativ jer poboljšanjem energetske efikasnosti smanjuje se zagađenje okoliša.

Međutim, postavlja se pitanje otkud tako velik nesklad između interesa za poboljšanje energetske efikasnosti i postignutih rezultata. Jedan od razloga može biti da značajna poboljšanja u efikasnosti zahtijevaju osnovne i velike promjene u stajalištima.

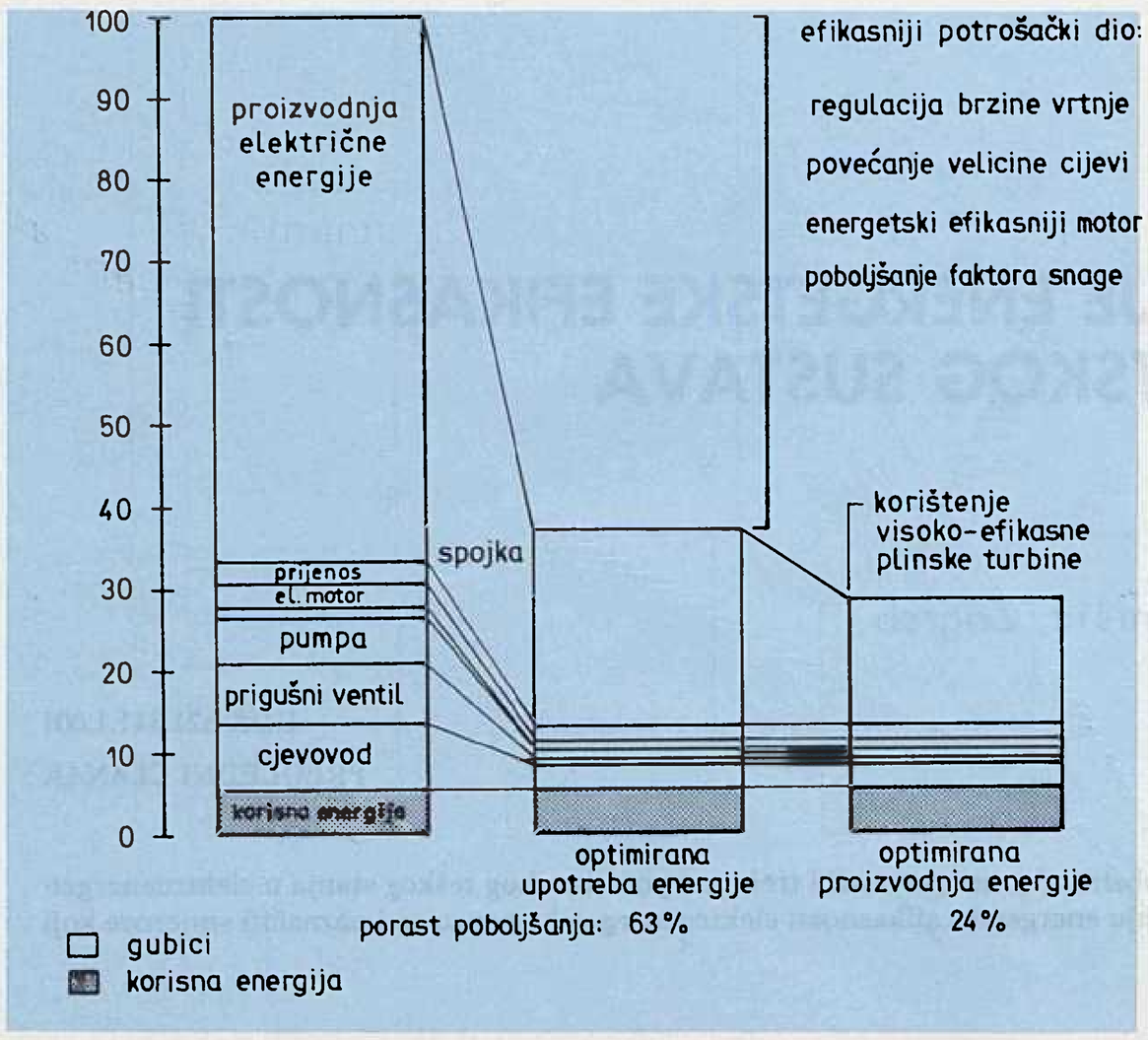
2. PROŠIRENJE GRANICA ENERGETSKOG SUSTAVA KOJE TREBA OPTIMIRATI

Energetski sustav uključuje više nego procese i opremu za proizvodnju, transformaciju i distribuciju energije (proizvodni dio). On uključuje i strojeve i uređaje koji koriste isporučenu energiju za stvaranje raznih proizvoda i usluga (potrošački dio).

Mogućnost poboljšanja energetske efikasnosti smanjena je ako se razmatra samo dio energetskog sustava. U prošlosti najveća pozornost bila je posvećena poboljšanju efikasnosti proizvodnje energije razmatrajući »proizvođački dio« sustava. Tu je razlog zašto su tu mogućnosti za buduća poboljšanja energetske efikasnosti manja nego kod uređaja, strojeva i energetskih sustava koji koriste električnu energiju (kao što su npr. rasvjeta, elektromotori i sl.).

Tako analiza Samuela Baldwina [1] o potrebnoj energiji za pumpanje jedinice tekućine pokazuje da prihvatljiva poboljšanja u efikasnosti i konfiguraciji sustava za pumpanje tekućine ima potencijalne mogućnosti za uštedu više nego dvostruko prema poboljšanju efikasnosti primarne energije u proizvodnji električne energije, što je ilustrirano na slici 1.

Najbolji rezultati poboljšanja energetske efikasnosti ubuduće mogu se očekivati na »potrošačkom dijelu« sustava. Zanimanje stručnjaka koje je bilo fokusirano na »proizvođački dio« morat će se proširiti na cijeli energetski sustav (i na »potrošački dio«). Zadaci postizanja maksimalne ekonomičnosti i optimizacije energetskog sustava povećat će se proširenjem granice sustava koji se optimira, ali će dovesti do boljih rezultata.



Slika 1. Optimiranje energije potrebne za pumpanje: tipična potreba primarne energije za pumpanje tekućine

Sigurno je da postoji velik prostor za iskorištavanje velikih potencijalnih poboljšanja energetske efikasnosti energetskog sustava. To uključuje iznalaženje putova optimizacije raznih dijelova sustava i sustava u cjelini. Ali da bi se postigli određeni rezultati, potrebno je bitno promijeniti stajališta i razmišljanja na »oba kraja« elektroenergetskog sustava, dakle i proizvođača i potrošaća energije, tj. pokušati približiti interese ova dva kraja.
Očito, da bi došlo do široke primjene metoda poboljšanja energetske efikasnosti u praksi i da bi se iskoristile potencijalne mogućnosti koje postoje u teoriji, morat će se savladati niz prepreka.

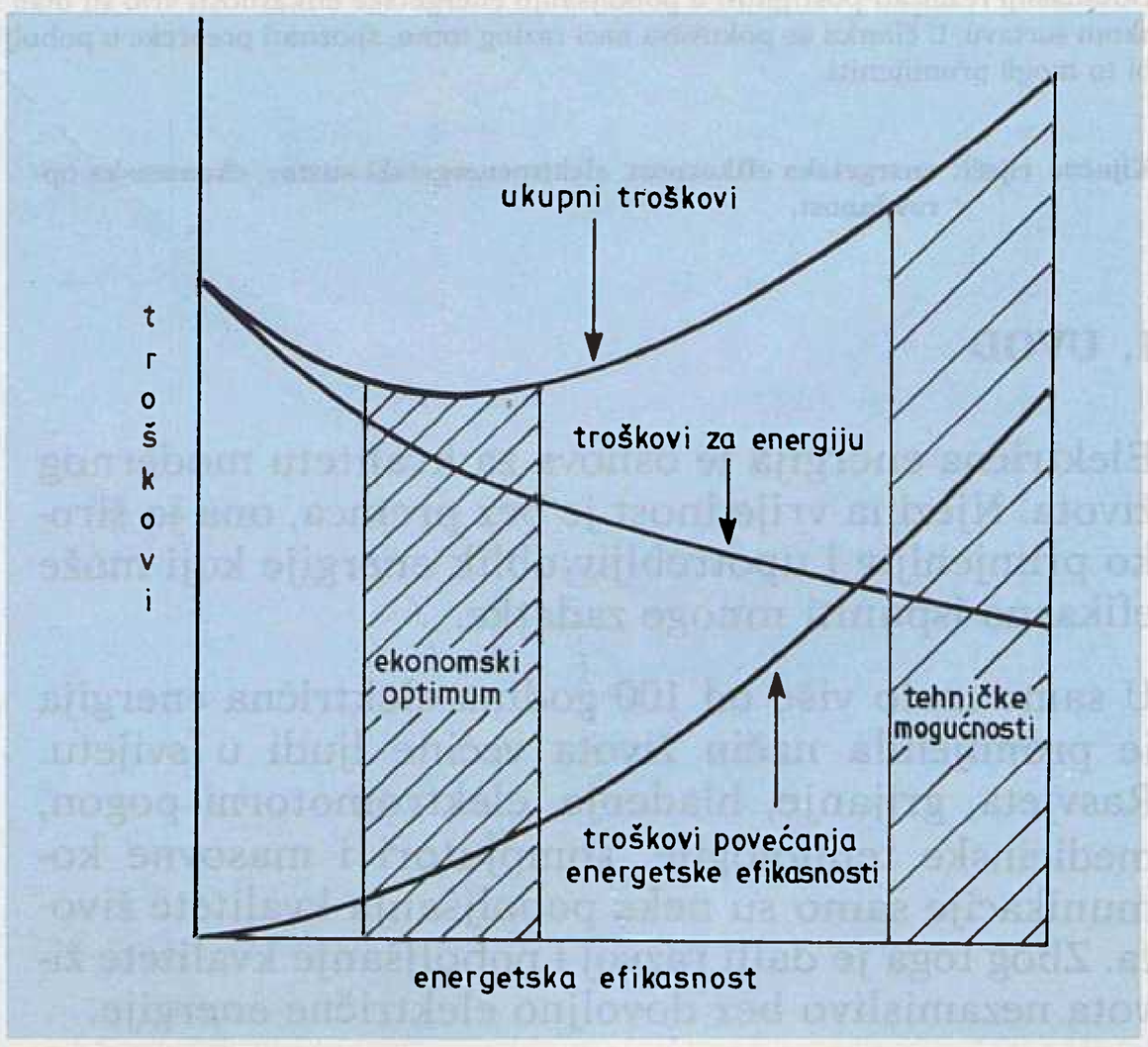
3. PREPREKE U PROVOĐENJU PROGRAMA POBOLJŠANJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Sigurno je da postoje potencijalno velike mogućnosti za poboljšanje energetske efikasnosti (i iz rezultata postignutih u razvijenim zemljama i iz teorije [3 – 8]). Ali isto tako i očito je da se one ne koriste. Zašto je to tako, možda ćemo dobiti odgovor razmatrajući sljedeća tri pitanja:

1. Koja je razlika između tehničkih mogućnosti i ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske efikasnosti?
2. Zašto se premalo investira u mjere za poboljšanje energetska efikasnost i kako se to može promijeniti?
3. Koji je najkraći put za povećanje ulaganja u energetska efikasnost i tko je najbolje opremljen i najstručniji za primjenu mjera za poboljšanje energetske efikasnosti.

3.1. Tehno-ekonomski odnosi

Za razvoj uspješnog programa za poboljšanje energetske efikasnosti važno je da se dobro procijene uštede u energiji koje su ekonomski opravdane (tj. one koje će tijekom eksploatacije povratiti uloženi novac) i one koje su tehnički moguće. Razlika između mjera poboljšanja energetske efikasnosti koje su ekonomski optimalne i onih koje su tehnički moguće prikazana je na slici 2. Mnoge metode za poboljšanje energetske efikasnosti za koje postoje potrebne tehnologije jednostavno su preskupe za primjenu kod postojećih cijena energije. Međutim, mnoge metode poboljšanja energetske efikasnosti omogućuju smanjenje i potrošnje energije i uštedu novca. Upravo te metode treba razmatrati jer daju ekonomski optimum. Zbog toga, tehnička rješenja moraju biti ekonomična, razumljiva i prihvatljiva. Potencijalne uštede variraju od uređaja i strojeva koji se koriste, ali i cijene energije i ekonomske strukture troškova.



Slika 2. Odnos troškova za energiju i troškova ulaganja u mjere za poboljšanje energetske efikasnosti

3.2. Zašto se premalo investira

Ako prihvatimo činjenicu da postoje ekonomski opravdani potencijali za moguće dobiti od poboljšanja energetske efikasnosti, tada je sigurno da treba investirati u poboljšanje energetske efikasnosti.
Ipak, i uza svu potrebu i opravdanost poboljšanja energetske efikasnosti i potencijalno ostvarivanje dobiti premalo se investira u mjere za poboljšanje energetske efikasnosti. Zbog toga se nameću dva pitanja: što je uzrok tome i kako možemo smanjiti ili ukloniti prepreke koje to uzrokuju?
Mnogi su razlozi premalog investiranja u energetska efikasnost:

1. Cijena energije nije realna. Cijena je glavni »krivac« premalog investiranja u energetsku efikasnost, ali i »krivac« što ga je najteže i ukloniti. Energija nema realnu cijenu, a osobito električna energija koja je određena propisima (tj. pod državnom kontrolom) i nedovoljno podređena ekonomskim pokazateljima troškova proizvodnje i distribucije. To će se, svakako, morati promijeniti ako želimo da se i elektropriv-

reda razvija na tržišnim osnovama i postane profitabilno područje gospodarstva. Zbog takve trenutne cijene električne energije, koja je manja nego što bi trebala biti, potrošnja električne energije je relativno jeftinija od racionalizacije. Isto tako, nedovoljno razmotrena vremenska struktura cijena rezultira u prevelikoj potrošnji tijekom vršnog perioda, a ti povećani troškovi nedovoljno se prenose na potrošača da bi ga stimulirali na racionalizaciju.
Jasno da se ovaj uzrok može jednostavno ukloniti postavljanjem realnih cijena električne energije. Ali nasuprot tom jednostavnom rješenju jasna je želja svih potrošača, a to je što niža cijena električne energije. Međutim, netko mora platiti realnu cijenu električne energije: ili potrošač ili država (što tada plaćaju svi bez obzira na veličinu potrošnje električne energije). Opravdanije je i ekonomičnije da i elektrodistribucija posluje na zdravim ekonomskim osnovama, a da potrošači plate pravu cijenu energije koja će biti proizvedena i isporučena potrošaču na najoptimalniji način ne iskorištavajući vlastiti monopolistički položaj. Socijalnu problematiku povećanja cijene električne energije mora rješavati država, a ne elektroprivreda.

2. Pomanjkanje inicijative elektroprivrede. Prema postojećim propisima i odnosima u društvu elektroprivreda ima mali ili nikakav ekonomski interes za investiranje u poboljšanje energetske efikasnosti potrošača, ali i vlastitih postrojenja. Zbog raznih razloga pojedini potrošači, ako je sve prepušteno samo njima, neće dovoljno investirati u poboljšanje energetske efikasnosti. Privatizacija proizvođačkog dijela elektroenergetskog sustava mogla bi poboljšati interes za efikasniju proizvodnju električne energije jer privatni sektor je motiviran za stvaranje što većeg profita, za razliku od državnog vlasništva gdje mnogi drugi faktori imaju utjecaj (zapošljavanje, politički interesi, državni proračun).

3. Zahtjevi za vrlo kratko razdoblje povrata investicije. Potrošači se ponašaju tako da u svoje ekonomske analize investicije u mjere poboljšanja energetske efikasnosti uzimaju velike diskontne stope. To pokazuje da, ako oprema za poboljšanje energetske efikasnosti ne izvrši povrat uloženog novca za 6 mjeseci do 3 godine, mnogi potrošači neće uči u takvu investiciju. Rezultat toga je veliki kontrast prema relativno niskoj diskontnoj stopi koju koristi elektroprivreda računajući za kapitalne investicije s periodom povrata od 20 do 30 godina. Znači da postoje dvostruki standardi. Promatra li se sa stajališta elektroprivrede ili potrošača.
Mjere za poboljšanje energetske efikasnosti postale bi profitabilnije u mnogo slučajeva kada bi se očekivalo duže vrijeme povrata novca.

4. Odvojenost troškova od dobiti. Investitor kod npr. gradnje stanova ili poslovnih prostora (koje će prodati ili iznajmiti) izbjegava investiranje u: izolaciju zgrade; racionalizaciju i optimizaciju: rasvjete, grijanja, ventilacije i dr. kako bi pri prodaji postigao što konkurentniju (zapravo što nižu) cijenu. Investitor nema koristi (a kupac mogućnosti da plati korist) od kasnijih manjih troškova za energiju, i on će radije investirati u neku drugu profitabilniju investiciju. Dakle, investitor ima tendenciju smanjenja kapitalnih troškova što rezultira lošom energetskom efikasnošću i visokim troškovima eksploatacije.

Rješenje ovog problema djelomično je u donošenju odgovarajućih standarda koji će određivati minimalnu energetsku efikasnost, ali promatrajući cjelovito sve dijelove energetskog sustava i elemente koji utječu na potrošnju energije (dakle proširiti što više granice razmatranja), a ne tretirati izdvojeno pojedine segmente (građevina, grijanje, rasvjeta, ventilacija itd.).

5. Energetska efikasnost se nedovoljno agresivno propagira. Energetska efikasnost je kao i druga roba i zbog toga je treba propagirati kako bi postala interesantna za svakog, ali ne zato da sama sebi bude svrha već radi postizanja smanjenja troškova i povećanja dobiti.

6. Ostali neuključeni i nepredviđeni troškovi. Jedan od troškova koji nije dovoljno uključen u cijenu jesu i troškovi zaštite okoliša. Uključivanjem tih troškova, a naročito ako se pooštre standardi zaštite okoliša (tada se povećavaju i troškovi proizvodnje energije), proširilo bi se područje mjera poboljšanja energetske efikasnosti koje su ekonomski opravdane i zato primjenljive.

Troškovi i dobit od poboljšanja energetske efikasnosti dobrano ovise o trenutnoj i budućoj cijeni energije. Ako postoji dosta nepoznanica ili neizvjesnosti o cijeni električne energije u budućnosti, potrošač teži tome da odgodi ili »igra na sigurno« i odbaci investiciju u poboljšanje energetske efikasnosti.

3.3. Tko je najbolje opremljen i stručno osposobljen za provođenje programa energetske efikasnosti

Razmatrajući problem tko je najopremljeniji i stručno najspremniji ili tko je najmotiviraniji za primjenu potrebnih mjera poboljšanja energetske efikasnosti, možemo doći do dviju krajnosti. Na jednom kraju je mišljenje da pod trenutnim okolnostima elektroprivreda nema dovoljno motiva za provođenje kampanje i vođenje i investiranje u program poboljšanja energetske efikasnosti. S druge strane je mišljenje da elektroprivreda ima jake i jedinstvene mogućnosti (stručno znanje, postojanost, bliski kontakt s potrošačima, relativno stalan protok gotovog novca i dr.) da preuzme vodeću ulogu u investiranju i provođenju programa poboljšanja energetske efikasnosti. U skladu s time elektroprivreda bi trebala biti »prva violina«, ali jasno ne i solist u provođenju programa poboljšanja energetske efikasnosti elektroenergetskog sustava.

Najbolje rješenje je vjerojatno negdje između, tako da elektroprivredina uloga bude kombinacija organizatora i pokrovitelja.

4. ZAKLJUČAK

U primjeni mjera za poboljšanje energetske efikasnosti veći prostor postoji u potrošačkom dijelu energetskog sustava, što zahtijeva pomnu analizu potrošnje energije, ali i utjecaja na proizvodnju energije. Pri tome se ne smije zanemariti ni proizvodni dio, već treba stalno težiti maksimalnoj optimizaciji proizvodnje i distribucije električne energije.

Poboljšanje energetske efikasnosti nije cilj samoj sebi, već se mora promatrati kao jedno sredstvo koje minimizira ukupne troškove za dani volumen proizvoda ili razine usluga. Jasno da s obzirom na sadašnje teško i nenormalno stanje u elektroenergetskom sustavu ne treba zanemariti ni samu uštedu u energiji koja će olakšati prevladavanje ovog teškog stanja.

Glavni kriterij u analizi primjenljivosti mjera za poboljšanje energetske efikasnosti jest ekonomska opravdanost. Iako poboljšanje energetske efikasnosti mora ponajprije biti ekonomska kategorija, ipak se ne može potpuno prepustiti samo zahtjevima tržišta, jer tržišni potencijali su manji od ekonomskih potencijala zbog nepravilnosti tržišta i velike diskontne stope. Zbog toga treba i »pogurati« primjenu mjera za poboljšanje energetske efikasnosti s dobro osmišljenom energetskom politikom.

U razvoju i primjeni efikasnih strategija za poboljšanje energetske efikasnosti pojavit će se mnoge prepreke koje se moraju jasno identificirati. Te prepreke mogu se svladati kombinacijom mjera na raznim nivoima: pravilnom energetskom politikom, uključivanjem tržišno orijentiranih mehanizama i promocijom tehničkih mogućnosti i inovacija za poboljšanje energetske efikasnosti.

Da bi se postigla široka primjena mjera energetske efikasnosti elektroprivreda mora preuzeti vodeću ulogu koja će s vremenom biti sve manja, jer će potrošači u prvom redu naći vlastiti interes u smanjenju troškova za energiju. Elektroprivreda može imati isto tako koristi, i to kratkoročno, u smanjenju troškova pogona, srednjoročno u smanjenju troškova za nove elektrane i dugoročno u smanjenju troškova zamjene starih elektrana.

Svakako da će i rastući troškovi u društvu za zaštitu okoliša zbog spaljivanja fosilnih goriva dati poticaj za povećanje energetske efikasnosti.

Kretanje prema tržišnoj ekonomiji otvorit će sigurno i nove perspektive za pravilno tretiranje energetske efikasnosti. I zato, ako budemo koristili energiju na najoptimalniji način uz maksimalnu zaštitu okoliša, povećana potreba za električnom energijom i ekonomski rast neće morati biti u raskoraku.

LITERATURA

[1] BALDWIN S. F.: »Energy efficient electric motor system«, »Electricity«, Lund University Press, Lund, Swedwen, 1989.

[2] WIRL F.: »Analysis of demand side conservation programs«, Energy Systems and Policy, Vol. 13, 1990.

[3] SMITH C. B.: »Efficient electricity use«, Pergamon Press, Inc., USA, 1978.

[4] ... »An efficient energy future«. United Nations, 1983.

[5] ... »Energy Efficiency in European Industry«, UNIDO-ECE, Geneva, Switzerland, 1987.

[6] WHITE L. SCHMIDT P. BROWN D.: »Industrial Energy Management and Utilization«, Hemisphere Publising Corporation, USA, 1988.

[7] FICKETT A. CLARK C. GELLINGS W. LOVINS B.: »Efficient Use od Electricity«, Scientific American, September 1990.

[8] ... East-West Energy Efficiency, UN – ECE Geneva. UN New York 1992.

[9] SATHAYE J. GADGIL A.: »Aggressive cost-effective electricity conservation«, Energy Policy, February 1992.

[10] LOHANI B. N. AZIMI A. M.: »Barriers to energy end-use efficiency«, Energy Policy, June 1992.

[11] REDDY A. K. N.: »Barriers to improvements in energy efficiency«, Energy Policy, Vol 19, No. 10, December 1991.

PERSPECTIVES FOR IMPROVEMENTS IN ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC POWER SYSTEM

Improvements in energy efficiency realised to date have proven to be insignificant in terms of its large potentials and current needs because of a very difficult situation in the electric power system. The paper examines why an interest for improvements in energy efficiency is so poor and tries to indicate the barriers to improvements in energy efficiency of electric power system and the ways which could change that situation are also stated.

PERSPEKTIVEN FÜR DIE VERBESSERUNG DER ENERGETISCHEN LEISTUNG DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

Die bisherigen Ergebnisse die zur Verbesserung der energetischen Leistungsfähigkeit erzielt wurden sind sehr gering bezüglich der Möglichkeiten und des momentanen Gebrauchs, wegen des schweren Zustandes im elektromagnetischen System. Im Artikel versucht man den Grund dafür zu finden, sowie die Hindernisse bei der Verbesserung der energetischen Leistungsfähigkeit des elektroenergetischen Systems. Man versucht die Richtungen die das ändern könnten zu markieren.

Naslov pisca:

mr. Željko Tomšić, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Zagreb,
Zavod za visoki napon i energetiku
41000 Zagreb, Av. Vukovar 39,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992 – 12 – 7.

MODELI ZA POTREBE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA EES-a

Mr. Mirko Valenčić, Rijeka

UDK 621.311.1.001:65.011.56
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Izlažu se osnove problematike identifikacije EES-a prijenosnim funkcijama i mogućnosti koje se time pružaju za kreiranje kibernetskih modela za potrebe automatskog upravljanja u stvarnom realnom vremenu.

Ključne riječi: EES, automatsko upravljanje, modeli.

1. UVOD

Poboljšanje učinkovitosti upravljanja elektroenergetskim sustavom povezano je s nizom problema, a njihovo uspješno rješenje uvelike ovisi o primjerenom matematičkom modeliranju elemenata i sustava u cjelini. Najveći je nedostatak uobičajenih modela što nedovoljno ili nikako ne daju za tretirane prijelazne pojave, tekuće, tijekom poremećaja, izmjene parametara elemenata, te eventualne promjene konfiguracije i stanja sustava.

Razvoj novih načela identifikacije i odlike suvremenih računala omogućuju razradu novih operativnih metoda modeliranja koje mogu održavati promjene električnih veličina elemenata i dijelova sustava u stvarnom realnom vremenu, tijekom poremećaja u EES-u, te tako omogućiti u svom krajnjem razvoju i sintezu automatskog upravljanja, čak i u nenormalnim stanjima, uz puno i nužno poštivanje svih postojećih ograničenja, kao i mogućnosti pojedinih objekata u EES-u.

Identifikacija elemenata i sustava odgovarajućim modelima na bazi dostupnih izravno mjernih veličina, s podacima o promjeni parametara, konfiguraciji i stanju za određeni režim rada, i to u svakom tekućem trenutku, prvi je preduvjet prilazu realizaciji djelotvornih upravljačkih akcija, na bazi sinteze upravljačkih sustava, a za razna stanja EES-a.

U ovom radu iznijet će se osnovna načela mogućnosti identifikacije modela, odnosno pronalaženje prijenosnih funkcija objekata EES-a na bazi eksperimenata, ali putem obrade izravno mjerenih tekućih podataka tijekom rada sustava, kao i mogućnosti koje takav u osnovi funkcionalno-kibernetski prilaz tvorenju modela pruža.

Takva identifikacija, naglasimo odmah, omogućuje primjenu i u EES-u suvremenih teorija vođenja multivarijabilnih dinamičnih sustava, raznih adaptivnih sustava regulacije, projekcijsko upravljanje, zatvaranjem regulacijske petlje po vektoru izlaza (ili) stanja EES-a, zatim upravljanje na temelju optimizacije i koordinacije zasebnih regulacijskih krugova ili pak heuristički pristup pri sintezi raznih adaptivnih sustava upravljanja, a koje su inače već duže vremena u praktičnoj upotrebi u raznim visokorazvijenim tehničko-tehnološkim sustavima u raznim područjima tehnike.

2. PRISTUP I OSNOVNE POSTAVKE

Razvoj teorije upravljanja, tehnike prijenosa informacija, brzih moćnih računala i razrada novih računalskih metoda stvorilo je uvjete za primjenu kvalitativno novih i modela sustava upravljanja u EES-u, pri čemu se EES, kao izrazito velik i složen, najsvrsishodnije tretira kao kibernetski sustav.

Naime, kada se ne mogu postaviti matematički modeli na osnovi fizikalnih zakonitosti, a koji bi obuhvaćali sve varijable, i unutarnje i vanjske, s međusobnim zavisnostima, pristupamo tretiranju samo glavnih, najrelevantnijih, i to ulaznih i izlaznih, te takav pristup, kao što je poznato, nazivamo kibernetskim odnosno funkcionalnim.

Pri takvom pristupu pojedine elemente ili dijelove sustava tretiramo kao »crnu kutiju«, s ulazima i izlazima, a unutarnje varijable stanja su u drugom planu ili se čak potpuno zanemaruju.

Suvremeni pristup kreiranju modela složenih sustava, kao što je EES, zasniva se na dvama različitim informacijsko-matematičkim pristupima:

— **Prvi pristup** temelji se na poznatim fizikalnim svojstvima i značajkama objekata, s pomoću kojih određujemo funkcionalne jednadžbe koje opisuju svojstva objekata. Potrebne su ulazne informacije, zadane veličine i parametri sustava, a izlazne se veličine izračunavaju na osnovi poznatih modela odnosno matematičkih jednadžbi i raznih numeričkih metoda izračuna.

Takvi modeli u širokoj su primjeni pri analizama procesa u objektima i pri različitim uvjetima vanjskih djelovanja na sustav.

Njihova upotreba vrlo je nepogodna, praktično nemoguća za upravljanje EES-a u realnom vremenu,

pogotovo ako je struktura vrlo složena i parametri sustava brojni, a onda još u realnim uvjetima pri npr. tranzientnim pojavama vrlo promjenljivi.

Takvi modeli omogućuju samo analizu, ali ne i sintezu regulacijskih krugova upravljanja u zatvorenoj petlji. Njima provjeravamo statičke i dinamičke stabilnosti, optimiranja tokova snaga i dr., pri čemu parametri objekata i dijelova sustava ostaju nepromjenljivi u smislu jednom matematički danog modela, koji ulazne veličine poznatim, obično diferencijalnim jednadžbama za linearne i parcijalnim diferencijalnim jednadžbama za nelinearne sustave, dakle jednoznačno, određenim funkcionalnim jednadžbama, »pretvara« raznim numeričkim metodama izračuna, u izlazne veličine. Izračuni su redovito dugi i zamjetni, a za sada ih je nemoguće izvoditi u realnom vremenu za potrebe »on line« upravljanja.

Naime, poznato je da je vrijeme potrebno računalima za izračune i rješenja algoritama određenih modela samo vrlo uopćeno, razmjerno broju i vrsti jednadžbi odnosno složenosti. Presudnu, međutim, ulogu ima broj koraka raznih numeričkih izračuna i tražena točnost, tako da je uvijek za potrebe »on line« obrade informacija nužan kompromis između brzine rješenja i točnosti.

Funkcija prijenosa — prijenosna jednadžba objekta ili dijelova sustava takvih modela je nepromjenljiva a odražava fizikalne zakonitosti, uz određena pojednostavnjenja zanemarivanjem manje utjecajnih faktora. Tretirane promjene ulaz–izlaz najčešće su linearne ili linearizirane, što je sve samo pojednostavljen prikaz realnih i pojava u sustavu, koje su u stvarnosti pogotovo pri većim poremećajima u EES-u nelinearne.

— **Drugi pristup** temelji se na razmatranju i obradi podataka eksperimentalnih promatranja — direktnih instrumentalnih mjerenja ulaznih i izlaznih parametara objekta ili dijelova sustava s jednim ciljem, a to je samo određivanje što jednostavnijih i točnijih prijenosnih funkcija ulaz–izlaz, a koje se ne oslanjaju na fizikalne zakonitosti.

Prijenosne funkcije iznalaze se u načelu za bilo koje dvije veličine u sustavu, ili njih više, čak i neovisno o fizičkoj lokaciji pojavljivanja, a koje možemo izravno mjeriti instrumentima, pri čemu provodimo izbor tih veličina, odnosno varijabli sustava po volji, a uzimamo, dakako one koje su najrelevantnije za dani sustav i razmatrane probleme.

Moguće je tijekom poremećaja sustava, a za potrebe upravljanja, kada imamo takve modele po određenim kriterijima, a posebnim algoritmom, provesti i eventualno potreban i drukčiji izbor varijabli, a i same prijenosne funkcije možemo također modificirati ili birati druge, što se pokazuje kao nedostatak, ali to je potrebno zbog toga što identificirane prijenosne funkcije nemaju kao fizikalni odnosno matematički zakoni, opće značenje neovisno o veličini ulaznih i izlaznih varijabli, nego one zadovoljavaju najčešće samo u opsegu variranja tih veličina, za vrijeme neposrednog mjerenja, odnosno procesa određivanja tih funkcija.

Ovo ima za posljedicu da određene prijenosne funkcije na temelju promatranja EES-a pri stacionarnim promjenama stanja, koje karakteriziraju statičke karakteristike sustava, ne moraju zadovoljavati za prijelazna stanja pri krupnijim poremećajima, kada su nam mjerodavne dinamičke značajke sustava.

Može, dakle, doći do potrebe promjene operatora nad ulaznim funkcijama da bi se dobile odgovarajuće izlazne, a ponekad su potrebne i adekvatne promjene takvih modela u ovisnosti o ulaznim funkcijama odnosno tretiranim veličinama ili postavljanje više strukturnih modela za različite namjene.

Dok za probleme kao npr. statičke stabilnosti, regulacije radne i jalove snage ove prijenosne funkcije možemo naći prateći EES u pogonu, pasivnom metodom, za dinamička stanja, koja su relativno malobrojna, trebamo se poslužiti aktivnom eksperimentalnom metodom ili čekati duže vrijeme da na temelju višekratnog promatranja tranzijentnih stanja možemo mjerodavno odrediti adekvatnost prijenosnih funkcija.

Iz navedenog se vidi da je nužno primjenjivati za EES adaptivnu identifikaciju pomoću pogodnih algoritama obrade informacija, ali i imati adekvatnu opremu i specijalne uređaje za njezinu realizaciju, što je vrijedno posebne pozornosti i daljnje razrade.

Bit je prilaza tvorenja novih modela da različitim metodama tražimo prijenosne funkcije za jedan ulaz i jedan izlaz ili više ulaza i izlaza, odnosno matematički izraze što jednostavnije, radi brzih »on line« izračuna, koje su u stanju prema usvojenim kriterijima dovoljno vjerno i točno prikazati kako će se izlazne veličine mijenjati u ovisnosti o promjenama ulaznih veličina.

Takvim pristupom strogo fizikalne zakonitosti kojim zanemarujemo niz manje utjecajnih faktora zamjenjujemo stohastičkim zakonitostima, ali koje počivaju na realnim mjerenim veličinama iz sustava.

Prijenosne funkcije optimiramo tako da nam eksperiment ili dugotrajnije praćenje raznih stanja EES-a, pri kojem snimamo ulazne veličine i izlazne kao kontinuirane stohastičke varijable, ne potvrde u prihvatljivim granicama njihove valjanosti.

Takve prijenosne funkcije omogućuju nam da na osnovi brzog »on line« izračuna u stvarnom realnom vremenu, gotovo trenutno, bezinercijski, pogodnim algoritmima, kao što su npr. rekurentne metode »predviđamo« na bazi ulaznih veličina — izlazne, koje su u realnosti inercijske, a čije brzine promjena izražavaju različite vremenske konstante, elektromagnetske i elektromehaničke, kao npr. u generatora uzbudna struja — jalova snaga ili snaga turbine — radna snaga generatora ili promjene tokova snaga pri promjeni konfiguracije sustava ili ispada pojedinih jedinica.

Ako su nam pri tome izračuni izlaznih veličina i utvrđivanje relevantnih varijabli stanja pogodnim algoritmima i moćnim brzim računarima brži od prirodnih realnih promjena u EES-u, moguće nam je kreiranje i upravljačkih akcija na načelno nov način, koji je mnogo brži i djelotvorniji od sada primjenjivanih uobičajenih i poznatih po realno pojavnoj iz-

laznoj veličini (ili) i po poremećaju. U protivnom, ali ako su još nužno dovoljno brzo izračunate, tim se veličinama koristimo za »on line« upravljanje poznatim klasičnim metodama.

Ovakav prilaz, koji se oslanja na izravna mjerenja odnosno informacije iz realnog sustava u svakom tekućem trenutku, u samoj je biti rješenja problema identifikacije, koji se zajedno s primjenama optimizacije pojavljuje kao bitan problem suvremene teorije i prakse upravljanja EES-om.

Krajnji cilj nam je realizacija identifikacije stanja EES-a u realnom vremenu, bilo putem izravno mjerenih veličina i (ili) dodatno još uz pomoć optimalnog opservera stanja EES-a, jer je samo tada moguće zatvoriti regulacijsku petlju po utvrđenom vektoru stanja sustava s potrebnom i dovoljnom pouzdanošću. S druge strane, ako nam je u sustavu poznata matrica prijenosnih funkcija, i tada možemo realizirati zatvorenu regulacijsku petlju, ali sada samo po vektoru izlaza sustava.

Istaknimo da funkcije prijenosa, za razliku od klasičnih fizikalno-matematičkih, ne moraju biti takve da odražavaju strukturu i parametre primjerene fizikalnoj slici, odnosno realnim pojavama, već je bitno samo da što vjernije, u prihvatljivim granicama, preslikavaju ulazne i izlazne veličine, te da su pogodne za brza računalska numerička izračunavanja.

Matematičku osnovu identifikacije čine dijelovi teorije upravljanja i teorije slučajnih funkcija, statistička teorija komunikacija i teorija informacija, koje su inače najviše razrađene i primijenjene u teoriji telekomunikacija, a u posljednje vrijeme čine se napori za praktičnu primjenu i na objekte i sam EES u cjelini.

Za razliku od temeljnih problema u telekomunikacijama, u kojima su Wiener i njegovi sljedbenici proučavali problem izdvajanja poslanog signala iz šumova putem korelacije, filtriranja i predikcije, a Shannon i njegova škola probleme prilagođavanja izvora informacija na prijenosni sustav radi njegovog pouzdanijega i učinkovitijega korištenja za potrebe identifikacije u EES-u, centralni problem je, kako je već navedeno, pronalaženje što vjernijih prijenosnih ili transfernih funkcija ulaznih veličina u izlazne. Kvalitativne razlike još su u tome što u EES-u imamo dvije vrste pojava — stacionarne i dinamičke, odnosno periodične i aperiodične signale, a u pravilu su promjene veličina — signala znatno manje, kao i sam šum, u odnosu prema signalima.

3. PRIJENOSNA FUNKCIJA TE STRUKTURNA I PARAMETARSKA IDENTIFIKACIJA

Sve metode identifikacije aktivnim i pasivnim eksperimentom, determiniranim djelovanjem kojima tražimo prijenosne funkcije realnih dinamičkih objekata, pa tako i elektroenergetskih, u načelu se zasnivaju na primjeni ulaznih frekventnih, odskočnih ili step-funkcija i impulsnih delta-funkcija. Pri tome ulazne impulsne i step-funkcije omogućuju identifikaciju odnosno nalaženje prijenosne funkcije po vremenskim karakteristikama u obliku prijelazne impulsne funkcije, a metodama koje koriste sinusoidalnu ulaznu funkciju određuje se najprije frekventna karakteristika, na osnovi koje se onda sintezom dolazi do modela objekta u obliku prijenosne funkcije. Za elektroenergetske objekte najviše se primjenjuje ulazna odskočna ili step-funkcija kao signal za dinamičke pojave jer se najlakše realizira a i najbliža je realnim promjenama u sustavu. Za statičke pojave je to frekventna funkcija.

Radi pojašnjenja općeg pojma prijenosne funkcije uzet ćemo kao primjer prijenosnu funkciju za linearne sustave, što odgovara za objekte EES-a u stacionarnim stanjima, kada imamo uglavnom linearne pojave i gotovo konstantne parametre. Za takve slučajeve možemo pristupiti pronalaženju odziva — izlaznih funkcija pri ulaznim — pobudnim determinističkim, metodama Fourierove i Laplaceove transformacije.

Za linearni objekt s jednim ulazom i jednim izlazom prijenosnu funkciju određujemo iz relacije ulazne i izlazne funkcije:

$$Y(j\omega) = P(j\omega)\, X(j\omega) \tag{1}$$

ili

$$Y(p) = P(p)\, X(p) \tag{2}$$

gdje je $P(j\omega)$ i $P(p)$ — prijenosna funkcija objekta u frenkventnoj i operatorskoj formi, a $X(j\omega)$, $Y(j\omega)$, $X(p)$, $Y(p)$ su odgovarajuće transformacije Fouriera ili Laplacea ulaznog $X(t)$ i izlaznog $Y(t)$ signala, kao kontinuirane stohastičke promjenjive.

Prijenosna funkcija $P(j\omega)$ je kompleksna veličina:

$$P(j\omega) = |P(j\omega)| e^{j\omega(\omega)} \tag{3}$$

ili

$$P(j\omega) = \frac{Y(j\omega_k)}{X(j\omega_k)} = \frac{a_k + j b_k}{c_k + j d_k} \tag{4}$$

gdje je

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cos k\omega t \, dt \tag{5}$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \sin k\omega t \, dt \tag{6}$$

$$c_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos k\omega t \, dt \tag{7}$$

$$d_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin k\omega t \, dt \tag{8}$$

$$|P(j\omega_k| = \frac{\sqrt{a_k^2 + b_k^2}}{\sqrt{c_k^2 + d_k^2}} \tag{9}$$

$$\Sigma(\omega_k) = \text{arc tg} \frac{b_k}{a_k} - \text{arc tg} \frac{d_k}{c_k} \tag{10}$$

koja ima svoj modul (9) i fazni stav (10) ovisan o frekvenciji.

Prijenosna funkcija prema (1) nam omogućuje da se za sve odgovarajuće vrijednosti ω dobiju spektralne komponente izlazne funkcije, a samim tim i ona sama, kada je poznata ulazna periodična funkcija nekog slučajnog procesa koju u određenim vremenski

promatranom razdoblju predstavimo Fourierovim redom. Potrebni su nam, dakle, frekventni spektri ulaznih i izlaznih funkcija. Njih dobijamo na osnovi Wiener-Hinchinova stavka koji povezuje kosinusnom Fourierovom transformacijom spektralne gustoće snaga s autokorelacijskim funkcijama slučajnih procesa, a koje je lakše neposredno odrediti.

Za nelinearne sustave, odnosno procese, ali neinercijske, npr. transformator pri tranzijentnim pojavama u EES-u, izlazna funkcija $y(t)$ u trenutku t zavisi samo od ulazne $x(t)$ tog istog trenutka, a što se može iskazati analitički $y(t)=G[x(t)]$, odnosno dati prema tipičnoj karakteristici za takve nelinearne procese grafičkim predočavanjem istodobno snimljenih odnosno izmjerenih vrijednosti ulaza i izlaza, pa prijenosnu funkciju, koja izražava međuzavisnosti, možemo razviti u Mac-Laurinov red:

$$y(t)=a_1 x(t)+a_2 x^2(t)+\ldots+a_n x^n(t) \qquad (11)$$

ili uzimajući diskretne momentalne vrijednosti za t_k odnosno $x(t)=x$ a $y(t)=y$

$$y=a_1 x+a_2 x^2+\ldots+a_n x^n \qquad (12)$$

Teorijski, prijenosnu funkciju mogli bismo, dakle, dobiti samo na osnovi istodobne izmjere trenutne vrijednosti ulazne i izlazne veličine, i to bez obzira na valni oblik ulazne veličine, jer koeficijenti Mac-Laurinova reda nisu funkcije frekvencije.

U praksi to ne odgovara posve stvarnosti iako se obično za mnoge procese ti koeficijenti malo mijenjaju, pogotovo ako objekti za koje tražimo prijenosnu funkciju nisu izrazito preopterećeni, odnosno nemaju npr. zasićene magnetske krugove.

Za nelinearne sustave možemo se isto koristiti prijenosnom funkcijom razvijenom u Mac-Laurinovu redu, u kojem inače samo prvi član odražava neizobličen izlazni signal, dakle linearnost, a ostali iskazuju nelinearna izobličenja m-tog reda.

Za puno adekvatno predočavanje zavisnosti izlaznih od ulaznih veličina za nelinearne sisteme nužno bi bilo tvorenje ne jednog nego više modela, odnosno prijenosnih funkcija npr. Mac-Laurinova reda s različitim koeficijentima, koje bi vjerno, svaka za svoje područje, ulazne veličine odrazila traženu međuzavisnost ulazne i izlazne veličine.

Teorijski, opća postavka problema identifikacije formulira se kao zadaća određivanja na osnovi izravno mjerenih veličina iz realnog sustava, ulaznih i izlaznih veličina, kao promjenljivih funkcija u vremenu i nalaženjem što vjernijeg, a ujedno i što jednostavnijeg modela u obliku prijenosne funkcije iz danih, odnosno poznatih klasa operatora funkcija prema teoriji funkcionalne analize.

U prvoj etapi identifikacije određuje se klasa operatora modela i razrađuje njegova struktura, varijable stanja, ulazne i izlazne varijable, odnosno izbor veličina za mjerenja i obradu, te njihova lokacija, i to nazivamo s t r u k t u r n o m i d e n t i f i k a c i j o m.

Struktura se postavlja tako da može izraziti bitne izravno mjerljive veličine relevantne za utvrđivanje prijenosnih funkcija i stanja sustava te funkcije upravljanja.

Rješenje se dobije heurističkim putem na osnovi apriornih informacija o strukturi objekata, karakteristikama i ciljevima upravljanja objektima, odnosno dijelovima ili cijelim tretiranim sustavom.

U prvoj etapi određivanja klase operatora modela i njegove strukture ustanovljava se bit promotrenih — direktno mjerenih ulaznih i izlaznih veličina objekata ili dijelova sustava i karakter odnosno svojstva međuveza.

Iz cjelokupnoga složenog sustava uzimamo i izdvajamo najrelevantnije podatke — mjerene veličine i druge signale i kreiramo pogodne strukture za konkretne probleme upravljanja.

To znači da možemo postavljati i više struktura i unositi potrebne »on line« promjene ako to stanje sustava traži.

Nakon izbora strukture operatora odnosno modela objekata zadaća identifikacije svodi se na određivanje njegovih parametara — p a r a m e t a r s k u i d e n t i f i k a c i j u.

Zadaća identifikacije strukture i parametara operatora modela formulira se kao problem optimizacije i rješava se putem minimizacije funkcija između nađenih operatora modela i stvarnih operatora objekata.

Adekvatnost modela ocjenjujemo usporedbom izračunatih i realnih izravno izmjerenih veličina.

U teoriji stohastičkih ocjena za određivanje kriterija koji osiguravaju najbolje podudarnosti operatora modela i realnih objekata služimo se Bayesovim prilazom, metodom najmanjih kvadrata, metodama stohastičke aproksimacije ili metodama maksimalne pogodnosti.

Rješenja problema identifikacije u praksi temelje se na kriterijima koji ne zahtijevaju velik opseg apriornih poznavanja zavisnosti među varijablama, pa se one zaista mogu birati po volji, a što je za složene sustave, kao što je EES važna pogodnost.

Posebna prednost je što ovakav u biti kibernetski odnosno funkcionalni pristup putem prijenosnih funkcija omogućuje postavljanje struktura, nakon dekompozicija složenih sistema, pri čemu su nam od bitne važnosti vanjske ulazne i izlazne varijable podsustavima, a unutarnje varijable ne moramo tretirati ili ih algoritmom funkcija upravljanja stavljamo u drugi vremenski pomaknut plan, što nam je s obzirom na intenciju »on line« upravljanja i još uvijek ograničenih brzina i opsega obrade informacija današnjih računala vrlo značajno.

Nadalje, u obradi podataka može se ovakvim pristupom potpunije koristiti decentralizirana struktura računala, kao i više točaka koncentracije informacija u EES-u.

4. PRIJENOSNE FUNKCIJE

Opisat ćemo identifikaciju operatora, kao prijenosnih funkcija ulaznih varijabli u izlazne varijable za linearne sustave pri stacionarnim stohastičkim pojavama.

Prema danim izravno izmjerenim podacima, tj. funkcijama ulaznih i izlaznih veličina tretiranih objekata,

određuju se optimalne ocjene operatora prijenosa iz zadane klase modela pri usvojenom kriteriju za bliskost modela i objekata.
Kao baza optimizacije prijenosne funkcije uzima se obično najčešće kriterij minimuma srednje kvadratne vrijednosti pogreške odnosno odstupanja.
Prijenosnu funkciju u vremenskom području određujemo redovito s konvolucijskim integralima, korelacijskom funkcijom i s varijacijskim računom.
Postupak nas dovodi do poznate integralne jednadžbe Wiener-Hopfa, koja se obično ne rješava u vremenskom području, već se problem prevodi u frekventno područje i u njemu rješava postupkom spektralne faktorizacije.
Rješenja daju eksplicitne relacije za prijenosne funkcije koje se mogu i fizikalno realizirati.

4.1. Prijenosna funkcija u frekventnom području

Zadatak određivanja prijenosne funkcije može se rješavati u načelu i u frekventnom i u vremenskom području. Dat će se najprije rješenje u frekventnom području.
Prijenosna funkcija ima u načelu poznat oblik i konačno trajanje, pa se može tretirati kao aperiodičan deterministički apsolutno itegrabilni signal, pa prema tome ispunjava uvjet za egzistenciju Fuorierove transformacije:

$$P(\sigma)=\frac{1}{2\pi}\int_{o}^{\infty}\frac{Sxy\,(j\omega)}{Sy\,(\omega)}\cdot e^{j\omega\tau}\,d\omega \qquad (13)$$

gdje je:

$P(\sigma)$ — prijenosna funkcija
$Sy(\omega)$ — funkcija spektralne gustoće snage izlaznog signala mjerene veličine
$Sxy(j\omega)$ — funkcija međusobne spektralne gustoće snage ulaznog i izlaznog signala.

Uzimamo spektralne gustoće snage ako ulazne i izlazne veličine tretiramo kao slučajne periodične, kada mjerenja obavljamo pri pasivnoj eksperimentalnoj metodi i za stacionirane pojave. U slučaju primjene aktivne eksperimentalne metode i pojava aperiodičnih signala, dakle dinamičkih pojava, imamo spektralne gustoće energije.
Uz udio smetnji odnosno šumova rješenje prijenosne funkcije određuje se iz:

$$P(\sigma)=\frac{1}{2\pi}\int_{o}^{\infty}\frac{Sxy\,(j\omega)\pm\delta\,Sxy\,(j\omega)}{Sy\,(\omega)}\,d\omega \qquad (14)$$

a disperzija ocjene prijenosne funkcije jest:

$$D[P(\sigma)]=\frac{1}{2\pi}\int_{o}^{\infty}\frac{\delta\,Sxy\,(j\omega)}{|\,Sy(\omega)\,|^2}\,e^{j\omega\tau}\,d\omega \qquad (15)$$

gdje je $\delta\,Sxy\,(j\omega)$ spektar gustoće snage bijelog šuma. Postoje računske metode za brzo određivanje Fourierove transformacije i brz izračun spektralnih značajka gustoće snaga jednog segmenta slučajnog procesa koji je registriran u konačnom vremenskom intervalu, kada su poznate odnosno određene korelacijske funkcije.
Kako je za linearne sustave prijenosna funkcija kvocijent međuspektralne gustoće snaga ulazno-izlaznih slučajnih signala i spektralne gustoće snage ulaznog slučajnog signala, to omogućuje kompletnu računsku obradu koja daje rješenje prijenosne funkcije, odnosno traženi model.

4.2. Prijenosna funkcija u vremenskom području

Rješenje je u ocjeni operatora prijenosa ulaznih signala mjerenih veličina u izlazne u obliku težinskih ili prijenosnih funkcija.
Model možemo postaviti kao:

$$Y_m\,(t)=\int_{o}^{\infty}Xm\,(t-\tau)\,Pm\,(\tau)\,d\tau \qquad (16)$$

gdje je $Pm\,(\tau)$ gustoća vjerojatnosti prijenosne funkcije modela. Kriterij kvalitete prijenosne funkcije je minimizacija metodom najmanjih kvadrata funkcionala:

$$F=\frac{1}{T}\int_{o}^{\infty}[y(t)-\int_{o}^{\infty}Xm\,(t-\tau)\,Pm\,(\tau)\,d\tau]^2\,dt \qquad (17)$$

Iz uvjeta minimuma F po $Pm\,(\tau)$ imamo:

$$\frac{\partial F}{\partial\,[Pm\,(\tau)]}=\frac{2}{T}\int_{o}^{T}\{[y(t)-\int_{o}^{\infty}Xm\,(t-\tau)\,Pm\,(\tau)\,d\tau]\int_{o}^{\infty}Xm\,(t-\tau)\,d\tau\}\,dt=0 \qquad (18)$$

Izračunom derivacije po $Pm\,(\tau)$ i njezinim uprosječivanjem po vremenu ulaznog signala $Xm(t)$ imamo:

$$Ryx\,(t)=\int_{o}^{\infty}Rxm\,(t-\tau)\,Pm\,(\tau)\,d\tau \qquad (19)$$

gdje je $Rxym(t)$ korelacijska funkcija među izlaznim signalom objekta i ulaznim signalom modela a Rx_m autokorelaciona funkcija ulaza modela.
Ako na ulaz objekta dolazi signal koji djeluje i na ulaz modela odnosno $X_m(t)=x(t)$ iz formule za $Ryx_m(t)$ imamo:

$$Ryx(t)=\int_{z}^{\infty}Rx\,(t-\tau)\,Pm\,(\tau)\,d\,\tau \qquad (20)$$

Kako se vidi iz (19) i (20), ocjenjivani model pojavljuje se funkcionalno podobno primjeren objektu: $Pm\,(t)=P(t)$.
Jednadžba za $Ryxm$ — (19) jest jednadžba Winer-Hopfa kojom dobivamo optimalno ocjenu gustoće vjerojatnosti prijenosne funkcije u klasi linearnih operatora.
Za slučaj objekta ili dijela EES-a s n-ulaznih i m-izlaznih signala optimalne gustoće vjerojatnosti prijenosnih funkcija određujemo iz m-sistema integralnih jednadžbi:

$$\sum_{i=1}^{n}\int_{o}^{\infty}Rx_1u_i\,(t-\tau)\,Pi\,(\tau)\,d\tau=Ry_1x_1\,(\tau) \qquad (21)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\int_{o}^{\infty}Rx_n\,u_i\,(t-\tau)\,Pi\,(\tau)\,d\tau=Ry_mx_n\,(\tau) \qquad (22)$$

Njihovo rješenje daje nam međuovisnost, određenim prenosnim funkcijama izabranih odnosno postavljenih strukturnom identifikacijom, i to svake ulazne sa svakom od izlaznih izabranih varijabli.
Pri tome, identifikacija karakteristika nelinearnih sustava svodi se na određivanje ovisnosti između ulaznih i izlaznih signala u obliku nekih funkcionalnih ovisnosti koje se ne mijenjaju u vremenu. Te se ovisnosti mogu dati i kompaktnim linearnim opera-

torima, tako da izvorno nelinearne sustave prijenosnih funkcija zamjenjujemo različitim linearnim operatorima funkcija (funkcijski redovi Volterea, operator Hommersteina i dr.). Jednadžba identifikacije odnosno operatori ulaz – izlaz odražavaju idealne reakcije istraživanih objekata, ali se temelje na realnim stvarnim podacima iz sustava, i to u opsegu varijacije neposredno mjerenih veličina. U realnim uvjetima, dakako, prisutne su smetnje — šum i pogrešnost mjerenja, koje mogu izazvati poteškoće pri ocjenjivanju korelacijskih funkcija.

Dobivanje pouzdanih ocjena težinskih funkcija, gustoća vjerojatnosti, prema približnim ocjenama korelacijskih funkcija to je bolje što su greške mjerenja i šumovi manje korelirani sa signalima ulaza.

Za rješenje integralnih jednadžba identifikacije odnosno prijenosnih funkcija primjenjuju se razne analitičke, algebarske i frekventne metode, a za određivanje korelacijskih funkcija postoje i grafičke metode, ali i instrumentalne metode — specijalno građenim uređajima, što će ubuduće nesumnjivo biti predmet daljnjih razrada, a zbog opsežnosti i složenosti nećemo ih obraditi ovom prilikom.

5. PRILAZ STRUKTURNOJ IDENTIFIKACIJI I OCJENI STANJA EES-a

Za opis stvarne djelatne strukture stanja EES-a u svakom tekućem momentu vremena prikupljaju se i obrađuju podaci koje možemo svrstati u tri skupine:

— podaci o parametrima elemenata EES-a
— podaci o konfiguraciji EES-a (uklopnom stanju — generatora-transformatora-dalekovoda)
— podaci o parametrima režima rada EES-a (napon čvorišta, kut opterećenja, tokovi radne i jalove snage po dalekovodima, konzum, zadani tokovi snaga, stvarni tokovi snaga u vodovima i dalekovodima, razmjena i dr.).

U prvoj skupini su podaci koji se ne mijenjaju, npr. prijenosni odnos transformatora, reaktancije dalekovoda itd.

U drugoj skupini su podaci koji su promjenljivi i imaju stohastički karakter promjena određen sveukupnim djelovanjem u EES-u slučajnih faktora.

Svojim karakterom podaci (informacije) druge i treće skupine pojavljuju se kao operativne informacije koje odražavaju tekuće djelatno stanje i strukturu EES-a, a svaka njihova izmjena mora biti prisutna u matematičkom modelu za potrebu »on line« upravljanja.

Problematika izmjere i obrade podataka o parametrima režima rada EES-a tretira se pod zajedničkim nazivom — statistička ocjena strukture EES-a.

Metode razrađenih teorija ocjene stanja u procesu obrade mjerenja odstranjuju neispravna mjerenja ili nadomješćuju izostanak pojedinih mjerenja, a mogu pružiti i informacije o varijablama stanja koje nisu izravno mjerljive.

6. OPĆI MODEL OCJENE STANJA

Ocjene stanja zasnivaju se na primjeni koncepcija koje se koriste u kibernetici, a realiziraju se kao zadaci parametarske identifikacije zadanog modela određene strukture sistema, a prema izmjerenim i apriornim informacijama koje karakteriziraju ponašanje sustava.

Parametarski modeli kod ocjene stanja sustava u diskretnoj vektorsko-matričkoj formi opisuju se jednadžbama stanja:

$$X_{(k+1)} = \Phi_{(k+1,k)} X_{(k)} + \Psi_{(k+1,k)} U_{(k)} + \xi_{(k)} \quad (23)$$

a mjerenja

$$Z_{(k+1)} = h\,[X_{(k+1)} + V_{(k+1)}], \quad (24)$$

gdje je:

$X_{(k)}$ — vektori stanja, $U_{(k)}$ mjereni vektor stohastičnih ulaza,
$\Phi_{(k)}$, $\Psi_{(k)}$ — matrica strukturne raspodjele i matrica prijenosnih funkcija sustava,
$\xi_{(k)}$, $V_{(k)}$ — vektori ulaznog šuma i pogreške mjerenja,
h — u općem slučaju nelinearna m — mjerna vektorska funkcija parametara režima, k — broj diskretnog momenta vremena.

Za ocjenu statičkog režima EES-a vektori X-stanja mogu biti npr. tokovi radne i jalove snage dalekovoda, napon u čvorištima, sumorne snage čvorišta, a elementi vektora Z traženi tokovi snaga po dalekovodima, moduli i fazni kutovi napona.

Napomenimo da vektor nekoreliranog šuma V-mjerenja uzrokuju smetnje u kanalima veza, neistovremenost očitanja podataka, pogrešnost mjerne opreme, a pretpostavlja se da je njegovo matematičko očekivanje ravno nuli.

7. MOGUĆNOSTI KOJE PRUŽA »ON LINE« OCJENA STANJA

Termin ocjena stanja sustava kako ga tretiramo u ovom radu sa stajališta izloženih osnova identifikacije poima se u statističkom smislu. To je utvrđivanje varijabli stanja nakon »on line« statističko-matematičke obrade izravno mjerenih veličina i putem prethodno određenih prijenosnih funkcija.

Takvim određivanjem stanja u svakom trenutku, dakle u stvarnom realnom vremenu, možemo se koristiti radi raznih potreba i omogućavanja realizacije sljedećih zadataka:

1. U području operativnog upravljanja sustava:
— radi operativne kontrole i nadzora tekućeg režima rada EES-a
— radi provjere jesu li parametri režima rada i objekata u dopustljivim granicama.
— radi provjere pravilnosti realizacije zadanog režima, npr. tokova snaga, odnosno upravljačkih akcija postojećeg sistemskog upravljanja.

— radi proračuna dopustljivih režima — stanja, unaprijed nekoliko sekundi za automatsku regulaciju snaga — frekvencija, i to tokova radnih i jalovih snaga, desetak minuta za optimiranje, te samo dijelova sekunde, za buduće potencijalno upravljanje u zatvorenoj petlji, za tranzijentna stanja EES-a

Naime, buduće koncepcije automatskoga kompletnog vođenja EES-a s povratnom petljom, u kompleks algoritama upravljanja uključuju nužno vrlo brzu obradu primarnih informacija iz samog sustava.

2. U području analize:
— radi povećanja pouzdanosti izvornih primarnih informacija
— radi razrade brzih metoda izračuna režima stanja, uključujući zanemarivanje neispravnih mjerenja ili većih grešaka ili čak izostanak određenih mjerenja
— radi određivanja točnosti pojedinih podataka, te izdvajanje iz njih slučajnih i sistematskih grešaka
— radi razrada adaptivnih metoda, uprosječenja, filtracije i programiranja informacijskih podataka procesa u EES-u, te korekcije i nedostatka daljinskog mjerenja i signalizacije
— radi povećanja točnosti izvornih informacija, predobradom, lokalno — na samom mjestu
— radi izračunavanja direktno nemjerljivih varijabli.

3. U području sinteze:
— radi razrade kriterija i metoda optimalnog izbora i izvora podataka iz konfiguracije EES-a
— radi razrade načela tvorenja najracionalnije strukture sustava izbora podataka
— radi izbora potrebne točnosti i brzine osvježavanja podataka
— radi kreiranja automatiziranih sustava određenih funkcija dispečerskih upravljanja u stvarnom, realnom vremenu.

7.1. Primjeri konkretne potencijalne primjene

Postojećim daljinskim mjerenjima u regionalnim i glavnom dispečarskom centru moguće je — daljnjom razradom i odgovarajućom postavkom registracija relevantnih veličina u određenim vremenskim intervalima, tokova snaga, napona, struja, te njihovom adekvatnom obradom pogodnim algoritmima — tijekom rada sustava izvršiti ekvivalentiranje dijela EES-a koje nam može pokazati kako pri promjeni reaktancije međuveze, npr. pri ispadu jednog od dalekovoda između dva dijela sustava, treba mijenjati uzbude generatora odnosno tokove jalove i radne snage, a da se ne naruši statička ili dinamička stabilnost.

Odgovarajuća identifikacija, odnosno određene prijenosne funkcije, a putem njih i varijable stanja, i time definirani modeli, izrađeni na temelju izravnih mjerenja ulaznih i izlaznih veličina objekta ili dijelova sustava mogu to posebno navodimo — poslužiti za upravljanje tokovima radnih i jalovih snaga te regulaciju frekvencija — snaga. Prijenosne funkcije određenih objekata EES-a, npr. generatora i transformatora te raznih regulacijskih uređaja, mogu se iskoristiti i u svrhu grubljih »on line« profilaktičkih metoda nadgledanja ispravnosti tih objekata tijekom njihova rada. Prije pojave kvara i djelovanja relejne zaštite, jednostavno uspoređujući promjenu izlaznih veličina za dane ulazne, i to u promotrenim uvjetima tekućeg rada, pri ispravnom djelovanju, s eventualnom pojavom neodgovarajuće reakcije odnosno izlaznih veličina, kod pojave njihovih nedostataka ili neispravnosti, kao što je npr. neodgovarajuće djelovanje uzbude generatora i drugih regulatora itd.

8. OPSERVER STANJA EES-a

Kako prijenosne funkcije odnosno prijenosne matrice sustava opisuju samo upravljive i promotrive dijelove sustava. Dodatni osnovni zadatak koji treba riješiti jest da se na temelju izloženih postavki identifikacije odredi sa stajališta potreba »on line« upravljanja EES-a odgovarajućim algoritmima, strukturno i parametarski, identifikator — opserver stanja EES-a radi realizacije upravljanja eventualno potrebnim i izravno nemjerljivim komponentama vektora stanja. Zatim utvrđivanja parametara tijekom raznih stacionarnih i dinamičkih promjena stanja EES-a, povećanja pouzdanosti i sigurnosti utvrđivanja najrelevantnijih komponenata vektora stanja sustava. Opserverom stanja to je izvodljivo čak i uz izostanak određenog broja neposredno mjerljivih veličina. Rješenje tih zadataka prvi je preduvjet realizacije optimalnog vođenja i upravljanja na temelju sinteze regulacijskih krugova uređaja i objekata.

To nam omogućuje da se na temelju promjena izlaznih varijabli, veličina poremećaja i samog utvrđenog vektora varijabli stanja, a na osnovi izravnih mjerenja i obrade podataka, sintezom, optimalno izabranim načinom upravljanja, generiraju pojedine upravljačke akcije ili skupovi izravno i (ili) putem promjene parametara postojećih zatvorenih regulacijskih krugova u objektima EES-a.

U regulacijske krugove upravljanja, za njihovu adekvatnu adaptaciju, uključuje se nužno opisana procedura identifikacije, koja mora biti brza i pouzdana, te imati i svojstva adaptabilnosti.

Radi rekonstrukcije odnosno utvrđivanja komponenata vektora stanja složenog regulacijskog sustava, kao što je EES, nužno je, dakle, projektirati dodatni dinamički sustav — opserver stanja čije su u općem slučaju ulazne varijable vektor izlaza i vektor ulaza sustava, a izlazne varijable su procijenjene matematičko-statističke varijable stanja, koje moraju biti dovoljno dobra i nadasve pouzdana aproksimacija u prihvatljivim granicama stvarnog stanja sustava.

Tako rekonstruiran odnosno određen vektor stanja, i to u svakom tekućem »on line« trenutku, s opserverom koji ima karakteristike adaptabilnosti i »učenja« i samoprovjere, koristi se kao ulaz optimalnog regulatora, te je ključni činitelj u primjeni suvremenih teorija vođenja multivarijabilnih dinamičkih sustava, te ekspertnih sustava, i naposljetku, umjetne inteligencije.

9. ZAKLJUČAK

Iznalaženje podesnih modela za potrebe analize i upravljanja, a koji se temelje na matematičko-statističkoj obradi neposredno mjerenih veličina, čije su osnove izložene, omogućuje identifikaciju odnosno određivanje i prijenosnih funkcija i vektora stanja EES-a u svakom tekućem trenutku, u stvarnom realnom vremenu, kako u normalnom radu, tako i pri poremećajima.

Kibernetsko-funkcionalni modeli zasnovani na prijenosnim funkcijama između ulaznih i izlaznih varijabli objekata i dijelova sustava omogućuju, uz daljnji razvoj, i razradu i sintezu odnosno primjenu, raznih metoda upravljanja multivarijabilnih dinamičkih sistema, čija primjena u EES-u je u početnim fazama razvoja.

Svi daljnji koraci budućeg razvoja vođenja EES-a, uključujući ekspertne sustave i umjetnu inteligenciju, nužno će imati oslon na brzo »on line« utvrđivanje stanja sustava putem adaptivnih kibernetskih modela i prijenosnih funkcija, kako je to dijelom pokazano u ovom radu.

LITERATURA

[1] Ž. PAUŠE: »Vjerojatnost«, Školska knjiga, Zagreb, 1988.

[2] G. LUKATELA: »Statistička teorija telekomunikacija i teorija informacija«, Građevinska knjiga, Beograd, 1981.

[3] BOOLINGER K. E., KHALIL H. S.: »A method for on line identification of power system model parameters in the presense of noise« — IEEE Transactions on power apparatus and systems« — 1982. no. 9

[4] GAMM, GERASIMOV, GOLUB, GRIŠIN, KOLOSOK: »Ocenivanije sostojanja v elektroenergetike«, Nauka, Moskva, 1983.

[5] L. GYERGYEK: »Statistične metode v teoriji sistemov, teorija o informacijah«, Ljubljana, 1971.

MODEL FOR THE NEEDS OF AUTOMATIC ELECTRIC POWER SYSTEM CONTROL

The basics of electric power system identification by transmision functions are presented and the possibilities, that are herewith created for cybernetic models used for automatic control in a real time.

MODELLE FÜR DEN BEDARF DES AUTOMATISCHEN EES

Hier werden die Grundzüge der Problematik der Identifikation des EES durch übertragbare Funktionen und Möglichkeiten die dadurch entstehen bezüglich des Kreierens der kybernetischen Modelle für den Bedarf der automatischen Lenkung in der tatsächlichen realen Welt besprochen.

Naslov pisca:

Mr. Mirko Valenčić, dipl. ing.
Tehnički fakultet Rijeka,
Studij elektrotehnike,
58000 Rijeka,
Narodnog ustanka 58

Uredništvo primilo rukopis:
1992 – 10 – 10.

PERIOD PLANIRANJA DISTRIBUTIVNIH ELEKTRIČNIH MREŽA

Mr. Rihard Schenner, Zagreb

UDK 621.316.1.009
STRUČNI ČLANAK

Period odnosno dinamika planiranja distributivnih mreža vrlo je važna, jer o tome ovisi veličina investicija. To je osobito istaknuto pri niskom naponu, a taj naponski nivo najskuplji je dio distributivne električne mreže.

Ključne riječi: planiranje, dinamika, distribucija.

Uvod

Problemu dinamike planiranja u distributivnih mreža pridaje se premalo pozornosti, pa je pristup vrlo često šablonski, što ponekad rezultira lošim rješenjima.

Prilikom planiranja distributivnih mreža analizira se sadašnje stanje, konačno rješenje i etapnost razvoja mreže. Vrlo često je dosta velik problem optimalna etapnost razvoja mreže. Kako riješiti taj problem, ovisi o raznim čimbenicima, a jedan od osnovnih je naponski nivo obrade, čime je obuhvaćeno u određenom smislu područje napajanja, urbanizam i slično. U članku će se analizirati problematika, predložiti neka rješenja odnosno stavovi, ali može se odmah utvrditi da nema pravila prema kojima bi se mogao riješiti bilo koji problem iz prakse.

1. TRANSFORMACIJA 110/10, 20 kV i 35/10, 20 kV

U ovoj transformaciji je izgradnja mreže višeg ili nižeg napona, ili obadva, uvijek etapna. S obzirom na problematiku razlikuju se dvije osnovne grupe:

— konačnim rješenjem predviđa se jedna transformatorska stanica za napajanje područja
— konačnim rješenjem predviđa se nekoliko transformatorskih stanica za napajanje područja.

U prvom primjeru potrebno je etapno graditi mrežu donjeg napona u skladu s konačnim rješenjem, što u načelu nije velik problem. Broj etapa nije definiran, nego se gradi prema potrebama konzuma.

Drugi primjer je znatno složeniji. Konačnim rješenjem definira se broj i tipska snaga transformatorskih stanica, kao i njihova lokacija te tipski presjek i trase priključnih vodova višeg napona. Zatim se analizira i definira etapnost izgradnje, pri čemu može doći do korekcija konačnog rješenja. Na taj način je prvi korak odnosno izrada osnovne studije završena. Međutim, razvoj mreže potrebno je stalno pratiti. Razlog tome su razne promjene razvoja konzuma na području razrade, koje nisu predvidive i koje je potrebno stalno pratiti i pokušati optimirati razvoj i izgradnju mreže donjeg i gornjeg napona. Pri tom se može korigirati i osnovna studija, ali se ne smije mijenjati tipizacija i lokacije transformatorskih stanica. Ako se pokaže potreba za time, treba nanovo izraditi osnovnu studiju. Pozitivna iskustva u tom smislu su na području grada Zagreba. Konačno rješenje izrađeno je 1980. g. [1], lokacije i trase urbanistički su razrađene 1983. g. [2] a Služba razvoja El. Zagreb prati konzum i definira etapnu izgradnju. Radi optimiranja etapnog razvoja razvijen je i kompjutorski program a radi se i na daljnim unapređenjima tog istog programa, kao i na razvoju informatike u službi planiranja. Rezultati tih radova izneseni su na XX. savjetovanju JUKO-CIGRE, Neum, 1991 [5, 6, 7]. Problem je kompleksan zbog raznih urbanističkih problema (trase 20 kV kabelskih vodova u pločnicima koji su već dosta opterećeni i drugim instalacijama drvoredima i slično), skupe i relativno duge izgradnje, stalnih promjena planova i ostalih problema.

To nije slučaj samo u nas, nego i drugdje. Kao primjer može se navesti slučaj iz njemačke prakse [8, 9], gdje se usavršavanje programskog paketa ODIN spominje dosta često u literaturi.

Međutim, dinamika izgradnje, ako se ima na umu planiranje, projektiranje i izvedba, praktično je kontinuirana.

Za tu naponsku razinu nema, u načelu, problema s veličinom perioda planiranja, jer se, osim tipizacije elemenata mreže ona kontinuirano gradi. Zbog toga može period planiranja biti i prilično dug. Međutim, ako je predug, to može izazvati i prilične probleme, što će se pokazati na primjeru grada Zagreba.

Rješenjem 110 kV mreže grada Zagreba predviđaju se za konačno stanje tri transformatorske stanice 380/110 kV i jedna 220/110 kV. Drugim riječima, konačni konzum je takav da zahtijeva takvu izgradnju prijenosne mreže. S obzirom na geografiju područja (položaj Zagrebačke gore) takvo rješenje se nameće samo od sebe. U slučaju dužeg perioda planiranja dolazi i do većeg konzuma, a time može doći i do po-

trebe za još jednom transformatorskom stanicom 380/110 kV. Lokaciju takve stanice i neki optimalni etapni razvoj 110 kV kabelske mreže teško je danas predvidjeti. Zbog toga je dosta često prisutna ideja izgradnje mreže viših napona za određeno opterećenje uz grubo definiranje vremena izgradnje. Naime, svako konačno rješenje električne mreže zadovoljava određeni minimalni odnosno maksimalni konzum. Ako veći konzum od maksimalnoga zahtijeva znatne investicije i promjene, može se mreža graditi za taj maksimalni, bez obzira na to što je analiza konzuma dala neke veće vrijednosti. Međutim, to treba imati na umu i pratiti razvoj mreža i konzuma. Do danas su napravljene neke promjene na 110 kV mreži grada Zagreba, ali nisu bitno promijenile osnovnu koncepciju niti se to, koliko je poznato, predviđa. Osnovna je promjena u predviđanju realizacije konačnog rješenja koja se predviđa oko 2020. umjesto 2000. godine. Razlog je manji porast konzuma, pa i etape izgradnje danas kasne za približno 5 godina. Uz to pojavila se nova transformatorska stanica 110/20 kV Žitnjak i planira se brža izgradnja transformacije 110/20 (10) kV u TE-TO, što bi moglo dovesti do znatno kasnije gradnje transformatorske stanice 110/20 kV Volovčica. U TS 110/30,20 kV Jarun znatno se brže razvija konzum transformacije 110/10 kV, zbog odgađanja izgradnje transformatorske stanice 110/20 kV Zapad I. Planira se korištenje postrojenja u bivšoj tvornici cementa umjesto izgradnje TS 110/20 kV Zapad III. To su rezultati promjena razvoja konzuma koji stalno prati Služba razvoja, a potrebne promjene aktivirat će se kad se to ocijeni potrebnim.

2. TRANSFORMACIJA 10, 20/0.4 kV

Kod ove se transformacije mreža donjeg napona redovito radi bez rezervnih veza, odnosno ona je radijalna, što je osnovna razlika prema ostalim višim naponskim nivoima. Također, dosta često urbanistički zahtjevi traže izgradnju mreže niskog napona za konačno stanje. Razlog tome je izbjegavanje čestih građevinskih radova na urbaniziranom području. Također treba imati na umu da je dobivanje trasa i lokacija na nekim područjima vrlo teško i za konačno stanje, a još teže za eventualne etape. Sada se postavlja pitanje koliko godina u budućnost graditi mrežu, jer ona se tijekom cijelog tog vremena ne mijenja, a mora zadovoljiti potrebe konzuma odnosno potrošača svojom kvalitetom. Ovaj problem je prilično važan i kompleksan zbog sljedećih razloga:

— mreža 0.4 kV i TS 10/0.4 kV su najskuplji dijelovi distributivne mreže. Prema [3] oni iznose otprilike 70 % ukupnih troškova
— za optimalno rješenje problema potrebno je dobro poznavanje urbanizma područja, sadašnje stanje konzuma, trendove porasta i definiranje realnog standarda u daljnjoj budućnosti
— tipizacijom TS 10,20/0.4 kV i NN vodova vjerojatno je definirano premalo elemenata, pa je teško optimalnije prilagođavanje opterećenja i nazivnih snaga elemenata. Taj je problem prilično kompleksan i ne bi trebalo donositi odluke na brzinu.

Ti problemi danas se rješavaju dosta birokratski, a tiču se normativa opterećenja i potrošnje električne energije, tipizacija i ostalo što će se navesti.

2.1. Normativi opterećenja i potrošnje električne energije

Normativi opterećenja i potrošnje električne energije su veličine kojima se zadovoljava prosječan standard normalan za današnja shvaćanja. U nas se realizacija takvog standarda očekuje za 20 do 30 godina. Postoje dva načina određivanja normativa, a to je definiranje standarda u daljnjoj budućnosti s procjenom godine realizacije tog standarda ili definiranje trendova porasta u daljnjoj budućnosti s procjenom veličina opterećenja uz zadani period analize.

U [4] su rezultati prvih radova u vezi s normativima u nas. Temelj za proračun bilo je definiranje standarda kućanstva i prateće široke potrošnje. Veličine iz tog rada dugo su korištene za projektiranje niskonaponskih mreža u cijeloj Hrvatskoj. Kasnije su u Institutu za elektroprivredu razvijene i druge metode temeljene također na procjeni standarda. Ovdje se ne želi pisati o njima, jer je to napravljeno u više studija i objavljeno u literaturi. Kod primjena tih normativa, mreža se gradila odmah za puni iznos normativa, što znači da nije bila predviđena etapna izgradnja. Upravo taj problem želi se ovdje nešto više proanalizirati.

Kao prvo svi ti normativi napravljeni su ponajprije za gradove s dosta strogim urbanističkim zahtjevima (Zagreb, Split, Rijeka), gdje se smatralo normalnim da se mreža gradi odmah za konačni konzum odnosno normativ, pa se to prenijelo i na ostala područja. Međutim, takav pristup doveo je dosta često do znatno podopterećene mreže. Prema rezultatima mjerenja na području Zagreba, opterećenja transformatorskih stanica 10,20/0.4 kV nalaze se između 20% i 60% instalirane snage transformatora, a prosjek tih vrijednosti trebao bi biti između 50% i 60%.

Razlozi za takvu pojavu su sljedeći:

— veličina normativa
— kruto pridržavanje pravilima planiranja odnosno projektiranja
— tipizacija.

Ovdje će se usporediti normativ za kućanstva koja se koriste plinom i današnje izmjerene vrijednosti. Vršna opterećenja po kućanstvu ovisno o njihovu broju navedena su u tabl. 1.

Tablica 1. Udio vršnog opterećenja jednog kućanstva u grupi od n kućanstava u slučaju napajanja sa plinom. Usporedba normativa i izmjerenih vrijednosti

Broj kućanstava – n:	1	10	100	200	neiz.
Izmjerene veličine – kW/kuć.:	4.626	1.696	0.769	0.644	0.341
Normativ – kW/kuć.:	6.221	3.110	2.127	1.993	1.672
Omjer (norm./izmj.)	1.34	1.83	2.76	3.10	4.90

Normativom se, znači, planiraju dva do tri puta veća opterećenja nego što su današnja. Ta mjerenja nisu još gotova i konačni rezultati se još trebaju definirati.

Problem mjerenja na niskom naponu su velika rasipanja rezultata, pa je teško odrediti prosjek. Mjerenja koja su napravljena na kućanstvima grijana iz toplane dala su slične rezultate na nivou grupe od nekoliko desetaka kućanstva, što se i očekivalo. Međutim, znatne razlike su na nivou jednog kućanstva i na nivou vrlo velike grupe, što očito treba riješiti daljnjim mjerenjima.

Drugi pristup izradi normativa je pomoću trendova porasta. Porast postojećeg standarda može se odrediti prilično točno pomoću trenda porasta potrošnje električne energije po potrošaču (domaćinstvo, stanovnik i slično). To, dakako, vrijedi uz nepromijenjeno energetsko napajanje, koje se može prihvatiti kao konstantno za ove analize. U tabl. 2. nalaze se vrijednosti za domaćinstva Hrvatske u periodu 1980 – 1990. g.

Tablica 2. Podaci za domaćinstva Hrvatske u razdoblju 1980 — 1990. g.

Godina	Potrošnja	Potr./dom.	Potr./dom.*
	MWh	kWh/dom.	kWh/dom.
1980.	3 108 385	2 177	2 211
1981.	3 238 623	2 245	2 273
1982.	3 359 842	2 306	2 338
1983.	3 560 492	2 420	2 404
1984.	3 735 166	2 513	2 473
1985.	4 043 303	2 694	2 543
1986.	4 087 177	2 697	2 615
1987.	4 323 214	2 826	2 687
1988.	4 307 963	2 789	2 766
1989.	4 352 588	2 792	2 844
1990.	4 464 946	2 838	2 925

* Izračunato prema eksponencijalnoj funkciji

Broj domaćinstava odnosno stanova bio je sljedeći po popisima:

	1981. g.	1991. g.
Domaćinstva	1 423 862	1 523 354
Stanovi	1 497 852	1 782 444

Računalo se pomoću linearnog prirasta u razdoblju 1981 – 1991. g.

Potrošnja po domaćinstvu računala se prema izrazu:

$$W1k = Wuk : (nd + 0.25 \times (ns - nd)) \quad kWH/dom \qquad (1)$$

Wuk — potrošnja kućanstva
nd — broj domaćinstava
ns — broj stanova.

Na taj način obuhvatio se na određen realniji način utjecaj vikend-kuća, jer se pretpostavilo da su uključene s potrošnjom normalnog domaćinstva tijekom tri mjeseca u godini.

Trend porasta potrošnje prosječnog domaćinstva Hrvatske u tom razdoblju iznosio je 2,84%. To znači povećanje vrijednosti za 1,75, odnosno 2,32 puta ovisno o razdoblju 20 ili 30 godina. Prosječno je to 2 puta.

Na isti način odredio se trend porasta potrošnje prosječnog domaćinstva za grad Zagreb, koji iznosi 2,43% i za preostali dio republike (2,94%). Grad Zagreb je interesantan zbog velikog broja kućanstava napajanog iz toplana i plinom, zbog čega trendovi znatno ovise o porastu standarda.

Ako se normativi definiraju pomoću trendova, tada to znači da su njihove vrijednosti približno 2 puta veće od današnjih opterećenja. Prema iskustvu s analizama pomoću definiranja standarda taj omjer je i veći i iznosi i do 2,5 puta. To potvrđuju i navedena mjerenja.

Velik problem u definiranju normativa je vrlo slabo poznavanje sadašnjeg stanja a kamoli trendova porasta opterećenja pojedinih grupa odnosno tipova kućanstava. Za to su potrebna sistematska mjerenja u mreži, koja se ne provode, osim možda časnih iznimaka. To dovodi do mogućnosti raznih proizvoljnih tvrdnji koje samo smetaju pri planiranju. Tako se vrlo često tvrdi da su trendovi manji od prije navedenih, ali se ne objašnjava gdje je greška u pristupu. Vjerojatno će se taj problem postupno rješavati, ali za sada to teče vrlo sporo.

2.2. Problemi u planiranju

Osnovni problem u današnjem pristupu jest planiranje mreže ili za vrijednost normativa ili za veće vrijednosti, a smatra se da bi prosjek trebao biti približno jednak normativu. To će se pokazati na primjeru.

U gradovima su tipizirane nazivne snage transformatora od 630 kVA, pa je teško prilagođavanje opterećenja i nazivne snage. Ako vršno opterećenje prema normativu prelazi vrijednost od 630 kVA ili je jednako toj veličini, tada se redovito odabiru dva transformatora. To dovodi vrlo često do toga da je opterećenje mreže u času puštanja u pogon 20% od opterećenja predviđenog njezinim kapacitetom, a to opet znači da će mreža zadovoljavati približno 50 i više godina u budućnosti, što je sigurno pretjerano. To je potvrđeno i podacima Elektre Zagreb.

Ako u navedenom primjeru nije moguće rasteretiti mrežu prebacivanjem opterećenja na susjedne transformatorske stanice, predlaže se račun sa smanjenim normativom. Takva rješenja se do sada nisu prakticirala zbog bojazni od velike raznolikosti. Međutim, to u realnosti znači da rješenje planirane mreže zadovoljava ne 20 – 30 godina, nego 15 – 25 godina, što se smatra manjom greškom nego planiranje na više od 50 godina u budućnost. Za donošenje takve odluke očito je potrebno dobro poznavati normative, standard područja koje se obrađuje, urbanističke uvjete i slično. Očito se time povećava odgovornost projektanta, ali se to smatra opravdanim s obzirom na troškove te mreže.

Također se za područja naših većih gradova predlaže korištenje etapne nazivne snage transformatora od 400 kVA.

Drugi, ekstremno različit primjer jesu mala sela na brežuljkastim terenima. Tu su vrlo često skupine od nekoliko kuća međusobno znatno udaljene. Problemi koji se pojavljuju u pravilu su sljedeći:

— Opterećenja takve skupine vrlo su mala i po normativu, a sadašnja su znatno manja, pa zahtijevaju ekstremno male nazivne snage transformatorskih stanica, takvih u nas nema. S većim nazivnim snagama ne mogu se riješiti problemi padova napona u niskonaponskoj mreži.
— Definiranje normativa vrlo je teško jer se susreću ekstremi i u standardu i potrebama. U budućnosti se takve pojave mogu također očekivati, ali se ne zna u kojoj mjeri. Mala industrija i zanatstvo sve se više pojavljuju na selu, pa se javljaju kućanstva raznih tipova.
— Zahtjevi urbanizma nisu tako strogi kao u gradovima.
— Koristi se nadzemna mreža koja se može uz minimalne troškove rekonstruirati, preseliti i slično.

Očito je da su svi uvjeti za planiranje i izgradnju niskonaponske mreže u seoskim područjima znatno fleksibilniji nego u gradskim. U takvim prilikama može se postaviti pitanje potrebe planiranja mreže niskog napona pomoću normativa. Kruto pridržavanje normativa dovelo bi do vrlo skupih mreža niskog napona.
U ovakvim slučajevima normativ može služiti jedino kao pomoćno sredstvo u planiranju, a projektant treba još više fleksibilnosti u radu nego kod gradskih mreža. Nakon uvida u sve problema područja, mora sam, ali odgovorno, odlučiti o rješenju. Pritom bi rješenje trebalo zadovoljavati barem oko 10 g u budućnosti.
Da se barem djelomično riješe navedeni problemi, predlaže se za gradska područja sljedeće:

— provjera da li se isplati etapna izgradnja. Do sada se polazilo od pretpostavke da se ona uvijek isplati, ali to ne mora biti točno, pa treba provjera.
— prikupiti zahtjeve urbanista za područje obrade.
— procijeniti standard koji se očekuje na području.
— napraviti plan mreže uz mogućnost korekcije normativa od 30% ako se dobije ekstremno podopterećena mreža. U nekim primjerima (individualna izgradnja) može doći i do potrebe povećanja normativa za isti iznos.
— koristiti etapnu nazivnu snagu transformatora. U slučaju konačne nazivne snage 630 kVA predlaže se etapna 400 kVA.

Za seoska područja predlaže se sljedeće:

— prikupiti urbanistička rješenja i njihove zahtjeve.
— procijeniti etapnost i vrstu izgradnje s obzirom na potrebe. U seoskih kućanstava mogući su razni tipovi: od visokog standarda (obrt, aparati za poljoprivredu i sl.) do umirovljeničkih kućanstava.
— izraditi nekoliko varijanti rješenja varirajući normative i odlučiti se prema troškovima i vremenu trajanja rješenja o optimalnom rješenju, uzimajući u obzir sve utjecajne faktore.

Zaključak

Osnovni zadatak distribucije električne energije je opskrba potrošača uz zadovoljavajuću kvalitetu energije. Danas je to problem padova napona i pouzdanosti napajanja. Osim toga što je kronični problem pomanjkanja investicijskih sredstava za izgradnju mreže, prisutni su i problemi u pristupu planiranju. To je naročito istaknuto kod niskog napona.
Kod objekata višeg napona 35 kV i 110 kV, ako ih ima više na nekom području, može se opterećenje prilično dobro rasporediti po transformatorskim stanicama zbog povezne mreže. U slučaju niskog napona to nije moguće, jer se povezna mreža redovito ne koristi. To znači da se područje napajanja jedne transformatorske stanice 10,20/0,4 kV ne može mijenjati, što znači ni opterećivati. Budući da se očekuje malen ali stalan porast konzuma, postavlja se pitanje za koliko godina unaprijed graditi odnosno planirati mrežu. Do sada se taj problem, rješavao normativima opterećenja i potrošnje električne energije, čijim se veličinama osiguravao period planiranja.
Kruto pridržavanje normativa dovodilo je do skupih mreža niskog napona, koji su ionako najskuplji dio distributivne mreže. Predlaže se veća fleksibilnost pri korištenju normativa na taj način da projektant može korigirati normativ ako se zaključi da on ne odgovara za neko područje. Procjenjuje se da bi te korekcije mogle iznositi do 30%. Neke distribucije su i pokrenule inicijative u tom smislu ili se ne pridržavaju pravila planiranja zbog skupih rješenja. Međutim, smatra se da takav pristup treba legalizirati i s vremenom usavršavati.
Možda je takav pristup u suprotnosti s novim trendovima u zakonima o izgradnji, ali se smatra da bi to trebalo mjenjati. Potrebno je napomenuti da je osnovni zadatak distribucije električne energije prema potrošačima osiguranje kvalitete te energije, a danas se ta kvaliteta znatno razlikuje i unutar jednog grada a da se ne govori o cijelom području Hrvatske.
Takav način planiranja sigurno znatno povećava odgovornost projektanta, jer se treba imati na umu da su trase i lokacije za sve vrste vodova i transformatorskih stanica sve skuplje i teže se dobivaju, što zapravo znači pooštrenje urbanističkih uvjeta. Međutim, takav se prijedlog smatra opravdanim zbog velikih troškova niskonaponske mreže.

LITERATURA

[1] R. SCHENNER: »Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 30 i 110 kV grada Zagreba«, Institut za elektroprivredu, 1980.
[2] grupa autora: »Elektroenergetska mreža 110 kV grada Zagreba — Osnovno prostorno uređenje s prijedlogom uvjeta uređenja prostora za lokacije transformatorskih stanica 110/20 kV«, Urbanistički zavod grada Zagreba, 1983.
[3] S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER: »Strategija sanacije i razvoja distribucijske mreže Hrvatske«, Institut za elektroprivredu, 1992.
[4] M. BALLING: »Energetske podloge za dimenzioniranje distributivnih mreža«, Energija 1962, br. 7 – 8
[5] S. KRAJCAR, D. ŠKRLEC: »CADDIN – Programski paket za optimalno planiranje razdjelnih mreža«, JUKO-CIGRE, Neum, 1991.

[6] N. LANG-KOSIĆ, B. BORJANOVIĆ: »Optimalno rješenje SN mreže zapadnog područja grada Zagreba«, JUKO-CIGRE, Neum, 1991.

[7] N. LANG-KOSIĆ, I. RADEKA: »Promjena programskog paketa CADDIN u planiranju razvoja SN distributivne mreže grada Zagreba«, JUKO-CIGRE, Neum, 1991.

[8] T. BURKHARDT, K. WERTH, L. KLEIN, H. — J. KOGLIN: »Bauentscheidungen bei Prognoseungewissheiten und optimale Feintrassierung in Verteilungsnetzen«, Elektrizitatswirtschaft, Jg. 84 (1985), Heft 10

[9] L. KLEIN, H. — J. KOGLIN: »Odin – Die dynamische Optimierung«, Elektrizitatswirtschaft, Jg. 88 (1989), Heft 3

PLANNING PERIOD OF DISTRIBUTION NETWORKS

Period that is the planning dynamic of distribution networks is very important, because the investment costs depend on that. That is specially significant by the low voltage and that voltage level is the most expensive part of the distribution electric power network.

DER ZEITABSCHNITT DES PLANENS DER DISTRIBUTIONSNETZE

Der Zeitabschnitt, bzw. die Dynamik des Planens der Distributionsnetze ist sehr wichtig, weil davon die Höhe der Investitionen abhängt. Dies ist besonders hervorgehoben bei niedriger Spannung und dieses Spannungsniveau ist der teuerste Teil des elektrischen Distributionsnetzes.

Naslov pisca:

Mr. Rihard Schenner, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992 – 7 – 16.

MONTING ENERGETIKA d.d.

PODUZEĆE ZA IZGRADNJU, PROIZVODNJU OPREME I MONTAŽU ENERGETSKIH I INDUSTRIJSKIH OBJEKATA

ZAGREB, Kesterčanekova 1

☎ 041/23 56 44

VAŠ PARTNER U DOMOVINI I SVIJETU

PROIZVODNI POGON DUGO SELO: IZRADA ROTACIONIH ZAGRIJAČA ZRAKA

DJELATNOST

IZGRADNJA, MONTAŽA, REKONSTRUKCIJA, REMONT I ODRŽAVANJE:

— energetskih (termo, hidro i nuklearnih), naftnih, petrokemijskih, procesnih, metalurških i rudarskih objekata, te postrojenja za proizvodnju obojenih metala, elektro-opreme za energetske objekte, unutrašnjih i vanjskih razvoda svih medija, objekata ekologije, centralnog grijanja, klimatizacije i ventilacije, puštanje postrojenja u pogon i ispitivanje.

PROIZVODNJA:

— metalnih, građevnih i drugih konstrukcija, transportnih uređaja, mostova, spremnika, industrijskih hala, brodskog trupa, opreme za brodove i brodova za specijalne namjene, elektro-filtera, postrojenja za uštedu energije, te ostalih postrojenja iz ekologije i zaštite čovjekove okoline, predsušionica i sušara za drvo različitih tipova i za različite režime rada.

Istraživačko-razvojne usluge u funkciji uvođenja i primjene novih energenata.

Osposobljavanje radnika, prijenos znanja i iskustava i organiziranje proizvodnje.

TRGOVINA:

Trgovina na veliko neprehrambenim proizvodima.

Telefoni:

Centrala	041/217-700
Generalni direktor	235-644
Komercijalni sektor	235-270
Tehnički sektor	233-880
Financijski sektor	234-007
Kadrovski sektor	233-878
Telex	21473 rh mont
Telefax	235-560

UTJECAJ SISTEMA REGULACIJE UZBUDE NA PRIJELAZNU STABILNOST SINKRONOG GENERATORA

Nijaz Dizdarević — dr. Srđan Babić — dr. Sejid Tešnjak, Zagreb

UDK 621.313.322:621.313.126
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazan je utjecaj različitih tipova regulacije uzbude na prijelaznu stabilnost sinkronog generatora.

Ključne riječi: sistemi regulacije uzbude, prijelazna stabilnost, kritično vrijeme

1. UVOD

Stabilan rad sinkronih generatora ima veliku važnost u pogonu elektroenergetskog sustava. Da bi se definirali uvjeti u kojima je moguće održati sinkronizam generatora, potrebno je, osim ostalog, znati iznose kritičnih vremena trajanja trofaznih kratkih spojeva u utjecajnim okolinama svakoga generatora u sustavu.

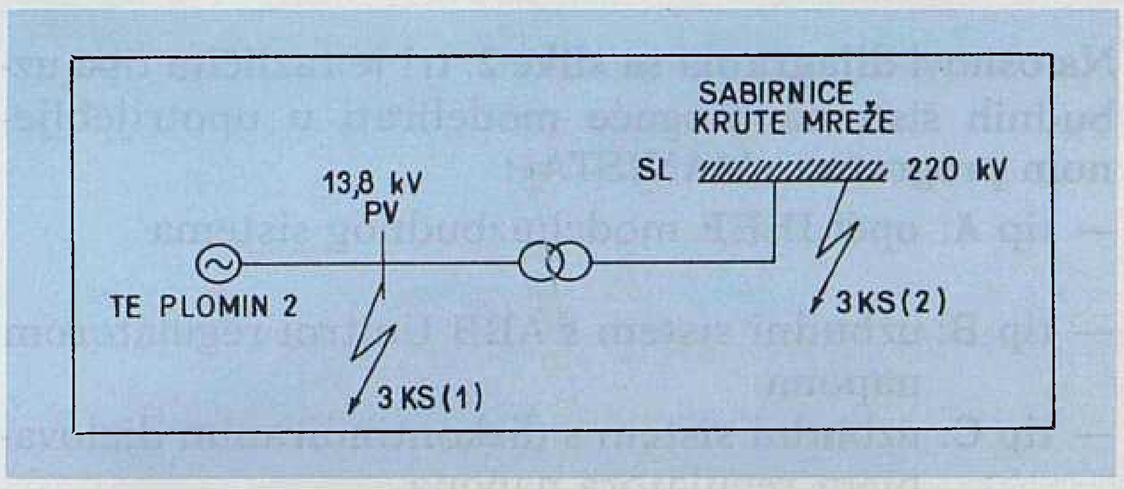
Jedan od mogućih načina određivanja kritičnog vremena jest analiza rada sinkronog generatora koji je preko vanjske reaktancije priključen na sabirnice krute mreže. Iako ovakva analiza ne prikazuje međudjelovanja sinkronih generatora koja nastaju u sustavu, zadovoljit će potrebe ovog razmatranja čiji je cilj istraživanje utjecaja različitih tipova regulacije uzbude na kritično vrijeme trajanja trofaznog kratkog spoja, kao i istraživanje prijelazne stabilnosti generatora pri induktivnom i kapacitivnom opterećenju.

Razmatranje će biti provedeno na primjeru sinkronog generatora u TE Plomin 2 koji je preko blok-transformatora priključen na sabirnice krute mreže. Riječ je, dakle, o generatoru koji će tek biti uvršten u elektroenergetski sustav Hrvatske, jer je elektrana još u fazi gradnje. S tog je stajališta problem zanimljiv. Dakako da bi izvlačenje općenitih zaključaka o utjecaju istraživanih sistema uzbude na kritično vrijeme trajanja ispitivanog kvara zahtijevalo potpuniju i opsežniju analizu, što nije cilj ovog rada.

Napomenimo još k tome da su dvojbeni neki bitni podaci o parametrima ispitivanog agregata s obzirom na njihov utjecaj na izgled krivulja njihanja. Koliko mi znamo, to se posebice odnosi na konstantu tromosti agregata (turbine i generatora), jer smo iz više izvora dobili međusobno različite vrijednosti. Na to moramo upozoriti one koji bi se mogli osloniti na dobivene vrijednosti kritičnih vremena. Za naš istraživani problem, koji se odnosi na uspoređivanje kritičnih vremena trajanja kvara uz različite tipove uzbude, to međutim nije toliko značajno.

2. PODACI O ISTRAŽIVANOM SISTEMU

Analiza utjecaja sistema regulacije uzbude na stabilnost sinkronog generatora bit će provedena za generator u TE Plomin 2 koji je preko blok-transformatora priključen na sabirnice krute mreže kao što je to prikazano na slici 1.



Slika 1. Konfiguracija elektroenergetskog sustava

Generatorske sabirnice su tipa PV (konstantna djelatna snaga i napon po iznosu), a sabirnice krute mreže tipa SL (bilančna sabirnica s konstantnim naponom po iznosu i kutu). Da bi naponi u ovom sistemu bili unutar granica ±5% od nazivnih vrijednosti, za slučaj nazivnog induktivnog opterećenja generatora napon generatorskih sabirnica je $1.0\,\underline{|6.07°}$ p.u. a snaga 210 MW, dok je napon bilančne sabirnice $1.0\,\underline{|0.0°}$ p.u..

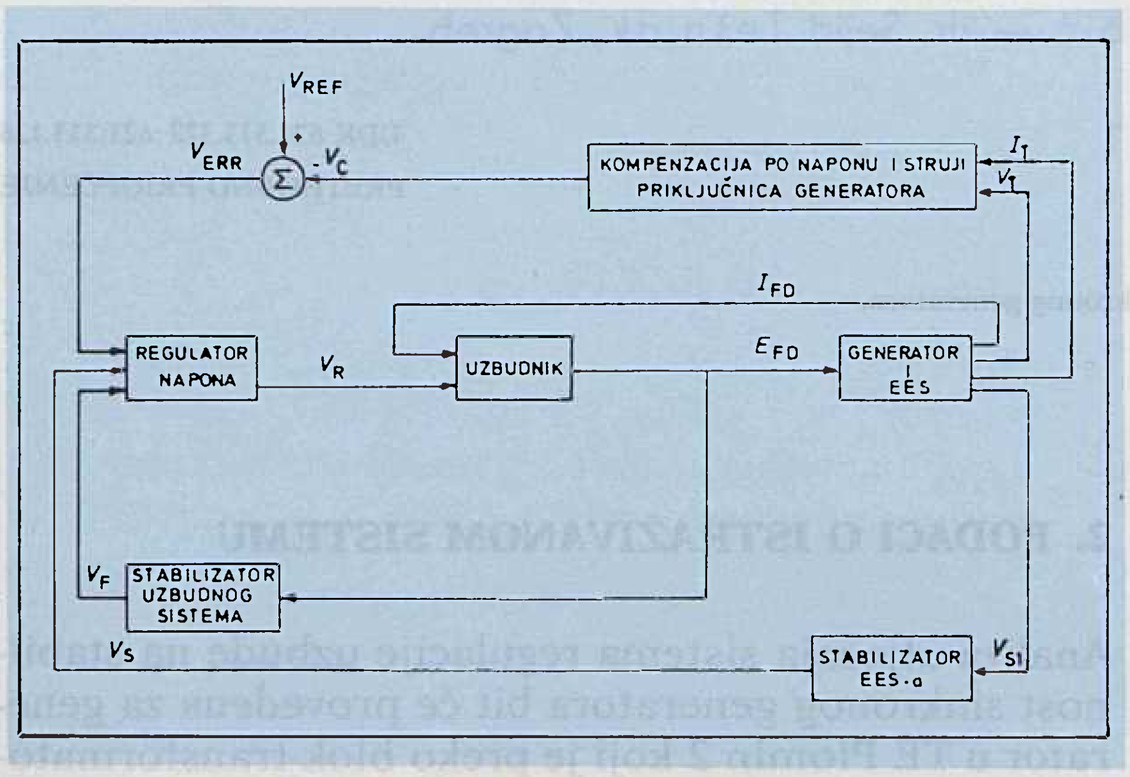
Analiza će biti provedena uz pretpostavku konstantnosti mehaničkog momenta na osovini stroja (bez regulacije brzine vrtnje), što neće bitno utjecati na donošenje zaključka o djelovanju sistema regulacije uzbude.

Za dinamičku simulaciju prijelaznih pojava bit će korišten programski paket »MANISTA« [1].

Specifikacija ulaznih podataka generatora i blok-transformatora u obliku koji zahtijeva programski paket »MANISTA« dana je u prilogu 1.

2.1. Općenito o modeliranju sistema regulacije uzbude

Općeniti funkcionalni blok-dijagram koji je prikazan na slici 2, opisuje različite podsustave uzbudnog sistema generatora na vrlo prikladan način za simuliranje mogućih pogonskih stanja.
Model u sebi uključuje mjerno-kompenzacijski blok, regulacijski blok, uzbudnik, stabilizirajuće elemente uzbudnog sistema i stabilizator elektroenergetskog sistema.



Slika 2. Funkcionalni blok-dijagram sistema regulacije uzbude

Na osnovi dijagrama sa slike 2. tri je različita tipa uzbudnih sistema moguće modelirati u upotrijebljenom programu »MANISTA«:

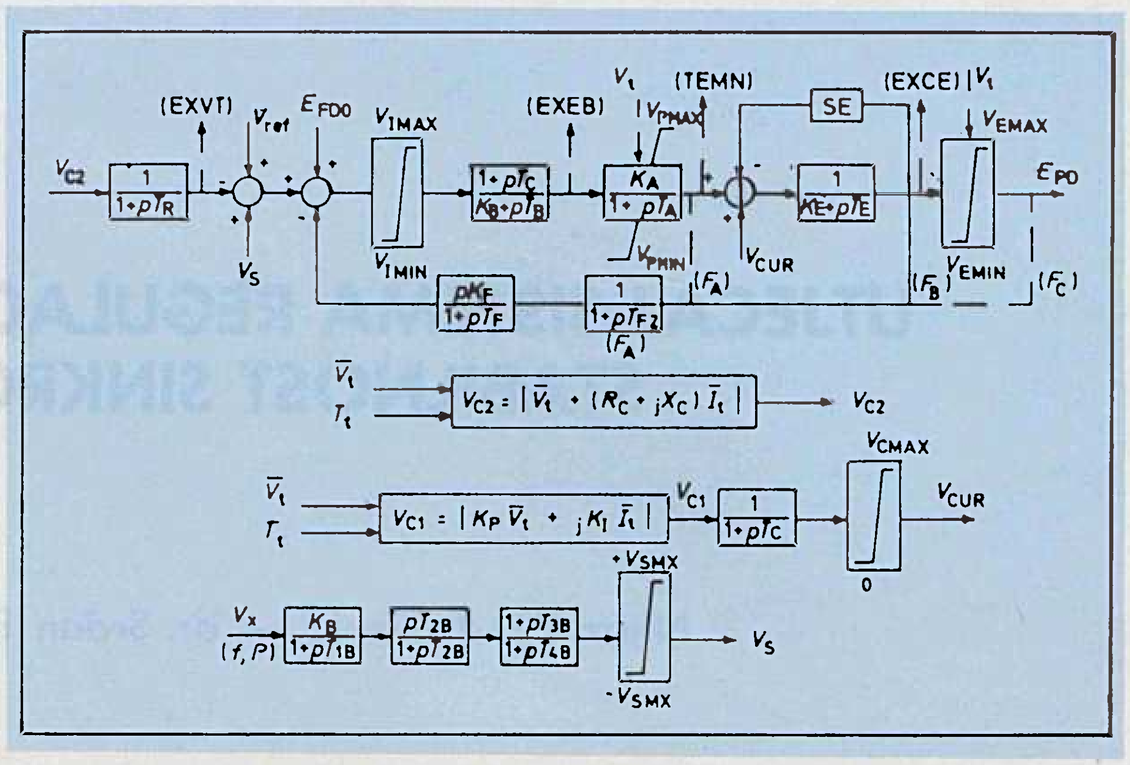
— tip A: opći IEEE model uzbudnog sistema
— tip B: uzbudni sistem s ABB Unitrol regulatorom napona
— tip C: uzbudni sistem s diskontinuiranim djelovanjem regulatora napona.

Osim toga moguće je dizajnirati pojedinačne modele uzbudnih sistema uz pomoć slobodnih programabilnih kontrolera koji su uključeni u programu.
Budući da se već neko vrijeme pojavljuju tendencije za standardizacijom modela uzbude, u ovom radu će biti korišten IEEE-ov model koji može predstavljati sljedeće vrste uzbudnih sistema:

— nezavisne istosmjerne uzbudne sisteme koji koriste istosmjerne generatore na istoj osovini kao izvore snaga potrebnih za uzbuđivanje glavnih strojeva
— nezavisne izmjenične uzbudne sisteme koji se koriste stacionarnim ili rotirajućim ispravljačima
— samouzbudne sisteme koji snagu potrebnu za uzbudu uzimaju preko transformatora i ispravljača s priključnica generatora.

Općeniti blok-dijagram IEEE-ovog modela sistema uzbude prikazan je na slici 3.

Vidljivo je da se različiti IEEE modeli mogu dobiti iz ovog općeg modela dodavanjem pomoćnih signala (V_S, V_{CUR}, V_{C2}) i uvođenjem povratnih veza F_A, F_B i F_C s različitih mjesta u sistemu [3]. Osim toga potrebno je zamijetiti da se odabrana prijenosna funkcija može postići pravilnim izborom konstanti svakoga pojedinačnog bloka.



Slika 3. Opći blok-dijagram IEEE-ovog modela sistema uzbude

Značenja navedenih pomoćnih signala su sljedeća:

— V_S signal iz PSS-a (stabilizator elektroenergetskog sistema)
— E_{FDO} početna vrijednost napona uzbude izračunata za stacionarno stanje
— V_{C2} izlazni signal iz mjerno-kompenzacijskog bloka
— V_{CUR} pomoćni signal iz kompaundacijskog bloka.

Pri modeliranju PSS-a odabrana prijenosna funkcija može se postići modificiranjem strukture članova blok-dijagrama. Ulazni signali PSS-a mogu se dobiti iz brzine vrtnje agregata i djelatne snage generatora.
Mjerno-kompenzacijski blok koristi se za mjerenje napona generatora i njegovu korekciju po opterećenju, a kao ulazne varijable koriste se napon i struja u fazorskom obliku.

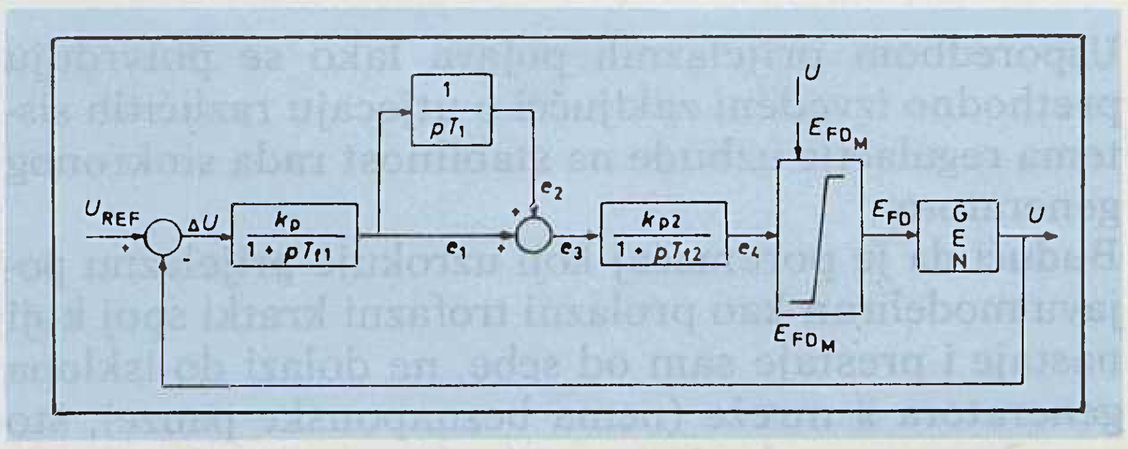
Postavljanjem različitih vrijednosti parametara R_c i X_c moguće je primjenjivati različite načine kompenzacije:

— bez kompenzacije (R_c i $X_c = 0$): priključnice generatora kao regulacijska točka
— pozitivna kompenzacija (R_c i $X_c > 0$): regulacijska točka se nalazi unutar generatora
— negativna kompenzacija (R_c i $X_c < 0$): regulacijska točka se nalazi iza priključnica generatora.

Parametri R_c i X_c trebaju biti izraženi u p.u. vrijednostima, uzimajući baznu snagu sistema kao referentnu vrijednost (u ovom slučaju 100 MVA).
Mjerno-kompaundacijski blok koristi se za formiranje (korekciju) iznosa napona napajanja energetskog kruga sistema uzbude u ovisnosti o naponu i struji generatora. Težinski udjeli napona i struje generatora u fazorskoj sumaciji određeni su parametrima K_P i K_I.

2.2. Sistem regulacije uzbude sinkronog generatora u TE Plomin 2

Predvidivi sistem regulacije uzbude sinkronog generatora u TE Plomin 2 bez kompenzacije mjernog signala napona generatora po struji generatora prikazan je na slici 4.

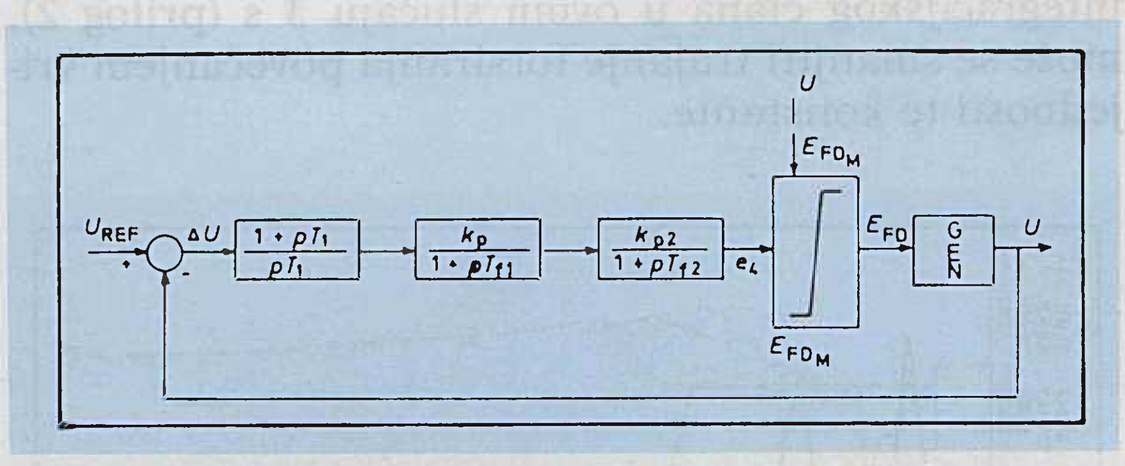


Slika 4. Sistem regulacije uzbude sinkronog generatora u TE Plomin 2 (predvidivo)

Da bi se model sistema uzbude mogao analizirati pomoću IEEE-ova standardiziranog modela, potrebno je izvesti određene modifikacije. Prijenosna funkcija osvog sistema uzbude jest:

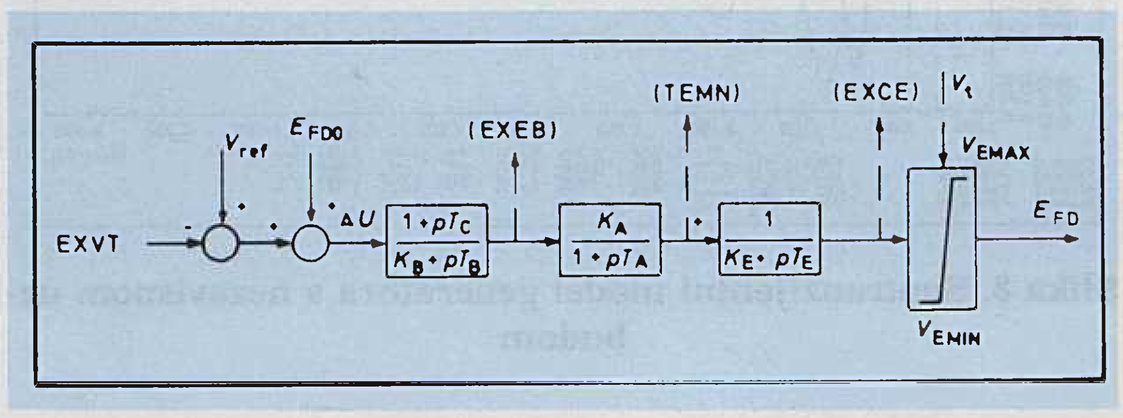
$$e_4 = \left(\frac{1+pT_i}{pT_i}\,\frac{k_p}{1+pT_{f1}}\,\frac{k_{p2}}{1+pT_{f2}}\right)\Delta\, u.$$

Blok-dijagram sistema regulacije uzbude s tom prijenosnom funkcijom sistema uzbude može se prikazati kao na slici 5.



Slika 5. Modificirani sistem regulacije uzbude sinkronog generatora u TE Plomin 2 (predvidivo)

Model sistema uzbude ima oblik kao i IEEE-ov model bez dodatnih krugova koji je prikazan na slici 6.



Slika 6. Pojednostavljeni IEEE-ov model za sistem uzbude sinkronog generatora u TE Plomin 2 (predvidivo)

Modificiranjem modela sistema uzbude sa slike 4. dobiven je model sa slike 5, pri čemu oba modela imaju iste prijenosne funkcije $e_4 = f(\Delta\, u)$.
Model sa slike 6. izveden je iz IEEE-ova standardiziranog modela i ima prijenosnu funkciju $EXCE = f(\Delta u)$ sljedećeg oblika:

$$EXCE = \left(\frac{1+pT_c}{K_B+pT_B}\,\frac{K_A}{1+pT_A}\,\frac{1}{K_E+pT_E}\right)\Delta u.$$

Usporedbom tih dviju prijenosnih funkcija zaključuje se da model sa slike 6. može nadomjestiti modele sistema uzbude sa slike 4. i 5. uz uvjet pravilnog odabiranja parametara sistema uzbude čije su vrijednosti prikazane u prilogu 2.

Usporedbom prijelaznih pojava u sustavu pri korištenju svakog od tih modela za isti kvar na istom mjestu uz istu duljinu trajanja nisu uočene razlike u izgledu pojava, pa je zaključeno da standardizirani model sa slike 6. može predstavljati realni sistem uzbude sinkronog generatora u TE Plomin 2 uz specificirane vrijednosti parametara u prilogu 2.

3. ANALIZA PRIJELAZNIH POJAVA

Kritična vremena trajanja trofaznih kratkih spojeva na PV (generator) i SL (kruta mreža) sabirnicama opisane konfiguracije elektroenergetskog sustava (točka 2) tražena su uz korak integracije sustava diferencijalnih jednadžbi iznosa 0.001 s.

Proračuni su izvedeni za sljedeće modele:

— suptranzijentni model generatora s konstantnim iznosom uzbudnog napona
— suptranzijentni model generatora s nezavisnim sistemom uzbude prema IEEE-ovu modelu
— suptranzijentni model generatora sa samouzbudom prema IEEE-ovu modelu.

Proračuni su izvođeni uz korištenje istih podataka (istih prijenosnih funkcija) za različite sisteme uzbude (samouzbuda i nezavisna uzbuda), što donekle može ograničiti vrijednost numeričkih iznosa rezultata, ali ne i bit zaključaka koji će biti izvedeni nakon prikaza rezultata analize.
Pri nazivnom induktivnom opterećenju sinkronog generatora u TE Plomin 2 dobiveni iznosi kritičnih vremena trajanja trofaznog kratkog spoja prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Kritična vremena trajanja kvara nazivno opterećenog stroja

Mjesto kvara	Suptranzijentni model generatora s konstantnim naponom uzbude	Suptranzijentni model generatora s nezavisnom uzbudom	Suptranzijentni model generatora sa samouzbudom
PV-sab	0,258	0,266	0,249
SL-sab	0,274	0,283	0,270

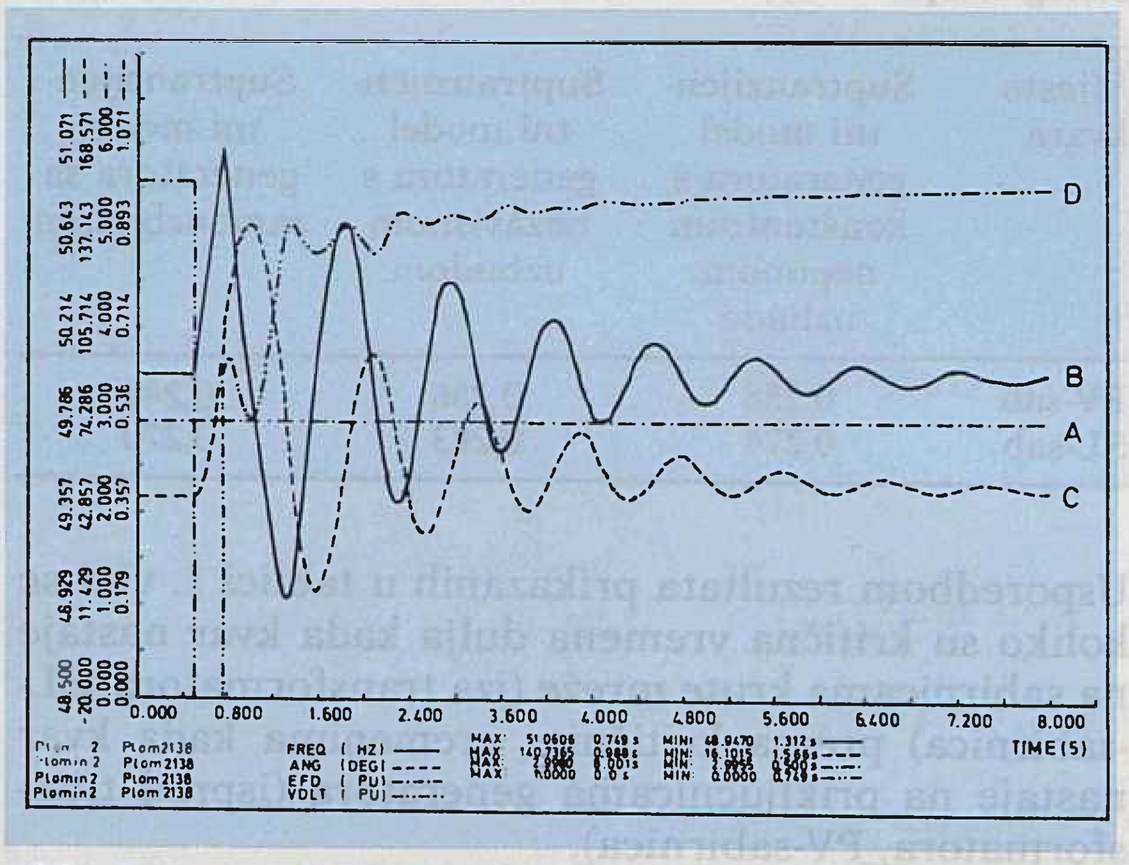
Usporedbom rezultata prikazanih u tablici 1. vidi se koliko su kritična vremena dulja kada kvar nastaje na sabirnicama krute mreže (iza transformatora, SL-sabirnica) prema kritičnim vremenima kada kvar nastaje na priključnicama generatora (ispred transformatora, PV-sabirnica).
Dobivena kritična vremena za različite sisteme uzbude razlikuju se za najviše 7%, i to između nezavisne uzbude i samouzbude.
Suptranzijentni model generatora s konstantnim naponom uzbude daje nešto duža kritična vremena od modela sa samouzbudom, jer u trenutku nastanka trofaznog kratkog spoja napon na sabirnicama koje su pogođene kvarom pada na vrlo niske vrijednosti pa samouzbuda nema odakle uzeti snagu potrebnu

za forsiranje stropnim naponom uzbude zbog čega napon uzbude pada na niske vrijednosti. Obnavljanjem napona na priključnicama generatora (tek nakon prestanka trajanja kvara) moguće je realizirati forsiranje stropnim naponom uzbude. Budući da kod modela s konstantnim naponom uzbude nema ovisnosti o naponu sabirnica, za vrijeme trajanja i nakon prestanka kvara, generator se uzbuđuje uvijek istim naponom pa stoga ima nešto duža kritična vremena.

Suptranzijentni model generatora s konstantnim naponom uzbude ima nešto niže vrijednosti kritičnih vremena od suptranzijentnog modela generatora s nezavisnom uzbudom, jer nezavisna uzbuda neposredno nakon nastanka kvara forsira uzbudu stropnim naponom, čime produžava kritično vrijeme trajanja kvara.

Suptranzijentni model generatora s nezavisnom uzbudom ima nešto više vrijednosti kritičnog vremena od suptranzijentnog modela generatora sa samouzbudom, jer nezavisna uzbuda neposredno nakon nastanka kvara forsira uzbudu stropnim naponom, što se kod samouzbude događa tek nakon prestanka kvara. Problem nepostojanja mogućnosti forsiranja uzbude stropnim naponom kod samouzbudnih sistema za vrijeme trajanja kvara ublažava se uvođenjem moda rada ispravljača s potpuno otvorenim tiristorima (kao diode) čije djelovanje počinje čim napon na priključnicama generatora padne ispod udešenog iznosa.

Za ilustraciju, na slikama 7 – 9 predočene su prijelazne pojave svih analiziranih modela sistema uzbude koje su uzrokovane trofaznim kratkim spojem na priključnim sabirnicama generatora. Trofazni kratki spoj nastaje u trenutku 0,5 s i prestaje u trenutku 0,749 s od početka promatranja.



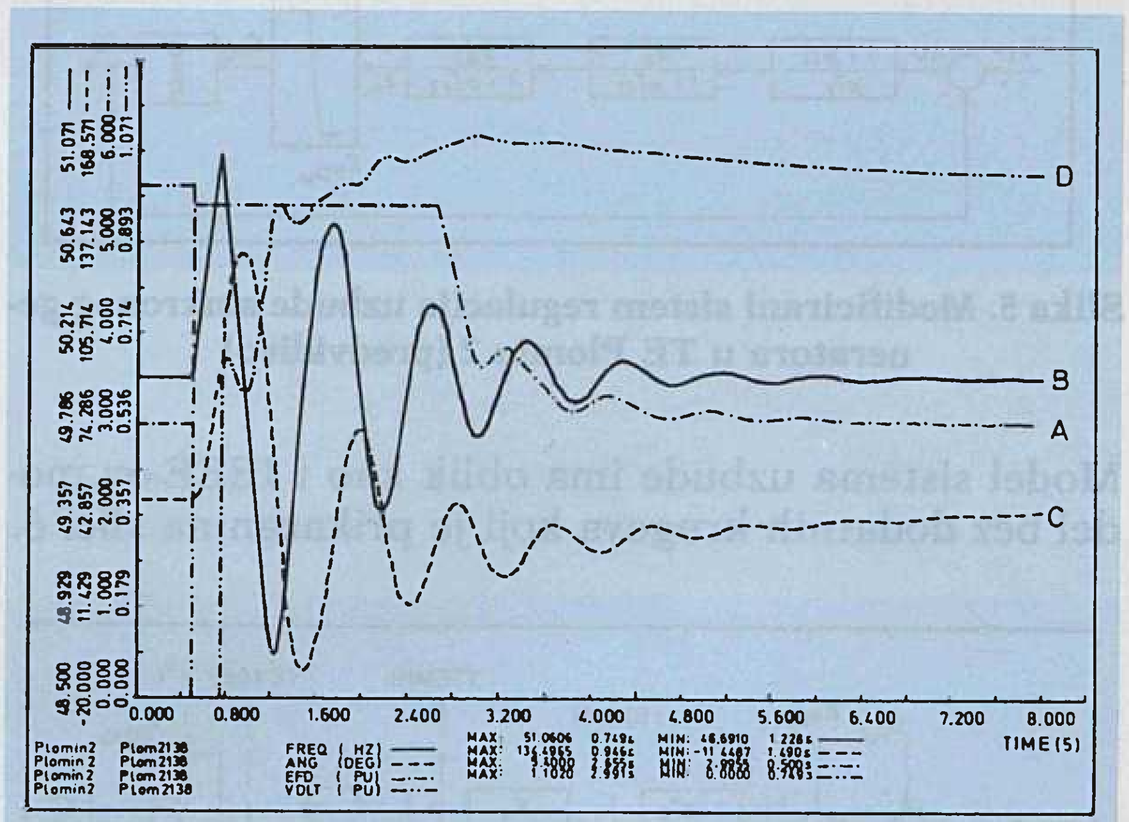
Slika 7. Suptranzijentni model generatora s konstantnim naponom uzbude

Odabrano vrijeme trajanja kvara jest kritično vrijeme za suptranzijentni model sa samouzbudom. Varijable čije je odzive moguće pratiti na tim slikama jesu uzbudni napon E_{FD} (krivulja A), kružna frekvencija *FREQ* (krivulja B), kut rotora stroja *ANG* (krivulja C) i napon generatora *VOLT* (krivulja D).

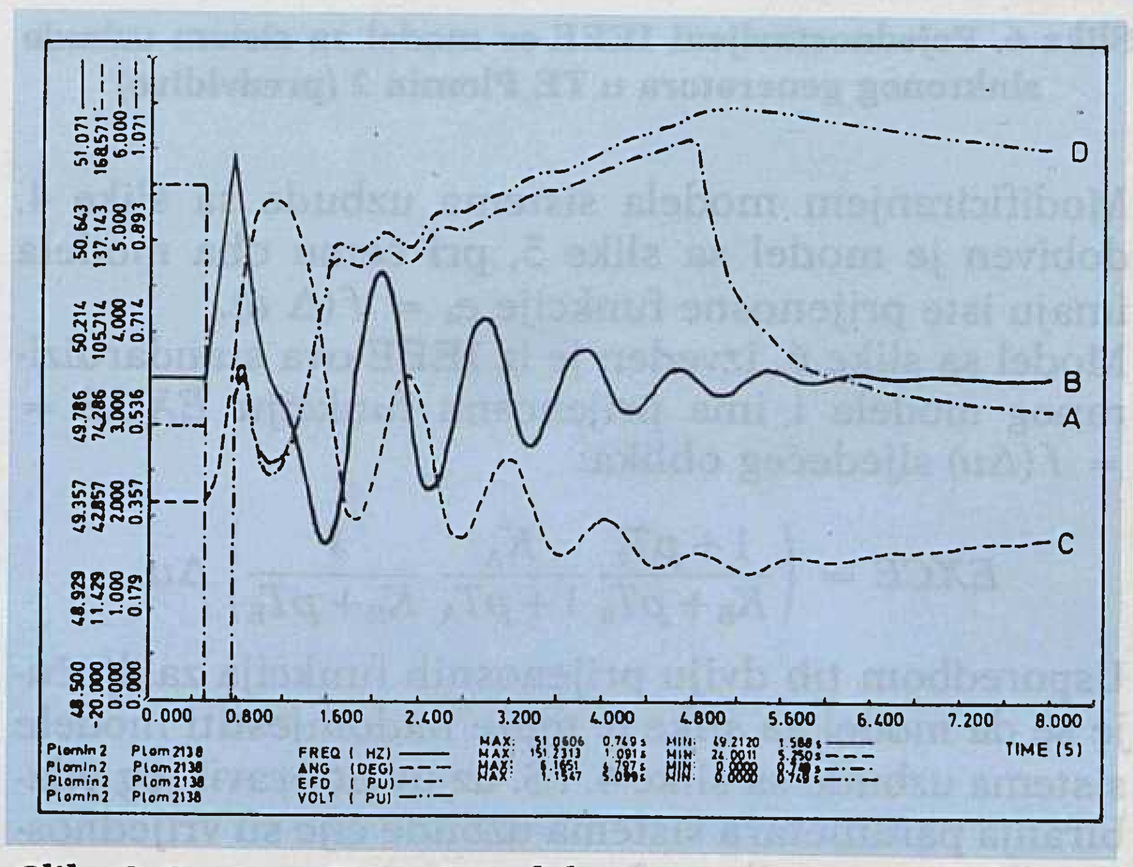
Usporedbom prijelaznih pojava lako se potvrđuju prethodno izvedeni zaključci o utjecaju različitih sistema regulacije uzbude na stabilnost rada sinkronog generatora.

Budući da je poremećaj koji uzrokuje prijelaznu pojavu modeliran kao prolazni trofazni kratki spoj koji nastaje i prestaje sam od sebe, ne dolazi do isklopa generatora s mreže (nema beznaponske pauze), što ne odgovara realnoj situaciji, ali za naše proračune predstavlja dovoljno dobru aproksimaciju. Budući da nema promjena uklopnog stanja tijekom prijelaznih pojava, sve se veličine nakon prestanka trajanja kvara vraćaju na iznose koje su imale u stacionarnom stanju.

Na slikama 8. i 9. vidljivo je da zbog forsirnoga djelovanja sistema uzbude napon na generatorskim sabirnicama poprima vrijednost 1.102 p.u. u slučaju sistema nezavisne uzbude te 1.155 p.u. u slučaju sistema samouzbude, što je posljedica trajanja forsiranja od približno 2 s. Na trajanje forsiranja najveći utjecaj ima vremenska konstanta T_i integracijskog člana sa slike 4. Budući da je vrijednost vremenske konstante integracijskog člana u ovom slučaju 3 s (prilog 2), može se smanjiti trajanje forsiranja povećanjem vrijednosti te konstante.



Slika 8. Suptranzijentni model generatora s nezavisnom uzbudom



Slika 9. Suptranzijentni model generatora sa samouzbudom

U realnim se sistemima integracijski član s vremenskom konstantom T_i sa slike 4. isključuje čim iznos napona generatora padne ispod određene udešene vrijednosti, što u analizi ovog problema nije izvedeno zbog ograničenja koja postavlja korišteni programski paket »MANISTA«.

Povratak na stacionarne vrijednosti za slučajeve proračuna prijelazne stabilnosti generatora s nezavisnom uzbudom (slika 8) i samouzbudom (slika 9) nastupa tek nakon 8 s od trenutka nastanka poremećaja zbog sporog približavanja kuta rotora generatora sa strane nižih vrijednosti.

Dakako, promatrani vremenski interval od 8 s je predug za ovako modeliran generator, jer ne razmatra djelovanje sistema regulacije turbine koje je snažnije izraženo tek nakon 4 – 5 s od trenutka nastanka kvara, što je već blizu praga područja razmatranja srednje i dugotrajne stabilnosti, ali je u ovoj analizi odabran zbog jasnijeg prikaza vremenskog toka prijelazne pojave u kojoj se najbitnije događa u prvih 1 – 2 s.

U tablici 2. prikazana su kritična vremena pri kapacitivno opterećenom generatoru s iznosima snaga $P = P_n = 210$ MW i $Q = -38$ MVAr. Tako definirana radna točka nalazi se na praktičnoj granici stabilnosti nereguliranog stroja za koji teorijsku granicu stabilnosti definira kapacitivna snaga iznosa -106 MVAr uz opterećenje nazivnom djelatnom snagom. Pri tome, zaključci koji su prethodno izvedeni za nazivno induktivno opterećenje generatora u potpunosti vrijede i za kapacitivno opterećenje.

Tablica 2. Kritična vremena trajanja kvara kapacitivno opterećenog stroja

Mjesto kvara	Suptranzijentni model generatora s konstantnim naponom uzbude	Suptranzijentni model generatora s nezavisnom uzbudom	Suptranzijentni model generatora sa samouzbudom
PV-sab	0,186	0,201	0,183
SL-sab	0,194	0,209	0,193

Mijenjanjem vrijednosti parametara sistema regulacije uzbude u širokom opsegu nisu uočene promjene u iznosima kritičnih vremena trajanja trofaznih kratkih spojeva. Jedini utjecaj na kritična vremena ima gornja granična vrijednost uzbudnog napona (stropni napon) čijim je povišenjem moguće produžiti kritično vrijeme.

Utjecaj promjene stropnog napona i parametara uzbude na prijelaznu stabilnost bit će prikazan u jednom od sljedećih radova.

4. ZAKLJUČAK

Analiziran je utjecaj nekoliko različitih sistema regulacije uzbude na prijelaznu stabilnost sistema generator — transformator — sabirnice krute mreže. Proračuni su izvedeni za sljedeće modele:

— suptranzijentni model generatora s konstantnim iznosom uzbudnog napona
— suptranzijentni model generatora s nezavisnim sistemom uzbude prema IEEE-ovom modelu
— suptranzijentni model generatora sa samouzbudom prema IEEE-ovom modelu.

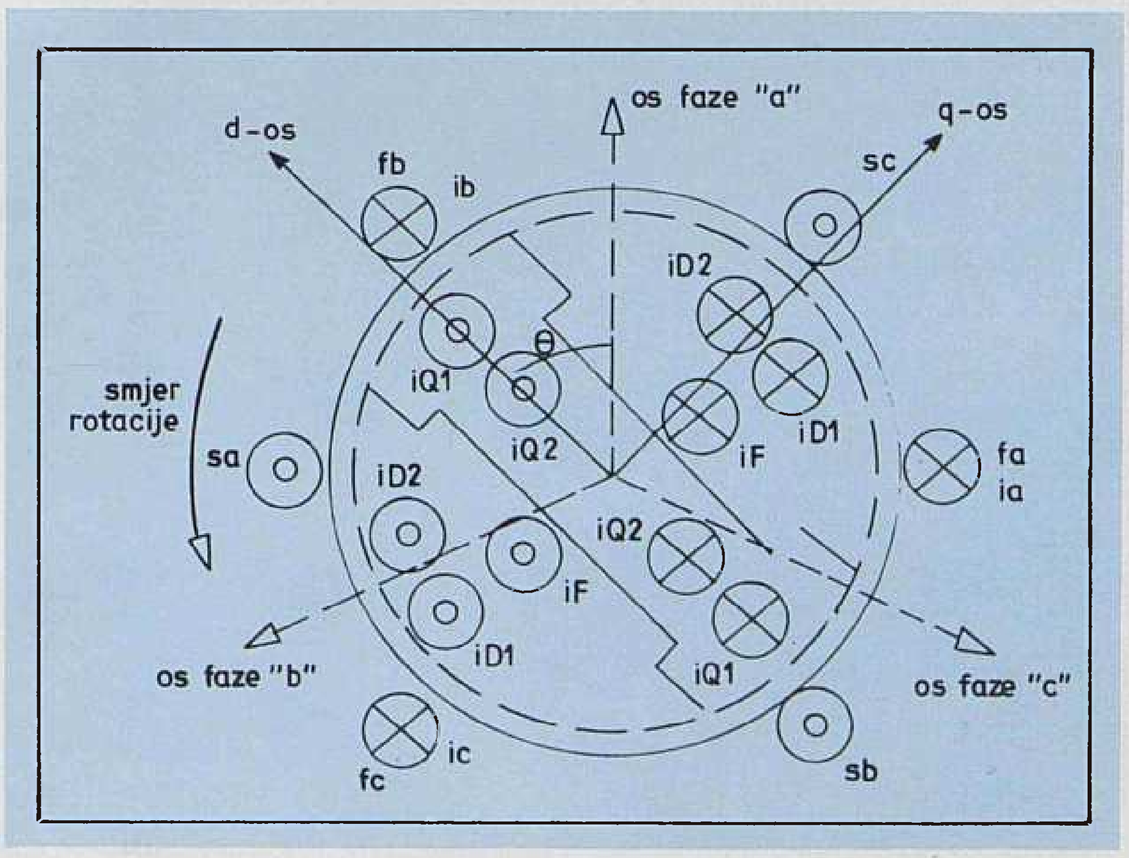
Pri danim vrijednostima parametara uzbude nisu se u slučaju tropolnog kratkog spoja dobivena kritična vremena bitno razlikovala (najviše oko 7%). Samo nešto povoljnijim s obzirom na kritično vrijeme pokazao se regulacijski sistem s nezavisnom uzbudom u odnosu na sistem uzbude u samouzbudnom spoju. Općenito je poznato da je kapacitivni rad sinkronog generatora sa stajališta stabilnosti nepovoljan. Za ovdje analizirane slučajeve dobivena su pri kapacitivnom opterećenju kritična vremena za 32% do 41% kraća od kritičnih vremena pri nazivnom induktivnom opterećenju stroja.

PRILOG 1.

Sinkroni generator u TE Plomin 2 predstavljen je pomoću suptranzijentnog modela s tri namota u d-osi i dva namota u q-osi [2] i prikazan je na slici P-1. Generator ima sljedeće podatke:

$S_n = 247{,}0$ MVA	$\cos \varnothing = 0{,}85$ ind.	$X_d = 2{,}36$ p.u.
$x_q = 2{,}35$ p.u.	$x'_d = 0{,}30$ p.u.	$x''_d = 0{,}255$ p.u.
$x''_q = 0{,}255$ p.u	$mD^2_\Sigma = 100$ tm^2	$T'_d = 0{,}86$ s
$T'_{d0} = 6{,}88$ s	$T''_d = 0{,}03$ s	$T''_q = 0{,}035$ s
$D = 0{,}0$ MW/Hz	$H^* = 4{,}99$ Ws/VA	$X_c = 0{,}235$ p.u..

* Podatak za cijeli agregat izračunat na osnovi nazivne snage generatora S_n



Slika P-1. Grafički prikaz modela sinkronog generatora 9. reda

Podaci blok-transformatora u TE Plomin 2 jesu:

$S_n = 247{,}0$ MVA	$x = 0{,}049$ p.u.	$r = 0{,}003$ p.u.
$b = 0{,}0$ p. u.	$B1 =$ »PLOM-PV«	$B2 =$ »PLOM-SL«
$U_{B1}/U_{B2} = 13{,}8/220$ kV	$U_{N1}/U_{N2} = 13{,}8/235{,}0$ kV.	

Energija, god. 42 (1993), 2, 83 – 88

PRILOG 2.

Podaci sistema regulacije uzbude jesu:

$T_c = T_i = 3{,}0$ s $\quad K_A = k_p = 50{,}0 \quad K_E = 1{,}0$

$K_B = 0{,}0 \quad T_A = T_{f1} = 0{,}025$ s $\quad k_{p2} = 1{,}0$

$T_B = T_i = 3{,}0$ s $\quad T_E = T_{f2} = 0{,}0016$ s $\quad V_{Emax} = 5{,}4$ p.u.

$V_{Emin} = -\ 3{,}9$ p.u.

LITERATURA

[1] ABB: »MANISTA«, Computer User Guide, Turgi, Switzerland

[2] ANDERSON, FOUAD: »Power System Control and Stability«, Iowa State University Press, USA, 1977.

[3] IEEE Committee Report: »Excitation System Models for Power System Stability Studies«, IEEE T PAS– 100, Feb. 1981., str. 494 – 509

THE INFLUENCE OF EXCITATION SYSTEM REGULATION ON THE TRANSIENT STABILITY OF SYNCHRONOUS GENERATOR

The paper shows effects of different types of excitation regulations on the transient stability of the synchronous generator.

EINFLUSS DES ALARMREGULATIONSSYSTEMS AUF DIE ÜBERTRAGBARE STABILITÄT DES SYNCHRONEN GENERATORS

In der Arbeit wird der Einfluss verschiedener Regulationstypen auf die übertragbare Stabilität des synchronen Generators geschildert.

Naslov pisaca:

Nijaz Dizdarević, dipl. ing.
Prof. dr. Srđan Babić, dipl. ing.
Prof. dr. Sejid Tešnjak, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Zagreb
Zavod za visoki napon i energetiku
Avenija Vukovar 39
41000 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-7-1.

GEOMAGNETSKI INDUCIRANE STRUJE (GIS)

Prof. dr. Dušan Vujević, Zagreb

UDK 550.38:621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Sunčeve aktivnosti posebno, tzv. bljeskovi, uzrokom su velikih tranzijentnih promjena Zemljina magnetskog polja. Promjene magnetskog polja mogu uzrokovati u električnom energetskom sustavu kvaziistosmjerne geomagnetski inducirane struje (GIS). Te struje, vrijednosti i veće od 100 A, dovede velike transformatore snage u poluvalno zasićenje, a posljedice toga su povećanje potrebne jalove snage transformatora, varijacije napona i frekvencije, generiranje viših harmonika, loš rad relejne zaštite itd.

Ključne riječi: geomagnetski inducirane struje, geomagnetski efekti.

1. UVOD

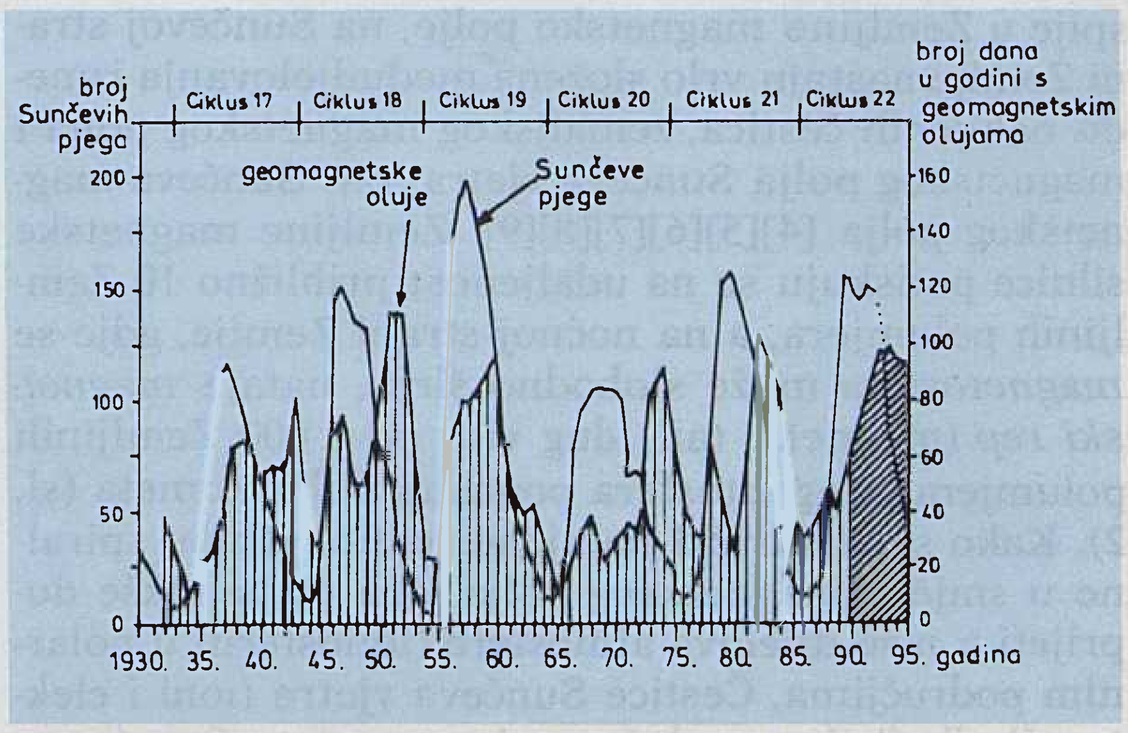
Sunce, koje daje svijetlost i toplinu potrebnu za sve ljudske aktivnosti, temelj je života na Zemlji. Međutim, na Suncu se povremeno bitno pojačavaju neke aktivnosti, čije su posljedice loš rad uređaja i sustava na Zemlji. Tako, nastaju kratkotrajne fluktuacije Zemljina magnetskog polja reda veličine 10^{-6} T, koje se nazivaju *(geo)magnetskim olujama.* One uzrokuju *geomagnetski inducirane struje* (GIS) u dobro uzemljenim sustavima. Neki autori za tu pojavu upotrebljavaju i naziv »Suncem inducirane struje« (SIS). GIS, ovisno o zemljopisnim koordinatama, vodljivosti tla itd. mogu u određenom razdoblju ozbiljno ometati ili čak onemogućiti prijenos električne energije i telekomunikacijske veze na Zemlji. Također je zapažen utjecaj i na ostale ukopane vodiče, npr. kabele, cjevovode i njihovu katodnu zaštitu [1]. Vrijednost GIS to je veća što su vodovi dulji, vodljivost tla manja, a zemljopisna širina veća. Unatoč tome što su prve posljedice GIS zapažene 1849. u telegrafskim vodovima [1], tek se u posljednjih dvadesetak godina GIS-u poklanja veća pozornost. To se očituje velikim brojem napisa u stručnim časopisima iz područja prirodnih znanosti, posebno onima iz elektrotehnike i geofizike.

Kao primjer posljedica GIS-a, u literaturi se navodi raspad energetskog sustava 13. ožujka 1989. na sjeveroistoku američkog kontinenta. Tada je više sati izvan pogona bio sustav snage preko 21 000 MW, a zamijećena su i mnoga oštećenja na dijelovima postrojenja tog sustava [1][2].

U Republici Hrvatskoj, s obzirom na njezinu zemljopisnu širinu, značajke tla i relativno male duljine energetskih i telekomunikacijskih vodova utjecaj GIS-a trebao bi biti zanemariv. Međutim, kako se tijekom 1993. i 1994. očekuje maksimum Sunčeve aktivnosti u tekućem Sunčevu ciklusu [3], nije naodmet da se taj pojavi i na našim prostorima pokloni odgovarajuća pozornost.

2. SUNČEVA AKTIVNOST

Promatranjem Sunca posljednjih stoljeća zapaženo je da njegova površina ne miruje. Aktivnosti na Suncu ponavljaju se u ciklusima, a srednji je interval između dva maksimuma u ciklusu približno 11 godina [3]. Na sl. 1. prikazano je nekoliko posljednjih ciklusa. Maksimalna se aktivnost u posljednjem ciklusu (br. 22) predviđa između 1990. i 1994. godine. U maksimumu aktivnosti Sunca, osim ostalog, pojavljuju se u fotosferi (Sunčeva površina) velike skupine *Sunčevih pjega* [4][5][6]. One se malokad mogu zamijetiti golim okom jer su tamne mrlje na sjajnom Sunčevu disku. Život pojedine pjege traje od nekoliko sati do desetak dana. Velike pjege mogu imati promjere 35 000 km ili više, dok je Zemljin polumjer 6 378 km. U pjegama postoji magnetsko polje indukcije i do 0,4 T, pri čemu susjedne dvije pjege djeluju kao polovi jednog magneta. U svakom novom ciklusu Sunčeve aktivnosti, pjege na istom mjestu imaju suprotan magnetski polaritet, pa neki stručnjaci drže da srednji Sunčev ciklus traje 22, a ne 11 godina [4].
Sredinom prošlog stoljeća zamijećeno je da se tijekom trajanja Sunčevih pjega, na njihovim rubovima,



Slika 1. Prikaz godišnjih srednjih vrijednosti broja Sunčevih pjega i godišnjih broja dana s geomagnetskim olujama [3]

češće pojavljuje bijela svijetlost četiri do petnaest puta jača od okolišne kromosfere (sloj plina iznad fotosfere). Trajanje tih pojava, nazvane na engleskom jeziku *flare*, a na hrvatskom *blijesak* ili *erupcija* [6], obično je nekoliko desetaka minuta do nekoliko sati. Ti bljeskovi nastaju kataklizmičkim oslobađanjem magnetske energije i prelaskom u kinetičku energiju, svjetlost i toplinu [4][6]. Posljedice bljeskova, kao i ostalih aktivnosti Sunca, snažna su elektromagnetska zračenja i velika količina ioniziranog plina sastavljenog od elektrona i protona tzv. *plazma*.

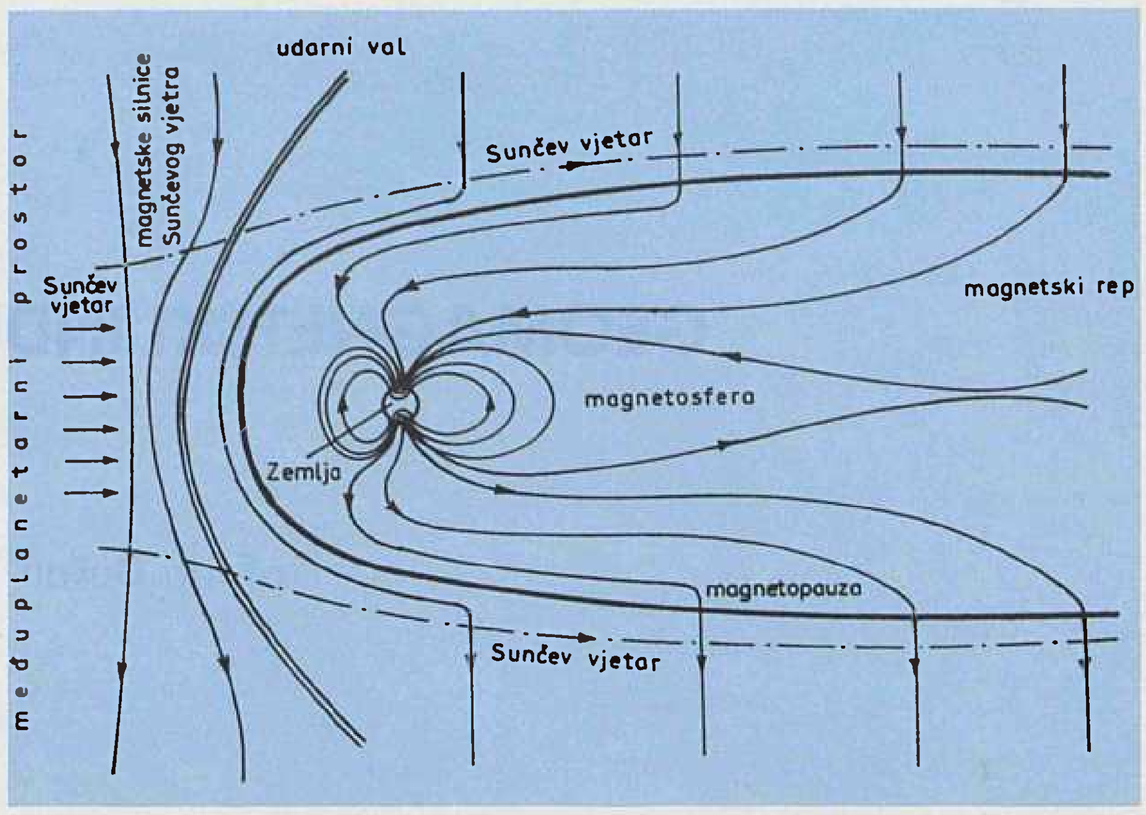
3. SUNCE I ZEMLJA

Sve aktivnosti Sunca i njihove posljedice za Zemlju, zbog složenosti, nisu posve teorijski razjašnjene. Posljednjih tridesetak godina informacije dobivene satelitima i drugim svemirskim sondama pridonijele su boljem, ali ne i potpunom razumijevanju nekih pojava. Zato ima još niz pojava koje nisu razjašnjene. Tako nije pojašnjen »fazni pomak« između maksimuma broja Sunčevih pjega i maksimuma geomagnetskih oluja na sl. 1.

3.1. Neke posljedice aktivnosti Sunca

Sunce neprestano isijava u međuplanetarni prostor plazmu. Tok tih čestica, nazvan *Sunčevim (solarnim) vjetrom*, giba se prema Zemlji brzinama 300 km/s do 700 km/s [4][6][7][8]. Kako je udaljenost Sunca od Zemlje 150×10^6 km, potrebno je 2 do 6 dana da Sunčev vjetar dosegne Zemlju. Tijekom pojačane Sunčeve aktivnosti, kada su bljeskovi i ostale pojave učestalije, prostorna gustoća čestica i njihova brzina se povećava. Osim toga, pojačava se elektromagnetsko zračenje vrlo širokoga frekvencijskog spektra, od reda veličine megaherca do ultravioletnih te mekih i tvrdih X-zraka. Ta zračenja dosegnu Zemlju otprilike 8 minuta nakon isijavanja. Zbog njihovih utjecaja na slojeve ionosfere, koje djeluju kao reflektori za radio-valove, mogu nastati ozbiljne poteškoće u radio-komunikacijama na Zemlji i sa satelitima. Registrirana su i oštećenja satelita Sunčevim vjetrom [9].

Snaga Sunčeva vjetra, u obliku udarnog vala, procjenjuje se na red veličine 10^7 MW [10]. Kad taj val dospije u Zemljino magnetsko polje, na Sunčevoj strani Zemlje nastaju vrlo složena međudjelovanja između nabijenih čestica, zemaljskog magnetskog polja i magnetskog polja Sunčeva vjetra, tzv. Sunčeva magnetskog polja [4][5][6][7][8][9]. Zemljine magnetske silnice potiskuju se na udaljenost približno 10 Zemljinih polumjera, a na noćnoj strani Zemlje, gdje se *magnetosfera* može slobodno širiti, nataje *magnetski rep* (magnetic tail) dug više od 1 000 Zemljinih polumjera. Magnetosfera poprima oblik kometa (sl. 2). Kako se električki nabijene čestice gibaju spiralno u smjeru magnetskog polja, one će najlakše doprijeti u niže dijelove atmosfere (ionosferu) u polarnim područjima, Čestice Sunčeva vjetra (ioni i elektroni) gibajući se uzduž granice magnetosfere (magnetopauza) otklanjaju se utjecajem magnetskog polja u dva suprotna smjera stvarajući struje [8]. Mehanizam nastajanja tih struja sličan je onome u magnetohidrodinamskom gneratoru [11].



Slika 2. Zemljina magnetosfera uz pojednostavljeni prikaz djelovanja magnetskih polja Sunčeva vjetra i Zemlje [7]

Kao rezultat svih tih međudjelovanja i sudara nabijenih čestica s molekulama zraka u nižim slojevima ionosfere, stvara se na visini između 100 i 300 km iznad polova Zemlje kružni tok električnih struja reda veličine 10^6 A u smjeru istok–zapad. Njihov je maksimum u području između 65° i 70° sjeverne zemljopisne širine [12]. Vidljivi znak njihova postojanja jest pojačana *polarna svjetlost* (aurora), koja pri većoj aktivnosti Sunca dopire mnogo južnije nego u normalnim uvjetima. Te aurorne struje vremenski su promjenljive, s periodom od 1 min do 100 min, a tipični je iznos 6 min [7]. Frekvencija im je, dakle, reda veličine miliherca.

3.2. Geomagnetski inducirana električka polja

Aurorne struje grubo se mogu modelirati horizontalnim linijskim strujama ili horizontalnim strujnim slojevima (current sheet) paralelnih sa Zemljinom površinom [2], odnosno kombinacijama jednih i drugih [13]. U tim se modelima Zemljina površina pretpostavlja ravnom polubeskonačnom plohom jednolike vodljivosti, izotropna, permeabilnosti jednakoj μ_0 i po dubini raspodijeljenu u slojeve različitih debljina i vodljivosti. Ne zalazeći u složena razmatranja takvih modela, koja se mogu naći u literaturi [13][14], spomenimo da su amplitude magnetskih i električnih polja funkcije amplitude, kružne frekvencije ω i visine h iznad tla aurornih struja, udaljenosti x od područja tih struja, te debljina i vodljivosti slojeva tla [14].

Promjenljive aurorne struje stvaraju magnetsko polje, a ono po Faradayevom zakonu električno polje na površini Zemlje, koje se može odrediti drugom Maxwellovom jednadžbom [13]. Djelovanjem električnog polja teku struje i nastaje *Zemljin površinski potencijal* (ZPP). Te su struje niske frekvencije pa se u usporedbi s mrežnom frekvencijom 50 Hz, mogu smatrati istosmjernima i zato se često nazivaju *kvaziistosmjernima* (quasi-DC).

Pretpostavimo područje na Zemlji okomito ispod sloja aurornih struja (x=0). Sloj aurornih struja može biti širok i nekoliko stotina kilometara. Neka aurorne struje, $I=10^5$ A i kružne frekvencije $\omega=0{,}017$ s^{-1} ($T=6$ min), budu na minimalnoj visini $h=100$ km. Pretpostavimo površinski sloj tla debljine 10 km i vodljivosti 0,02 S/m (debljine i vodljivosti ostalih slojeva ne navodimo). U tom je slučaju na površini tla magnetska indukcija $B=223$ nT, a njome stvorena jakost električnog polja $E=1{,}5$ V/km [14].

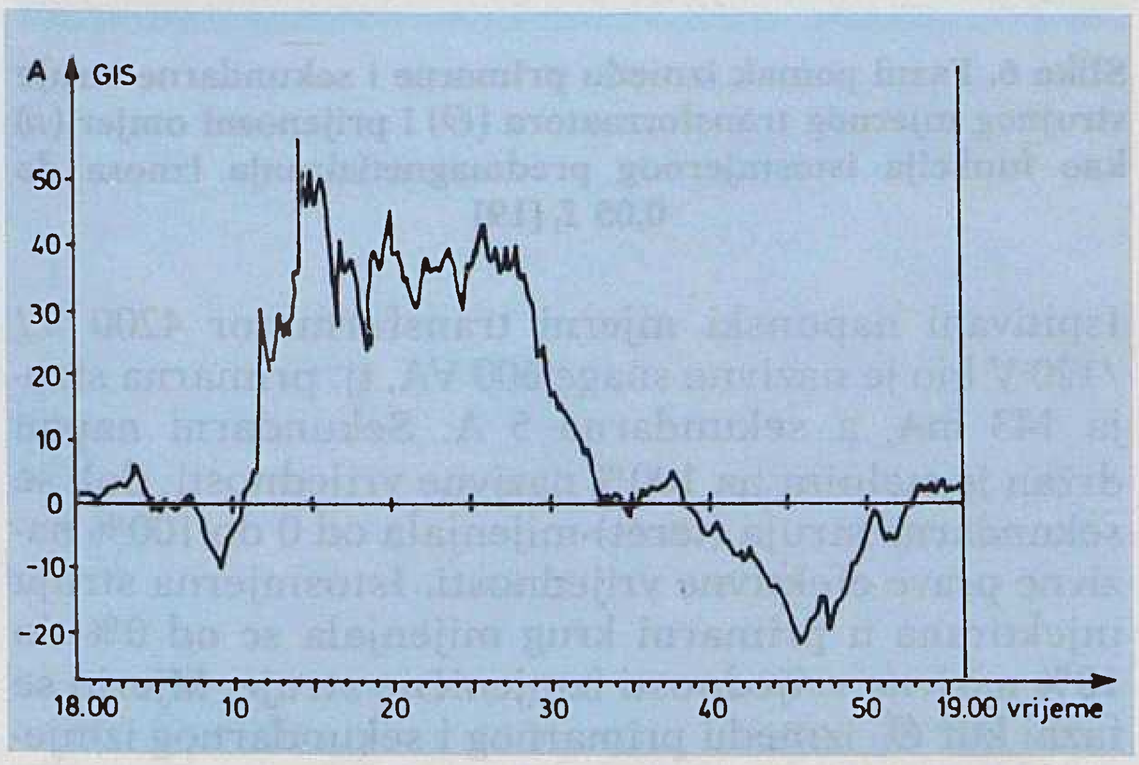
Smanjivanjem kružne frekvencije ili povećanjem vodljivosti tla smanjuje se jakost električnog polja. S povećanjem udaljenosti x od područja aurornih struja jakost električnog polja polako se smanjuje. Tako na udaljenosti $x=3h$ jakost električnog polja padne na polovinu one vrijednosti koju ima u $x=0$.

Tijekom jačih magnetskih oluja izmjerene su jakosti električnih polja i do 20 V/km [1].

Jakost lokalnih geomagnetskih aktivnosti vrednuju se dvjema ljestvicama. Jedna, označena slovom K i brojčanim vrijednostima od 0 do 9, daje srednju vrijednost aktivnosti tijekom tri sata. Druga, označena slovom A, ovisna o K, pokazuje srednju vrijednost tih aktivnosti tijekom 24 sata.

4. (GEO)MAGNETSKE OLUJE I ENERGETSKI SUSTAVI

Pod utjecajem električnog polja odnosno razlika ZPP, u petljama stvorenim od uzemljenih zvjezdišta transformatora i vodova koji ih povezuju teku GIS. Na sl. 3. prikazan je vremenski dijagram GIS-a izmjerene 1978. godine u Finskoj [13]. GIS su bitno veće u sustavima povezanim dugačkim vodovima s uzemljivačima u tlu male vodljivosti. Zbog toga su jaki utjecaji GIS-a već zabilježeni, a mogu se i nadalje očekivati u istočnom, sjeveroistočnom i krajnje zapadnom dijelu američkog kontinenta, Švedskoj i Finskoj, kao i u Japanu. U svim tim područjima tlo je male vodljivosti, najčešće vulkanskog podrijetla [1]. Iz prije navedenog proizlazi da se veća pozornost treba posvetiti utjecaju magnetskih oluja na energetske sustave nazivnog napona višim od 110 kV, jer su njihovi prijenosni vodovi veće duljine.

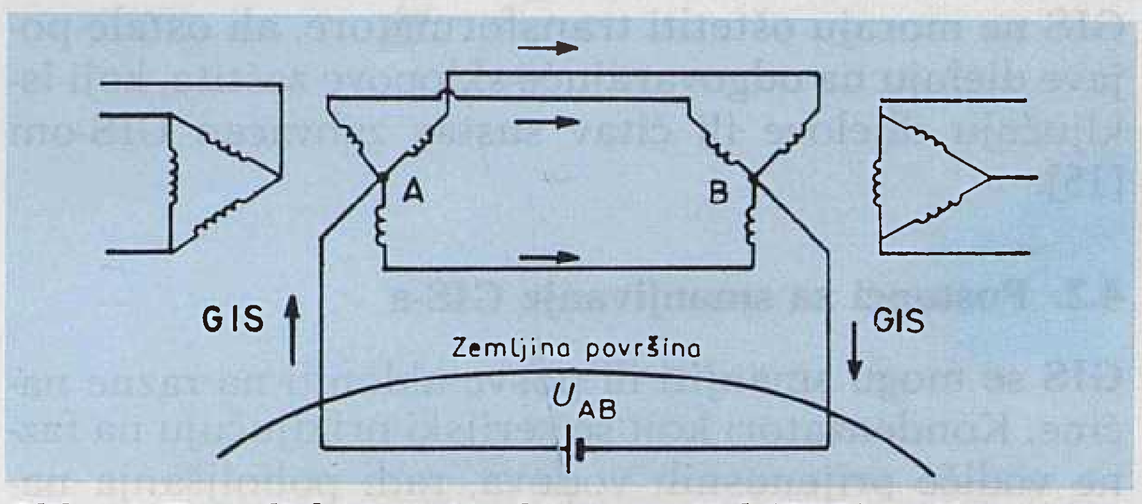


Slika 3. GIS registriran tijekom jednog sata 2. 6. 1978. [13]

GIS jače utječu na jednofazne transformatore, koji se u skupinama po tri koriste u trofaznim sustavima najčešće na sjeveroameričkom kontinentu, kao i na trofazne s peterostupnom jezgrom. Na trofazne transformatore s trostupnom jezgrom utjecaji su maleni [10][15].

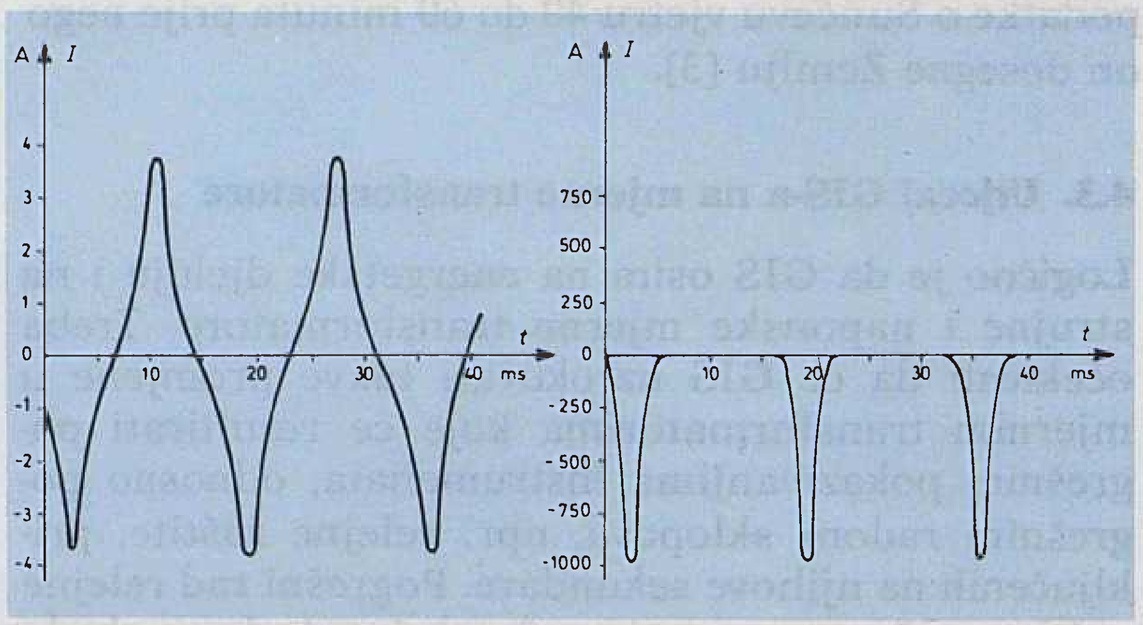
4.1. Djelovanje GIS-a

Razmotrimo djelovanje GIS-a na jednom jednostavnom modelu. Pretpostavimo da su dva transformatora A i B, s uzemljenim zvjezdištima, povezana dalekovodom velike duljine l (sl. 4) [14][16]. Razlika ZPP uzemljivača, može se prikazati istosmjernim naponskim izvorom napona $U_{AB}=E\,l$. Djelovanjem tog izvora GIS teče kroz uzemljivače ukupnog otpora R_U, namote obaju transformatora otpora R_{TA} i R_{TB} i paralelne vodiče dalekovoda otpora R_V. Prema tome je GIS I_Z ograničena ukupnim istosmjernim otporom $R=R_U+R_{TA}+R_{TB}+R_V$, pa se može napisati $I_Z=U_{AB}/R$. Uzmimo za primjer 400 kV dalekovod duljine 220 km u Finskoj, otpora $R_V=1{,}9\ \Omega$ i ukupnog otpora uzemljena približna 1,3 Ω [13]. Pretpostavimo li $E=1$V/km, GIS bi mogla doseći 60 A.



Slika 4. Zemaljski površinski potencijal (ZPP) i njime uzrokovana GIS-om između uzemljenih zvjezdišta transformatora A i B [16]

U zvjezdištima transformatora izmjerene su GIS iznosa i većih od 100 A [13], dok su prosječne struje magnetiziranja velikih energetskih transformatora nekoliko ampera (obično oko 1% nazivne struje). Zbog toga se transformatorska jezgra tijekom jednog poluvala zasićuje. Na sl. 5. prikazane su struje magnetiziranja jednofaznog autotransformatora 500 kV/230 kV bez i sa GIS-om iznosa 130 A. Podaci su dobiveni modeliranjem s pomoću računala. Takvim



Slika 5. Valni oblik struje magnetiziranja jednofaznog autotransformatora 60 Hz, 500 kV/230 kV, 240 MVA, a) bez GIS-a; b) s GIS-om efektivnog iznosa 130 A [18]

se nesimetričnim zasićenjem bitno povećavaju amplitude viših harmonika u naponu i struji, što se očituje višestruko povećanom čujnom bukom transformatora i znatnim povećanjem struja kroz kondenzatorske baterije za kompenzaciju. Potrebna jalova snaga transformatora povećava se za više desetaka puta, a s njome i gubici. Kako to djeluje i na generatore, nastaju promjene napona i frekvencije u mreži. Rasipni magnetski tokovi transformatora u zasićenju zatvaraju se preko konstruktivnih dijelova i kotla, pa se oni mogu jače zagrijati. Zbog toga nastupa degradacija izolacije koja se naslanja na te dijelove, kao i do pojave plina u ulju [15][16].

Valja spomenuti da se neki stručnjaci s dijelom takvih posljedica GIS-a ne slažu. Tako jedan od diskutanata u [11], na osnovi pokusa s neopterećenim trofaznim transformatorom snage 400 MVA napona 400 kV, kojem je u zvjezdište tijekom 10 minuta injektirana istosmjerna struja iznosa 100 A, tvrdi da su oštećenja transformatora manja od očekivanih. Međutim, ostale pojave (gubici, reaktivna snaga, izobličenje napona, buka itd.) vrlo su izražene. Slični rezultati polučeni su laboratorijskim pokusima s modelima — transformatorima 3 kVA, 120 V [17].

GIS ne moraju oštetiti transformatore, ali ostale pojave djeluju na odgovarajuće sklopove zaštite, koji isključuju dijelove ili čitav sustav zahvaćen GIS-om [15].

4.2. Postupci za smanjivanje GIS-a

GIS se mogu smanjiti ili posve ukloniti na razne načine. Kondenzatori koji se serijski priključuju na fazne vodiče prijenosnih vodova, radi poboljšanja naponskih prilika u vodu, sigurno blokiraju prijelaz GIS-a iz jednoga dijela sustava u drugi. Kondenzatori između svjezdišta transformatora i uzemljivača također blokiraju prodor GIS-a u sustav, a otpornici prikladnog iznosa otpora na istom mjestu bitno mogu smanjiti GIS [3][10][15]. Svaka od tih zaštitnih mjera ima dobre i loše strane.

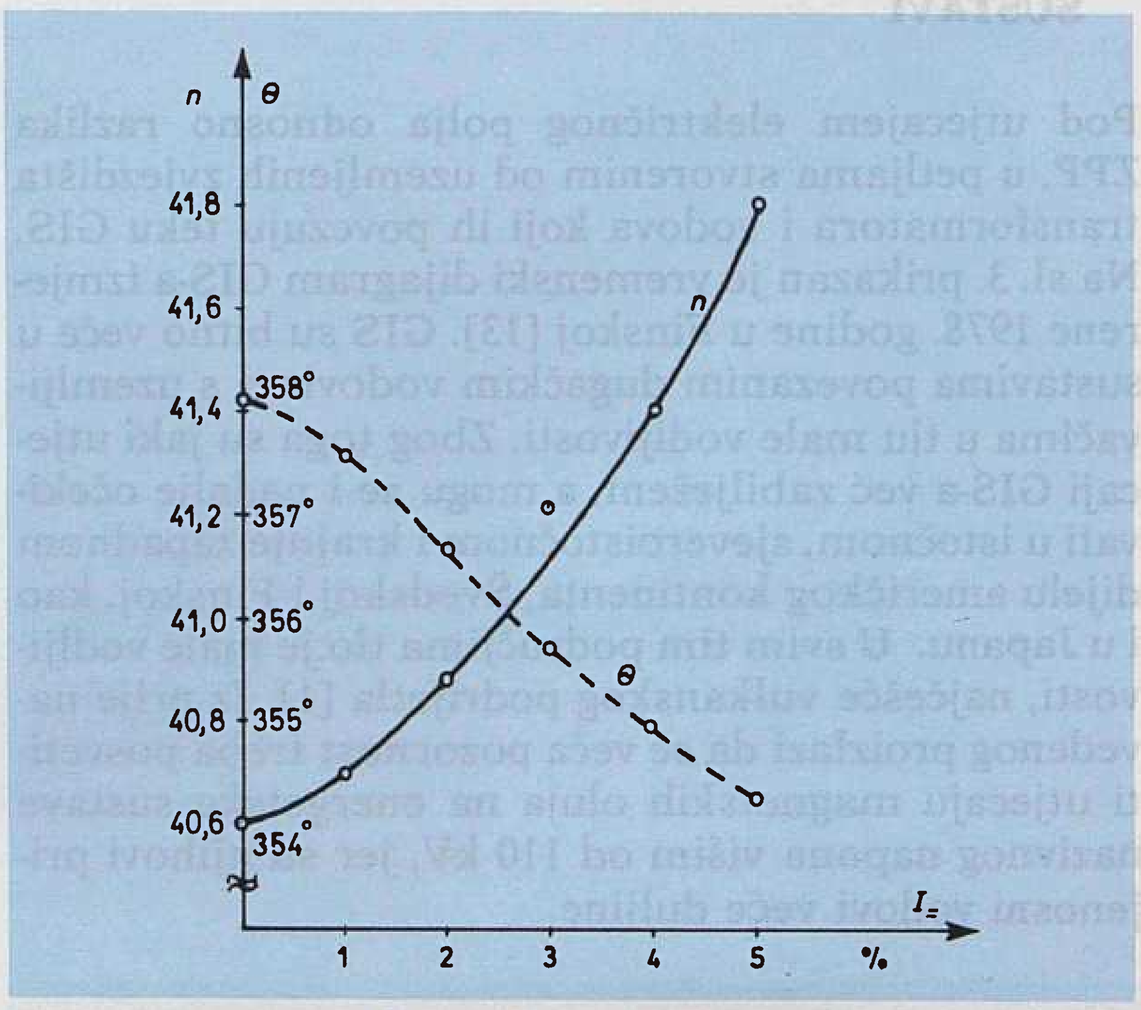
Bilo bi dobro znati kada se može pojaviti GIS. Prognoze pojave Sunčeva vjetra unaprijed za nekoliko dana imaju vrlo malu sigurnost [9], pa se ne mogu poduzeti pravodobne mjere za zaštitu energetskih i telekomunikacijskih prijenosnih sustava. Zato se, uz ostale mjere, planiraju posebni sateliti, koji će davati podatke o Sunčevu vjetru 40 do 60 minuta prije nego on dosegne Zemlju [3].

4.3. Utjecaj GIS-a na mjerne transformatore

Logično je da GIS osim na energetske djeluju i na strujne i naponske mjerne transformatore. Treba očekivati da će GIS uzrokovati takve promjene u mjernim transformatorima koje će rezultirati pogrešnim pokazivanjima instrumenata, odnosno pogrešnim radom sklopova, npr. relejne zaštite, priključenih na njihove sekundare. Pogrešni rad relejne zaštite može se svrstati u: a) otkrivanje kvara kada on ne postoji; b) izostanak otkrivanja kvara; c) izostanak pravovremenog otkrivanja kvara [18]. Zato se teorijskim razmatranjima i ispitivanjima na modelima mjernih transformatora s istosmjernim predmagnetiziranjem procjenjuju posljedice GIS-a na mjerne transformatore [18][19].

Velika istosmjerna komponenta struje pojavljuje se u strujnom mjernom transformatoru i pri asimetričnom kratkom spoju u mreži [20]. Te istosmjerne komponente mogu biti mnogo veće od očekivanih GIS-a, ali traju samo nekoliko perioda mrežnog napona, dok GIS može biti većeg iznosa tijekom nekoliko minuta [18].

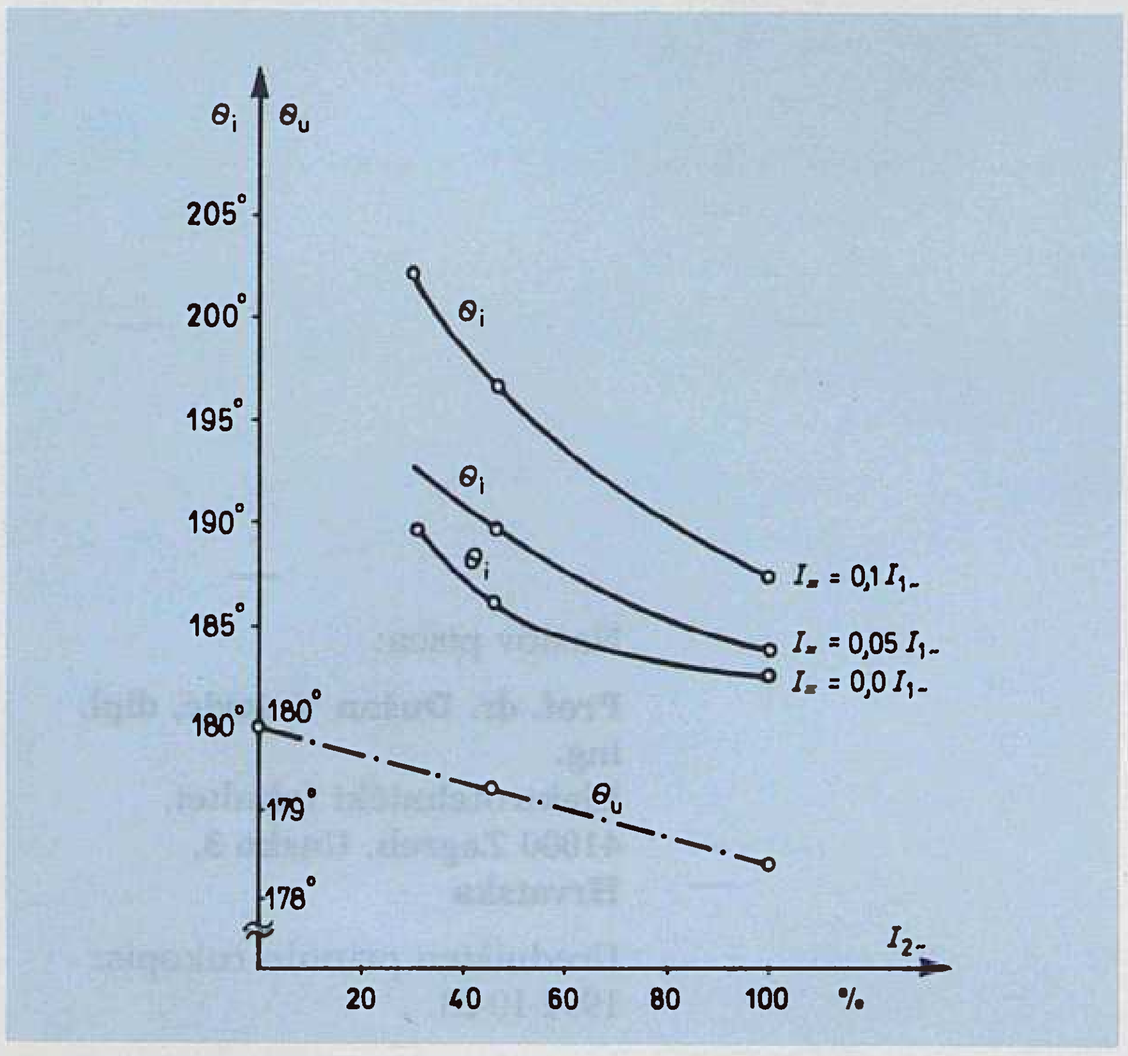
Ispitivanja posebno načinjenog strujnog i naponskog mjernog transformatora dalo je zanimljive rezultate [19]. Na strujni mjerni transformator 200 A/5A s dva primara priključeni su međusobno električki izolirani, izmjenični i istosmjerni izvor. Primarna izmjenična struja držana je stalnom, a po iznosu 28,5 A (14,3% nazivne). Vrijednost primarne istosmjerne struje ugođena je od 0 do 10 A (0% do 5% nazivne primarne struje), mjereći pri tome fazni pomak Θ između primarne i sekundarne izmjenične struje i prijenosni omjer n. Pri maksimalnom iznosu istosmjerne primarne struje fazni pomak promijenio se za 4°, a prijenosni omjer za 2,96% (od 40,6 na 41,8) (sl. 6). U sekundarnoj struji pojavili su se parni harmonici. Amplituda drugog harmonika dosiže amplitudu trećeg (oko 50% osnovnog), dok su amplitude ostalih parnih harmonika manje.



Slika 6. Fazni pomak između primarne i sekundarne struje strujnog mjernog transformatora (Θ) i prijenosni omjer (n) kao funkcija istosmjernog predmagnetiziranja iznosa do 0,05 I_1 [19]

Ispitivani naponski mjerni transformator 4200 V/ /120 V bio je nazivne snage 600 VA, tj. primarna struja 143 mA, a sekundarna 5 A. Sekundarni napon držan je stalnim na 100% nazivne vrijednosti, dok se sekundarna struja (teret) mijenjala od 0 do 100% nazivne prave efektivne vrijednosti. Istosmjerna struja injektirana u primarni krug mijenjala se od 0% do 10% nazivne vrijednosti izmjenične struje. Mjerio se fazni kut Θ_U između primarnog i sekundarnog izmjeničnog napona, fazni kut Θ_i između primarne i se-

kundarne izmjenične struje, prijenosni omjer, frekvencijski spektar primarne struje i sekundarnog napona. Pokazalo se je da fazni kut napona nije funkcija istosmjernog predmagnetiziranja. Fazni kut napona je funkcija vrijednosti sekundarne struje, tako da se pri promjeni sekundarne struje od 0% na 100% nazivne fazni kut sekundarnog napona prema primarnom promijenio za 1,6° (sl. 7). Fazni kut između primarne i sekundarne struje funkcija je kako istosmjernog predmagnetiziranja, tako i sekundarne struje (sl. 7). Varijcija faznog kuta, u tom slučaju, veća je u manjih sekundarnih struja. Prijenosni omjer nije bio ovisan o istosmjernom predmagnetiziranju, ali se mijenjao ovisno o sekundarnoj struji. Istosmjerno predmagnetiziranje izobličuje valni oblik sekundarnog napona i primarne struje, a pojavljuju se parni harmonici temeljne frekvencije, osobito u primarnoj struji.



Slika 7. Fazni pomak između primarnog i sekundarnog napona (Θ_U) i primarne i sekundarne struje (Θ_i) naponskog mjernog transformatora, kao funkcija sekundarne struje [19]

Ustanovljeno je [18] da su pogreške strujnih mjernih transformatora zbog GIS-a to manje što je prijenosni omjer veći i impedancija priključenog tereta manja.

5. MJERENJE GIS-a

U citiranoj literaturi malo je pozornosti pridano postupcima registriranja GIS-a. To bi moglo čitatelja navesti na pomisao da je to jednostavno. Međutim, to nije točno jer se u zvjezdištu trebaju registrirati relativno velike istosmjerne struje u prisutnosti izmjeničnih struja različitih vrijednosti. Najčešće se GIS registrira:

— analognim registracijskim instrumentom kao pad napona kojeg struje izazivaju na shuntu poznatog otpora u spoju zvjezdišta s uzemljivačem
— prikladnim dimenzioniranim pretvornikom s Hallovom sondom postavljenim oko voda koji povezuje zvezdište s uzemljivačem [11].

U načelu se istovremeno mjere i magnetska indukcija u tri smjera s pomoću prikladnih magnetometara, razlika ZPP pomoću dvije sonde ukopane u Zemlju [11], te čujna buka transformatora. Ti se podaci prikupljaju sustavima za prikupljanje podataka [21]. Pojedine mjerne točke, međusobno udaljene i na desetke kilometara, mogu biti međusobno povezane žičanim ili radijskim vezama.

6. ZAKLJUČAK

GIS u načelu mogu prouzročiti velike probleme u energetskim sustavima pojedinih područja sjeverne polukugle. Tvrdnja, spomenuta u uvodu, da na području Hrvatske GIS ne bi trebao biti zamjetnih iznosa, može se pouzdano dokazati samo mjerenjima. Međutim, mjerenja su vrlo složena i interdisciplinarna, pa su zato skupa. Možda bi se preciznim analizama kvarova u prijenosnim sustavima i usporedbom, tako dobivenih podataka, s podacima geofizičkih laboratorija o Sunčevom vjetru, mogli donijeti dovoljno pouzdani zaključci o eventualnom postojanju GIS-a u energetskim objektima na području Republike Hrvatske.

LITERATURA

[1] J. G. KAPPENMAN, V. D. ALBERTSON, »Bracing for the geomagnetic storms«, IEEE Spectrum, March 1990, str. 27 – 33.

[2] J. N. TOWLE, F. S. PRABHAKARA, J.Z. PONDER, »Geomagnetic Effects Modelling for the PJM Interconection System, Part I-Earth Surface Potentials Computation«, Trans. on Power Systems, Vol. 7, No. 3., August 1992, str. 949 – 953.

[3] J. G. KAPPENMAN, V.D. ALBERTSON, »Cycle 22: Geomagnetic Storm Threats to Power Systems Continue«, IEEE Power Eng. Review, September 1991, str. 3 – 5.

[4] SMITH G. ALEX: »Radio Exploration of the Sun«, D. Van Nostrand Company, Inc. 1967.

[5] H. W. NEWTON, »The face of the Sun«, A Pelican Books, 1958.

[6] V. VUJNOVIĆ, »Astronomija, 2. dio«, Školska knjiga, Zagreb, 1990, 3. poglavlje

[7] J. D. ASPNES, R.P. MERITT, B. D. SPELL, »Geomagnetic Disturbances and their Effect on Electric Power Systems«, IEEE Power Engin. Review, July 1989, str. 10 – 13.

[8] S. AKASOSU, »The Dynamic Aurora«, Scientific American, May 1989, str. 54 – 63.

[9] *** Solar Effects on Communications, IEEE Power Engin. Review, September 1991, str. 6 – 11.

[10] R. J. RINGLEE, J. R. STEWART, »Geomagnetic Effects on Power Systems«, IEEE Power Engin. Review, July 1989, str. 6 – 9.

[11] T. BOSANAC »Magnetohidrodinamski generatori«, Tehnička enciklopedija Leksikografskog zavoda »M. Krleža«, svezak 7.

[12] D. H. BOTELER, T. WATANABE, R. M. SHIER, R. E. HORITA, »Characteristics of Geomagnetically Induced Currents in the B. C. Hydro 500 kV System«, IEEE Trans. on Power Appar. and Syst. Vol. 101, No. 6, June 1982, str. 1447 – 1456.

[13] R. PIRJOLA, »On Currents Induced in Power Transmission Systems During Geomagnetic Variation«, IEEE Trans. on Power Appar. and Syst., Vol. 104, No. 10, October 1985. str. 2825 – 2831.

[14] V. D. ALBERTSON, J. A. VAN BAELEN, »Electric and Magnetic Fields at the Earth's Surface Due to Auroral Currents«, IEEE Trans. on Power Appar. and Syst., Vol. 89, No. 4, Aprila 1979. str. 578 – 584.

[15] V. D. ALBERTSON, J. M. THORSON, S. A. MISKE, »The Effects of Geomagnetic Storms on Electrical Power Systems« IEEE Trans. on Power Appar. and Syst., Vol. 93, No. 4, July/August 1974, str. 1031 – 1044.

[16] V. D. ALBERTSON, J. G. KAPPENMAN, N. MOHAN, G. A. SKARABAKKA, »Load-Flow Studies in the Presence of Geomagnetically-Induced Currents«, IEEE Trans. on Power Appar. and Syst., Vol. 100, No. 2, February 1981, str. 594 – 607.

[17] H. C. TAY, G. W. SWIFT, »On the Problem of Transformer Overheating Due to Geomagnetically Induced Currents«, IEEE Trans. on. Power Appar. and Syst. Vol. 104, January 1985, str. 212 – 219.

[18] J. K. KAPPENMAN, V. D. ALBERTSON, N. MOHAN, »Current Transformer and Relay Preformance in the Presence of Geomagnetically-Induced Currents«, IEEE Trans. on Power Appar. and Syst. Vol. 100, No. 3, March 1981, str. 1078 – 1088.

[19] J. D. ASPNES, R. P. MERITT, »Effect of DC Excitation on Instrument Transformers«, IEEE Trans. on Power Appar. and. Syst. Vol. 102, No. 11, November 1983, str. 3706 – 3712.

[20] V. BEGO, »Mjerni transformatori«, Školska knjiga, Zagreb, 1977.

[21] J. D. ASPNES, R. P. MERITT, B. D. SPELL, »Instrumentation System to Measure Geomagnetically Induced Currents Effects«, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 2. No. 4, October 1987. str. 1031 – 1036.

GEOMAGNETICALLY-INDUCED CURRENTS (GIC)

Large transient fluctuations in the earth's magnetic field are caused by solar flares or other solar phenomena. These geomagnetic field disturbances can produce quasi-dc geomagnetically induced currents (GIC) in electric power systems. GIC's in excess of 100 A cause half-cycle saturation in large power transformers resulting in increased transformer VAR requirements, system voltage and frequency fluctuations, generation of upper harmonic, protective relaying misoperation etc.

GEOMAGNETISCH INDUZIERTE STROME (GIS)

Die Sonnenaktivitäten, besonders die Blitze, sind die Ursachen grosser trasienter Veränderungen des magnetischen Foldes der Erde. Die Veränderungen im magnetischen Feld können im elektrischen energetischen System quasigleichströmige geomagnetische induzierte Ströme (GIS) verursachen. Diese Ströme, Werte, grösser als 100 A bringen grosse Transformatorkräfte in die Halbwellen — Sättigung. Die Folgen sind die Vergrösserung der notwendigen Blindleistung des Transformators, Variationen der Spannung und der Frequenz, das Generieren höherer Harmoniken, schlechte Arbeit des Relaisschutzes usw.

Naslov pisca:

Prof. dr. Dušan Vujević, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet,
41000 Zagreb, Unska 3,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-10-23.

PODMORSKI ENERGETSKI KABELI

Karlo Ožegović, Split

UDK 621.315.2
PREGLEDNI ČLANAK

Pretpostavlja se osnovno znanje o energetskim kabelima. U članku se opisuju osobitosti i podjela podmorskih energetskih kabela. Ukratko je dotaknuta proizvodnja podmorskih kabela, te projektiranje podmorskih kabelskih instalacija. Dotaknuto je ugovaranje, transport i polaganje kabela. Na kraju se opisuje pogon, održavanje i popravak podmorskih energetskih kabela.

Ključne riječi: podmorski kabel, konstrukcija, projektiranje, polaganje, popravak.

OSOBITOSTI I PODJELA PODMORSKIH KABELA

Karakteristična za podmorske kabele u usporedbi s podzemnima jest razmjerno jaka armatura od čeličnih pocinčanih žica (kod trofaznih kabela) ili od bronce (kod jednožilnih kabela) zbog vrtložnih struja i gubitaka u magnetskim materijalima. Armatura ima dvojaku funkciju. Pri polaganju preuzima vlačne sile na kabel, a nakon polaganja štiti kabel od mehaničkih oštećenja. Ako je riječ o kabelima koji se polažu na vrlo velike dubine (veliko vlačno naprezanje kod polaganja) ili ako se pretpostavlja povećana opasnost od mehaničkih oštećenja (sidrenje brodova, dubinski ribolov), kabeli se ovijaju dvoslojnom armaturom pri čemu je drugi sloj upreden u suprotnom smjeru od prvoga. Takvi kabeli ne podnose torziju pa se njima mora manipulirati na način koji ne izaziva torziju. To se postiže rotirajućim platformama kako u tvornici tako i na brodu za transport i polaganje.

Olovni plašt je također neizbježivi sloj podmorskih kabela radi postizanja potpune vodonepropusnosti. Nadalje se pretpostavlja solidna antikorozivna zaštita, većinom od impregnirane jute.

Podmorske kabele možemo s obzirom na napon podijeliti na dvije skupine. Prvu skupinu čine kabeli srednjeg napona 10, 20 i 35 kV, a drugu skupinu kabeli visokog nazivnog napona 110 kV i više. Razlika je u izvedbi izolacije.

Podmorski kabeli srednjeg napona klasične izvedbe izolirani su impregniranim papirom (maseni kabeli). Pri tome je važno da impregnacija papira bude »non drain« koja kod visinskih razlika neće teći duž kabela. Novija istraživanja potvrdila su podobnost suvremenijih izolacijskih materijala za podmorske kabele srednjeg napona. Svestrana ispitivanja i praktična iskustva potvrdila su da se s visokom pouzdanošću u pogonu s obzirom na životnu dob mogu primijeniti još i EPR (etilen-propilen rubber) te materijali na osnovi polietilena, bilo neumreženi (PE), umreženi (XLPE) ili kaolinom punjeni, pri čemu je ovaj zadnji pokazao razmjerno najbolje rezultate u laboratoriju. Pri izboru izolacije treba misliti i na specifičnosti pri izradbi spojnica.

Podmorski kabeli visokog napona (110 kV i više) danas se izvode, osim malobrojnih iznimaka, kao uljni kabeli. Niskoviskozno ulje cirkulira kod jednožilnih kabela centralnim kanalom u šupljem vodiču, a kod trožilnih kabela segmentima među žilama. Pritisak ulja zahtijeva poviše olovnog plašta protutlačnu bandažu. Ulje pod pritiskom popunjava sve eventualno nastale šupljine u slojevitoj papirnoj izolaciji i tako onemogućuje pojavu tinjavog izbijanja u izolaciji.

Pri temperaturnim promjenama pojavljuje se kod uljnih kabela višak odnosno manjak kabelskog ulja. Te viškove preuzima odnosno manjkove nadoknađuje sustav tzv. uljnih posuda na krajevima kabela. Osim »radnih« uljnih posuda, instalira se barem jedna rezervna uljna posuda na svakom kraju kabela koje su pod povišenim pritiskom ulja i iz kojih se može nadoknađivati eventualni manjak ulja u radnim posudama.

Daljnja podjela podmorskih kabela je na trožilne i jednožilne. Jednožilni kabeli (bez obzira na napon i izolaciju) moraju imati sve vanjske metalne omotače, uključujući armaturu od nemagnetskog materijala. Osim toga, jednožilni kabeli zahtijevaju tri trase polaganja na udaljenosti reda veličine 100 m, odnosno četiri trase ako se polaže i rezervna žila.

Radi cjelovitosti prikaza navodimo da se visokonaponski kabeli dijele još na izmjenične i istosmjerne. Istosmjerni kabeli uvijek se izvode kao jednožili, pri čemu vanjske metalne obloge mogu biti izvedene iz magnetskih materijala zbog nepostojanja vrtložnih struja. Radi minimalnih gubitaka u dielektriku istosmjerni kabeli se većinom izvode kao maseni sve do najviših napona, a rjeđe kao uljni.

PROIZVODNJA PODMORSKIH KABELA

Ovdje se neće potanko opisati proizvodnja kabela. Bit će istaknute samo neke značajke proizvodnje podmorskih kabela.

Podmorski kabeli su većinom značajne dužine, a moraju se polagati u jednom komadu. Ta činjenica postavlja određene zahtjeve na proizvodnju i transport kabela. Pri tome je najvažnije nalazi li se tvornica kabela u unutrašnjosti ili na obali mora.

Ako je tvornica u unutrašnjosti, duži kabeli će biti proizvedeni u dionicama čija dužna ovisi o tehnološkim mogućnostima tvornice (tvornička dužina) ili o mogućnostima kopnenog transporta (primjer bubnja, nosivost vagona). Pojedine dionice bit će transportirane i istovarene na pogodnoj operativnoj obali i tamo se spajati u potrebnu cjelinu. Spaja se tzv. elastičnim spojnicama koje ne ugrožavaju mehanički kontinuitet kabela, što je nužno za kontinuirano polaganje. Nakon spajanja dionica na obali provodi se električno ispitivanje cjelokupne dužine kabela. Potom se kabel ukrcava na plovni objekt kojim će se kabel položiti.

Ako je tvornica na obali mora, kabel se može proizvesti u jednoj dužini bez vidljivih spojnih mjesta, deponirati u cijeloj dužini na odgovarajuću platformu i zatim ukrcati na brod koji će obaviti transport i polaganje. Proizvodnja na obali manje je rizična za kabel.

PROJEKTIRANJE PODMORSKIH KABELA

Projektiranje podmorskih kabela rad je o kojem uvelike ovisi uspješnost i pogonska sigurnost kabelske instalacije. Opseg projekta ne ovisi o naponu kabela, dakle za sve kabele treba ga izraditi jednako savjesno. Projektiranje se obavlja u tri etape. Prva etapa je pretprojekt koji u osnovi predstavlja tender za traženje ponude. Druga etapa projekta izrađuje se nakon sklapanja ugovora s poznatim isporučiteljem kabela. Treća etapa projekta je prilagođenje izvedenom stanju.

Pretprojekt

U sklopu pretprojekta definira se trasa kabela i njegove ishodišne točke, te njegov priključak na postojeću mrežu kako po polaganju, tako i u definitivi. Treba utvrditi maksimalnu snagu kratkog spoja.

Treba snimiti profil dna i ispitati ima li na trasi grubih stjenovitih neravnina, brodskih i avionskih podrtina i drugih anomalija. Ako je potrebno, trasa se korigira. Treba ispitati sastav dna i maksimalnu temperaturu mora. Treba ispitati toplinsku vodljivost i druge značajke kopnenih dionica kabela. Budući da su uvjeti hlađenja kabela na kopnu lošiji od onih u moru, kopnene dionice će redovito imati veći presjek od dionice pod morem. Moguća je kombinacija da podzemni dio ima bakrene vodiče, a podmorski dio aluminijske.

Posebnu pozornost treba obratiti ulascima kabela s kopna u more. Poželjno je da to budu zaštićene uvalice. Ta mjesta treba detaljno premjeriti i izraditi detaljne nacrte. Razumije se da treba utvrditi i sastav dna i moguće podvodne stijene, bilo pokretne, bilo nepokretne.

Za podvodne i mjerne radove projektant će vjerojatno morati angažirati kooperante osposobljene za te poslove. Za istraživanja u plitkom moru trebat će angažirati i ronioce.

U pretpojektu se ne određuje tip i presjek kabela jer će to na osnovi podataka iz pretpojekta (tendera) preporučiti ponuđači kabela, vjerojatno u alternativama.

Natječaj i ugovaranje

Zlatno pravilo pri izvođenju podmorskih kabelskih instalacija jest zatjev u dobavnim uvjetima da se kabel preda investitoru po sistemu ključ u ruke, tj. da ugovor obuhvati izradu, transport, polaganje, montažu završetaka i završno ispitivanje kabela nakon polaganja. Samo tako se postižu čisti garantni uvjeti, što je vrlo važno nastanu li kvarovi greškom isporučioca tijekom trajanja garantnog roka.

Većina ponuđača moći će predložiti kod njih uobičajenu izvedbu i konstrukciju na mjestu završetaka kabela. Također će moći predložiti način priobalne zaštite kabela.

Ponuda će sadržavati i način ispitivanja kabela tijekom proizvodnje, nakon proizvodnje i nakon polaganja.

Sadržavat će i rokove.

Nakon primitka ponuda vjerojatno će se pokazati potreba da investitor u prisutnosti glavnog projektanta razjasni nejasna mjesta u ponudi.

Nakon razjašnjenja svih nejasnoća investitor pristupa izboru isporučioca, poštujući i reference o već izvedenim sličnim instalacijama. I način plaćanja će utjecati na izbor.

Nakon izbora isporučioca sklapa se ugovor koji sadrži sve međusobne obveze, kao i konačni izbor tipa kabela.

Glavni projekt

Nakon sklapanja ugovora pretprojekt se može dopuniti dijelovima na temelju novih spoznaja. To su tip kabela i njegovi parametri, točna dužina kabela za instaliranje, eventualna rezervna dužina kabela i njezino pohranjivanje, projekt priobalne zaštite, projekt konstrukcije koja nosi kabelske završetke i cijeloga krajnjeg postrojenja.

Potrebno je analizirati sklopne i atmosferske prenapone. Na osnovi te analize određuju se parametri uzemljenja i projekt uzemljivača krajnjih postrojenja. Jednako tako dolazi do izbora odvodnika prenapona, pri čemu se preporučuju cink-oksidni odvodnici. Projektom se predviđa njihov položaj u krajnjem postrojenju te način postavljanja i priključivanja.

Konačni projekt kabela

Konačni projekt dobiva se dopunom glavnog projekta kojom se konstatira izvedeno stanje, a koje se može razlikovati od projektiranoga, stvarna trasa položenog kabela, položaj eventualnih spojnica. Prilažu se atesti o utrošenom materijalu i protokoli o ispitivanju.

Trasa kabela prijavljuje se pomorskim vlastima radi unošenja u pomorske karte.

POLAGANJE PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA

Optimalno je da se plovnim objektom koji će kabel polagati on i transportira.

Plovni objekt za polaganje kabela može biti bez vlastita pogona. U tom slučaju je potrebna asistencija najmanje dvaju remorkera dovoljne snage. I ako brod polagač raspolaže vlastitim pogonom, često se tijekom polaganja također rabe još i remorkeri.

Brod polagač mora biti opremljen strojem za kočenje pri spuštanju kabela na morsko dno. Mogu se koristiti dva tipa stroja. Jedan tip je tzv. kapstan, koji se sastoji od kotača oko kojeg se kabel omotava dva puta i tako postiže dovoljno trenje između kotača i kabela. Promjer kotača ne smije biti manji od najmanje dopuštenog promjera svijanja kabela uključujući elastične spojnice. Drugi tip stroja za polaganje je tzv. caterpillar, gusjeničar, gdje se trenje s kabelom postiže pomoću dviju gusjenica koje pritiskuju na kabel. Budući da je pritisak na kabel ograničen, dovoljno trenje se postiže dužinom gusjenica. Pri korištenju ovog stroja kabel se propušta linearno, tj. on se ne savija.

Oba tipa strojeva mogu imati hidraulični, električni ili pneumatski pogon. Najčešći je hidraulički. Stroj za polaganje svakako mora biti energetski autonoman, pri čemu je izvor energije dizel pogon.

Sam proces polaganja ima tri faze. Prva faza je izvlačenje kabela na kopno na početnoj točki u potrebnoj dužini. Budući da brod zbog gaza ne može prići sasvim blizu obale, početak kabela polaže se na dvojne plutajuće zrakom punjene jastuke i tako se kabel pomoću motornog vitla ili ljudskom snagom izvlači na kopno do krajnjeg postrojenja i pri tome polaže u pripremljen kabelski rov s pješčanom posteljicom, kako je to uobičajeno za podzemne kabele.

Kad je kabel izvučen do krajnjeg postrojenja, ispušta se zrak iz plutajućih jastuka, i to jedan po jedan počevši od kopna. Tako se kabel koji je do tada plutao postupno spušta na dno uz asistenciju ronilaca koji se brinu da kabel legne u utor prije pripremljene priobalne zaštite. Kasnije se stavljaju gornji pokrovi zaštite.

Kad je završena prva faza polaganja, tj. izvlačenje kraja kabela na kopno u početnoj točki kabel se počinje polagati u trasi između otoka, odnosno između kopna i otoka. Ako se kabel polaže »po pramcu« (to znači da brod polagač pri polaganju plovi unaprijed), potreban je pri početku polaganja okret broda za nekih 180°, što je delikatna operacija. Ako se kabel polaže »po krmi« (to znači da brod polagač pri polaganju plovi unatrag), nije potreban okret broda. Koji će se način polaganja primijeniti, odlučuje rukovoditelj polaganja. Oba načina su uglavnom ravnopravna.

Tijekom polaganja u trasi treba osigurati poštivanje projektirane trase. To se postiže vođenjem broda polagača. Za vedra dana moguće je vođenje broda mrežom od najmanje četiri teodolitske posade, po dvije na svakoj kopnenoj strani, a koje su radio-vezom povezane s brodom. Za kontrolu mogu služiti i vidljive geodetske oznake na kopnu kojima je određen pravac polaganja. U novije vrijeme dobro opremljeni brodovi polagači osiguravaju kretanje točno po trasi pomoću više sustava satelitske navigacije, pri čemu je moguće polaganje noću. Odstupanja od zadane trase reda su veličine 1 m.

Bez obzira na način vođenja broda ostvarena se trasa ucrtava u precizne karte radi lakšeg pronalaženja kabela pri kvaru. Ako je vođenje broda satelitsko, može se trasa ucrtavati on line na ploteru računala. Nadomak drugoj obali brod se pouzdano sidri pomoću više sidara ili veže za obale uvale s više vezova kako bi se osigurala njegova nepomičnost. Počinje operacija izvlačenja kabela, po potrebi opet na zračnim jastucima. Nakon mjerenja dužine potrebne da se dosegne krajnje postrojenje, kabel se reže i zaptiva sve do izradbe kabelskih završetaka.

Ako je posrijedi uljni kabel, treba obratiti pozornost da on pri transportu i polaganju trajno bude pod odgovarajućim pritiskom. To se postiže uljnim posudama pod pritiskom trajno priključenim na uljni sustav kabela. Pri rezanju uljnog kabela potrebno je njegovo zaptivanje. To se postiže hlađenjem dijela kabela dužine reda 1 m pomoću tekućeg dušika, pri čemu se ulje skruti i taj uljni čep ne dopušta cirkulaciju tekućeg ulja.

Nakon polaganja izrađuju se kabelski završeci, što je posao specijalista. Kod uljnih kabela regulira se pritisak ulja na projektiranu veličinu.

Kad su svi poslovi na instalaciji kabela završeni, obavlja se električko ispitivanje kabela bilo nazivnim izmjeničnim naponom iz mreže, ako je raspoloživ, ili povišenim istosmjernim naponom iz autonomnog izvora. Tim ispitivanjem potvrđuje se da je cijeli posao uspješno obavljen. Počinje treći garantni rok i slijedi primopredaja kabela investitoru na uporabu.

Krajnje točke na obali još se obilježavaju znakovima zabrane sidrenja.

UKOPAVANJE PODMORSKIH KABELA U MORSKO DNO

Na trasama koje su izložene povećanom riziku od mehaničkog oštećenja (sidrenje, kočarenje) kabeli se mogu ukopati u morsko dno. Kopanje rova dubine nekih 120 cm na morskom dnu moguće je pomoću daljinski upravljanih podvodnih strojeva koji su prvi put izrađeni 1985. g. u povodu polaganja podmorske interkonekcije IFA 2 000 (istosmjerna veza Francus-

ka – Engleska preko kanala La Mancha, dužina trase 72 km, nazivna snaga 2 000 MW). Svih osam kabela ukopano je u morsko dno, čak i u stjenovito dno na domaku Engleske. Naknadno su u morsko dno ukopani i neki kabeli između grčkih otoka. U našem podmorju dolazi u obzir ukopavanje budućeg kabela Kaštela – Split preko Kaštelanskog zaljeva zbog tamošnje luke i brodogradilišta.
Treba ocijeniti je li potrebno ukopavati kabel na cijeloj trasi ili samo na rizičnom dijelu trase.

POGON PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA

Pregrijavanje kabela skraćuje njegovu životnu dob, pa u pogonu treba spriječiti opterećenje kabela iznad nazivnog, kao uostalom i kod podzemnih kabela. Dopuštena su kratkotrajna preopterećenja uz uvjet da je kabel prije toga bio slabo ili nikako opterećen. Kabel se najviše zagrijava pri pojavi kratkog spoja, pa treba ugraditi dovoljno brzu zaštitu.
Kod uljnih kabela nadzire se pritisak ulja, u najjednostavnijem slučaju pomoću kontaktnog manometra koji javlja pad pritiska ulja na kritičnu vrijednost, nakon čega slijedi intervencija. Ponegdje se uvodi kontinuirana analogna kontrola pritiska putem mjernih pretvarača. Signal kontaktnog manometra i podatak mjernog pretvarača prenosi se daljinski u najbližu stanicu sa stalnom posadom ili u CDU.

ODRŽAVANJE PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA

Održavanje podmorskih energetskih kabela svodi se na povremenu vizualnu kontrolu vidljivih dijelova instalacije, a to su kabelski završeci. Kontrolira se stanje zaštite protiv korozije i po potrebi se obnavlja. Zatim se gleda ima li curenja kabelske mase ili kabelskog ulja, pa se takva mjesta saniraju.

POPRAVAK PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA

Kvar podmorskog kabela iskazuje se njegovim ispadom djelovanjem zaštite. Uzrok kvara može biti električki (proboj na slabom mjestu izolacije, prenapon) ili mehanički (sidrenje, dubinski ribolov). Kvar uljnih kabela povezan je padom pritiska ulja zbog istjecanja na mjestu kvara, ponajprije kod mehaničkih kvarova, koji ne moraju obvezatno dovesti do ispada.
Kad je utvrđen kvar uljnog kabela, nužno je provesti prvu preventivu koja se sastoji od ubacivanja svježeg čistog i degaziranog ulja u uljni sustav kako bi se nadoknadio gubitak ulja i održavao minimalni pritisak. Tako se onemogućuje prodor morske vode u kabel.
Odmah nakon što se ustanovi kvar na kabelu pristupa se lociranju mjesta kvara. Pri tome se koriste iste metode kao u podzemnih kabela. Dodatno se kod uljnih kabela može primijeniti hidraulički postupak mjerenjem gradijenta pada pritiska na oba kraja kabela. Osim toga se približno na mjestu kvara pojavljuje masna mrlja, što se može ustanoviti izviđanjem iz aviona.
Plovni objekt pripremljen za popravak kabela jednako je opremljen kao brod za polaganje.
Moguća su dva pristupa mjestu kvara. Ako je kvar ustanovljen razmjerno blizu obale, kabel se od obale bliže kvaru podiže počevši od obale na brod sve do mjesta kvara. Na mjestu kvara brod se čvrsto sidri, a kabel reže. Treba ustanoviti koliko je duboko prodrla morska voda u kabel i ti se dijelovi odbacuju. Izrađuje se elastična spojnica kojom se spajaju krajevi »zdravog« kabela i zatim kabel polaže natrag po istoj trasi na početnu točku. Budući da će manjkati dužine kabela za odbačeni dio, umetnut će se odgovarajuća dužina rezervnog kabela uz izradu dviju spojnica. Ako se žele izbjeći složeni podvodni radovi, ova se metoda može primijeniti i za sanaciju kvarova koji su razmjerno daleko od obale.
Ako je ustanovljeni kvar daleko od obale (u pojasu bliskom sredini trase), primjenjuje se druga metoda. Kabel se na mjestu kvara reže pod morem. To se može obaviti uz asistenciju ronilaca, a na većim dubinama koje nisu pristupačne roniocima pomoću specijalnih daljinski upravljanih naprava. Ako je riječ o uljnom kabelu, nužno je još desno i lijevo od mjesta kvara obaviti stiskanje kabela kako bi se spriječilo intenzivnije istjecanje ulja. Pri tome se gubitak ulja stalno nadoknađuje u krajnjim kabelskim postrojenjima. Jedan kraj odrezanog kabela izvlači se na brod koji se čvrsto sidri. Na brodu se odbacuje dio kabela koji je oštećen ili u koji je prodrla morska voda i zatim izrađuje elastična spojnica s rezervnom dužinom kabela koja se unaprijed nalazi na brodu. Zatim se brod pomiče u smjeru drugoga odrezanog kraja kabela i pri tome polaže u more dio rezervnog kabela. Pošto je izvučen drugi kraj kabela na brod, odbacuje se neispravni dio kabela, te se drugom elastičnom spojnicom spaja s rezervnim kabelom. Zatim se kabel s rezervnim umetkom spušta na morsko dno, pri čemu se pojavljuje stanovita devijacija trase kabela, jer je sada kabel duži približno za dužinu umetnutoga rezervnog kabela.

LITERATURA

[1] M. i K. OŽEGOVIĆ, »Električne mreže I«, skripta
[2] K. OŽEGOVIĆ, »Popravak podmorskih elektroenergetskih kabela«, CIGRE, Simpozij o energetskim kabelima
[3] K. OŽEGOVIĆ, »Program MORKAB«, CIGRE, XI. simpozij o energetskim kabelima

SUBMARINE ENERGY CABLES

Basic knowlege on energy cables is foreseen. The paper describes the characteristics and division of submarine energy cables. The production of submarine cables and the design of submarine cable installations is briefly presented. Contracting, transportation and laying of cables is also given. Finally, operation maintenance and repair of energy cables is described.

UNTERWASSER — ENERGETISCHE KABEL

Man setz die Grundkenntnisse über Energiekabel voraus. Im Artikel werden die Besonderheiten und die Einteilung der Unterwasser — energetischer Kabel beschrieben. In Kürze wurde die Herstellung der Unterwasser — Kabel angeschnitten, sowie das Projektieren der Unterwasser — Kabel Installationen. Man spricht über die Verträge, den Transport und das Kabellegen. Am Ende wird der Betrieb, die Wartung und Reparatur der Unterwasser — energetischer Kabel beschrieben.

Naslov pisca:

Karlo Ožegović, dipl. ing.
58 000 Split, Istarska 2c
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992 – 12 – 3.

OBNOVA RAFINERIJE SISAK

Potkraj ožujka 1992. godine potpisani su ugovori s INA-Inžinjeringom Zagreb o pružanju inženjerskih usluga za provedbu programa obnove ratom uništenih i oštećenih objekata Rafinerije nafte Sisak.
Nakon potpisivanja ugovora potkraj listopada prošle godine otpočela je realizacija preuzetih ugovorenih obveza. Najprije je počela demontaža šest razorenih spremnika.
Taj posao obavljaju radnici »Đure Đaković« iz Slavonskog Broda i zagrebačko poduzeće »Enikon« po točno utvrđenim planovima i prioritetima koje je utvrdila proizvodnja.
U skladu s ugovorom »Đuro đaković« je zadužen za demontažu i izgradnju četiriju, a »Enikon« za montažu dvaju spremnika. Ali »Enikon« mora u utvrđenim rokovima dostaviti osnovni materijal te montažne elemente za svih šest spremnika. Glede ostalih dvaju spremnika, za čiju je montažu zadužen »Enikon«, oba su demontirana (radi se o dvonamjenskom i benzinskom spremniku), a završena je i sanacija temelja. U tijeku su aktivnosti na postavljanju privremenih električnih priključaka. Od građevinskih radova izvodi se cijevni kanal te betoniranje nosača budućih cjevovoda. Ti poslovi povjereni su građevnom poduzeću »Vijadukt«. Ako se nastavi rad današnjim tempom, glavni radovi obnove Rafinerije nafte u Sisku bit će završeni potkraj 1993. godine.

I. R.

ODBOR ZA PROSTORNO UREĐENJE

Hrvatski sabor donio je odluku o osnivanju Odbora za prostorno uređenje i zaštitu okoliša. Na čelu odbora je dr. Goran Granić, sabornik. Predsjedništvo je donijelo u siječnju 1993. godine odluku o osnivanju i sedam radnih grupa. Njihova zadaća je proučavanje zakonske regulative iz djelokruga rada tog Odbora te davanje prijedloga za rješavanje pojedinih problema. Radne grupe izvješćuju Odbor o svojim stajalištima. U radne grupe imenovani su znanstveni, stručni i javni djelatnici. Radne grupe su:

— Radna grupa za opće aspekte zaštite okoliša
— Radna grupa za prostorno uređenje
— Radna grupa za zaštitu tla i šuma
— Radna grupa za zaštitu mora i voda
— Radna grupa za zaštitu zraka
— Radna grupa za prirodnu baštinu i
— Radna grupa za zbrinjavanje otpada.

I. R.

SURADNJA INA-e S ALBANSKIM PODUZEĆIMA

Početkom ožujka ove godine u Zagrebu je službeno boravila delegacija gospodarskih organizacija Republike Albanije. Tom prilikom predstavnici naftnih organizacija razgovarali su s INA-om o zajedničkoj suradnji.
Suradnja bi se odnosila na istraživanja i proizvodnju ugljikovodika. INA će vjerojatno već ove godine, nakon procjene geofizičkih i seizmičkih podataka, ući u završnu fazu pregovora o istraživanju ugljikovodika s albanskom nacionalnom tvrtkom »Albpetrol«. U tijeku su i razgovori o pružanju inženjerskih i tehničko-tehnoloških usluga u primjeni sekundarnih metoda u proizvodnji nafte. Albanija, naime, iz godine u godinu bilježi drastičan pad njezine proizvodnje.
U završnoj fazi su i pregovori o izgradnji baze u Draču za opskrbu platforma inozemnim kompanijama koje imaju koncesije za istraživanje ugljikovodika u jadranskom podmorju ispred albanske obale. Baza bi trebala opskrbljavati platforme svim potrebnim materijalima, kao čelikom, pijeskom, gorivom i dr. Ona bi ujedno bila i prvom karikom u opskrbi naftnim derivatima INA-inih benzinskih postaja u Albaniji i transportu derivata za potrebe makedonskog tržišta.
Zajednički interes postoji i u izgradnji plinovoda iz Makedonije prema Albaniji te benzinskih crpki.
Albanija je zainteresirana također za suradnju glede dogradnje svojih rafinerija i drugih naftno-petrokemijskih postrojenja.

I. R.

REMONT HE VINODOL

Remont HE Vinodol u 1993. otpočeo bi 1. kolovoza, a trajao bi do 15. kolovoza. Za vrijeme remonta hidroelektrana će biti izvan pogona, a radovi će obuhvatiti: remont agregata (remont naponskih regulatora, pregled ploče komande i remont uljne instalacije ležajeva agregata), udešavanje svih turbinskih regulatora, remont rashladnih sustava, uobičajenu sanaciju dovodnih kanala i pregled AKZ tlačnog cjevovoda.
Za vrijeme od 1. kolovoza do 15. kolovoza zamijenit će se ležajevi na agregatima 1 i 3 i turbinska kola na agregatima.

I. R.

ISTRAŽIVANJA NAFTE NA PODRUČJU DINARIDA

Zagrebačka INA i američka tvrtka »Amoco« potpisali su memorandum suglasnosti koji sadrži osnovne uvjete budućeg ugovora o istraživanju nafte i podjeli proizvodnje za područje hrvatskoga dijela Dinarida.
Američka tvrtka »Amoco« odlučila je pristupiti tom projektu uz obvezu da snosi sva daljnja ulaganja u istraživanja. Vrijednost minimalnoga ugovorenog programa radova jest približno 27 milijuna dolara, ali se do otkrića rezervi mogu očekivati ulaganja i do 50 milijuna dolara. Istraživanja će trajati šest godina, a vrijeme obuhvaćeno ugovorom su 32 godine.
Nakon potpisivanja memoranduma pred našim i američkim partnerima je izrada konačnog ugovora te procedura kod nadležnih organa države. Predviđa se da će ugovor ratificirati Vlada Republike Hrvatske do kraja lipnja 1993. godine. Radovi bi trebali početi najkasnije tri mjeseca nakon stupanja ugovora na snagu.

I. R.

GRADNJA ENERGETSKIH OBJEKATA U TURSKOJ

Stručnjaci tvornice »Končar« Zagreb pustili su nedavno u pogon prva dva od četiri agregata jedinične snage 30 MW hidroelektrane Menzelet u Turskoj. Zagrebačka tvrtka je isporučila i kompletnu elektroenergetsku opremu i sustav za upravljanje tom elektranom. Turbinsko postrojenje proizveo je slovenski »Litostroj«. Ukupna vrijednost »Končareva« dijela posla pri gradnji te hidroelektrane veća je od šest milijuna dolara. »Končar« je svoj dio posla obavio u ugovorenom roku.
Tijekom veljače ove godine puštena je u pogon brana u Turskoj. U Turskoj se gradi niz brana u kojima će biti angažirana i naša poduzeća. Ponuđeno je da Hrvatska zajedno s Turskom sudjeluje u gradnji sličnih brana na Srednjem istoku i u južnim državama bivšeg SSSR-a.

I. R.

OBNOVA ENERGETSKIH OBJEKATA

Nakon ratnih razaranja i okupacije jednoga dijela Hrvatske teško su oštećeni mnogi energetski objekti. Najveće štete razaranja trpe objekti u Dalmaciji i istočnoj Slavoniji. Izrađen je program obnove pojedinih energetskih objekata i Hrvatska elektroprivreda radi na obnovi pojedinih objekata.
Rješenje za zadarsko područje je tzv. otočna veza, kao zamjena za dalekovod koji je na okupiranom ličkom području. Gradnja te veze, preko Krka, Raba i Paga do Zadra, već je počela, no treba riješiti još najvažnije: nabavu i financiranje podvodnih kabela. Uz dobro ugovaranje i financiranje gradnja može biti završena tek potkraj 1993. Tada će se osigurati normalna opskrba strujom samo zadarskog područja. Vrijednost gradnje veze procjenjuje se na približno 27,5 milijuna dolara.
Dalekovodi koji su povezivali istočnu Slavoniju s izvorima u Srbiji i Bosni i Hercegovini u ratu su potpuno prekinuti, a razaranje i okupacija trafostanice Ernestinovo gotovo je sasvim onemogućila opskrbu električnom energijom milijun stanovnika istočne Slavonije. Privremeno su problemi riješeni tzv. provizorijima. Za gradnju trafo-stanice koja bi djelomično zamijenila Ernestinovo rješenje se traži u kreditu iz Njemačke, a pregovori su u tijeku.

Saniranje elektrana i prijenosne mreže

Najveća ulaganja trebat će se osigurati za obnovu oštećenih termoelektrana i hidroelektrana.
Termoelektrana-toplana u Osijeku, prema procjeni, pretrpjela je štetu u iznosu 37 milijuna dolara. Ipak, PTE Toplana radi, pa je i za rata sudjelovala u opskrbi Osijeka. Za termoelektranu u Sisku procijenjeno je da šteta iznosi 6,5 milijuna dolara. Za Peruču još nema podataka, ali se predviđa da je za revitalizaciju potrebno 30 milijuna dolara. HE Dubrovnik je pretrpjela štetu od četiri milijuna dolara. Tome treba dodati 17,5 milijuna dolara nužnih za revitalizaciju.
Ekipe Hrvatske elektroprivrede popravljaju dubrovačku hidroelektranu i sredinom ove godine ona bi mogla ući u proizvodnju.
HE Senj nije mnogo oštećena, ali za revitalizaciju ipak treba sedam milijuna dolara.
Velike su štete i na dalekovodima. Na 400-kilovoltnim dalekovodima sedam milijuna dolara, na 220-kilovoltnim dalekovodima četiri milijuna dolara, na 110-kilovoltnim pak 8,5 milijuna dolara. Znatno su oštećene i trafo-stanice, pa su štete na trafo-stanici Konjsko kod Splita procijenjene na 6,5 milijuna dolara, trafo-stanica Komolac kod Dubrovnika potpuno je razrušena i šteta je iznosila približno 4,5 milijuna dolara. Velike su štete i na TS Vukovar, Vinkovci, Beli Manastir, Nijemci i Otočac.
Šteta na telekomunikacijskim uređajima je 10 milijuna dolara.

I. R.

POTROŠNJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U 1992.

Prema Elektroenergetskoj bilanci Hrvatske, u 1992. godini su ostvareni ovi rezultati:
Plan ukupne potrošnje — u razdoblju siječanj — prosinac ostvaren je s 86,7%.
Ukupna potrošnja bila je za 16% manja od potrošnje u istom razdoblju u 1991. godini.

Podrobniji podaci o potrošnji

GWH

	Plan	Ostvareno	Postotak
Distribucija	10 729,0	9 508,7	88,6
Direktni potrošači	1 426,0	1 003,3	70,4
Gubici prijenosa	362,0	336,9	93,1
Ukupno potrošnja	12 517,0	10 848,9	86,7
Isporuka duga	60,0	15,1	25,1
Sveukupne potrebe	12 577,0	10 864,0	86,4

Plan proizvodnje hidroelektrana u razdoblju siječanj — prosinac 1992. godine izvršen je s 80,4%. Prošle godine hidroelektrane su proizvele 1 044,8 GWh manje od planiranih količina. Trenutno su zbog uništenja prijenosne mreže ili okupacije za elektroenergetski sustav Hrvatske nespremne HE Peruča, RHE Obrovac, HE Manojlovac, HE Golubić i HE Dubrovnik.

Podaci o proizvodnji hidroelektrana

GWh

	Plan	Ostvareno	Postotak
HE protočne	1 543,0	1 415,5	91,7
HE akumulacijske	3 726,0	2 822,9	75,7
Male hidroelektrane	62,0	48,3	77,9
HE ukupno	5 331,0	4 286,2	80,4

Plan proizvodnje termoelektrana u 1992.

Termoelektrane u Hrvatskoj, uključujući i 50% NE Krško, ukupno su ostvarile 5 645,4 GWh, što je 105,1 od plana.
Zbog rušenja prijenosne mreže između Hrvatske i drugih republika bivše Jugoslavije plan isporuka iz termoelektrana izgrađenim u drugim republikama za potrebe Hrvatske realiziran je svega s 29,2%. TE Obrenovac pri tome nije ni uključena u plan proizvodnje.

Termoelektrane u drugim republikama

GWH

	Plan	Ostvareno	Postotak
TE Tuzla	1 090,0	388,1	35,6
TE Kakanj	276,0	91,0	33,6
TE Gacko	506,0	68,2	13,5
TE Obrenovac	0	0	0
Ukupno	1 72,0	547,3	29,2

Potrošak goriva za termoelektrane u Hrvatskoj iznosi: 167 223 tone ugljena i 527 225 tona mazuta.

Glavni potrošači mazuta su TE Rijeka, TE Sisak, zatim TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

NAJVIŠE PRONALAZAČA IZ AMERIKE

Prema podacima Europskog patentnog ureda u Münchenu, ured je u 1991. primio ukupno 55 982 prijave patenata iz različitih zemalja. Najviše, 27%, došlo je iz SAD, zatim iz Japana 22%, pa Njemačke 18,7%. Patenti se ponajviše odnose na poboljšanje instrumenata, elektrotehničke i elektroničke novitete, kao i pronalaske iz područja organske kemije. Zemlje koje su prijavile najviše patenata navedene su u tablici:

Zemlja	Broj patenata	Zemlja	Broj patenata
SAD	14 991	Italija	2 036
Japan	12 272	Švedska	830
Njemačka	10 467	Austrija	566
Francuska	4 537	Belgija	468
V. Britanija	2 902	Danska	316
Švicarska	2 090	Španjolska	234
Nizozemska	2 038	Ostale zemlje	2 235

ETZ, god. 113 (1992), br. 18

Mrk.

ISKORIŠTAVANJE METALA IZ DNA OCEANA

Rezerve sirovina pod zemljom nisu beskonačne i neiscrpne, pa je potrebno razmišljati kako iskoristiti rude koje se nalaze u podmorju.

Naročito dolazi u obzir duboko podmorje Tihog i Indijskog oceana, na dubinama većim od 2 000 m. U tom se području nalaze grumeni vrlo bogati metalima. Oni sadrže uz 27% mangana, 7% željeza, 1,3% nikla, 1,2% bakra i 0,2% kobalta. Ispitivanja su pokazala da je moguće iskoristiti ova nalazišta, ali treba razviti tehniku vađenja koja će omogućiti primjerenu cijenu uz čuvanje okoliša. U tu svrhu razvijen je na sveučilištu Siegen gusjeničar za duboko more sličan tenku. Vozilo je teško 4,6 tona, široko 3,2 m a 2,3 visoko. Vozilom bi se upravljalo s broda na temelju slika podvodnih televizijskih kamera, a kretalo bi brzinom 1 m na sekundu.

Jakom vodenom strujom iz mehaničko-hidrauličkog uređaja grumeni bi se dizali s tla na prijenosnu traku, zatim očistili, samljeli, pomiješali vodom i elastičnim crijevom u nekoliko stupnjeva izbacivali na plivajući ponton. Takav postupak dobivanja metala sigurno neće ugroziti današnje, ali će prikupiti iskustva za budućnost.

ETZ, god. 113 (1992), br. 18

Mrk.

NOVA VRSTA SVJETILJKE

Kalifornijska tvrtka Intersource Technologies Inc. razvila je svjetiljku koja svijetli pomoću visokofrekventnih radio-valova. U cijevi ove elektroničke svjetiljke (E-Lampe) nalazi se smjesa plinova koju visokofrekventni radio-valovi dovode do titranja, što pak uzrokuje emisiju zračenja. Emitirane zrake djeluju na fluorescentni namaz, s unutarnje strane cijevi, koji daje svjetlo. Ova svjetiljka, slično kao i fluorescentna, troši za jednako svjetlo 25% energije u upotrebi sa žaruljom s metalnom niti. E-lampa moći će se staviti u svako normalno grlo i upotrijebiti za unutarnju i vanjsku rasvjetu. Računa se da bi vrijeme trajanja iznosilo 20 000 sati, prema 750 do 1 000 sati za žarulje i 7 000 do 10 000 sati za fluorescentne svjetiljke. Nova bi svjetiljka došla na američko tržište 1993. uz cijenu od 15 USD. Stručnjaci tvrde da se s takvom vrstom svjetiljke već dugo eksperimentira, ali do sada nije uspjelo zadržati radio-valove samo u cijevi svjetiljke. Još nije poznato da li će ova E-lampa moći zadovoljiti stroge propise i norme u pogledu smetnji.

ETZ, god. 113 (1992), br. 18

Mrk.

UVOĐENJE ELEKTROVOZILA U FRANCUSKOJ

U srpnju 1992. sklopljen je okvirni sporazum između tvrtki PSA Peugeot Citroen, Renault i francuske elektroprivrede EdF te francuskog Ministarstva za industriju i okoliš o proizvodnji i upotrebi elektrovozila. Dogovor obuhvaća planove za izgradnju potrebne infrastrukture (održavanje i popravak) kako bi se iza 1995. omogućila upotreba elektrovozila koja će se ponuditi privatnim interesentima. U vezi s tim dogovorom prikazan je prototip elektrovozila Peugeot 106 i Citroen AX, koji će 1995. doći u prodaju. Planirana je proizvodnja od nekoliko desetaka tisuća ovih vozila.

No već prije toga, u drugoj polovici 1993, počet će veliki pokus s elektrovozilima u francuskom gradu La Rochelleu (vidjeti Energija, god. 41/1992/, br. 2).
Pokus su organizirali PSA Peugeot i EdF. Planira se uvođenje u promet 50 elektroautomobila za potrebe gradske vožnje. Cilj je pokusa da se iskuša ponašanje vozača i reakcija ostalih sudionika u prometu, kao i uvjeti i mogućnosti punjenja strujom. Planira se i postupno povećanje broja vozila na 200 do 300.

ETZ, god. 113 (1992), br. 18

Mrk.

SPALJIVANJE AUTO-GUMA

Tvrtka Chemie GmbH namjerava u Duisburg-Hamburgu izgraditi elektranu-toplanu koja će biti ložena starim automobilskim gumama. Pri tome bi se koristila stečena iskustva sličnog postrojenja, istog koncerna u Kaliforniji. U elektrani bi se godišnje trošilo 7 milijuna tona istrošenih guma, a to iznosi 10% takvog otpadnog materijala u Njemačkoj. Proizvodilo bi se 50 t para na sat za pogon turbina, industrijske potrebe i kućanstva. Postrojenje će stajati 50 milijuna DEM, a ušlo bi u pogon 1995. Materijal za loženje skupljao bi se u kontejnerima gdje god ima takvog otpada.
Uređaj je financijski zanimljiv tek tada kad bi se poduzeću plaćalo uklanjanje i prijevoz guma.

ETZ, god. 113 (1992), br. 19

Mrk.

SUDAN ŽELI EKSPLOATIRATI SVOJU NAFTU

Vlada Sudana želi, uz pomoć stranih investitora, izgraditi naftnu industriju. Da se to postigne, uvedena je liberalizacija u području gospodarstva i financiranja. Prema geološkim istraživanjima, sudanska nalazišta raspolažu sa 1,7 milijardi barela nafte, od čega je 25% lako iscrpsti, a za ostalih 75% mora se koristiti moderna tehnika.

ETZ, god. 113 (1992), br. 19

Mrk.

KORIŠTENJE POLJOPRIVREDNOG OTPADA

U mjestu Haslevu, na danskom otoku Seclandu već je tri godine uspješno u pogonu prva u svijetu elektrana-toplana koja se loži poljoprivrednim otpacima. Kao gorivo služi ponajviše slama raži, zobi, ječma i žita. Poljoprivrednici dovoze to gorivo u obliku blokova 2,5 × 1,2 × 1,25 m, težine približno 500 kg, za što dobivaju novčanu naknadu. Godišnje se skupi oko 700 takvih bala, što čini približno 20% poljoprivrednih otpadaka cijelog otoka. Blokovi slame odlažu se u veliko skladište, a odatle automatski odlaze na izgaranje u kotao. Pri proizvodnji pare od 26 t/h, uz temperaturu 450 °C, kotao troši po satu 5,3 t slame, pa skupljeno gorivo dostaje za koji tjedan. Elektrana-toplana raspolaže generatorom od 5,1 MW.
Toplina se dobavlja kućanstvima i obrtu, a električna energija ulazi u mjesnu mrežu 10,5 kV.

ETZ, god. 113 (1992), br. 19

Mrk.

SIEMENS NUDI MALE SOLARNE ELEKTRANE

Da bi se upotreba Sunčeve energije proširila i na veće geografske širine, njemačka tvrtka Siemens nudi male solarne elektrane od 1 kW do 5 kW. Ti su uređaji namijenjeni građanima, a osobito gradskim poduzećima, za decentralizirano napajanje električnom energijom, no moguće je i napajanje mreže. U obzir dolaze npr. udaljene planinarske kuće za odmor, napajanje rasvjete i malih aparata, kao i rasvjeta autobusnih stajališta. Za te svrhe Siemens je razvio uređaje na načelu elemenata koji se sastavljaju prema potrebi (Bankastenprinzip). Uz montažu na stupu razvijena je i montaža na zidu. Proizvedena energija može odmah teći prema trošilu, a može se i akumulirati u bateriji od 12 V, 90 Ah. Uređaj je, dakako, opremljen potrebnom regulacijom i automatikom na bazi elektronike.

ETZ, god. 113 (1992), br. 19

Mrk.

ISPITIVANJE ZAGAĐENOSTI ARKTIKA

Budući da se sumnja da su u vrijeme bivšeg SSSR-a bačene u arktičko more, istočno i zapadno od Nove Zemlje velike količine dijelom radioaktivnog otpada, susjedne zemlje nastoje ispitati zagađenost tog područja. Tek nakon dobivenih konkretnih podataka moći će se poduzeti odgovarajuće mjere zaštite. Da se to pitanje razjasni, Norveška je predložila pilot-projekt istraživanja u koji bi se uključila i Njemačka u sklopu kooperacijskog savjeta NATO. O odgovarajućem programu ispitivanja već se u lipnju 1991. dogovorilo osam zemalja koje graniče s Arktikom, no njihov se izvještaj očekuje tek 1996. godine.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 21

Mrk.

NOVI IMPULS ZA ISTRAŽIVANJE NUKLEARNE FUZIJE

Predstavnici EZ, Japana, Rusije i SAD sklopili su 6 godišnji ugovor o daljnjim istraživanjima na polju nuklearne fuzije. Partneri će uložiti 1,2 milijarde USD da se izgradi međunarodni fuzijski reaktor ITER, objavila je Međunarodna atomska agencija za atomsku energiju IAEA u Beču. Kao nastavak na do sada skupljena iskustva projektirat će se ispitni uređaj kao dokaz realizacije fuzijskog reaktora, gdje će se izgaranjem atomskih jezgara, kao na Suncu, dobivati električna energija.
Zajednički tim, pod vodstvom IAEO, koordinirat će planove, istražne i razvojne radove pojedinih radnih grupa koje se nalaze u Garchingu kraj Münchena, u Naki u Japanu i San Diegu u SAD.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 22

Mrk.

PROJEKTI FINANCIRANI OD EZ

Komisija EZ odabrala je 145 projekata koje će o sklopu Therme-Programa sufinancirati svotom većom od 100 Ecu. Po područjima programi su podijeljeni ovako: 61 projekt iz područja obnovljive energije, sufinanciran sa 35,2 milijuna Ecu; 51 projekt iz područja racionalne upotrebe energije sa 31,8 milijuna Ecu; 2 projekta o čvrstim gorivima, sa 9,4 mi-

lijuna Ecu; i 31 projekt iz područja ugljikovodika, sa 27,7 milijuna Ecu.
Uvođenje u tržište novih energetsko-tehničkih tehnologija jedan je od zadataka programa Thermie. Raspoloživa financijska potpora služi za pokriće komercijalno-tehničkog rizika koji je uobičajen kod inovativnih projekata. Uz to projekt Thermi potiče suradnju među europskim industrijama i povećava njihovu konkurentnu sposobnost na tržištu. Projektima koji se pokažu kao uspješni štedi se energija, a time se smanjuje ovisnost zemalja EZ o uvozu, ponajprije nafte. Osim toga, smanjuje se emisija štetnih plinova. Otkad je 1990. godine počeo rad na projektu Thermie, izdano je više od 250 milijuna Ecu za približno 400 projekata.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 22

Mrk.

NOVI NAČIN HLAĐENJA KABELA

Poznato je da se podzemni električni kabel može znatno više opteretiti ako se na neki način hladi. Hlađenje se može provesti na nekoliko načina. Da se cijevima s cirkulirajućom vodom hladi tlo oko kabela (lateralno hlađenje), da se kabel stavi izravno u kanale u kojima teče voda (direktno hlađenje) ili da rashladno sredstvo protječe šupljim vodičem. Svi ti načini hlađenja imaju svojih mana, npr. široke rovove za ukapanje, bilo posebne kabelske kanale ili kompliciranu građu kabela.
Profesori H. Brokelmann i W. Rasquiu sa sveučilišta u Duisburgu, uz potporu kabelske tvrtke Felten und Guilleaume, predlažu nov način hlađenja kojim bi se izbjegle mane dosadašnjih. Rashladne bi se cijevi neposredno priljubile uz plašt kabelskih žila i tako bi nastao cjeloviti snop, pa je i ovaj način hlađenja nazvan snopastim. Rashladne bi cijevi bile od plemenitog čelika. One su postojane u vodi, a mogu se već u tvornici vezati u snop s kabelskim žilama u cjelini, tako namotati na bubanj, transportirati i položiti u rov. Postoje različite mogućnosti kako se mogu kombinirati razmještaji žila i cijevi. Predstoje opširna istraživanja o mogućnosti primjene ovog načina hlađenja za različite vrste i naponske nivoe kabela.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 20 i 21

Mrk.

ZA ČISTOĆU ATMOSFERE NA ISTOKU EUROPE

Njemačka savezna vlada uložila je 70 milijuna DEM za dodatnu opremu termoelektrana u Češkoj, Slovačkoj i Poljskoj. U njihove će se elektrane ugraditi zaštitni uređaji protiv emisije štetnih plinova. Tim će se mjerama zaštititi čistoća zraka oko granice Njemačka – Poljska – Češka – Slovačka. Osim toga će biti izgrađena mreža mjernih stanica za kontrolu onečišćenja atmosfere.

ETZ, god. 113 (1992), br. 20

Mrk.

ELEKTROAUTOM OKO SVIJETA

Iz Beča je sredinom rujna 1992. krenuo Nijemac Robert Mohr elektroautom oko svijeta. Tim će se putovanjem ispitati upotrebljivost i izdržljivost takvog vozila. U planu je da ukupno prođe 30 000 km kroz Europu, Aziju, obje Amerike i Afriku. Za šest ili osam mjeseci trebao bi ponovno biti u Beču.
Upotrijebljena kola proizvedena su u Danskoj, koncipirana za bliži promet. Postižu brzinu od 70 km/sat i jednim punjenjem svladavaju udaljenost od 70 do 100 km. Svjetski putnik predviđa da će dnevno prijeći prosječno 200 km. Svakih 60 – 80 km mora učiniti četverosatnu stanku da napuni baterije.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 10

Mrk.

EKSPERIMENTALNI SUPRAVODLJIVI TRANSFORMATOR

Međunarodni znanstvenoistraživački ABB-tim proveo je niz pokusa na prvom u svijetu eksperimentalnom supravodljivom transformatoru. Snaga mu je bila 330 kVA, 6/0,4 kV. Namoti transformatora izrađeni su od slitine titana i niolija, hlađeni tekućim vodikom, na temperaturi −269 °C. Istraživači se nadaju da će tehnika visokotemperaturnih supravodiča toliko uznapredovati da će biti moguće hlađenje tekućim dušikom. Gubici u eksperimentalnom transformatoru svedeni su na 50% normalnog, a dimenzije reducirane 50 do 70%.
Cilj je cijelog pothvata bio taj da se dobije spoznaja o mogućnosti primjene supravodljivosti u sustavima za opskrbu električnom energijom. Ispitano je nadalje smanjenje gubitaka, dimenzija i težine. Transformator nije koncipiran komercijalno.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 10

Mrk.

GOTOVO IZRAVAN DIJAGRAM OPTEREĆENJA U ZAPADNOM DIJELU NJEMAČKE

Dnevni dijagram potroška električne energije u zapadnom dijelu Njemačke ima tijekom dana vrlo mala odstupanja. Satima ostaje opterećenje nepromijenjeno. U 1991. godini, u razdoblju između 8 i 19 sati, opterećenje se prema maksimumu smanjilo najviše 5%. Oko 11 sati (u prosincu) vrh opterećenja iznosio je 61 000 MW i bio je tipičan za cijelo zimsko razdoblje. Nakon 20 sati opterećenje nije odmah palo. Do noći smanjenje je iznosilo 82 do 91% vršnog opterećenja. Najviše je opterećenje nastupilo između 2 i 5 sati ujutro, no ipak nije palo ispod tričetvrtine vrha.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 11

Mrk.

KOLIKO PROSTORA TREBA NEKA ELEKTRANA

Prema računu VDEW (Društva njemačkih elektrana), da se pokrije 1% njemačkog godišnjeg potroška električne energije trebalo bi izgraditi solarnu elektranu na površini 150 km². Elektrana na ugljen, naftu i nuklearna elektrana treba tek jednu tisućinu te površine. Energetska gustoća vjetra čak je manja nego sunčana računajući godišnji prosjek u povoljnim područjima. Stoga je područje koje zauzimaju vjetroelektrane veće od područja sunčanih elektrana iste snage. Vjetreni rotori neće nikada moći iskoristiti više od 59% energije vjetra. Ako bi se htjelo postići potpuno iskorištenje, trebao bi zrak iza rotora biti potpuno miran.

ETZ, god. 113 (1992), br. 21

Mrk.

PRVA KINESKA NUKLEARNA ELEKTRANA ISKLJUČENA IZ POGONA

Samo nekoliko tjedana nakon potpunog stavljanja u pogon (u kolovozu 1992), prva kineska nuklearna elektrana Qiushan morala je prestati radom. Zapadni stručnjaci smatraju da su ozbiljni tehnički problemi razlog iskopčanju, no prema CNNC (China National Nuclear Corporation) elektrana je zaustavljena planski da se izvrši temeljiti test-program. Izmijenjene su neke cijevi u sekundarnom rashladnom kružnom tijeku i očišćen generator. S tlačnim spremnikom nije bilo problema, a nije bilo ni radioaktivnih zračenja.

ETZ, god. 113 (1992), br. 21

Mrk.

BOLJE KORIŠTENJE PODMORSKIH TELEKOMUNIKACIONIH KABELA

Ugovor o boljem iskorištenju podmorskih telekomunikacionih kabela potpisali su veliki vlasnici takvih kabela, i to: njemačka savezna pošta Telekom, britanski Telekom, francuski Telekom, japanski KDD i australska OTC. Ugovor je osnova za »Globalni mrežni projekt« (GNP) kojim će se svim potpisnicima omogućiti korištenje cijele mreže. Planira se da će uređaji ući u pogon potkraj 1993.

ETZ, god. 113 (1992), br. 21

Mrk.

ŠTO S PRERAĐENIM URANOM

Na pitanje što će se dogoditi s prerađenim uranom iz njemačkih nuklearki, koje je preradila Cogema u La Hagneu, njemački je Ministar za okoliš, zaštitu prirode i sigurnost reaktora odgovorio ukratko sljedeće. Potkraj 1991. godine Njemačka je imala 1 645 t prerađenog urana i 15 t plutonija. Uran je spremljen u obliku uranil-nitrita, a plutonij kao plutonijev dioksid, posebno pakiran za svaku mušteriju i zapečaćen.
Zbog dobrih prilika na tržištu prirodnog urana elektroprivreda ne planira u većoj mjeri upotrebu prerađenog. Daljnja odluka o upotrebi očekuje se potkraj devedesetih godina. Od 20 nuklearnih elektrana, koliko ih ima danas u pogonu, sedam ih raspolaže dozvolom da mogu koristiti prerađeni uran, a tri druge su to zatražile.

ETZ, god. 113 (1992), 11/12

Mrk.

GEOTERMIČKA ISTRAŽIVANJA

Jedan od pet HRD (Hot-Dry-Rock) projekata u svijetu izvodi se u Njemačkoj kod Bad Uracha. Na temelju takvih projekata želi se ispitati mogućnost iskorištenja topline u unutrašnjosti Zemlje. Prema planiranom postupku u duboku bušotinu, gdje su stijene dovoljno vruće, ubrizga se voda, koja se zatim crpi na površinu i koristi u energetske svrhe. Ovaj se postupak, međutim, može ekonomično primijeniti tek ako je temperatura stijena 170 °C i više. Normalno su stijene na dubini od 4,5 km na temperaturi od 140 °C, a tek iznimno više, kao što je to slučaj u Europi ispod Bad Uracha u Njemačkoj i Soultzles forest u Francuskoj.
Već osamdesetih godina izvedena je probna bušotina od 3,5 km, koja će biti produžena za 800 do 1 000 m. Daljnja će istraživanja pokazati da li se isplati primijeniti navedeni HDR postupak. Za istraživanja je predviđena svota od 5 milijuna DEM. Projekt će financijski pomoći, uz njemačke partnere, i Europska zajednica.

ETZ, god. 113 (1992), br. 22–23

Mrk.

KOLIKI SU IZOSTANCI INDUSTRIJSKIH RADNIKA S POSLA

Njemačka su istraživanja pokazala da su izostanci industrijskih radnika s posla, zbog bolesti, mnogo veći u Europi nego u Japanu i Americi. Prirodno je, kako je utvrđeno, da stariji radnici izostaju više nego mlađi. Oni izostaju rjeđe, ali dulje, dok mladi boluju češće, ali kraće (do 7 dana). Za nekoliko značajnih industrijskih zemalja svijeta u tablici je dan podatak o prosjeku izostanka radnika s posla u satima. Podaci vrijede za godinu 1990/91.

Japan	36 sati	Italija	142 sata
SAD	57 sati	Francuska	144 sata
Danska	101 sat	Z. Njemačka	147 sati
Švicarska	104 sata	Nizozemska	149 sati
Belgija	111 sati	Norveška	178 sati
Austrija	119 sati	Švedska	216 sati
V. Britanija	119 sati		

ETZ, god. 113 (1992), br. 22–23

Mrk.

REGISTRACIJA UDARA MUNJE

Od studenog 1991. proradio je na području južne Njemačke, a to je opskrbno područje elektroprivrednih poduzeća Bayernwerk i Badenwerk, uređaj za registraciju udara munje. Ugrađen je sistem LPATS (Lightning Positioning and Tracking System) razvijen u SAD. Sa 8 daleko razmaknutih hvatača podaci se šalju u centralno računalo gdje se obrađuju. Udarci munje mogu se locirati s točnošću od 300 m. Na centralno je računalo priključen presonalni kompjutor na čijem je ekranu prikazana zemljopisna karta s mjestima, rijekama, putovima i važnim elektroprivrednim objektima. Daje se također podatak o vremenu udara i smjera munje, tj. da li je preskok oblak–zemlja ili oblak–oblak. Udar munje biva markiran na ekranu i ostaje vidljiv jedan sat. Ovim putem skupljeni podaci mnogo će pomoći boljoj zaštiti svih elemenata električne mreže. Od velikog su interesa i za znanost podaci o mjestu, čestini i jakosti udara groma. Omogućuje se vremensko i mjesto predviđanje udara kao i određivanje ugroženih mjesta.

ETZ, god. 113 (1992). 22/23

Mrk.

SVE VIŠE SE TRAŽI UVOĐENJE ELEKTROVOZILA

U svijetu vlada sve veći interes za uvođenjem elektrovozila. Na vožnje do 30 km, što za elektrovozila nije problem, otpada unutar grada 44 % provezenih kilometara, a čak 90 % vožnji.
Za sada je zapreka za široko uvođenje takvih vozila u prvome redu cijena, koja je za 10 000 DEM do 15 000 DEM veća nego za manja vozila na eksplozivne motore. No očekuje se znatniji pad cijene pri izradi većih serija. Manji su i troškovi za energiju i održavanje, a osim toga ima pogodnosti pri oporezivanju i osiguranju, ako nije još u pitanju i državna

subvencija. U SAD, u državi Kaliforniji, bit će do kraja stoljeća zakonski obvezatno uvođenje vozila koje ne zagađuju okoliš tzv. »Zero-Emission-Vechicles«.
U Japanu je brigu o elektrovozilima preuzelo Ministarstvo za industriju. U Njemačkoj je pak Ministarstvo za istraživanja i tehnologiju (BMFT) pokrenulo opsežna ispitivanja da bi se došlo do dugoročne strategije za komercijalno uvođenje vozila koja ne zagađuju okoliš.

ETZ, god. 113 (1992), br. 22–23

Mrk.

NOVI TIP SUPRAVODLJIVIH SVITAKA

Talijanska tvrtka Europa Metalli-LMI u Firenci razvila je posebnu vrstu supravodljivog kabela koji je predviđen za gradnju magnetskih svitaka za fuzijski pokusni reaktor u Garchingu kraj Münchena. Kabel je lako savitljiv i vrlo dobro se može namatati, a osim toga je čvrst da svladava jake mehaničke sile od jakih magnetskih polja.
Glavni sastavni dio ovog supravodljivoga kabela jesu tanke žice od niolijtitana, debljine 0,03 do 0,05 mm, navučene u bakrene cjevčice. U šupljinama između vlakana struji tekući helij (4 K). Snop žica oklopljen je posebnom aluminijskom legurom, a cijeli je namot izoliran umjetnom smolom, pojačanom staklenim nitima.
Spomenuta talijanska tvrtka izradila je do sada oko 400 m takvog kabela. Prvi svitak od tog materijala ispitivat će se u tvrci Tesla Ing. Ltd u Storringtonu (Sussex), a na temelju iskušanog tehničkog koncepta izradit će se magnetski svici za Max Planc Institut u Garschingu. Kabel bi se mogao primijeniti i za magnetske svitke akceleratora.

ETZ, god. 113 (1992), br. 24

Mrk.

BESKONTAKTNO PUNJENJE ELEKTROAUTA STRUJOM

Električna se energija, prema zakonu indukcije, može u načelu prenositi bez dodira. Primarni svitak, kojim teče struja, stvara magnetsko polje koje pak u sekundarnom svitku inducira električnu struju. Takav prijenos imao bi znatne prednosti, ako se riješe praktični problemi, u mnogim tehničkim granama. Za praktičnu primjenu potrebni su mali prijenosni elementi, no u takvom slučaju prijenos se može realizirati samo pomoću visoke frekvencije. Da se izbjegnu šumovi, u obzir dolazi frekvencija viša od 20 kHz.
Do sada je takav prijenos mogao biti izveden samo uz velike energetske gubitke, no primjenom elektronike IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) razvijen je uređaj kojim se može uz frekvenciju od 20 kHz uspješno prenijeti, bez dodira, do 100 kW. Kao prvo se pomišlja na primjenu pri punjenju baterija budućih elektrovozila. Uređaj bi mogao služiti za lagano punjenje iz kućne utičnice i brzo, do 10 kW, na parkiralištima. Općenito, ovakav način prijenosa bio bi prikladan za napajanje pokretnih sustava npr. u robotici te za prenosila i dizala.

ETZ, god. 113 (1992), br. 24

Mrk.

SMANJENJE POTROŠKA STRUJE KUĆANSKIH APARATA

Njemačka je industrija bijele tehnike i posljednje tri (1988–1991) godine nastavila sa smanjivanjem potroška električne energije i vode kućanskih aparata. Osobito je očit napredak učinjen kod strojeva za pranje rublja, gdje je potrošak struje smanjen za 10%, a vode za 20%. U bojlerima za toplu vodu potrošak energije smanjen je za 17%. U rashladnim uređajima smanjenje je manje, samo 4%, ali je od 1978. do 1991. ukupno potrošak snižen kod hladnjaka 30%, kod zamrzivača 40%. Pećnica električnog štednjaka troši, računajući od 1978. godine, ukupno 22% manje energije. Osim štednje samih kućanskih aparata koji troše manje energije, promijenjene su u posljednje vrijeme i navike potrošača koji sve više prihvaćaju mjere štednje.

ETZ, god. 113 (1992), br. 24

Mrk.

ELEKTROPRIVREDA ČEŠKE I SLOVAČKE

Bivša Čehoslovačka Republika proslavila je 1989. stogodišnjicu prve upotrebe električne energije za javne svrhe. U pojedinim su mjestima zatim nicale male elektrane, no sistematska je elektrifikacija počela 1918, kad je osnovana nova država. Od 1. siječnja 1993. na tom su području dvije nezavisne države: Češka i Slovačka. Osnovni podaci o veličini zemlje, stanovništvu, instaliranoj snazi elektrana (1991) i godišnjoj proizvodnji navedeni su u tablici.

	km²		Inst. MW	T(Wh/g)
Češka	78 864	10,3	14 907	60,7
Slovačka	49 041	5,3	6 313	22,7
Ukupno	127 905	15,6	21 220	83,4

Izmjena električne energije između Češkoslovačke i susjeda iznosila je (1990) 10,8 TWh, od čega izvoz 3,1 TWh, a uvoz 7,7 TWh, najvećim dijelom iz bivšeg SSSR-a. No već 1991. uvoz pada na samo 1,81 TWh, jer se energija morala plaćati u konvertibilnoj valuti. Te je godine Slovačka primila od Češke 3,17 TWh. Potrošnja električne energije u zemlji stalno je rasla do 1989. i dosegla 91,85 TWh, uključujući vlastiti potrošak i gubitke u mreži. Od tada ukupna potrošnja stalno pada zbog pada proizvodnje, no u malopotrošnji je lagan rast. Ukupno opterećenje 1989. iznosilo je 13 866 MW i u stalnom je padu.
Kako je češkoslovačka mreža bila vezana na sustav bivšeg SEV-a, frekvencija do 1987. bila je vrlo loša, dok se posljednjih godina nešto popravila. Između dva svjetska rata Čehoslovačka nije imala jedinstven elektroprivredni sustav, pa su tek 1950. Češka i Slovačka vezane vodom 110 kV. Prvi 220 kV ulazi u pogon 1952, a 400 kV 1962. godine. Danas je mreža 400 kV duga 4 000 km, a 220 kV više od 3 000 km. Napon 750 kV još se u Češkoj i Slovačkoj ne planira. Češka je vezana sa svojim susjedima iz bivšeg SEV-a vodovima 220 kV i 400 kV s Austrijom istosmjernom vezom (Dürnrohr), a sljedeća istosmjerna veza prema Bavarskoj je u gradnji.
Većina termoelektrana upotrebljava domaći smeđi ugljen, dvije uvozni ugljen iz Poljske, a jedna iz bivšeg SSSR-a. Samo se jedna elektrana loži kombinirano naftom i zemnim plinom. Srednji sadržaj sumpora u domaćem ugljenu iznosi 1,32%. Prosječna proizvodnja hidroelektrana iznosi 4,13 TWh. Njihova je ukupna instalirana snaga 3 037 MW, uključivši i 1 226 MW pumpnih hidroelektrana. Za veliku hidroelektranu na Dunavu, Gabcikovo, koja je pred završetkom, još uvijek nisu dobili suglasnost Mađara.
Zbog pomanjkanja domaćih fosilnih goriva Čehoslovačka je morala graditi nuklearne elektrane. Prva je stavljena u pogon 1972. u južnoj Slovačkoj, instalirane snage 150 MW. Nakon kvara 1978. ona je zaustavljena i do danas je izvan pogona. Za sada rade na teritoriju bivše Čehoslovačke dvije nuklearne elektrane: Dukovany u južnoj Moravskoj (4 × 440

MW) i Jaslavske Bohumice (4 × 440 MW) u južnoj Slovačkoj. Jedan od reaktora je sovjetske proizvodnje a ostali čehoslovačke (Škodini zavodi). Ukupna instalirana snaga nuklearki iznosi 3 520 MW, a one pokrivaju 28% proizvodnje električne energije. U gradnji su dvije nuklearke Temelin i Mohovce, pa bi oko godine 2000. 50% proizvodnje dolazilo iz nuklearnih elektrana. No prije ulaska u pogon one bi se morale opremiti odgovarajućim sigurnosnim uređajima zapadne proizvodnje. Zagađenje zraka veliki je problem Češke, a nešto manje Slovačke. Oko tromeđe Češke, Poljske i bivše Njemačke DR atmosfera je zagađena kao nigdje u svijetu, ponajviše sumpornim dioksidom.
Čehoslovačka je vlada 1985. potpisala u Helsinkiju obvezu da će do 1993. smanjiti emisiju sumpor-dioksida za 30%. Zbog nastalih ekonomskih prilika to nije bilo moguće provesti, pa je ekološki problem vrlo značajan ponajviše u češkoj elektroprivredi.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 23

Mrk.

ODSUMPORAVANJE U TERMOELEKTRANI ŠOŠTANJ

U studenom 1992. potpisali su u elektrani Šoštanj (Slovenija) predstavnici elektrane i austrijski konzorcij (Drauconsalting i Waagner Biro) predugovor o ugradnji uređaja za odsumporavanje u bloku 4 elektrane. Elektrana se loži smeđim ugljenom, a ima 5 blokova pa je veliki zagađivač. Zbog čestih jugozapadnih i jugoistočnih vjetrova zagađenjem je znatno pogođena Austrija. TE Šoštanj godišnje izbacuje 93 000 t sumpor-dioksida, a to je gotovo toliko koliko cijela Austrija, koja emitira otprilike 99 000 t.
Projekt će stajati oko 700 milijuna ATS, a financirat će se kreditom austrijskih novčanih zavoda. Kako su zagađivanjem pogođeni i austrijski ekološki interesi, neka će sredstva dati i austrijski ekološki fond.

ETZ, god. 113 (1992), br. 24

Mrk.

PRIJEDLOG EZ ZA OPOREZIVANJE EMISIJE CO_2

Nakon odulje i djelomično kontraverzne diskusije u javnosti Komisija EZ dala je konačni prijedlog za oporezivanje emisije ugljik-dioksida i energije. Tekst je izašao u službenom glasilu EZ br. C 196 od 3. kolovoza 1992. Predlaže se porez od 2,81 ECU po toni ugljik-dioksida i 0,21 ECU po GJ energije. Da se pak izbjegne favoriziranje nuklearnih elektrana, predlaže se oporezivanje u njima proizvedena energija sa 2,1 ECU po MWh.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 23

Mrk.

SOLARNI UREĐAJ ZA AUTOBUSNU STANICU

U Münchenu je na stup autobusnog stajališta instaliran solarni uređaj da rasvijetli u noći vozni red i cijenu vožnje. Solarne su ćelije vezane na pufer-bateriju, a paljenje je regulirano automatom koji reagira na sumrak. Ovim bi se uređajem steklo iskustvo koje bi omogućilo da se on ugradi na mjestima gdje je priključak na električnu mrežu skup. U obzir dolaze ponajviše dijelovi grada.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 23

Mrk.

EMISIJA UGLJIK-DIOKSIDA I METANA

Njemački Savez za mineralna ulja objavio je tvrdnju da izgaranje mineralnih ulja, s obzirom na ugljik-dioksid i metan pridonose najmanje efektu staklenika od svih fosilnih goriva. To se temelji na činjenici da zemni plin, doduše, pri izgaranju daje manje ugljik-dioksida, ali znatno više metana nego mineralno ulje. No utjecaj metana na efekt staklenika znatno je veći nego utjecaj ugljik-dioksida. Razmatraju li se ova oba izvora energije, dobiva se za mineralno ulje povoljnija klimatska bilanca, tj. najbolja za sva ostala fosilna goriva. Redovno se pri utjecaju na klimu uzima u račun samo ugljik-dioksid i time dolazi do pogrešnih zaključaka. Prema tome, Savez predlaže da se uz prijedlog EZ za oporezivanje emisije ugljik-dioksida uvede i oporezivanje emisije metana.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 24

Mrk.

ISKORIŠTENJE NJEMAČKIH ELEKTRANA 1991.

Ukupno 1 415 javnih elektrana u Njemačkoj imalo je srednje vrijeme iskorištenja 1991. 4 304 sata. Najveći broj sati iskorištenja imale su nuklearne elektrane, a najmanje elektrane na naftu. Iz energetsko-političkih i gospodarskih razloga one su radile najmanje što je bilo moguće. Pojedine vrste elektrana imale su sljedeća vremena iskorištenja:

nuklearne elektrane	6 565 sati
TE na smeđi ugljen	5 581 sat
TE na zemni plin	1 745 sati
TE na naftu	645 sati
HE protočne	4 665 sati.

Protočne hidroelektrane radile su razmjerno malo zbog vrlo suhe zime.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 25

Mrk.

ETI

ELEKTROELEMENT d.d.

61411 Izlake, Slovenija
Obrezija 5

Tel + 38 (0)601 73 512, 73 513
Fax + 38 (0)601 73 684
Telex 35010 slo eeiz

U ETI, Elektroelement Izlake, proizvodimo već od 1950. godine razne proizvode tehničke keramike. Danas možemo tržištu ponuditi proizvode iz sljedećih programa:

PROIZVODI IZ PROGRAMA VISOKONAPONSKIH IZOLATORA

Linijski potporni izolatori LPI
LPI 12 KV
LPI 17,5 KV
LPI 25 KV N
LPI 24 KV L
LPI 38 KV L

Izolatori su izrađeni po IEC 720.
Kontrola izolatora po IEC 383.

LINIJSKI POTPORNI IZOLATORI VHD

VHD 10 12 KV
VHD 15 17,5 KV
VHD 20 24 KV
VHD 25 27,5 KV

Izolatori su izrađeni po IS 2.151.
Kontrola izolatora po DIN 48004 (god. 1961).

TRANSFORMATORSKI IZOLATORI

TPI 10i/250
TPI 10f/250
TPI 20i/250
TPI 20f/250
TPI 30f/250

Izolatori su izrađeni po DIN 42 530 i 42 531.
Kontrola izolatora po IEC 233.

IZOLATORI IZRAĐENI PREMA DOKUMENTACIJI KUPACA

Proizvodimo sve izvedbe izolatora prema dokumentaciji i zahtjevu kupaca.

Svi su naši proizvodi izrađeni od keramičkih materijala po IEC-normativima i s najmodernijom tehnologijom.
Radimo po sistemu ISO 9001. To nam omogućuje da budemo poslovni partneri najvećim i najzahtjevnijim poduzećima u svijetu.

Svi naši izolatori imaju potvrde kvalitete:

Instituta za elektroprivredu i energetiku Zagreb
ZRMK — Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana
Elektroinštituta Milan Vidmar, Ljubljana.

Energija

Godište 42 (1993) Br. 2

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1060 UDK 621.31:65.01

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/2, 61 – 64

NEKA POBOLJŠANJA MODELA ZA GODIŠNJU ELEKTROENERGETSKU BILANCU

Dr. Goran Granić, dipl. ing. — dr. Branka Jelavić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

U ovom radu opisane su tri grupe poboljšanja modela za godišnju elektroenergetsku bilancu, a odnose se na potrošnju električne energije novim tretmanom krivulje trajanja opterećenja i utjecaja temperature, novi model hidroelektrana koji opisuje vjerojatnost pojave hidrologije i novu raspodjelu opterećenja kroz istodobno promatranje hidro i termoelektrana.

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/61 – 63/1993

ENERGIJA 1061 UDK 621.311.1.001

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/2, 65 – 68

PERSPEKTIVE ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Mr. Željko Tomšić, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Dosadašnji rezultati postignuti u poboljšanju energetske efikasnosti vrlo su mali s obzirom na mogućnosti i trenutne potrebe zbog teškog stanja u elektroenergetskom sustavu. U članku se pokušava naći razlog tome, spoznati prepreke u poboljšanju energetske efikasnosti elektroenergetskog sustava i naznačiti smjerove koji bi to mogli promijeniti.

(Lit. 7, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/65 – 68/1993

ENERGIJA 1062 UDK 621.316.1.009

STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/2, 77 – 81

PERIOD PLANIRANJA DISTRIBUTIVNIH MREŽA

Mr. Rihard Schenner, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Period odnosno dinamika planiranja distributivnih mreža vrlo je važan, jer o tome ovisi veličina investicija. To je osobito istaknuto pri niskom naponu, a taj naponski nivo najskuplji je dio distributivne električne mreže.

(Lit. 8 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/77 – 81/1993

ENERGIJA 1062 UDK 621.316.1.009

1. Period planiranja distributivnih električnih mreža
I. Schenner R.
II. Institut za elektroprivredu, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Planiranje
Dinamika
Distribucija

ENERGIJA 1061 UDK 621.311.1.001

1. Perspektive za poboljšanje energetske učinkovitosti elektroenergetskog sustava
I. Tomšić Ž.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Hrvatska

Energetska učinkovitost
Elektroenergetski sustav
Ekonomska opravdanost

ENERGIJA 1060 UDK 621.31:65.01

1. Neka poboljšanja modela za godišnju elektroenergetsku bilancu
I. Granić G.– Jelavić B.
II. Institut za elektroprivredu, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Planiranja rada elektroenergetskog sustava
Godišnja elektroenergetska bilanca
Metoda kumulanata

Energija

Godište 42 (1993) Br. 2

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1063 UDK 621.311.1.001:65.011.56

PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 42/1993/2, 69–76

MODELI ZA POTREBE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA EES-a

Mr. Mirko Valenčić, dipl. ing.

Tehnički fakultet Rijeka, Studij elektrotehnike, 51000 Rijeka, Narodnog ustanka 58, Hrvatska

Izlažu se osnove problematike identifikacije EES-a prijenosnim funkcijama i mogućnosti koje se time pružaju za kreiranje kibernetskih modela za potrebe automatskog upravljanja u stvarnom realnom vremenu.

(Lit. 21 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/2/69–76/1993

ENERGIJA 1064 UDK 550.38:621.31

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/2, 89–94

GEOMAGNETSKI INDUCIRANE STRUJE (GIS)

Prof. dr. Dušan Vujević, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 17, Hrvatska

Sunčeve aktivnosti posebno, tzv. bljeskovi, uzrokom su velikih tranzijentnih promjena Zemljina magnetskog polja. Promjene magnetskog polja mogu uzrokovati u električnom energetskom sustavu kvaziistosmjerne geomagnetski inducirane struje (GIS). Te struje, vrijednosti i veće od 100 A, dovode velike transformatore snage u poluvalno zasićenje, a posljedice toga su povećanje potrebne jalove snage transformatora, varijacija napona i frekvencije, generiranje viših harmonika, loš rad relejne zaštite itd.

(Lit. 15, sl. 8 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/2/89–94/1993

ENERGIJA 1055 UDK 621.313.322:621.313.126

PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 42/1993/2, 83–88

UTJECAJ SISTEMA REGULACIJE UZBUDE NA PRIJELAZNU STABILNOST SINKRONOG GENERATORA

Nijaz Dizdarević, dipl. ing. — dr. Srđan Babić, dipl. ing. — dr. Sejid Tešnjak, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Hrvatska

U radu je prikazan utjecaj različitih tipova regulacije uzbude na prijelaznu stabilnost sinkronog generatora.

(Lit. 14, sl. 10 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/2/83–88/1993

ENERGIJA 1055 UDK 621.313.322:621.313.126

1. Utjecaj sistema regulacije uzbude na prijelaznu stabilnost sinkronog generatora
I. Dizdarević N. — Babić S. — Tešnjak S.
II. Elektrotehnički fakultet, Zavod za visoki napon, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Hrvatska

Sistemi regulacije uzbude
Prijelazna stabilnost
Kritično vrijeme

ENERGIJA 1064 UDK 550.38:621.31

1. Geomagnetski inducirane struje (GIS)
I. Vujević D.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 17, Hrvatska

Geomagnetski inducirane struje
Geomagnetski efekt

ENERGIJA 1063 UDK 621.311.1.001:65.011.56

1. Modeli za potrebe automatskog upravljanja EES-a
I. Valenčić M.
II. Tehnički fakultet Rijeka, Studij elektrotehnike, 51000 Rijeka, N. ustanka 58, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Automatsko upravljanje
Modeli

Energija

Godište 42 (1993) Br. 2

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1065

UDK 621.315.2

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/2, 95 – 99

PODMORSKI ENERGETSKI KABELI

Karlo Ožegović, dipl. ing.

58000 Split, Istarska 2c, Hrvatska

Pretpostavlja se osnovno znanje o energetskim kabelima. U članku se opisuju osobitosti i podjela podmorskih energetskih kabela. Ukratko je dotaknuta proizvodnja podmorskih kabela, te projektiranje podmorskih kabelskih instalacija. Dotaknuto je ugovaranje, transport i polaganje kabela. Na kraju se opisuje pogon, održavanje i popravak podmorskih energetskih kabela.

(Lit. 10 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/95 – 99/1993

ENERGIJA 1065 UDK 621.315.2

1. Podmorski energetski kabeli
I. Ožegović K.
II. 58000 Split, Istarska 2c, Hrvatska

Podmorski kabel
Konstrukcija
Projektiranje
Polaganje
Popravak

Energija

Volume 42 (1993) № 2

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1060

UDK 621.31:65.01

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/2, 61 – 64

SOME IMPROVEMENTS OF THE YEARLY ELECTRIC ENERGY BALANCE MODEL

Goran Granić, Ph.D. — Branka Jelavić, Ph.D

Institut za elektroprivredu i energetiku 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

In this paper three groups of the model improvements for yearly electric energy balance are described, relating to electric energy load forecasts using a new treatment of load duration curve and temperature influence, a new hydro power plants model that describes the probability of hydrology and a new load schedule where hydro and thermo power plants are treated at the same time.

(No. of References: 10, Fig 3 — Original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/61 – 64/1993

ENERGIJA 1061

UDK 621.311.1.001

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/2, 65 – 68

PERSPECTIVES OF IMPROVEMENTS IN ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC POWER SYSTEM

Željko Tomšić, M.Sc.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Croatia

Improvements in energy efficiency realised to date have proven to be insignificant in terms of its large potentials and current needs because of a very difficult situation in the electric power system. The paper examines why an interest for improvements in energy efficiency is so poor and tries to indicate the barriers to improvements in energy efficiency of electric power system and the ways which could change that situation.

(No. of References: 7, Fig. 2 — Original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/65 – 68/1993

ENERGIJA 1062

UDK 621.316.1.009

PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/2, 77 – 81

PLANNING PERIOD OF DISTRIBUTION NETWORKS

Rihard Schenner, M. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The period, that is the planning dynamic of distribution networks, is very important, because the investment costs depend on that. That is specially significant by the low voltage and that voltage level is the most expensive part of the distribution electric power network.

(No. of References: 8 — Original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/77 – 81/1993

ENERGIJA 1062 UDK 621.316.1.009

1. Planning Period of Distribution Networks
I. Schenner R.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Planning
Dynamics
Distribution

ENERGIJA 1061 UDK 621.311.1.001

1. Perspectives of Improvements in Energy Efficiency of Electric Power System
I. Tomšić Ž.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku, 41000 Zagreb, Av. Vukovar 39, Croatia

Energy Efficiency
Electric Power System

Economic Justification

ENERGIJA 1060 UDK 621.31:65.01

1. Some Improvements of the Yearly Electric Energy Balance Model
I. Granić G. — Jelavić B.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Electric Power System
Operations Planning
Yearly Electric Energy Balance
Cumulante Method

Energija

Volume 42 (1993) № 2

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1063

UDK 621.311.1.001:65.011.56

PRELIMINARY NOTE

ENERGIJA 42/1993/2, 69–76

MODEL FOR THE NEEDS OF AUTOMATIC ELECTRIC POWER SYSTEM CONTROL

Mirko Valenčić, M. Sc.

Tehnički fakultet Rijeka, Studij elektrotehnike 51000 Rijeka, Narodnog ustanka 58, Croatia

The basics of electric power system identification by transmission functions are presented, and the possibilities that are herewith created for cybernetic models used for automatic control in a real time.

(No. of References: 21 — Original in Croatian)

Author

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/2/69–76/1993

ENERGIJA 1064

UDK 550.38.621.31

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/2, 89–94

GEOMAGNETICALLY-INDUCED CURRENTS (GIC)

Dušan Vujević, Ph. D.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 17, Croatia

Large transient fluctuations in the earth's magnetic field are caused by solar flares or other solar phenomena. These geomagnetic field disturbances can produce quasi-dc geomagnetically induced currents (GIC) in electric power systems. GIC's in excess of 100 A cause half-cycle saturation in large power transformers resulting in increased transformer VAR requirements, system voltage and frequency fluctuations, generation of upper harmonic, protective relaying misoperation etc.

(No. of References: 15, Fig. 8 — Original in Croatian)

Author

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/2/89–94/1993

ENERGIJA 1055

UDK 621.313.322:621.313.126

PRELIMINARY NOTE

ENERGIJA 42/1993/2, 83–88

THE INFLUENCE OF EXCITATION SYSTEM REGULATION ON THE TRANSIENT STABILITY OF SYNCHRONOUS GENERATOR

Nijaz Dizdarević, B. Sc. — Srđan Babić, Ph. d. — Sejid Tešnjak, Ph. D.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Croatia

The paper shows the effects of different types of excitation regulations on the transient stability of the synchronous generator.

(No of References: 14, Fig. 10 — Original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/2/83–88/1993

ENERGIJA 1055 UDK 621.313.322:621.313.126

1. The Influence of Excitation System Regulation on the Transient Stability of Synchronous Generator
I. Dizdarević N.– Babić S.– Tešnjak. S.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku, 41000 Zagreb, Av. Vukovar 39, Croatia

Excitation Regulation Systems
Transient Stability

Critical Time

ENERGIJA 1064 UDK 550.38:621.31

1. Geomagnetically– Induced Currents (GIC)
I. Vujević D.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 17, Croatia

Geomagnetically– Induced Currents (GIC)
Geomagnetic Effects

ENERGIJA 1063 UDK 621.311.1.001:65.011.56

1. Model for the Needs of Automatic Electric Power System Control
I. Valenčić M.
II. Tehnički fakultet Rijeka, Studij elektrotehnike, 51000 Rijeka, N. ustanka 58, Croatia

Electric Power System

Automatic Control
Models

Energija

Volume 42 (1993) № 2

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1065

UDK 621.315.2

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/2, 95 – 99

SUBMARINE ENERGY CABLES

Karlo Ožegović

58000 Split, Istarska 2c, Croatia

Basic knowledge on energy cables is foreseen. The paper describes the characteristics and division of submarine energy cables. The production of submarine cables and the design of submarine cable installations is briefly presented. Contracting, transportation and laying of cables is also given. Finally, operation, maintenance and repair of energy cables is described.

(No. of References: 10 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/2/95 – 99/1993

ENERGIJA 1065

UDK 621.315.2

1. Submarine Energy Cables
I. Ožegović, K.
II. 58000 Split, Istarska 2c, Croatia

Submarine Cable
Construction
Design
Laying
Repair

UDK 621.31 ENJAAC 42 (3) — (1993) 109 – 168 ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 42 (1993) Zagreb 1993 Br. 3

Redakcija završena 1993 — 05 — 10

SADRŽAJ

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, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328, telefax: 041/530-604

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 40 DEM, a za poduzeća i ustanove 80 DEM (za studente 20 DEM). Cijena pojedinog broja u prodaji 8 DEM.

Pretplata je iskazana u DEM, a uplaćuje se u dinarskoj protuvrijednosti na dan uplate.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji — Print: TIZ 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 A—4 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 članaka 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, originaljnaja 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 saopštenje, 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, profesional paper, profesionaljnaja 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 prilagodivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Instituta za elektroprivredu i 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

STUDIJE KRATKOG SPOJA PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE ZA GODINU 1995. I 2000.

Mr. Davor Nevečerel, Zagreb

UDK 621.3.064.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazane su pretpostavke proračuna, matematički model i rezultati proračuna najvećih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u prijenosnoj mreži Hrvatske za nazivne godine 1995. i 2000.

Ključne riječi: **kratki spoj, prijenosna mreža Hrvatske, 1995. godina, 2000. godina.**

1. UVOD

U kontinuitetu praćenja prilika kod kratkog spoja u elektroenergetskom sustavu Hrvatske elektroprivrede za srednjoročna razdoblja (npr. vidjeti [5] — Proračun kratkog spoja u mreži Hrvatske za 1990. godinu), izrađena je studija proračuna najvećih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u prijenosnoj mreži 110, 220 i 400 kV Hrvatske elektroprivrede za nazivne godine 1995. i 2000. [11]

2. KONFIGURACIJA I PARAMETRI ELEMENATA MREŽE 110, 220 I 400 kV HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE NAZIVNE 1995. i 2000. GODINE

Podloge za proračun kratkog spoja u prijenosnoj mreži HEP-a za 1995. i 2000. godinu izrađene su u Odjelu za razvoj prijenosne i distribucijske mreže Sektora za razvoj. Podloge su izrađene na osnovi različitih studija i elaborata o razvoju prijenosne mreže HEP-a i distribucijskih mreža pojedinih područja [1, 2, 3, 4], mišljenja i prijedloga razvojnih službi i PrP-ova Osijek, Rijeka i Split te ankete i djelomičnih konzultacija s distribucijskim organizacijama na području Zagreba. Prijedlog za nove TE na području Hrvatske dao je Odjel za razvoj TE i NE, a nove HE uzete su iz elaborata o strategiji razvoja HEP-a uz konzultaciju s Odjelom za razvoj HE.

Predvidiva izgradnja EVP 110/25 kV, kao i odgovarajuća pojačanja u mreži 110 kV, potvrdila je Služba razvoja HŽ Zagreb.

Utjecajna mreža 400 i 220 kV prikazana je na slikama 1.0 za mrežu 1995. godine i 2.0 za mrežu 2000. godine. Mreža 110 kV na područjima nekadašnjih republika također je modelirana, ali nije prikazana na priloženim slikama radi jednostavnosti. Referentne studije su [6] i [7].

Nadomjesni ekvivalenti preostale mreže izračunati su pomoću programskog sustava RIMA [10]. On se sastoji od tri glavna programa. To su:

1. Program ULAZKS za manipulaciju ulaznim podacima,
2. Program RIMA1 za redukciju pasivne elektroenergetske mreže,
3. Program RIMA2 za proračun kratkog spoja u pasivnim elektroenergetskim mrežama.

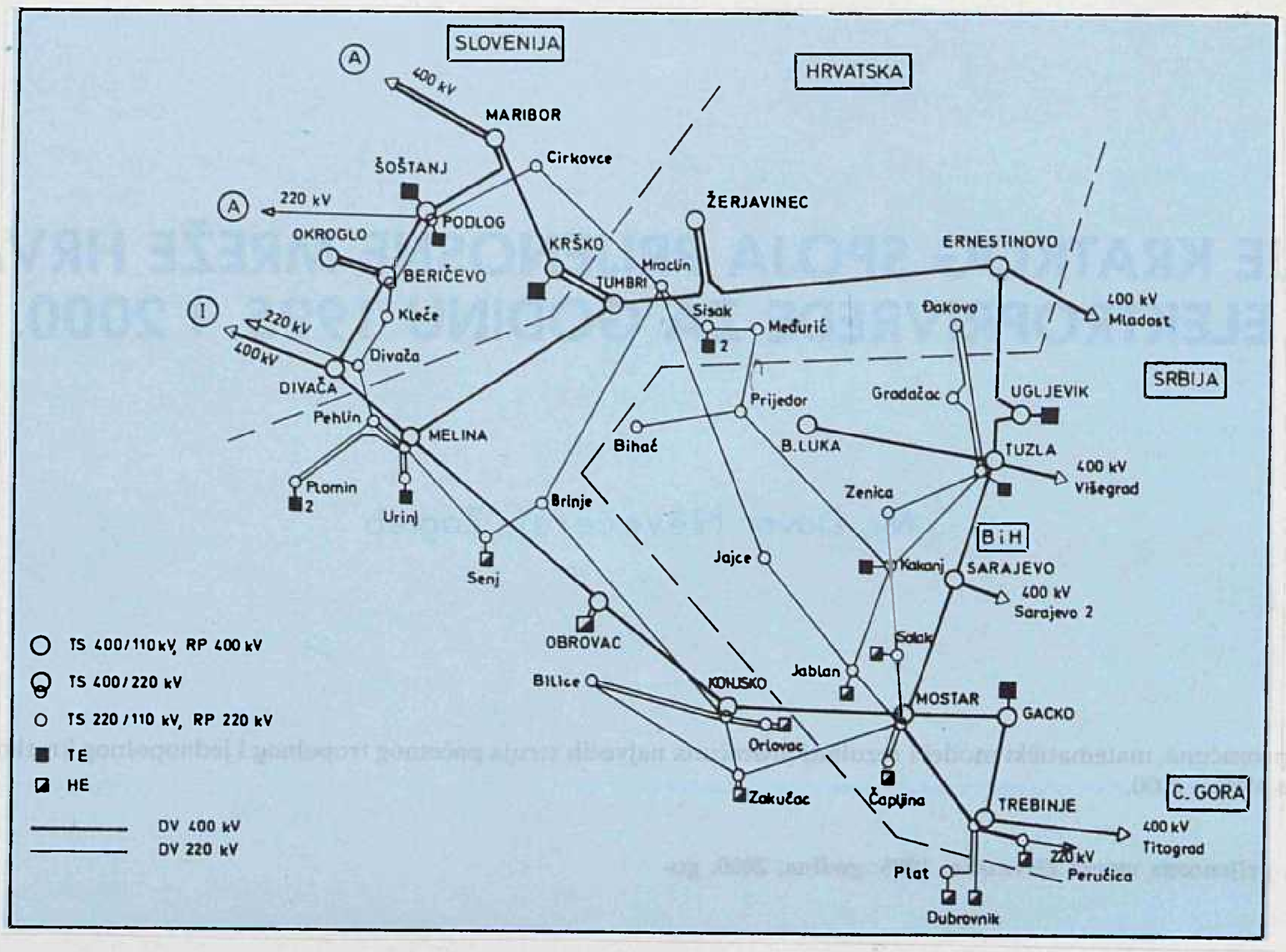
Matematički model proračuna redukcije elektroenergetske mreže utemeljen je na sljedećim pretpostavkama:

1. Stanje mreže koju treba reducirati jest mreža u praznom hodu.
2. Matrica admitancija grana je dijagonalna matrica.
3. Čvor 0 je neutralna točka rednog broja N+1 (N=broj čvorova).
4. Iza generatorske impedancije modelira se čvor 0=N+1.

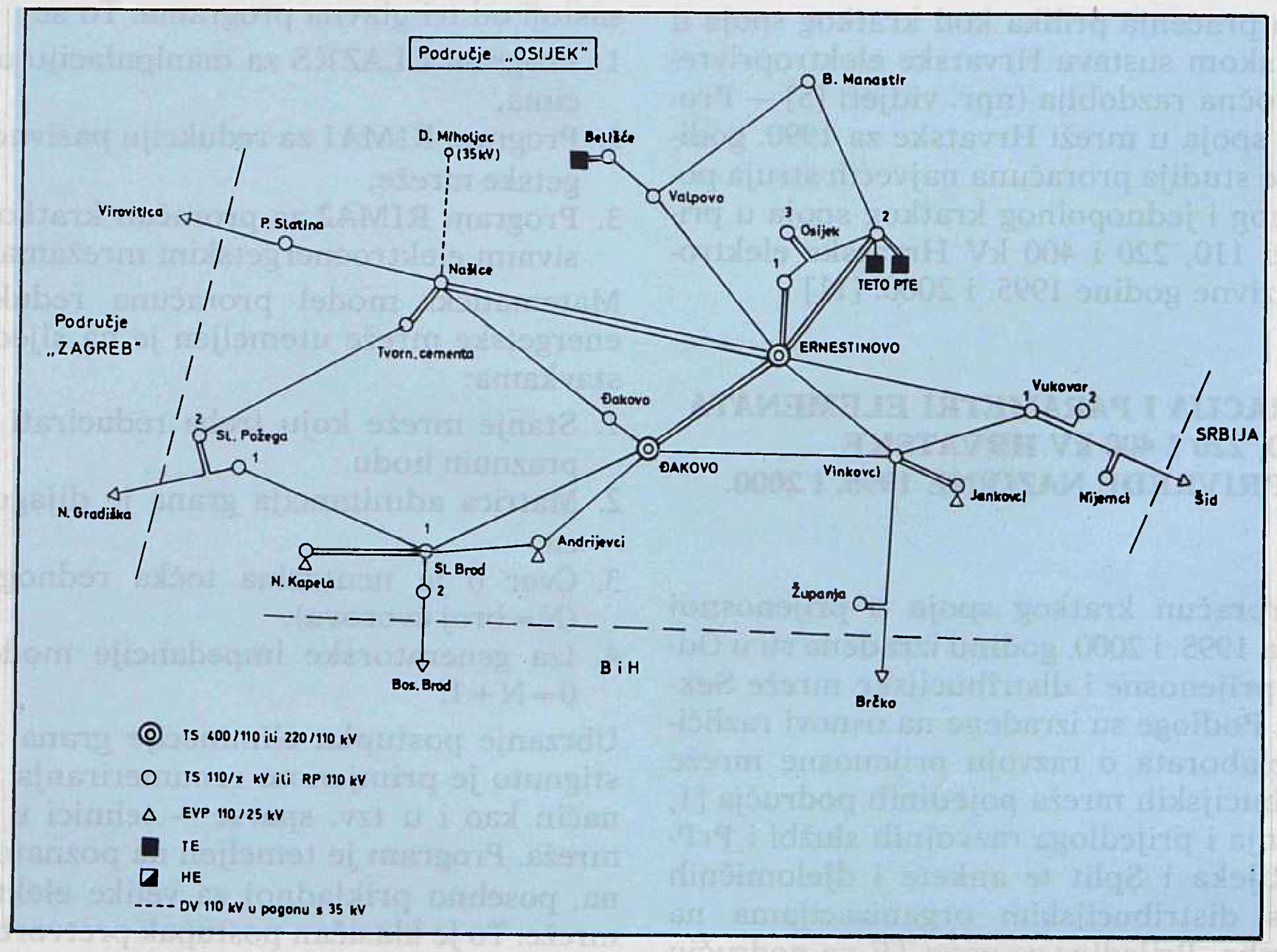
Ubrzanje postupka eliminacije grana i čvorova postignuto je primjenom renumeriranja mreže na isti način kao i u tzv. sparse — tehnici u proračunima mreža. Program je temeljen na poznatoj metodi grana, posebno prikladnoj za velike elektroenergetske mreže. To je klasičan postupak pretvorbe opće zvijezde u opći poligon, pri čemu izvan područja transformacije električne prilike ostaju konstantne.

3. PRORAČUN RASPODJELE STRUJA POČETNOG TROPOLNOG I JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA U ČVORIŠTIMA MREŽE 400, 220 I 110 kV HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE, 1995. I 2000. GODINE

Proračun kratkog spoja proveden je prema [8] i [9], uz pretpostavku napona prije nastanka kvara jednakim nazivnom naponu pomnoženom s naponskim



Slika 1.0.



Slika 1.1.

faktorom $c = 1.1$ (prema [8] vrijedi za napone od 1 do 230 kV u proračunima najvećih struja kratkog spoja), odnosno jednakom maksimalnom pogonskom naponu mreže za napone veće od 230 kV.

Struje u čvorištu k gdje je nastao kvar određuju se prema matričnom izrazu:

$$\underline{I}_{k(F)}^{sim} = \underline{Y}_F^{sim}(1 + \underline{Z}_{kk}^{sim}\underline{Y}_F^{sim})^{-1}\underline{E}_{k(0)}^{sim} \quad (1)$$

Naponi u čvorištu k određuju se prema izrazu:

$$\underline{U}_{k(F)}^{sim} = (1 + \underline{Z}_{kk}^{sim}\underline{Y}_F^{sim})^{-1}\underline{E}_{k(0)}^{sim} \quad (2)$$

Naponi u čvorištima različitim od k iznose:

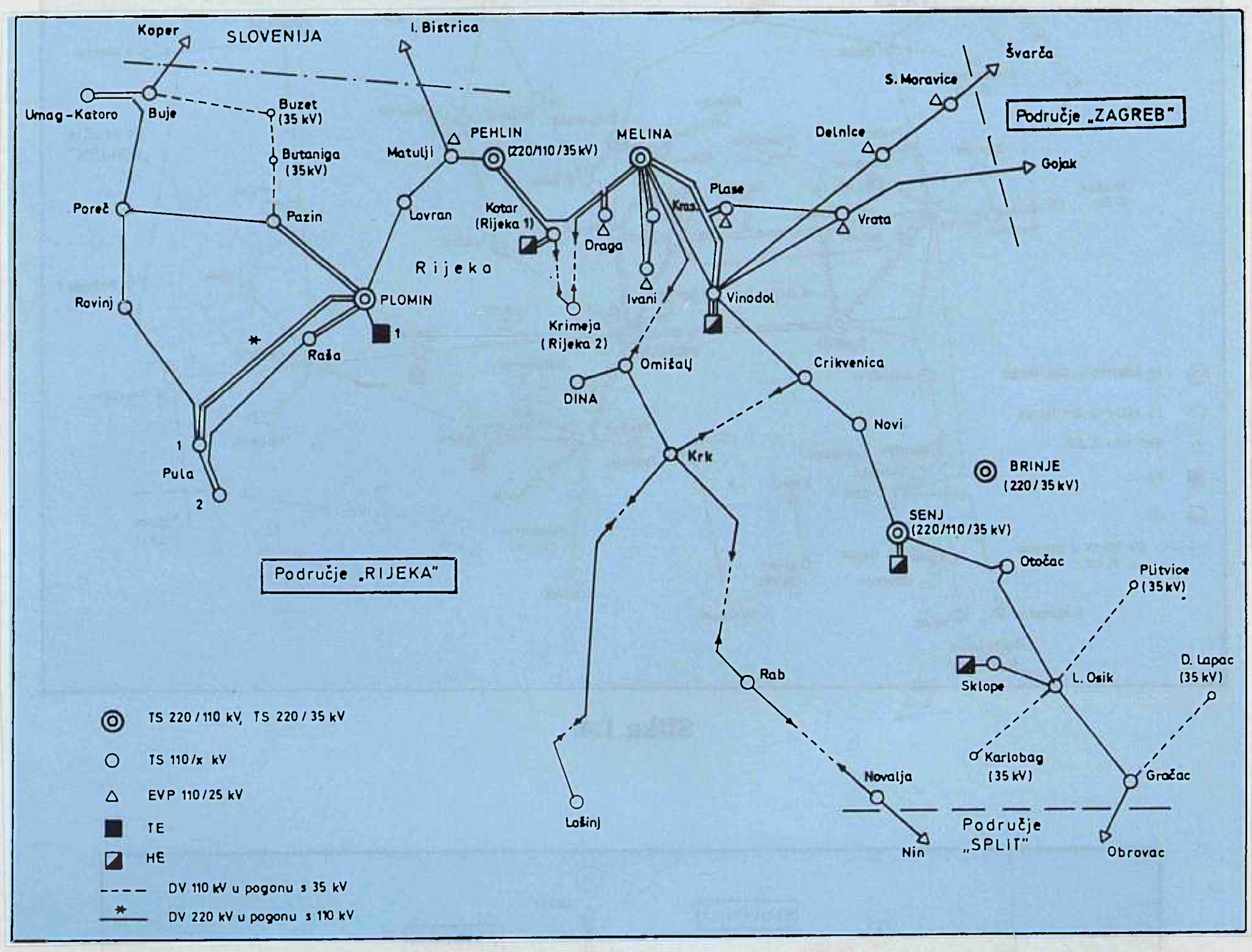
$$\underline{U}_{i(F)}^{sim} = \underline{E}_{i(0)}^{sim} - \underline{Z}_{ik}^{sim}\underline{Y}_F^{sim} (1 + \underline{Z}_{kk}^{sim}\underline{Y}_F^{sim})^{-1}\underline{E}_{k(0)}^{sim} \quad (3)$$

Struje u granama i-j prema tome iznose:

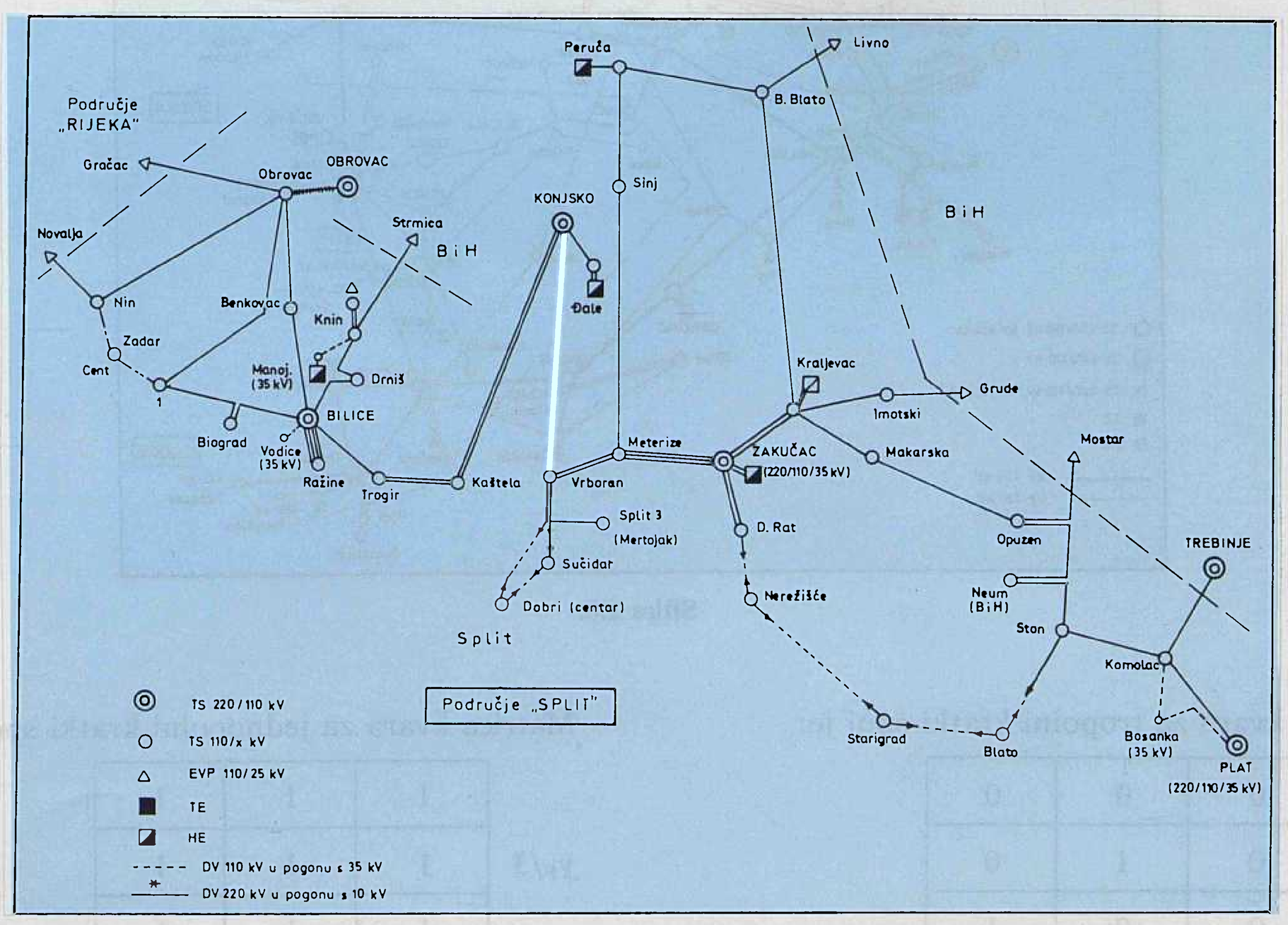
$$\underline{i}_{ij(k)}^{sim} = \underline{y}_{i\text{-}j}^{sim}(\underline{E}_{i(k)}^{sim} - \underline{E}_{j(k)}^{sim}) \quad (4)$$

U izrazima (1) — (4) pojedine matrice u sustavu simetričnih komponenata (sim) imaju sljedeće značenje:

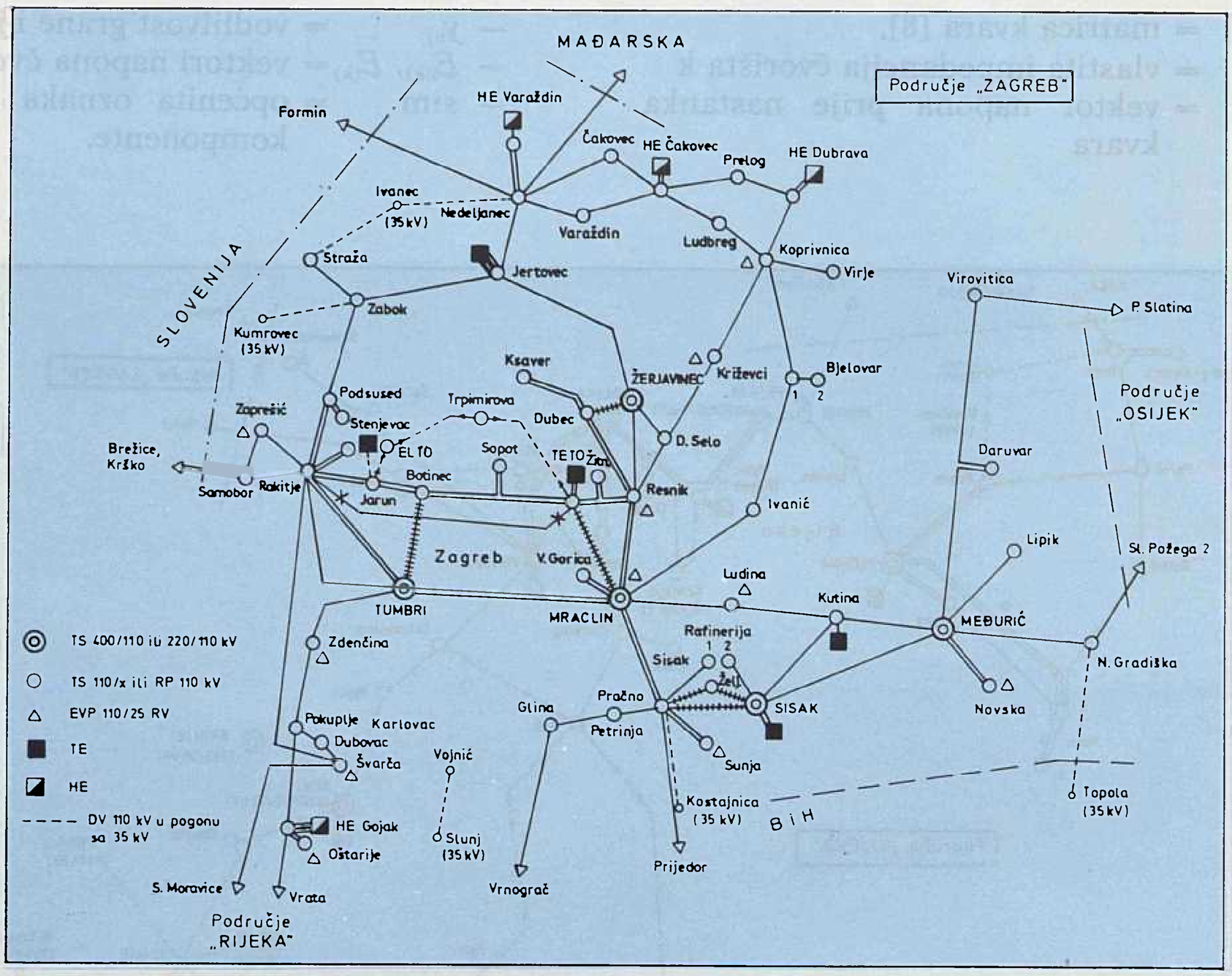
— $\underline{Y}_F$ = matrica kvara [8],
— $\underline{Z}_{kk}$ = vlastita impedancija čvorišta k
— $\underline{E}_{k(0)}$ = vektor napona prije nastanka kvara
— $\underline{y}_{i-j}$ = vodljivost grane i-j
— $\underline{E}_{i(k)}$, $\underline{E}_{(k)}$ = vektori napona čvorišta i, j
— *sim* = općenita oznaka za simetrične komponente.



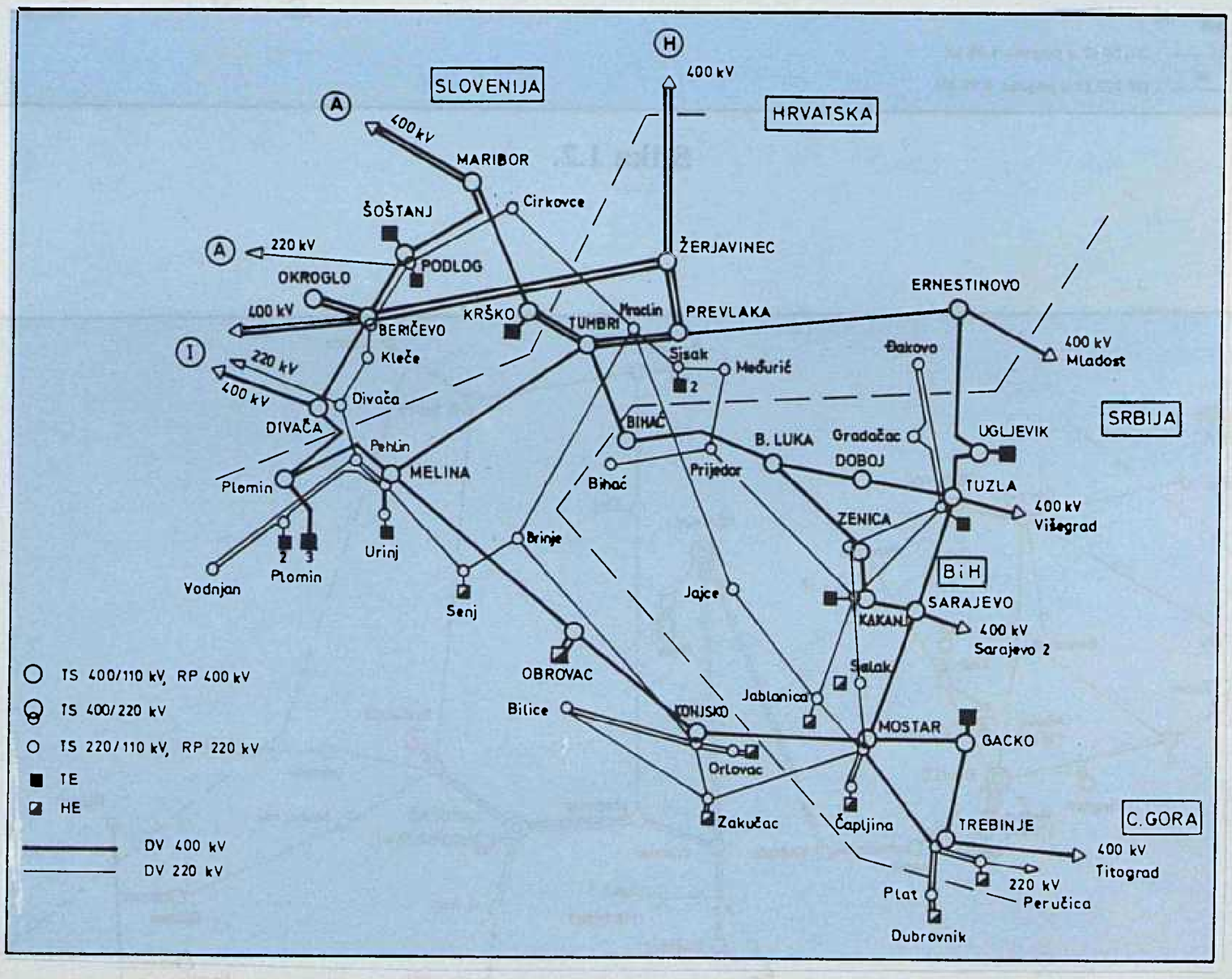
Slika 1.2.



Slika 1.3.



Slika 1.4.



Slika 2.0.

— Matrica kvara za tropolni kratki spoj je:

$$y_F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

— Matrica kvara za jednopolni kratki spoj je:

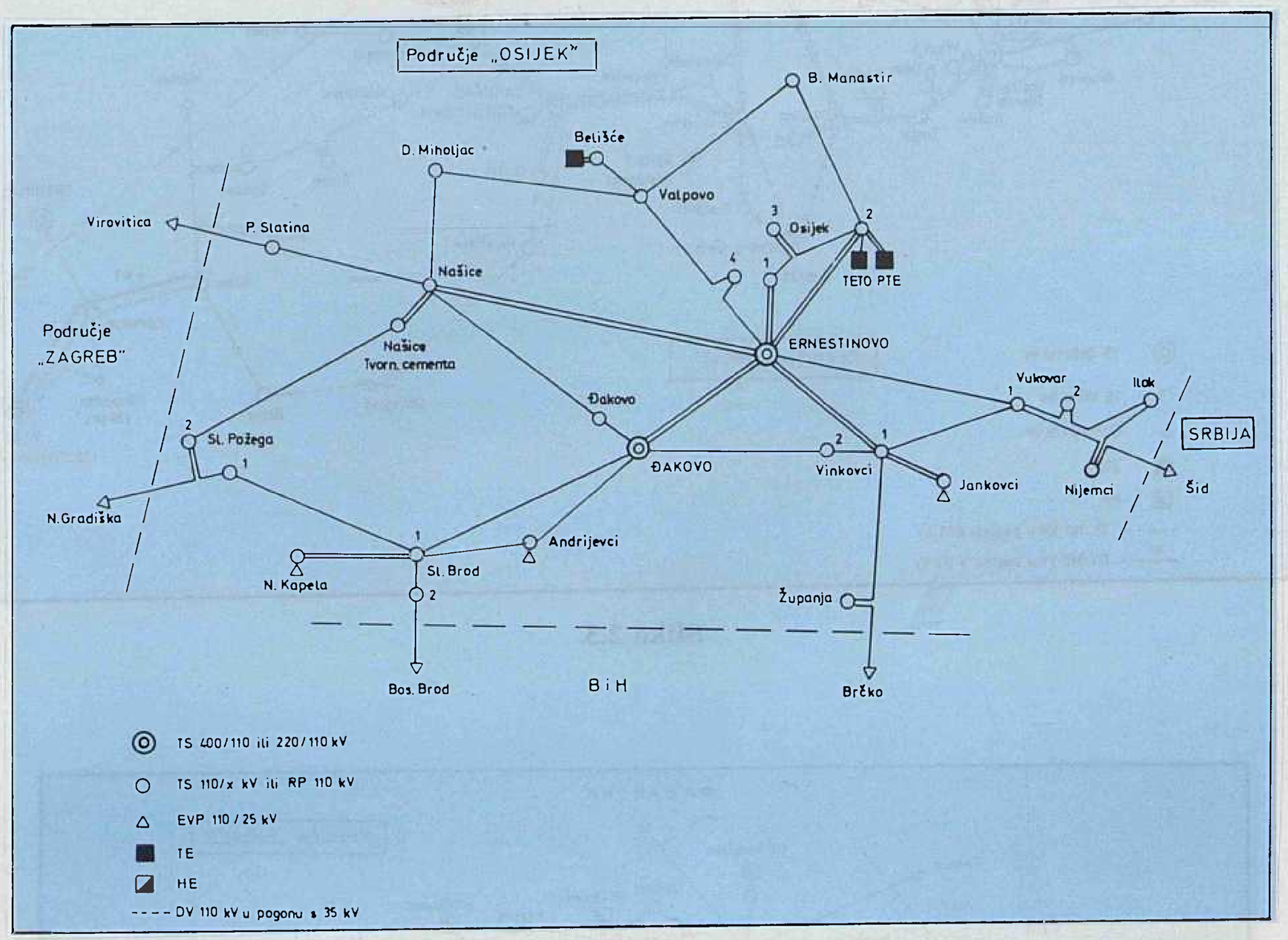
$$y_F/3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Relacija između faznih i simetričnih veličina opisana je Fortescueovom matricom transformacija $\underline{T}$:

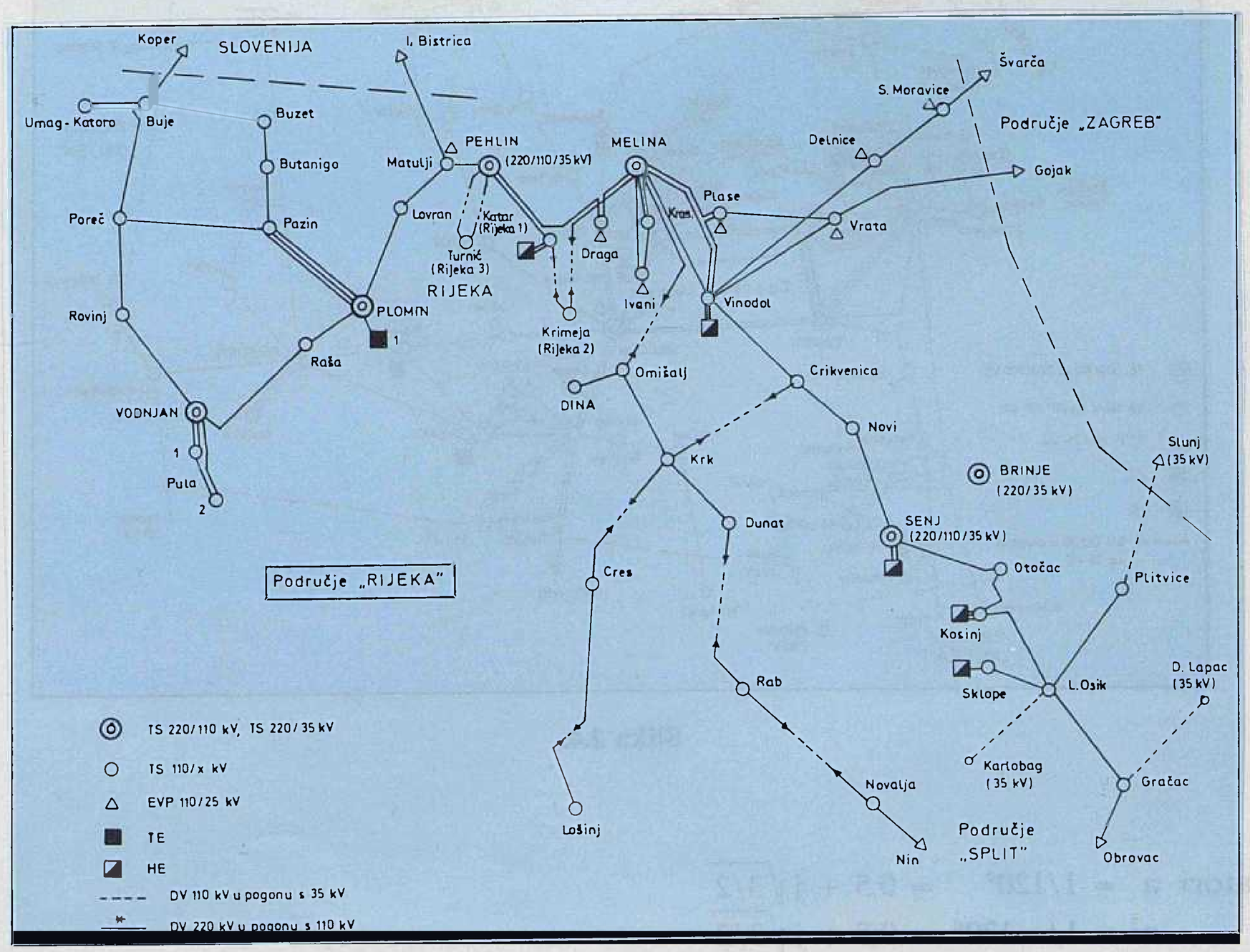
$$\underline{A}^{\text{faz}} = \underline{T}\,\underline{A}^{\text{sim}}.$$

— Matrica transformacija za pretvorbu simetričnih u fazne veličine jest:

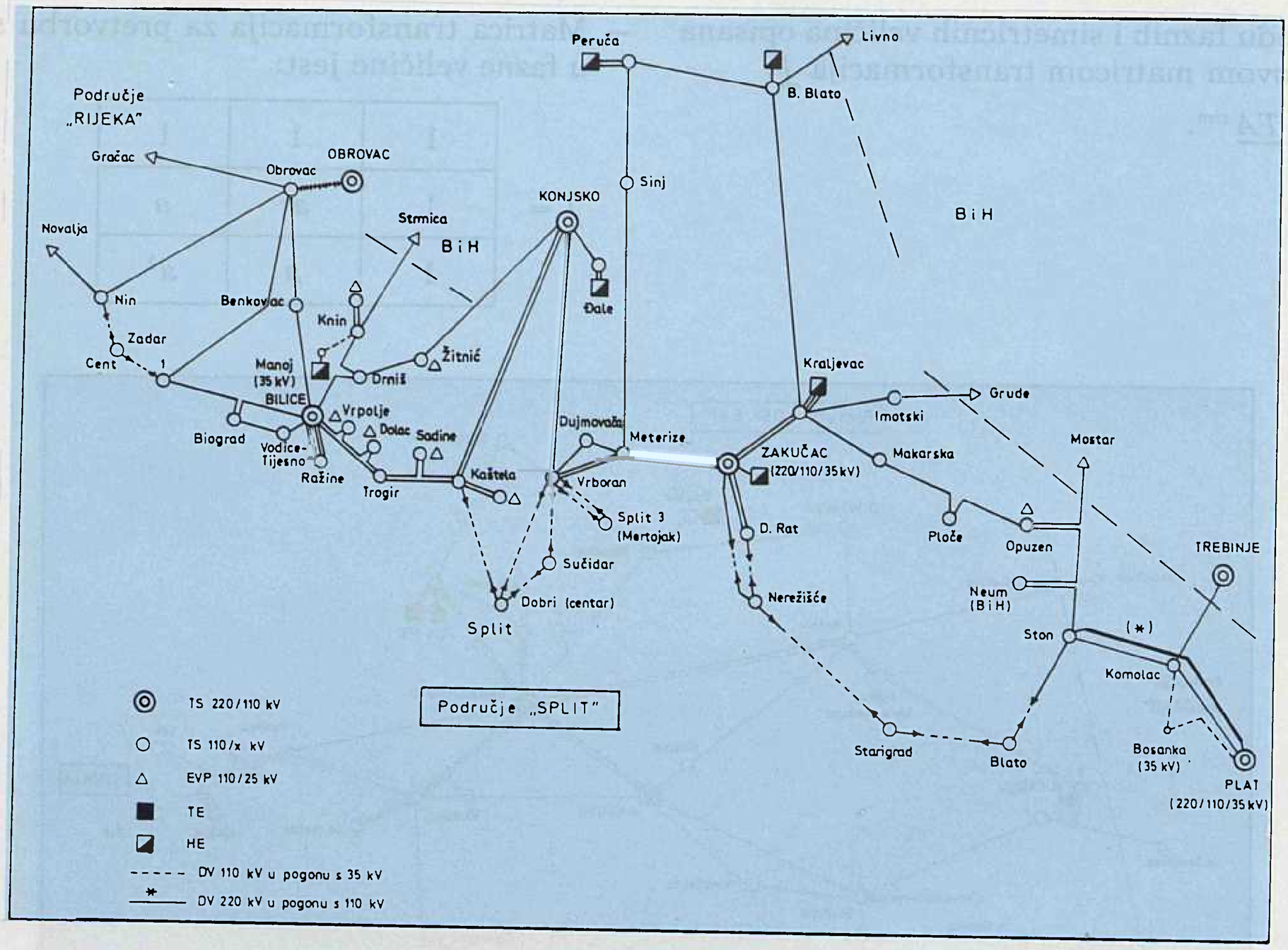
$$\underline{T} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & a^2 & a \\ \hline 1 & a & a^2 \\ \hline \end{array}$$



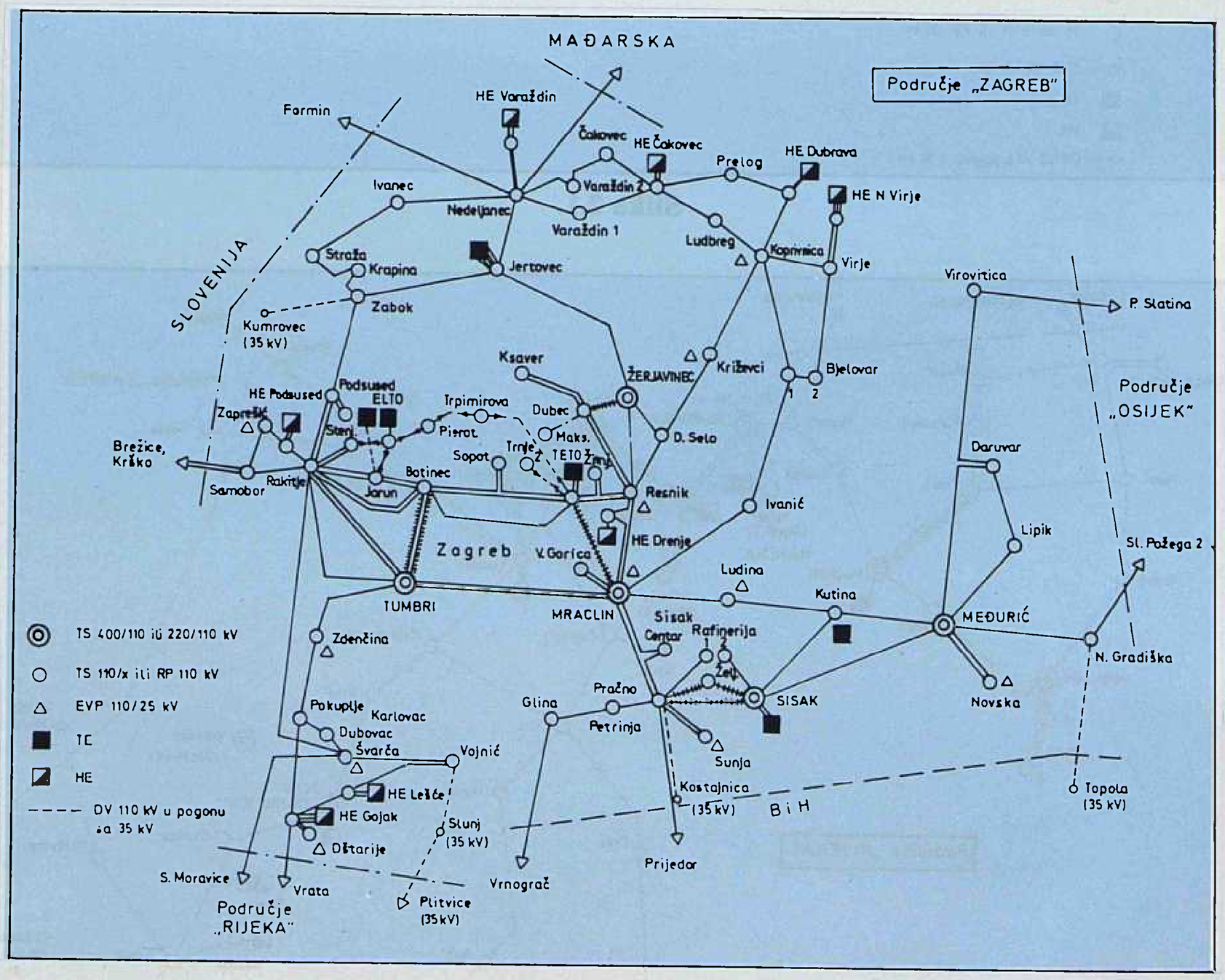
Slika 2.1.



Slika 2.2.



Slika 2.3.



Slika 2.4.

— gdje operatori $a = 1/120° = 0{,}5 + j\sqrt{3/2}$

$a^2 = 1/-120° = 0{,}5 + j\sqrt{3/2}$

predočuju rotaciju jediničnog vektora za $\pm 120°$

4. PREGLED I ANALIZA REZULTATA PRORAČUNA

Analizom rezultata proračuna početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja može se zaključiti da u mrežama 400, 220 i 110 kV na području Republike Hrvatske treba u mrežama za nazivne 1995. i 2000. godinu očekivati najveće iznose početnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja, navedeno po pojedinim prijenosnim poduzećima:

Naponski nivo 400 kV:

— područje Osijeka	I_{k3}/I_{k1} = 10824 / 10292 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 12072 / 11431 A	za 2000. godinu
— područje Rijeke	I_{k3}/I_{k1} = 14095 / 12455 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 13636 / 12302 A	za 2000. godinu
— područje Splita	I_{k3}/I_{k1} = 9652 / 8988 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 9828 / 9111 A	za 2000. godinu
— područje Zagreba	I_{k3}/I_{k1} = 13600 / 12947 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 20117 / 18331 A	za 2000. godinu.

Naponski nivo 220 kV:

— područje Osijeka	I_{k3}/I_{k1} = 8665 / 7916 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 8939 / 8150 A	za 2000. godinu
— područje Rijeke	I_{k3}/I_{k1} = 24187 / 25721 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 24825 / 26286 A	za 2000. godinu
— područje Splita	I_{k3}/I_{k1} = 18484 / 19541 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 18804 / 19835 A	za 2000. godinu
— područje Zagreba	I_{k3}/I_{k1} = 13011 / 12097 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 13985 / 12839 A	za 2000. godinu

Naponski nivo 110 kV:

— područje Osijeka	I_{k3}/I_{k1} = 31034 / 35191 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 33091 / 37590 A	za 2000. godinu
— područje Rijeke	I_{k3}/I_{k1} = 24385 / 27322 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 24922 / 27882 A	za 2000. godinu
— područje Splita	I_{k3}/I_{k1} = 22291 / 25344 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 23689 / 26749 A	za 2000. godinu
— područje Zagreba	I_{k3}/I_{k1} = 31534 / 35216 A	za 1995. godinu
	I_{k3}/I_{k1} = 44708 / 47570 A	za 2000. godinu.

Na slikama od 3. do 6. prikazani su u padajućem nizu svrstani rezultati proračuna ukupnih struja najvećega početnoga tropolnoga i jednopolnoga kratkog spoja za mreže Hrvatske 1995. i 2000. godine, svrstanih prema veličinama tropolnoga kratkog spoja (tabl. 1, 2, 3).

Ako u skladu sa standardom za nazivne karakteristike prekidača, koji efektivne vrijednosti izmjeničnih komponenata nazivne moći prekidanja struje kratkog spoja svrstava u niz

6,3-8-10-12,5-16-20-25-31,5-40-50-63-80-100 kA,

analiziramo rezultate proračuna najvećega početnoga tropolnoga i jednopolnoga kratkog spoja, možemo zaključiti o sljedećoj raspodjeli postrojenja karakteriziranih ukupnom strujom sabirničkoga kratkog spoja (tabl. 1, 2, 3).

Tablica 1. Distribucija 400 kV postrojenja u odnosu prema nivoima struja kratkog spoja

Grupe	1995.	2000.
0 – 6,3 kA	–	–
6,3 – 8,0 kA	–	–
8,0 – 10,0 kA	3	2
10,0 – 12,5 kA	1	2
12,5 – 16,0 kA	2	1
16,0 – 20,0 kA	–	2
20,0 – 31,5 kA	–	1
31,5 – 40,0 kA	–	–
40,0 – 50,0 kA	–	–
Ukupno	6	8

5. ZAKLJUČAK

U studiji [11] proveden je proračun najvećih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja za mrežu Hrvatske nazivne 1995. i 2000. godine. Rezultati proračuna prikazani su na uobičajeni način, po mrežama pojedinih područja: Osijek, Opatija, Split i Zagreb za 1995. i 2000. godinu, ukupno 8 proračuna tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na naponskim nivoima 400, 220 i 110 kV.

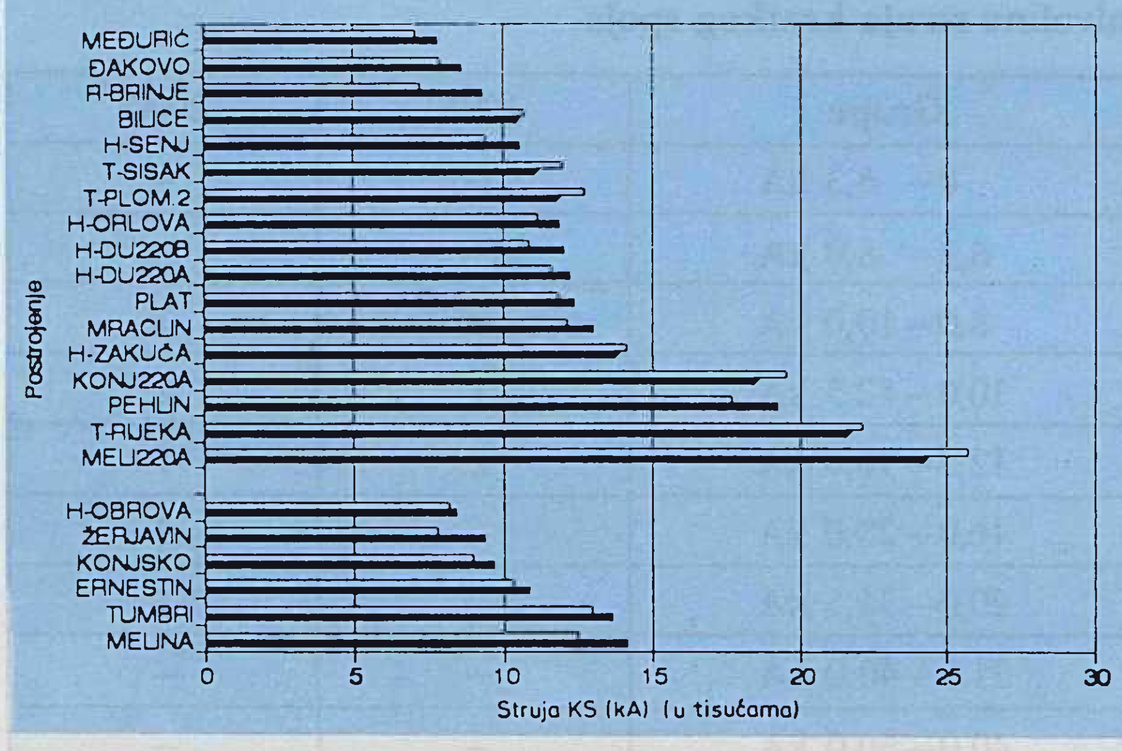
Mreža Hrvatske nazivne 1995. godine karakterizirana je s ukupno 6 postrojenja 400 kV, 16 postrojenja 220 kV i 152 postrojenja 110 – 400 kV, tj. s ukupno 174 postrojenja 110 – 400 kV. Pretpostavljena mreža Hrvatske za nazivnu 2000. godinu karakterizirana je s 8 postrojenja 400 kV (nova u odnosu prema 1995. godini

Tablica 2. Distribucija 220 kV postrojenja u odnosu prema nivoima struja kratkog spoja

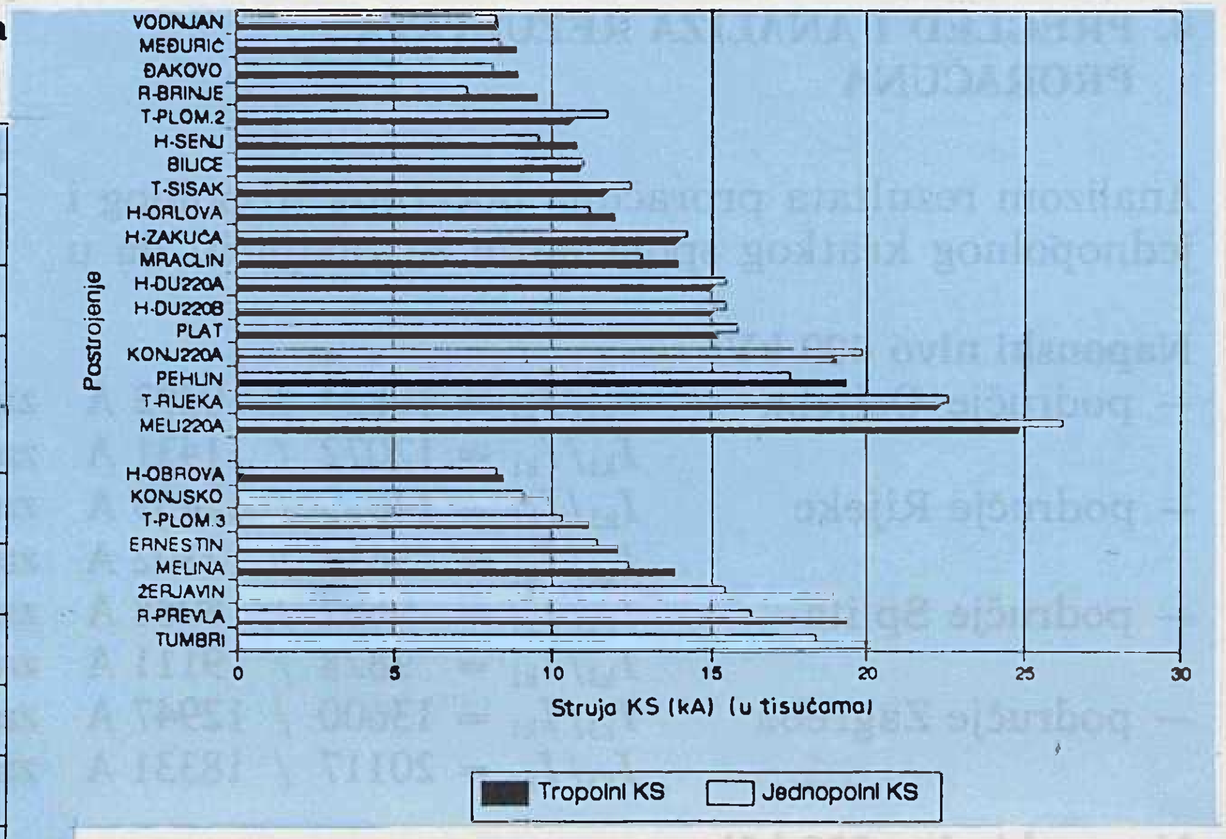
Grupe	1995.	2000.
0 – 6,3 kA	–	–
6,3 – 8,0 kA	1	–
8,0 – 10,0 kA	2	4
10,0 – 12,5 kA	7	5
12,5 – 16,0 kA	2	4
16,0 – 20,0 kA	2	2
20,0 – 31,5 kA	2	2
31,5 – 40,0 kA	–	–
40,0 – 50,0 kA	–	–
Ukupno	16	17

Tablica 3. Distribucija 110 kV postrojenja u odnosu prema nivoima struja kratkog spoja

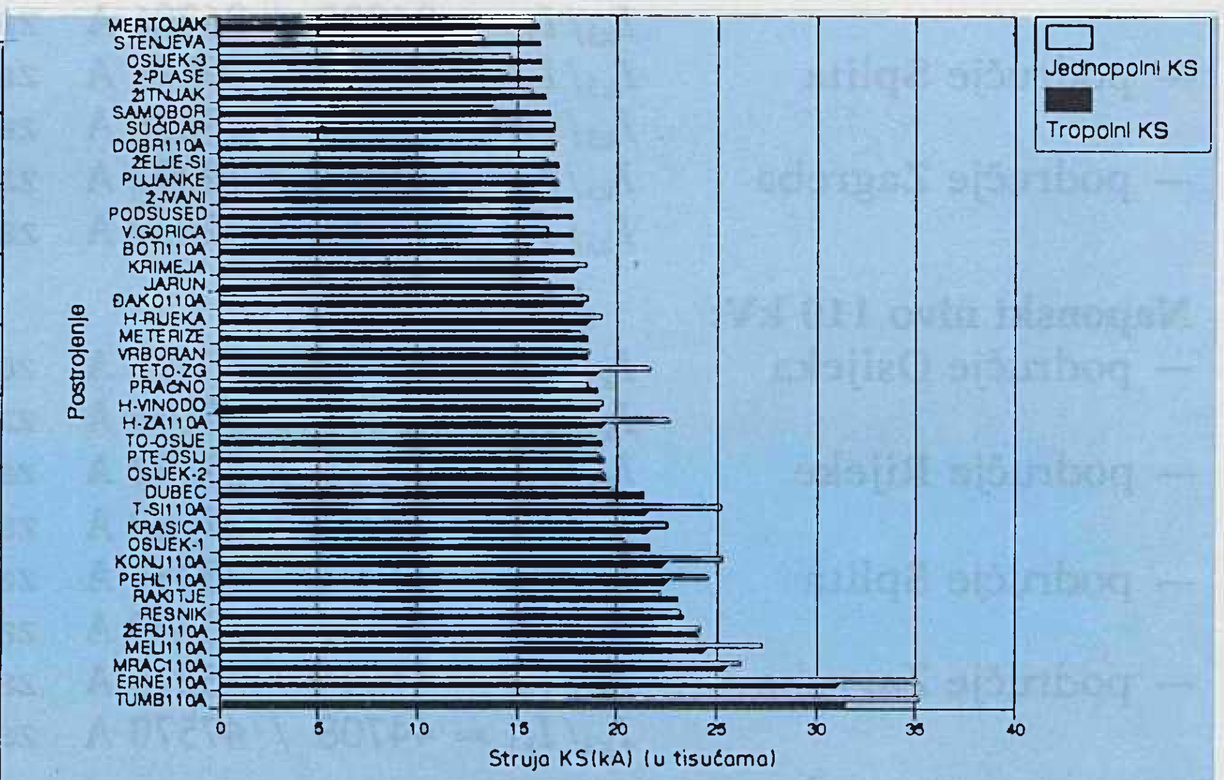
Grupe	1995.	2000.
0 – 6,3 kA	44	25
6,3 – 8,0 kA	21	45
8,0 – 10,0 kA	12	20
10,0 – 12,5 kA	15	20
12,5 – 16,0 kA	18	14
16,0 – 20,0 kA	29	27
20,0 – 31,5 kA	13	28
31,5 – 40,0 kA	2	4
40,0 – 50,0 kA	–	1
Ukupno	153	184

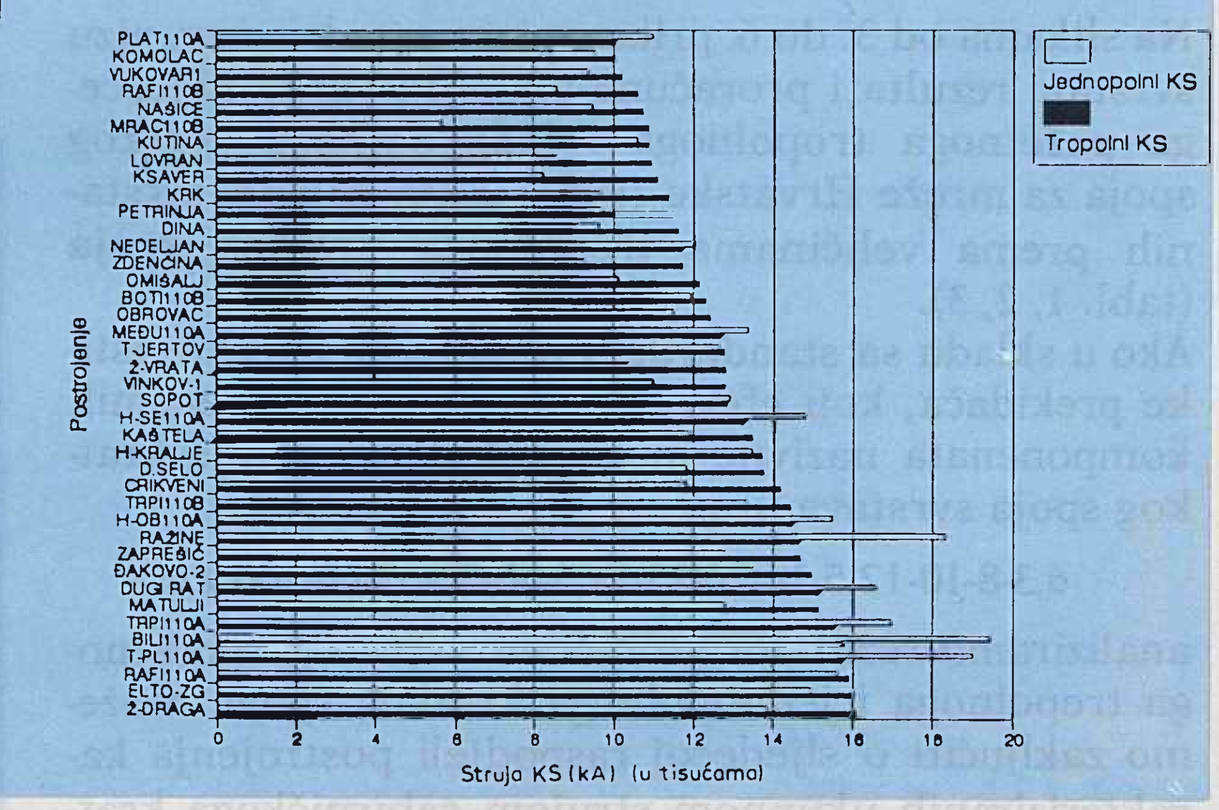


Slika 3. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 400 i 220 kV HRV. 1995. god.



Slika 4. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 400 i 220 kV HRV. 2000. God.

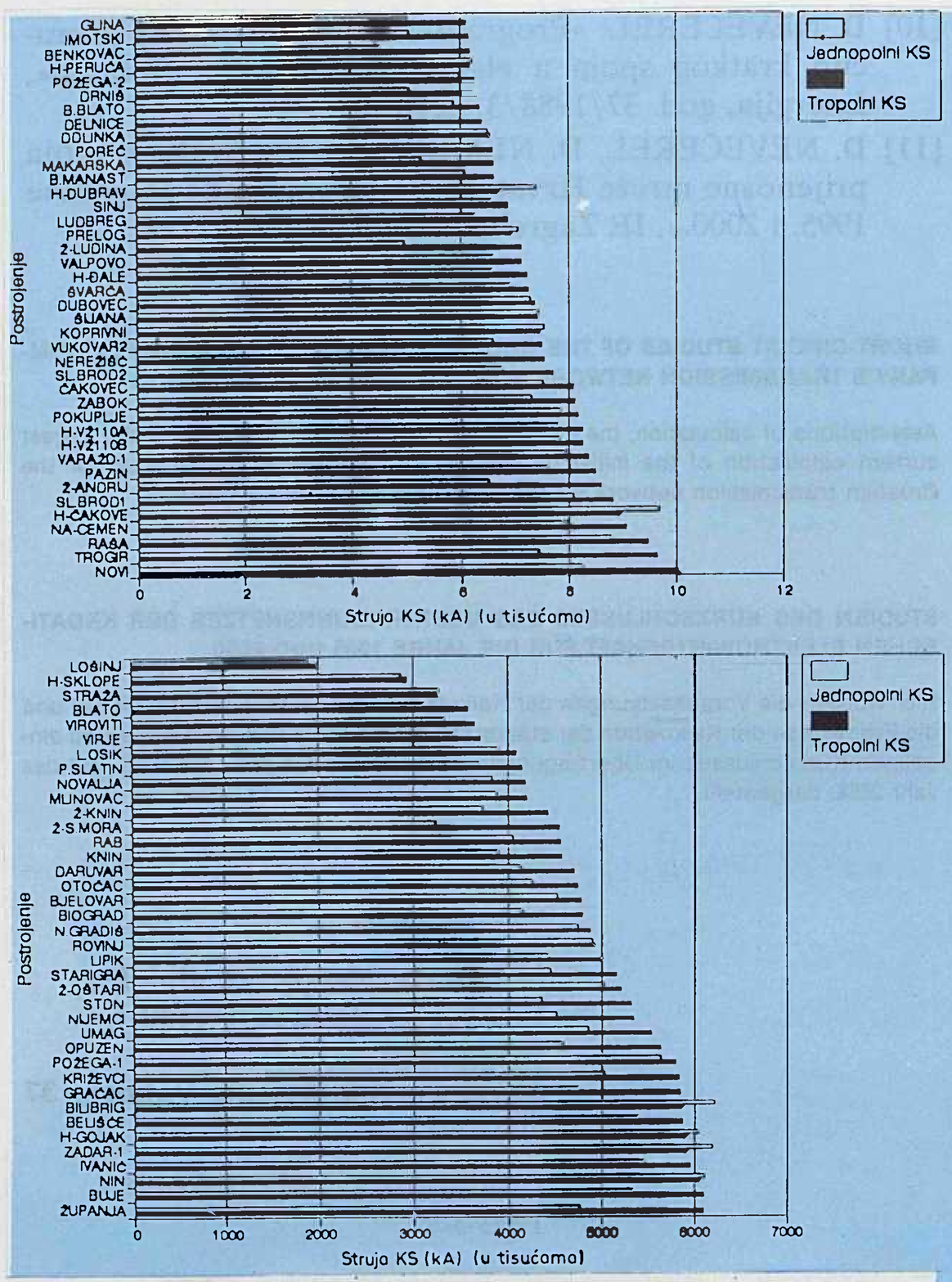




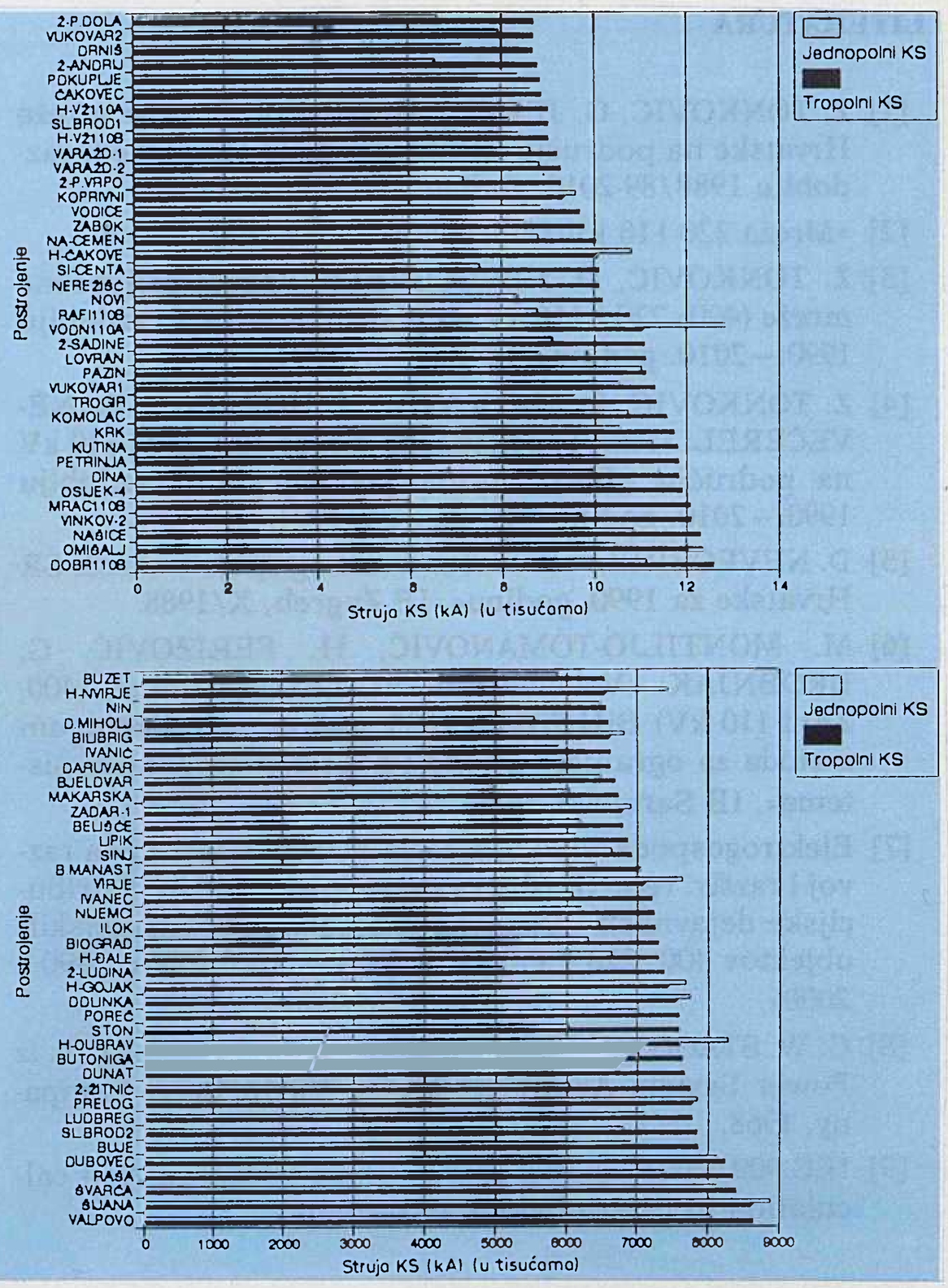
Slika 5.1. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 110 kV mreže Hrvatske i 1995. god.

su RP Prevlaka i TE Plomin 3), 17 postrojenja 220 kV (novo je TS Vodnjan) i 185 postrojenja 110 kV, tj. s ukupno 210 postrojenja 110 – 400 kV (povećanje 20 %). Sve to upućuje na ambiciozne planove razvoja na području izgradnje elektroprivrednih objekata, uz napomenu da je danas polazno stanje mreže potpuno različito (ratna razaranja), tako da će se i oni morati zasigurno mijenjati.

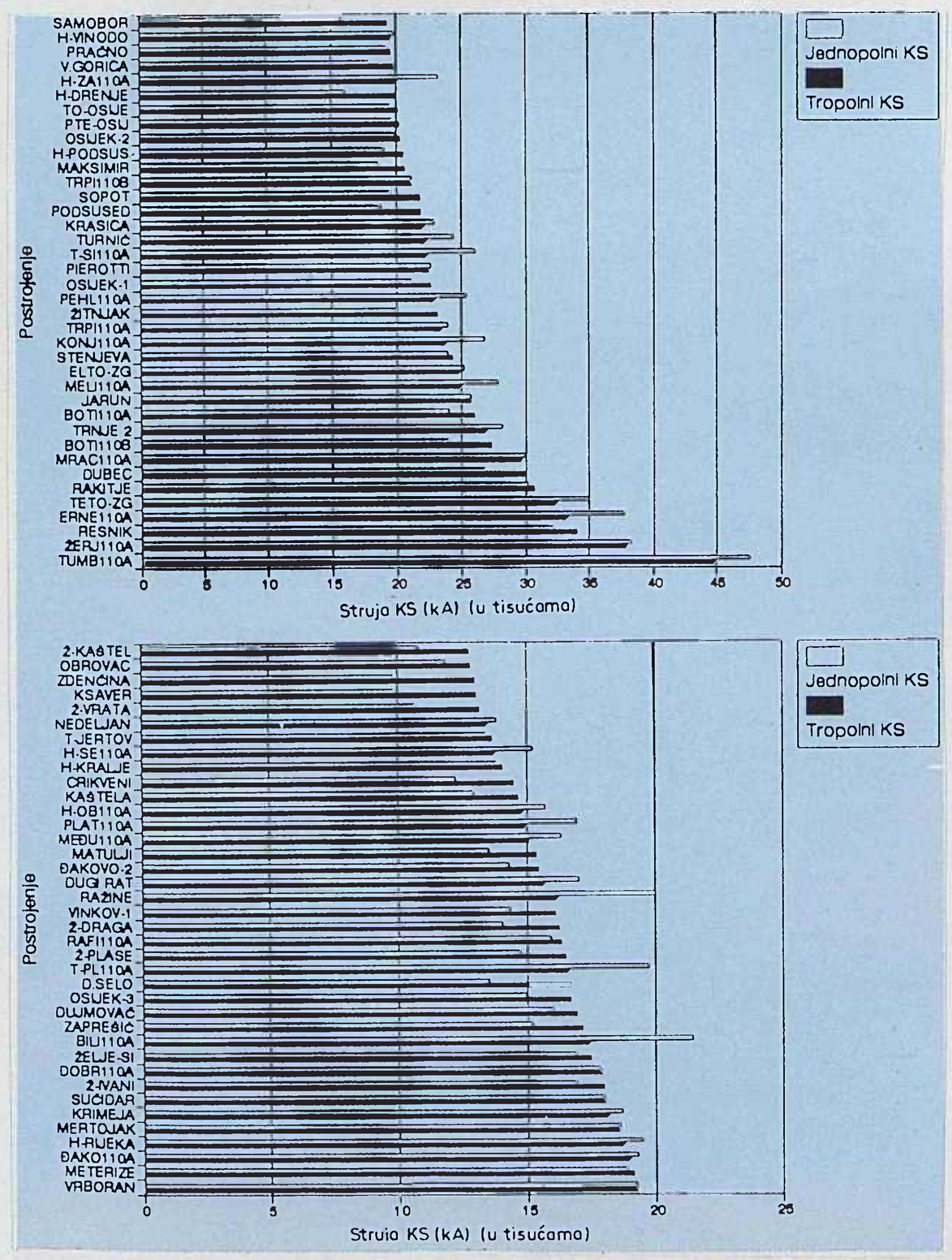
Budući da je ovo zadnji proračun kratkog spoja u još cjelovitoj mreži prije ratnih razaranja, on je posljednje predratno sagledavanje razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske elektroprivrede za nazivne godine 1995. i 2000. Nastalim ratnim razaranjima ova studija kratkog spoja ne gubi na aktualnosti, ali njezinim rezultatima treba prići kritički prihvaćajući sva zatečena razaranja mreže zajedno s predvidivim



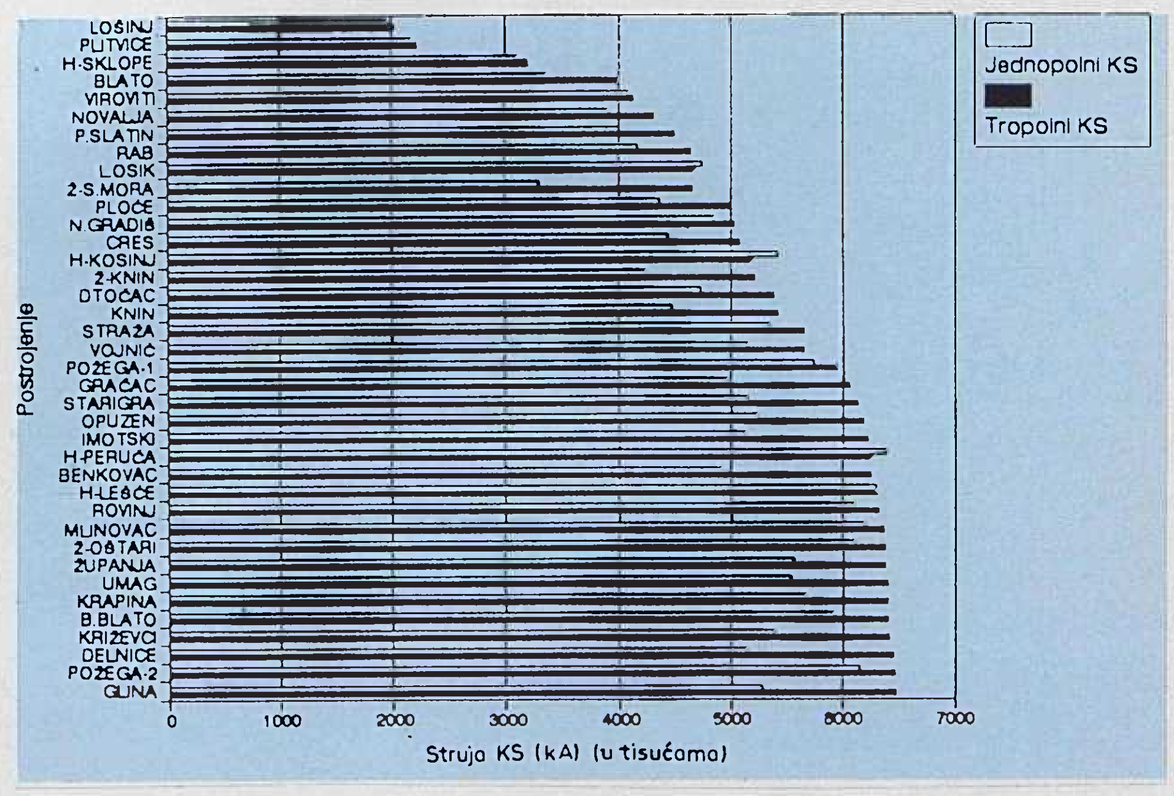
Slika 5.2. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 110 kV mreže Hrvatske 1995. god.



Slika 6.2. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 110 kV mreže Hrvatske 2000. god.



Slika 6.1. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 110 kV mreže Hrvatske 2000. god.



Slika 6.3. Ukupne struje tropolnog i jedn. K. S. 110 kV mreže Hrvatske 2000. god.

posljedicama na njezin daljnji razvoj. Time su razultati proračuna kratkog spoja još djelomično upotrebivi, a u budućim analizama narušenog elektroenergetskog sustava na pojedinim područjima vođenja ratnih operacija mreža može biti dobra polazna osnova za daljnje razrade.

LITERATURA

[1] Z. TONKOVIĆ, G. JERBIĆ: »Razvoj prijenosne mreže Hrvatske na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89-2010. godine«, IE Zagreb, 1990.

[2] »Mreža 220-110 kV Dubrovnik«, HEP, 1991.

[3] Z. TONKOVIĆ, D. NEVEČEREL: »Razvoj prijenosne mreže (400) 220 i 110 kV na području Istre u razdoblju 1990. – 2010. godine«, IE Zagreb, 1991.

[4] Z. TONKOVIĆ, L. MATKOVIĆ, V. HORAČEK, D. NEVEČEREL: »Razvoj prijenosne mreže 400, 220 i 110 kV na području »Elektroprimorja« Rijeka u razdoblju 1990. – 2010. godine«, IE Zagreb, 1991.

[5] D. NEVEČEREL: »Proračun kratkog spoja u mreži SR Hrvatske za 1990. godinu«, IE Zagreb, X/1988.

[6] M. MONTILJO-TOMANOVIĆ, H. FERIZOVIĆ, G. DROBNJAK: »Veličine kratkih spojeva u mreži (400, 220 i 110 kV) BiH 2000. i 2005. godine sa prijedlogom metoda za ograničenje istih i procjena stabilnosti sistema«, IE Sarajevo, 1989.

[7] Elektrogospodarstvo Slovenije Maribor, Sektor za razvoj i razšir. rep., Služba za razvoj prenosne in distribucijske dejavnosti »Osnovna shema elektroenergetskih objektov 400, 220 i 110 kV v SRS — stanje leto 1990 i 2000«.

[8] G. W. STAGG, A. H. EL.-ABIAD: »Computer Methods iz Power System Analysis«, McGraW-Hill Book Company, 1968.

[9] IEC 909/First edition 1988.: »Short-circuit current calculation in three-phase a. c. systems«.

[10] D. NEVEČEREL: »Programski sustav RIMA za proračun kratkog spoja u elektroenergetskim mrežama«, Energija, god. 37/1988/3, 221-230.

[11] D. NEVEČEREL, D. NEMEC: »Studija kratkog spoja prijenosne mreže Hrvatske Elektroprivrede za godine 1995. i 2000.«, IE Zagreb, 1992.

SHORT-CIRCUIT STUDIES OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY'S TRANSMISSION NETWORK FOR THE YEAR 1995 AND 2000

Assumptions of calculation, the mathematical model and the results of the largest current calculation of the initial threephase and single-line short-circuit for the Croatian transmission network for the year 1995 and 2000 are given.

STUDIEN DES KURZSCHLUSSES DES ÜBERTRAGUNGSNETZES DER KROATISCHEN ELEKTROWIRTSCHAFT FÜR DIE JAHRE 1995 UND 2000

Hier wurden die Voraussetzungen der Kalkulation, das mathematische Modell und die Ergebnisse der Kalkulation der stärksten Ströme des anfänglichen drei und einpoligen Kurzschlusses im Übertragungsnetz Kroatiens für das Jahr 1995 und das Jahr 2000 dargestellt.

Naslov pisca:

Mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku,
41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-3-9.

TARIFNI SUSTAV ZA PRODAJU PRIRODNOG PLINA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Dr. Jakša Topić — Smiljana Jurišić, Zagreb

UDK 338.524:662.76
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazuje se metodologija na kojoj se temelji nov tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u Republici Hrvatskoj.
Na temelju podataka o karakteristikama potrošnje i ostvarenim troškovima u razdoblju 1989—1990. god. prikazuju se utvrđeni odnosi cijena među kategorijama i grupama potrošnje. Prikazane su i strukturirane cijene plina po grupama potrošnje u distribucijskim poduzećima.

Ključne riječi: tarifni sustav, prirodni plin.

1. UVOD

U uvjetima energetske i ekonomske krize, kada sposobnost potrošača da snose troškove potrošnje energije postaje sve manja, zahtjevi za racionalnim korištenjem energije postaju sve veći.

Racionalno korištenje energije, u energetskoj politici jedne zemlje, se stimulira odgovarajućim odnosom cijena među energentima. Za racionalno korištenje pojedinih energenata, u ovom slučaju prirodnog plina (u daljnjem tekstu plina), potrebno je imati odgovarajući tarifni sustav.

Tarifni sustav u osnovi predstavlja dinamičan proces koji stalno treba prilagođavati potrebama i karakteristikama potrošača radi zaštite ekonomskih interesa poduzeća koja se bave proizvodnjom, uvozom, transportom i distribucijom plina, zatim interesi potrošača radi sigurne opskrbe plinom uz minimalne troškove i konkurentnost prema drugim energentima.

Da bi izvršio svoju funkciju, tarifni sustav se mora temeljiti na dvama osnovnim načelima:

— da svaki potrošač ovisno o mjestu preuzimanja i načinu korištenja plina (po iznosu i vremenskoj dinamici) snosi troškove koje izaziva
— da potiče potrošača na racionalno korištenje energije.

Prvo načelo pretpostavlja objektivizaciju troškova koji nastaju u cjelokupnom tehnološkom procesu proizvodnje, uvoza, transporta i distribucije plina u funkciji mjesta, načina i iznosa preuzetih količina plina. Dakle, da bi se uspostavili adekvatni odnosi među tarifnim stavovima po mjestima preuzimanja i kategorijama potrošnje prema prvom načelu potrebno je provesti analizu troškova proizvodnje, uvoza, transporta, skladištenja i distribucije plina ovisno o mjestu preuzimanja i karakteristikama pojedinih kategorija potrošnje. Prema drugom načelu treba se uputiti jasna i nedvosmislena poruka potrošačima kako trebaju organizirati svoj rad da bi smanjili izdatke za preuzeti plin i time pridonijeli racionalnijem radu cijeloga plinovodnog sustava.

Valjanost i preciznost svake analize, tako i ove, ovisi o raspoloživim podacima. Podaci kojima se raspolaže odnose se uglavnom na mjesečne potrošnje pojedinih kategorija potrošnje. Ti podaci se već nekoliko godina skupljaju u Institut za elektroprivredu i energetiku, koji provjerava njihovu točnost i sprema ih u bazu podataka da bi se mogli koristiti za razne energetske analize.

Za troškovne analize korišteni su uglavnom podaci iz završnih računa pojedinih poduzeća i drugi dostupni podaci koji pokazuju troškovne odnose među pojedinim kategorijama potrošnje. Naime, ovim radom uvode se troškovni odnosi među kategorijama i grupama potrošnje, što će vrlo brzo omogućiti, uz dodatne analize i preciznije podatke, uvođenje potpunih tržišnih kriterija ne samo pri prodaji plina nego i uspostavi odnosa cijena među svim energentima po uzoru na zapoadnoeuropske zemlje.

Izrada ovog tarifnog sustava za plin uz primjenu tarifnih stavova u praksi, uzimajući u obzir sve nepreciznosti koje proizlaze iz raspoloživih ili neraspoloživih ulaznih podataka u ovom trenutku, trebala bi biti osnova za daljnji neprekidan rad na ovoj problematici.

Ovaj rad ne bi bilo moguće napraviti da nije bilo pomoći ljudi iz INA — Naftaplina, Gradske plinare Zagreb i drugih distribucijskih poduzeća koja su odabrana za ove analize. Njihova angažiranost u većem ili manjem obujmu, u ratnim uvjetima, pridonijela je da se napravi velik korak naprijed, odnosno izradi **prvi tarifni sustav** za prodaju prirodnog plina u Republici Hrvatskoj.

2. METODOLOŠKE OSNOVE IZRADE TARIFNOG SUSTAVA

Metodološke osnove izrade tarifnog sustava temelje se na energetskim i gospodarskim karakteristikama kategorija potrošnje i troškovima koje pojedine kategorije potrošnje izazivaju u cijelokupnom procesu proizvodnje, uvoza, skladištenja i distribucije plina. Na tim temeljima tarifni sustav ima zadaću da prosječnu cijenu plina transformira na cijene kod krajnjih potrošača. Prosječna cijena trebala bi biti takva da ukupni prihod poduzeća za proizvodnju, uvoz, transport, skladištenje i distribuciju plina pokriva rashode poslovanja, i to:

— poslovne rashode odnosno materijalne troškove i amortizaciju (povrat kapitala neovisno o vlasniku), nematerijalne troškove i bruto platni fond
— rashode financiranja
— izvanredne rashode i
— akumulaciju (odgovarajući iznos za povećanje uloga — razvoj i dio za nadoknadu ulagačima).

Cijene kod krajnjih potrošača i odnosi cijena među kategorijama i grupama potrošnje moraju biti takvi da:

— utječu na izravnanje dijagrama opterećenja isporučitelja, što znači bolje korištenje izgrađenoga plinovodnog sustava i
— potiču, u sklopu ukupne energetske politike, na racionalnu primjenu svih oblika energije.

Kada postoje jasno definirani ciljevi, preostaje da se s ekonomskog gledišta, odredi razina cijene i odnosi među tarifnim stavovima koji će udovoljiti svim navedenim naćelima i ciljevima.

2.1. Kategorije potrošnje

U Republici Hrvatskoj na magistralnu mrežu poduzeća za proizvodnju i transport plina (u daljnjem tekstu INA-Naftaplin) potkraj 1990. god. bilo je priključeno:

— **distribucijskih poduzeća** — 28 — oni na svojim (određenim) područjima distribuiraju plin krajnjim potrošačima u urbanim cjelinama
— **direktnih industrijskih potrošača** — 27 — oni su, s obzirom na svoje lokacije, priključeni izravno na visokotlačni sustav plinovoda
— **Hrvatska elektroprivreda** — TE Sisak i
— **Petrokemija Kutina** — tvornica umjetnih gnojiva.

Navedena podjela potrošača u ovom radu nije se u osnovi mijenjala. Potrošači koje izravno opskrbljuje INA — Naftaplin razvrstani su u sljedeće kategorije potrošnje:

— distribucijska poduzeća
— direktni potrošači
— Hrvatska elektroprivreda (HEP)
— Kutina.

Na razini distribucijskih poduzeća razlikuju se tri osnovne kategorije potrošnje:

— domaćinstva
— industrija
— HEP.

Da bi se što preciznije obavila raspodjela troškova na načelu da svaki potrošač snosi troškove koje izaziva u sustavu, izvedena je daljnja podjela na **grupe potrošnje** u kategoriji domaćinstva i industrija:

Grupa	Naziv	Opis	Potrošnja m³
Domaćinstva			
I	DOM 1	kuhanje i topla voda — mala potrošnja	od 0 do 300
II	DOM 2	kuhanje, topla voda i pojedinačno grijanje	od 301 do 1 500
III	DOM 3	kuhanje, topla voda i etažno grijanje	od 1 501 do 10 000
IV	DOM 4	potrošači čija godišnja potrošnja iznosi	više od 10 000
Industrija			
I	IND 1	mala potrošnja	od 0 do 1 000
II	IND 2	usluge i obrtništvo	od 1 001 do 10 000
III	IND 3	industrijski potrošači	od 10 001 do 100 000
IV	IND 4	veliki potrošači	više od 100 000

2.2. Energetske osnove

2.2.1. *Karakteristike potrošnje*

Osnovni element na kojemu se zasniva izrada tarifnog sustava za prodaju plina su, osim broja potrošača i količina potrošnje, značajke potrošnje (sezonske, mjesečne i dnevne oscilacije, maksimalna mjesečna i maksimalna dnevna potrošnja) te sigurnost opskrbe. Značajke odnosno oscilacije potrošnje pokazuju način iskorištenja izgrađenoga plinovodnog sustava.

2.2.2. *Faktor iskorištenja*

Poznato je da se plinovodni sustav mora graditi za pokrivanje maksimalne potrošnje, što bitno utječe na troškove. Zbog toga se u politici cijena i tarifnoj politici ova činjenica uzima u obzir proračunavanjem troškova vršne ili maksimalne potrošnje, koja se mjeri po satu ili danu. Budući da naša poduzeća ne raspolažu ovim podacima u modelu smo se opredijelili za maksimalnu mjesečnu potrošnju, preko koje se u odnosu na ukupnu godišnju potrošnju dobiva značajka odnosno stupanj korištenja instaliranih kapaciteta. On je obilježen kao faktor iskorištenja.

Faktor iskorištenja plinovodnog sustava (*m*) omjer je godišnje potrošnje i godišnje potrošnje za slučaj da je potrošnja u svim mjesecima tijekom godine jednaka maksimalnoj mjesečnoj potrošnji (maksimalna

mjesečna potrošnja pomnožena s dvanaest) odnosno:

$$m = \frac{W}{P_{max} \times 12}$$

gdje je:

W — godišnja potrošnja

P_{max} — maksimalna mjesečna potrošnja tijekom godine.

Faktor neiskorištenja plinovodnog sustava iznosi (1-*m*) odnosno:

$$(1\text{-}m) = 1 - \left(\frac{W}{P_{max}*12}\right).$$

Faktor iskorištenja i neiskorištenja plinovodnog sustava osnova je za raspodjelu troškova koji su vezani za transport i prijenos plina kroz distribucijsku plinsku mrežu, po kategorijama potrošnje na razini INA-Naftaplina i na razini troškova distribucijskih poduzeća.

Faktor iskorištenja poprima vrijednosti od 0 do 1. Što je njegova vrijednost bliže 1, znači da su oscilacije potrošnje tijekom promatranog razdoblja manje i da se potrošači bolje koriste izgrađenim plinovodnim sustavom. Za faktor neiskorištenja vrijedi suprotno. Što je njegova vrijednost bliže 1, znači da su oscilacije potrošnje veće i da izgrađeni plinovodni sustav nije »dobro« iskorišten.

2.3. Ekonomske osnove

Ekonomske osnove izrade tarifnog sustava za prodaju plina jesu ukupni **troškovi** koji se raspodjeljuju na kategorije i grupe potrošnje prema knjigovodstvenim evidencijama vrste i strukture troškova, a uz pomoć naprijed navedenih energetskih elemenata proračuna (količina potrošnje, broj potrošača i oscilacije potrošnje).

2.3.1. *Troškovi na razini poduzeća za proizvodnju i transport plina*

Na razini INA-Naftaplin ukupni troškovi se dijele prema njezinim osnovnim funkcijama:

— troškovi proizvodnje i uvoza
— troškovi transporta i
— troškovi skladištenja plina.

2.3.1.1. Troškovi proizvodnje i uvoza

Troškovi proizvodnje i uvoza plina — ukupno — tretiraju se promjenljivim troškovima koji su u funkciji proizvedenog ili uvezenog m³ plina. Oni se raspodjeljuju na kategorije potrošnje primjenom jedinične cijene proizvodnje i uvoza koja se dobije iz odnosa ukupnih troškova proizvodnje i uvoza te ukupno isporučenih količina plina na pragu INA-Naftaplina. Dobiveni rezultat predstavlja jedinstvenu tarifu za sve kategorije potrošnje i izražava se po jedinici potrošnje plina u HRD/m³, tj:

$$Cpu = \frac{Tpu}{W},$$

gdje je:

Cpu — jedinična cijena proizvodnje i uvoza

Tpu — ukupni troškovi proizvodnje i uvoza

W — ukupne isporučene količine na razini dobavljača.

Primjenom jedinične cijene proizvodnje i uvoza na količine određene kategorije potrošnje **i (i=1,n)** dobije se odgovarajući dio troškova proizvodnje i uvoza koji podmiruje ta kategorija potrošnje:

$$(Tpu)_i = Cpu*(W)_i$$

gdje je:

$(Tpu)_i$ — troškovi proizvodnje i uvoza koji pripadaju kategoriji i

W_i — potrošnja plina kategorije **i** u promatranom razdoblju.

Prethodni izraz je identičan za sve kategorije potrošnje na razini INA-Naftaplina, uz mijenjanje količina potrošnje za svaku kategoriju potrošnje.

2.3.1.2. Troškovi transporta

Troškovi transporta plina vrsta su troškova koji su u funkciji prenesenih količina i načina iskorištenja transportnog sustava.

Za raspodjelu troškova transporta po kategorijama potrošnje potrebno je izračunati i ekvivalentne potrošnje svake kategorije potrošnje. Naime, ukupni troškovi transporta se raspodjeljuju po kategorijama potrošnje **i** (i=1,n) primjenom koeficijenta za raspodjelu troškova transporta koji se dobije iz udjela ekvivalentne potrošnje svake kategorije u ukupnoj godišnjoj ekvivalentnoj potrošnji. Ukupna godišnja ekvivalentna potrošnja je zbroj ekvivalentnih potrošnji kategorija potrošnje.

Ekvivalentna potrošnja po kategorijama potrošnje $(W_{ekv})_i$ dobije se tako da se prosječna godišnja potrošnja svake kategorije pomnoži njezinim faktorom neiskorištenja, tj:

$$(W_{ekv})_i = (W)_i*(1-m),$$

gdje je:

$(1-m)_i$ — faktor neiskorištenja kategorije potrošnje i.

Koeficijent za raspodjelu troškova transporta po kategorijama potrošnje $(Kt)_i$ računa se iz izraza:

$$(Kt)_i = \frac{(W_{ekv})_i}{W_{ekv}},$$

gdje je:

W_{ekv} — ukupna godišnja ekvivalentna potrošnja (zbroj ekvivalentnih potrošnji svih kategorija.

Kategorije potrošnje plina na razini INA-Naftaplina sudjeluju u raspodjeli troškova transporta plina množenjem ukupnih troškova transporta pripadajućim koeficijentom raspodjele troškova transporta odnosno:

$$(Tt)_i = Tt*(Kt)_i,$$

gdje su:

$(Tt)_i$ — troškovi transporta koji pripadaju kategoriji potrošnje i

Tt — ukupni troškovi transporta.

Koeficijent za raspodjelu troškova transporta teorijski ima vrijednosti u rasponu od 0 do 1, i ako se pomnoži sa 100, dobije se postotak udjela svake kategorije potrošnje u ukupnim troškovima transporta. Što je koeficijent raspodjele bliže 0, to je udio u ukupnim torškovima manji, i obratno, što je koeficijent bliže 1, to je udio u ukupnim troškovima veći.

2.3.1.3. Troškovi skladištenja plina

Troškovi skladištenja plina vrsta su troškova koji su u funkciji povećane potrošnje plina pojedine kategorije potrošnje u zimskoj u odnosu na ljetnu sezonu. Ukupni troškovi skladišta raspodjeluju se po kategorijama potrošnje primjenom koeficijenta za raspodjelu troškova skladišta, tako da se za svaku kategoriju potrošnje odredi razlika zimske u odnosu prema ljetnoj potrošnji, a zatim se utvrde udjeli svake kategorije u ukupnoj razlici zimske u odnosu prema ljetnoj potrošnji, odnosno:

$$(W_s)_i = (W_z - W_{lj})_i$$

$$(Ks)_i = \frac{(W_s)_i}{W_s},$$

gdje je:

$(W_s)_i$ — razlika sezonske potrošnje kategorije i

W_z, W_{ij} — zimska odnosno ljetna potrošnja

$(Ks)_i$ — koeficijent raspodjele troškova skladišta po kategorijama potrošnje

W_s — razlika ukupne sezonske potrošnje na razini INA-Naftaplina.

Kategorije potrošnje plina na razini INA-Naftaplina sudjeluju u raspodjeli ukupnih troškova skladišta plina množenjem ukupnih troškova skladišta s pripadajućim koeficijentom raspodjele troškova skladišta za svoju kategoriju potrošnje odnosno:

$$(Ts)_i = Ts^*(Ks)_i,$$

gdje su:

$(Ts)_i$ — troškovi skladišta koji pripadaju kategoriji potrošnje i

Ts — ukupni troškovi skladišta.

2.3.1.4. Sredstva za razvoj

Na razini INA-Naftaplina potrebna sredstva za razvoj obuhvaćaju usklađen razvoj proizvodnje, transporta i skladištenja plina, koji se na kategorije potrošnje raspodjeljuje proporcionalno njihovu udjelu u potrošnji. Sredstva za razvoj se mogu izraziti sljedećim izrazom:

$$Cr = \frac{Sr}{W}$$

odnosno

$$(Sr)_i = Cr(W)_i,$$

gdje je:

Cr — jedinična cijena razvoja na razini INE-Naftaplina

Sr — ukupna sredstva za razvoj na razini INE-Naftaplina

$(Sr)_i$ — sredstva za razvoj koja se odnose na kategoriju potrošnje i.

Taj kriterij raspodjele sredstava za razvoj smatra se prihvatljivim jer odražava individualne potrebe svake kategorije potrošnje za povećanim količinama plina, koje su u funkciji kako razvoja potrošnje, tako i plinovodnog sustava.

U načelu, sredstva za razvoj su sastavni dio osnovice za formiranje prosječne prodajne cijene plina. Međutim, prosječna prodajna cijena plina koja služi za utvrđivanje odnosa cijena između kategorija potrošnje može biti i takva da pokriva samo troškove jednostavne reprodukcije, što je slučaj danas za većinu poduzeća. Treba naglasiti da se odnosi cijena između kategorija potrošnje, dobivenih na temelju prijedloga tarifnih stavova za plin bitno ne mijenjaju s obzirom na to da li troškovna osnovica sadrži ili ne sadrži sredstva akumulacije (dio za razvoj i dio za povečanje uloga). Uključivanje akumulacije u osnovicu za formiranje tarifnih stavova za plin izravno utječe na **razinu** ukupne prosječne cijene plina, ali, ako se pretpostave iste karakteristike potrošnje, ne i na odnose cijena među kategorijama i grupama potrošnje.

2.3.2. *Troškovi distribucije plina*

Troškovi distribucije plina su troškovi koje stvaraju distribucijska poduzeća kao funkcionalna cjelina u plinovodnom sustavu, a kojima je zadaća da preuzete količine plina od INA-Naftaplina distribuiraju do krajnjih potrošača na svom području opskrbe.

Prodajna (nabavna) cijena plina koja je tarifirana na pragu INA-Naftaplina (troškovi proizvodnje, uvoza, transporta i skladištenja plina) se uvećava za ukupne troškove distribucije plina i tarifira na ukupnu neto-potrošnju plina distribucijskih kategorija potrošnje.

Ukupni troškovi distribucije plina, koji se prate na razini distribucijskih poduzeća, dijele se na:

— troškove funkcioniranja distribucijskog sustava
— troškove po potrošaču i
— opće troškove (koji su u funkciji isporučenih količina plina).

Ta podjela omogućuje da se uoče karakteristike troškova po vrsti i mjestima i da se dobiveni rezultati iskoriste u modeliranju tarifnog sustava.

2.3.2.1. Troškovi funkcioniranja distribucijskog sustava

Da bi se utvrdila raspodjela troškova funkcioniranja sustava (koji su načelno stalni troškovi) po kategorijama i grupama potrošnje **i (i = 1,n)** treba izvesti podjelu stvarne dužine plinske mreže po kategorijama potrošnje. Ako se u određenim zonama nalaze potrošači iste kategorije, podjelu treba provesti prema stvarnim dužinama mreže u tim zonama. Međutim, ako se u zonama nalaze potrošači različitih kategori-

ja, podjela će se izvršiti prema prenesenim količinama plina za pojedinu kategoriju potrošnje.

Ovako određene dužine plinske mreže treba korigirati faktorom koji pokazuje odnos jedinične cijene izgradnje plinske mreže stvarnog presjeka s obzirom na referentni presjek. Kao referentni uzima se presjek koji je najviše zastupljen.

Ta korekcija na razini INA-Naftaplina nije potrebna zato što transportni sustav radi u petlji i time su stvarne dužine plinske mreže po kategorijama potrošnje svedene na isti presjek.

Ako se te dužine pomnože faktorom neiskorištenja pojedine kategorije, dobiju se tzv. ekvivalentne dužine, odnosno udjeli prema kojima treba podijeliti ukupne troškove funkcioniranja sustava po kategorijama potrošnje:

$$(d_{ekv})_i = (d)_i * fi * (1-m)_i,$$

gdje su:

$(d_{ekv})_i$ — ekvivalentna dužina plinske mreže koja pripada kategoriji i

$(d)_i$ — dužina plinske mreže koja pripada kategoriji i

fi — odnos jedinične cijene izgradnje plinske mreže stvarnog presjeka u odnosu prema referentnom

$(1-m)_i$ — faktor neiskorištenja kategorije i.

Troškovi funkcioniranja distribucijskog sustava se raspodjeljuju po kategorijama i grupama potrošnje, primjenom koeficijenta za raspodjelu troškova funkcioniranja koji se dobije iz odnosa ekvivalentne dužine koja pripada svakoj kategoriji potrošnje i ukupne ekvivalentne dužine plinske mreže:

$$(Kf)_i = \frac{(d_{ekv})_i}{d_{ekv}},$$

gdje je:

$(Kf)_i$ — koeficijent raspodjele troškova funkcioniranja kategorije i

d_{ekv} — ukupna ekvivalentna dužina plinske mreže.

Kategorije potrošnje plina na razini distribucijskog poduzeća sudjeluju u raspodjeli ukupnih troškova funkcioniranja sustava množenjem ukupnih troškova funkcioniranja s pripadajućim koeficijentom raspodjele troškova funkcioniranja odnosno:

$$(Tf)_i = Tf * (Kf)_i,$$

gdje su:

$(Tf)_i$ — troškovi funkcioniranja sustava koji pripadaju kategoriji i

Tf — ukupni troškovi funkcioniranja distribucijskog sustava.

2.3.2.2. Troškovi po potrošaču

Troškovi po potrošaču dio su troškova koje poduzećima za distribuciju stvara svaki potrošač bez obzira na potrošene količine plina u približno jednakom iznosu.

Troškovi po potrošaču raspodjeljuju se na kategorije i grupe potrošnje primjenom koeficijenta za raspodjelu troškova po potrošaču Kp, koji se dobije iz odnosa ukupnih troškova distribucije plina ove vrste i ukupnog broja potrošača:

$$Kp = \frac{Tp}{N},$$

gdje su:

Tp — ukupni troškovi distribucije plina po potrošaču

N — ukupni broj potrošača na razini distribucijskog poduzeća.

Kategorije ili grupe potrošnje na razini distribucijskog poduzeća sudjeluje u raspodjeli ukupnih troškova distribucije plina množenjem koeficijenta za raspodjelu troškova distribucije plina po potrošaču brojem potrošača svoje kategorije odnosno grupe potrošnje:

$$(Tp)_i = Kp * (N)_i,$$

gdje su:

$(Tp)_i$ — troškovi po potrošaču kategorije ili grupe potrošnje i

$(N)_i$ — broj potrošača kategorije ili grupe potrošnje i.

2.3.2.3. Opći troškovi

Opći troškovi (pretežno troškovi nabave plina) raspodjeljuju se po kategorijama i grupama potrošnje razmjerno potrošenim količinama plina koji se dobije iz odnosa ukupnih općih troškova distribucije plina i ukupne neto-potrošnje plina svih kategorija potrošnje na razini distribucije plina, odnosno:

$$Co = \frac{To}{Wd},$$

gdje je:

Co — jedinična cijena općih troškova distribucije plina

To — ukupni opći troškovi distribucije plina

Wd — ukupna neto-potrošnja distribucijskog poduzeća.

Pripadajući dio općih troškova distribucije plina određene kategorije ili grupe potrošnje dobije se množenjem jedinične cijene s količinom potrošnje plina te kategorije ili grupe potrošnje:

$$(To)_i = Co * (Wd)_i.$$

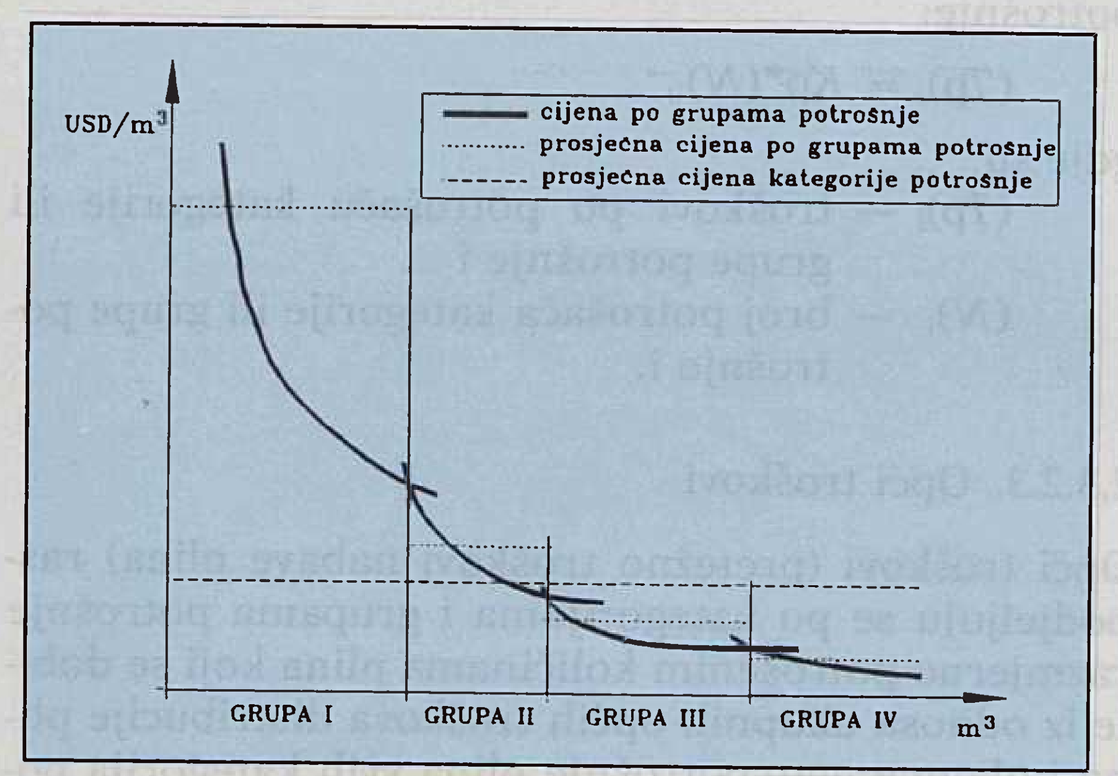
2.3.2.4. Sredstva za razvoj

Sredstva za razvoj na razini distribucijskog poduzeća utvrđuju se na isti način kao i na razini INA-Naftaplina (točka 2.3.1.4). Oni odražavaju individualne potrebe svake kategorije potrošnje za sigurnijom opskrbom i dodatnim količinama plina. Troškovi razvoja raspodjeljuju se na kategorije i grupe potrošnje razmjerno njihovoj potrošnji.

2.3.3. *Strukturiranje cijene u distribucijskim poduzećima*

Metodologija za određivanje tarifnih stavova na razini distribucijskih poduzeća (točka 2.3.2) daje prosječ-

nu cijenu plina po kategorijama i grupama potrošnje. Međutim, praktična primjena tarifnih stavova prema prosječnim cijenama grupa potrošnje u distribucijskim poduzećima nije prihvatljiva. Razlog tome je diskretan oblik krivulje cijena (prosječna cijena po grupama potrošnje na sl. 1) koja nameće potrebu potrošačima da prelaze iz jedne u drugu grupu potrošnje. Taj problem može se riješiti tako da se cijena koju potrošači plaćaju za plin razdvoji na dva dijela: osnovni ili fiksni dio i varijabilni dio odnosno cijena za potrošenu energiju. Pri tome fiksni dio i cijena po m³ potrošenog plina moraju biti u određenom odnosu da bi se dobilo zajedničko sjecište krivulja cijena u graničnim vrijednostima potrošnje pojedinih grupa.



Slika 1. Prosječne cijene plina po grupama potrošnje

Ovo strukturiranje prosječne cijene može se obrazložiti troškovnim i tržišnim argumentima.
Troškovno fiksni dio se opravdava stalnim troškovima u procesu proizvodnje, transporta i distribucije plina, odnosno troškovima koji nisu ovisni o isporučenim količinama.
Tržišno-fiksni dio ima funkciju da ostvari degresivno kretanje krivulje prosječne cijene ovisno o preuzetim količinama. U tom slučaju krivulja cijena po grupama potrošnje ima oblik prikazan krivuljom na sl. 1.

2.3.3.1. Matematički model određivanja cijena plina po grupama potrošnje

Model polazi od toga da su grupe potrošnje definirane sljedećim veličinama:
— brojem potrošača
— godišnjom potrošnjom
— ukupnim prihodom ili troškovima grupe
— granicama potrošnje
— prosječnom cijenom po m³ kategorije potrošnje.

Rješenje problema razvijenim modelom moguće je na dva načina:

1. Odnos fiksnog i varijabilnog troška unaprijed je definiran (konstantan), prosječna cijena unutar kategorije potrošnje se ne mijenja, a prosječna cijena po grupama potrošnje promjenljiva.
2. Prosječna cijena po kategorijama i grupama potrošnje mora zadržati isti iznos, a mijenja se odnos fiksnog i varijabilnog troška.

1. način

Za utvrđene kategorije i grupe potrošnje model je definiran sljedećim sustavom jednadžbi:

1. Jednadžbama presjecišta grupa potrošnje (ako se potrošač prema svojoj potrošnji nalazi na granici dviju grupa mora imati istu prosječnu cijenu ako se ona računa prema izvorima fiksnog i varijabilnoga dijela jedne ili druge grupe, tj. prijelaz među grupama je kontinuiran):

$$F_x + c_{px} * W_{xy} = F_y + c_{py} * W_{xy}, \qquad (1)$$

gdje je:
F_x, F_y — fiksni trošak po potrošaču HRD/god. u grupi x odnosno y
c_{px}, c_{py} — jedinična cijena plina HRD/m³ u grupi x odnosno y
W_{xy} — granična vrijednost godišnje potrošnje između grupa x i y.

2. Jednadžbama konstantnog omjera između fiksnog i varijabilnog dijela troškova odnosno cijena:

$$(F_x * N_x) / (c_{px} * W_x) = K_x, \qquad (2)$$

gdje je:
N_x — ukupni broj potrošača u grupi potrošnje x
W_x — ukupna godišnja potrošnja u grupi x
K_x — odnos fiksnog i varijabilnog troška u grupi x.

3. Jednadžbom ukupnog prihoda odnosno troška kategorije potrošnje:

$$UP = \sum_{x=1}^{k} F_x * N_x + c_{px} * W_x, \qquad (3)$$

gdje je:
UP — ukupni prihod određene kategorije potrošnje
k — broj grupa potrošnje unutar kategorije potrošnje.

Za naš slučaj, kada unutar jedne kategorije imamo četiri grupe potrošnje (x = 1,4), imamo sustav od 8 jednadžbi sa 8 nepoznanica (3 jednadžbe tipa 1, 4 jednadžbe tipa 2. i 1 jednadžbu tipa 3).
Ovaj sustav od 8 jednadžbi u matričnom obliku možemo napisati:

$$A * \underline{z} = \underline{b}.$$

Vektor $\underline{z}$ izračuna se kao:

$$\underline{z} = A^{-1} * \underline{b}.$$

Dobivena rješenja su fiksni i varijabilni dijelovi cijena plina.

2. način

Model je definiran sljedećim skupom jednadžbi:

1. jednadžbama presjecišta grupa potrošnje (jednadžbe tipa 1. u prethodnoj točki),

2. jednadžbama prosječnih cijena odnosno ukupnog prihoda po grupama potrošnje x:

$$UP_x = F_x * N_x + c_{px} * W_x. \quad (4)$$

Dakle, do sada imamo sustav od sedam jednadžbi s osam nepoznanica (3 jednadžbe skupa 1. i 4 jednadžbe skupa 2.) Kao osmu jednadžbu ne možemo upotrijebiti jednadžbu ukupnog prihoda kategorije potrošnje kao u prethodnom modelu jer je ona linearna kombinacija skupa jednadžbi ukupnog prihoda po grupama potrošača (skup jednadžbi 2). Zato se kao osma jednadžba uvodi ona koja definira omjer između fiksnog i varijabilnoga dijela cijene u samo jednoj grupi potrošnje, npr. u grupi 4:

$$F_4 * N_4 / c_{p4} * W_4 = K_4. \quad (5)$$

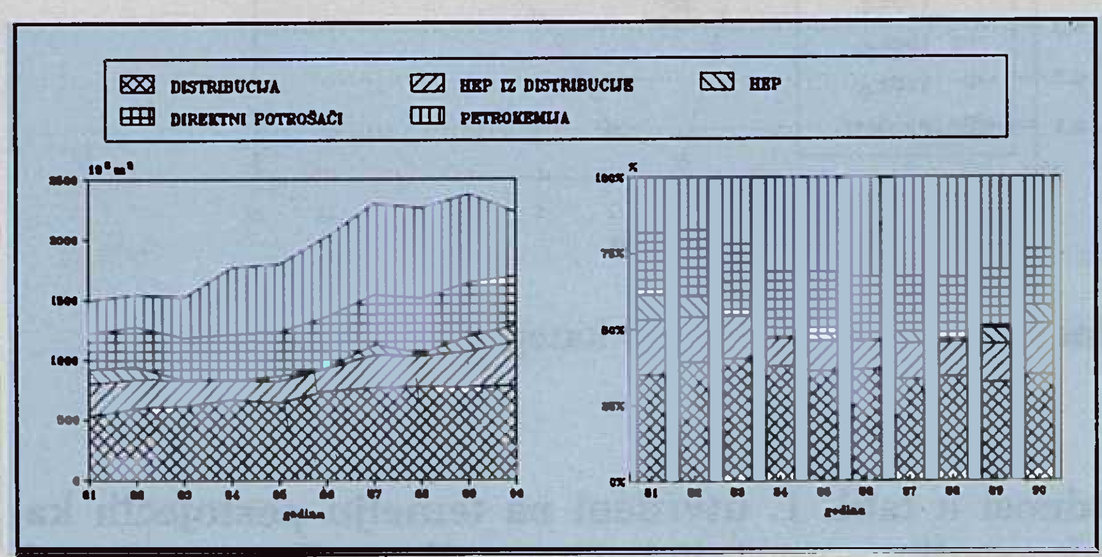
Sada imamo opet sustav od 8 jednadžbi sa 8 nepoznanica. Možemo ga prikazati u matričnom obliku kao u prethodnom modelu i riješiti na isti način.

Na temelju iznesenih energetskih i ekonomskih metodoloških osnova napravljen je program za elektroničko računalo koji omogućuje da se, uz poznavanje ulaznih podataka, brzo i jednostavno odrede tarifni stavovi za prodaju plina.

3. ENERGETSKO-EKONOMSKA ANALIZA NA RAZINI INA-NAFTAPLINA

3.1. Energetske analize

Analiza strukture i dinamike potrošnje plina na razini INA-Naftaplina zasniva se na prikupljenim podacima o mjesečnoj potrošnji potrošača priključenih na plinovodni sustav INA-Naftaplina. Prikupljeni podaci nalaze se u bazi energetskih podataka Instituta za elektroprivredu i energetiku Zagreb.
Dinamika i struktura potrošnje prirodnog plina u razdoblju 1981 – 1990. god. prikazana je na sl. 2.



Slika 2. Dinamika i struktura potrošnje prirodnog plina

Na razini INA-Naftaplina potrošnja plina od 1981. god. do 1990. god. povećana je:

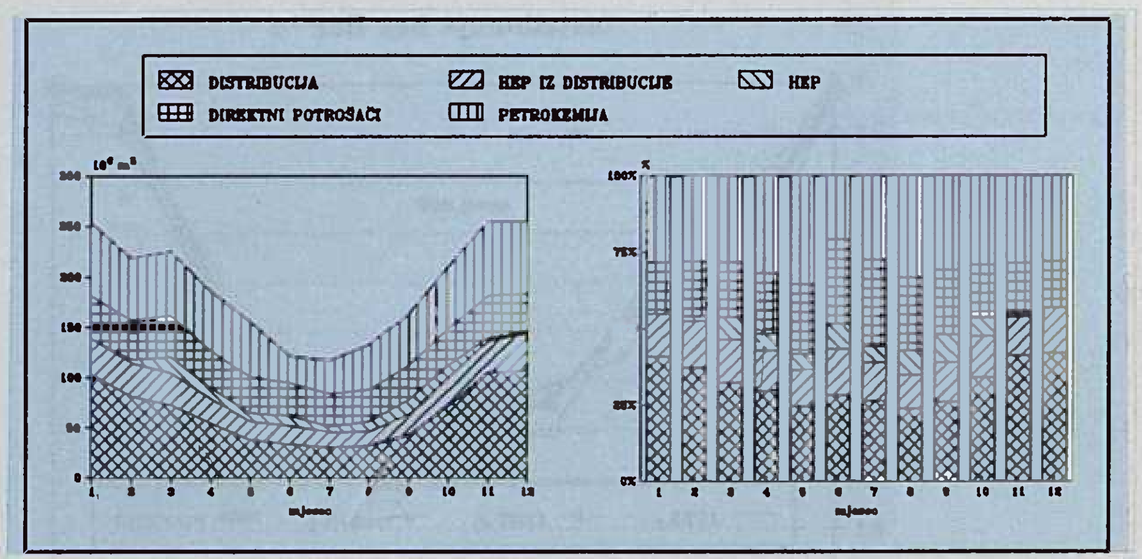
— u distribuciji (bez HEP-a) za 48% ili prosječno godišnje 3,7%
— kod direktnih potrošača za 36% ili prosječno godišnje 3,1%
— HEP-u (ukupno) za 29% ili prosječno godišnje 0,9%
— petrokemije za 96% ili prosječno godišnje 7,0%,

ili ukupno za 49%.

Udio pojedinih kategorija potrošnje u ukupnoj potrošnji se kretao kod:

— distribucije od 32,4% (1989. god.) do 40.5% (1983. god.) ili prosječno 48.4%
— direktnih potrošača od 18.1% (1987. god.) do 23.5% (1983. god.) ili prosječno 20.5%
— HEP-a od 9.1% (1984. god.) do 26.3% (1981. god.) ili prosječno 16%
— petrokemije od 17.3% (1982. god.) do 32.8% (1988. god.) ili prosječno 27.2%.

Podaci o mjesečnim potrošnjama (sl. 3.) pokazuju da je maksimalna mjesečna potrošnja veća od prosječne mjesečne za 34%, a minimalna je 39,0% manja od prosječne.

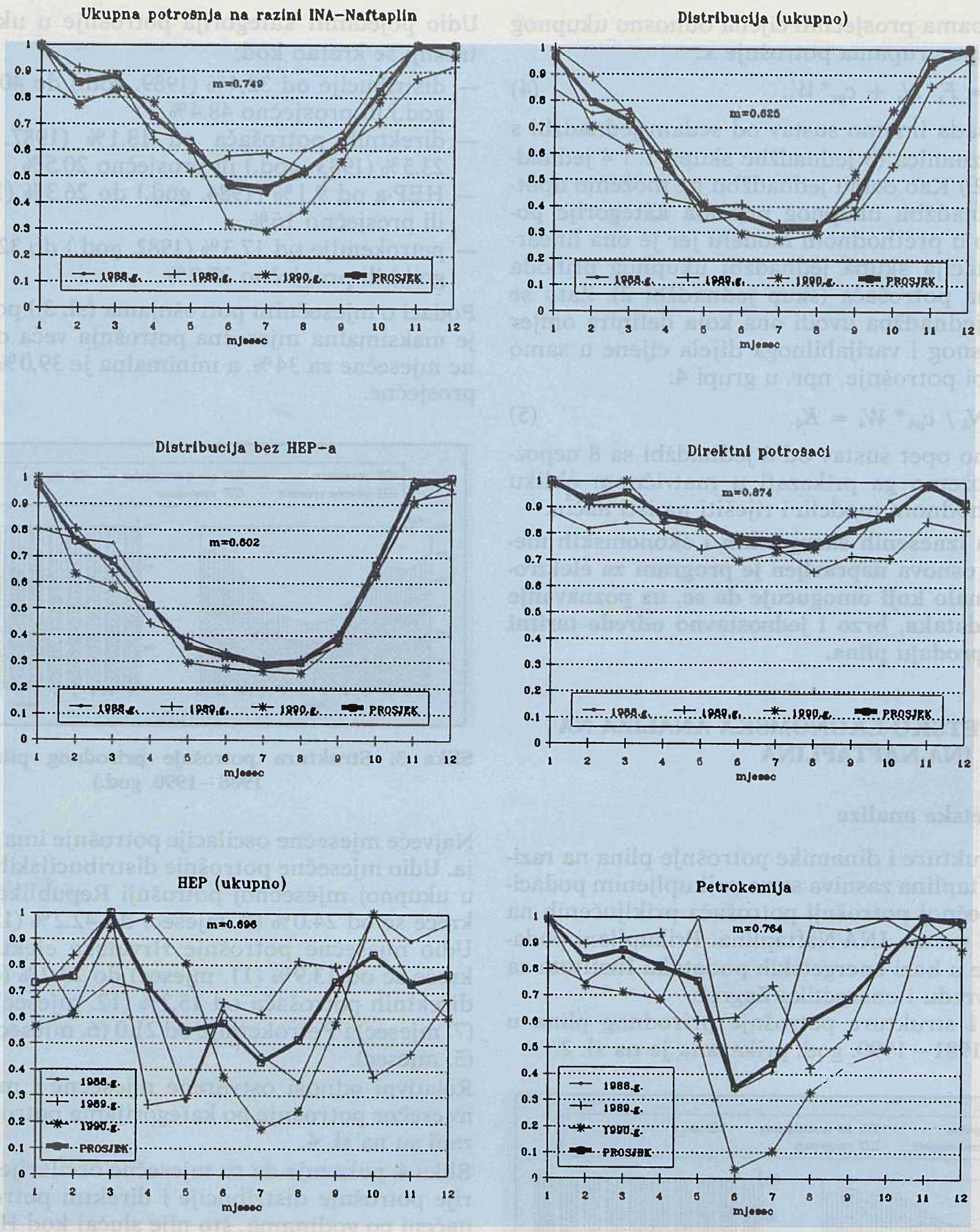


Slika 3. Struktura potrošnje prirodnog plina (prosjek 1988 – 1990. god.)

Najveće mjesečne oscilacije potrošnje ima distribucija. Udio mjesečne potrošnje distribucijskih poduzeća u ukupnoj mjesečnoj potrošnji Republike Hrvatske kreće se od 24.0% (8. mjesec) do 42.2% (12. mjesec). Udio mjesečne potrošnje Hrvatske elektroprivrede kreće se od 13.9% (11. mjesec) do 23.2% (6. mjesec), direktnih potrošača od 15.2% (12. mjesec) do 28.1% (7. mjesec) i Petrokemije od 21.0 (6. mjesec) do 35.4% (5. mjesec).
Relativni odnosi ostvarene mjesečne i maksimalne mjesečne potrošnje po kategorijama potrošnje prikazani su na sl. 4.
Slika 4. pokazuje da su mjesečne oscilacije za kategorije potrošnje distribucije i direktni potrošači ujednačeni po godinama, što nije slučaj kod HEP-a i Petrokemije. Mjesečne potrošnje Hrvatske elektroprivrede i Petrokemije imaju stohastički karakter što znači da u budućim ugovornim odnosima kod određivanja cijene plina treba definirati mjesečne količine.

3.2. Ekonomske analize

Ekonomske analize na razini INA-Naftaplina zasnivaju se na troškovima poslovanja ostvarenim u 1989. i 1990. godini. Podaci o troškovima su ostvarene veličine po knjigovodstvenim evidencijama. Oni su prihvaćeni, bez rezerve, kao osnova u ovoj fazi izrade tarifnog sustava i tarifnih stavova. Međutim, u drugom koraku treba utvrditi cijene koštanja plina na razini INA-Naftaplina i na razini distribucijskih poduzeća, na temelju utvrđenih odnosa koji slijede iz energetske politike i normativa troškova poslovanja.



Slika 4. Relativni odnosi ostvarene mjesečne i maksimalne mjesečne potrošnje po kategorijama potrošnje

To je posebno važno ako poduzeće ili poduzeća za proizvodnju, nabavu, transport i distribuciju plina budu »javna poduzeća«, što znači da država želi imati pod nadzorom i ovu energetsku granu kako bi vodila zajedničku politiku cijena energenata. Ako se poduzeće za proizvodnju i distribuciju plina privatiziraju, tada bi se prosječna prodajna cijena plina formirala slobodno prema cijenama drugih energenata, odnosno prema uvjetima na tržištu energenata.

Prema metodologiji opisanoj u prethodnoj točki, obavljena je raspodjela ostvarenih troškova 1989 – 1990. god. na kategorije potrošnje. Krajnji rezultat, odnosno troškovi po kategorijama potrošnje i isporučenom m³ plina prikazani su u tabl. 1.

Odnosi u tabl. 1. utvrđeni na temelju postojećih karakteristika potrošnje i ostvarenih troškova proizvodnje, uvoza transporta, skladištenja plina predstavljaju osnovni i prvi korak u spoznavanju ukupne tarifne politike za prodaju plina potrošačima na razini INA-Naftaplina u neposrednoj budućnosti. Navedeni odnosi vrijede sve dok se ne promijene karakteristike potrošnje pojedinih kategorija i dok ne dođe do većih ulaganja u plinovodni sustav koja bi mogla promijeniti strukturu troškova.

Tarifni odnosi i tarifni stavovi među kategorijama potrošnje za duže razdoblje mogu se utvrditi nakon što se preciznije definira energetska politika Republike Hrvatske i u sklopu toga spoznaju potrebe potro-

Tablica 1. Struktura prosječnih jediničnih troškova po kategorijama potrošnje

Kategorije potrošnje	Proizvodnja i uvoz		Transport		Skladište		Ukupno	
	US cts/m³	%	US cts/m³	%	US cts/m³	%	US cts/m³	%
ukupno	8,4	100,0	1,4	100,0	0,4	100,0	10,2	100,0
distribucija	8,4	100,0	1,9	135,7	0,6	150,0	10,9	107,1
direktni	8,4	100,0	0,8	57,1	0,1	25,0	9,3	91,1
HEP	8,4	100,0	1,4	100,0	0,2	50,0	10,0	98,0
Kutina	8,4	100,0	1,3	92,8	0,3	75,0	10,1	99,0

šača za plinom, kao i planovi razvoja poduzeća za proizvodnju, uvoz i transport plina. Tada u model za određivanje razine cijene i odnosa cijena među kategorijama potrošnje treba uključiti metodu dugoročnih marginalnih troškova.
Metoda dugoročnih marginalnih troškova polazi od toga da, uzimajući postojeće stanje, cijenu plina treba odrediti na temelju prirasta potrošnje pojedinih kategorija, njihovih značajka i potrebnih troškova za izgradnju plinovodnog sustava u funkciji navedenog prirasta.

4. ENERGETSKO-EKONOMSKA ANALIZA NA RAZINI DISTRIBUCIJSKIH PODUZEĆA

Izrada tarifnog sustava na razini distribucijskih poduzeća svodi se na određivanje odnosa cijena između kategorija i grupa potrošnje navedenih u točki 2.1. Dakle, treba sagledati karakteristike potrošnje i troškove koje pojedina kategorija ili grupa izaziva u plinovodnom sustavu distribucijskog poduzeća. S obzirom na gustoću potrošnje (raspored potrošača na određenom području), navike potrošača, razinu standarda, klimatske uvjete itd., karakteristike utvrđenih kategorija i grupa potrošnje, troškovi koje potrošači izazivaju u plinovodnom sustavu nisu jednaki za sva distribucijska poduzeća. To pokazuje da razina i odnosi cijena među kategorijama trebaju biti različiti.
U [1] utvrđeni su odnosi troškova i struktura cijena za pet distribucijskih poduzeća, i to:

— Gradsku plinaru Zagreb
— Elektroslavoniju Osijek — Pogon distribucije plina
— Termoplin Varaždin
— Komunalac Koprivnica
— Komunal Čakovec.

Smatra se da se prosječni odnosi koji vrijede za ovih pet poduzeća mogu primijeniti i na ostala distribucijska poduzeća u Republici Hrvatskoj.

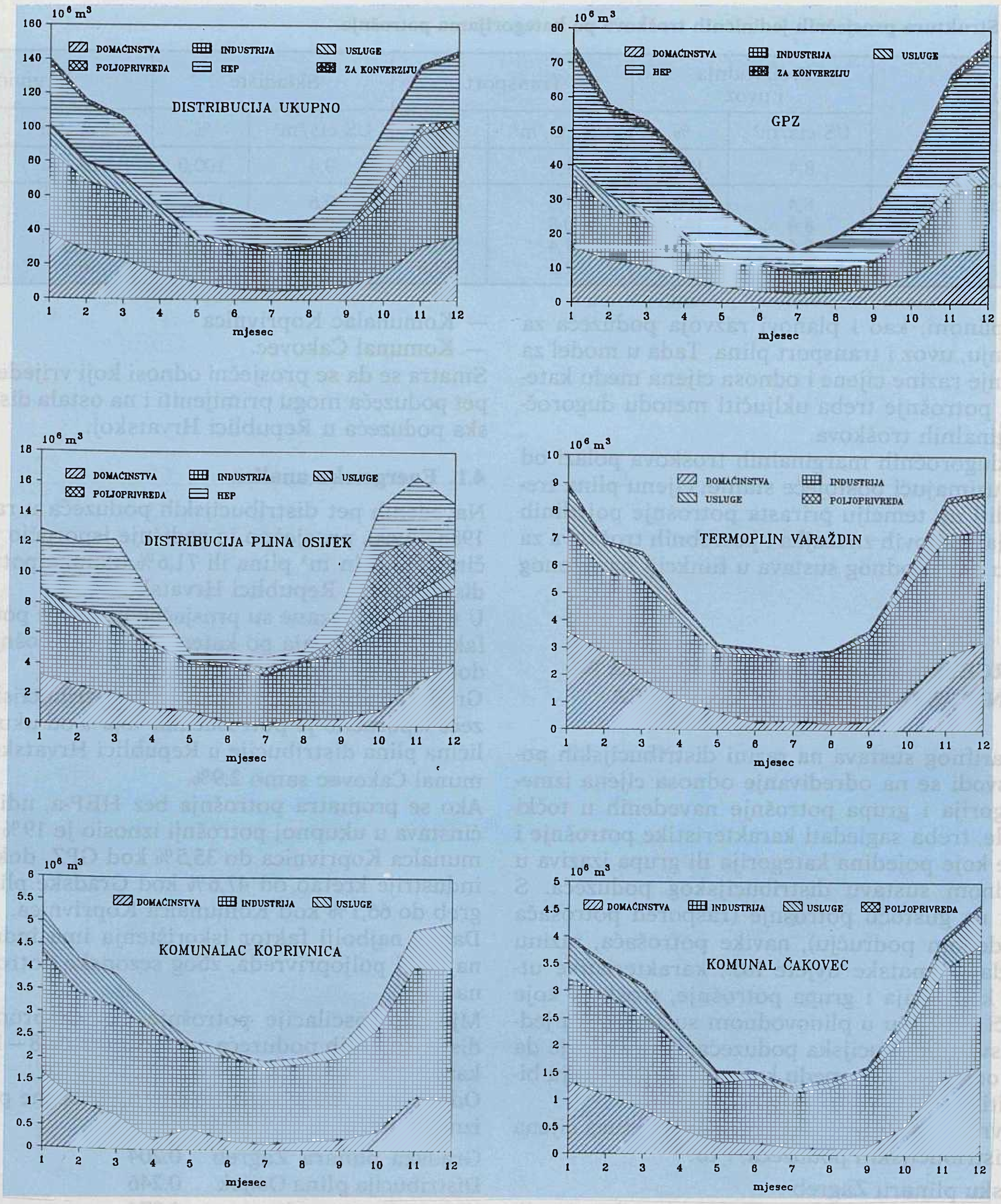
4.1. Energetska analiza

Navedenih pet distribucijskih poduzeća u razdoblju 1988 – 1990. prosječno je godišnje isporučio potrošačima 783 mln m³ plina ili 71,6% ukupne potrošnje u distribuciji u Republici Hrvatskoj.
U tabl. 2 prikazane su prosječne godišnje potrošnje i faktor iskorištenja po kategorijama potrošnje u razdoblju 1988 – 1990.
Gradska plinara Zagreb, najveće distribucijsko poduzeće isporučilo je potrošačima 48,2% od ukupnih količina plina distribucije u Republici Hrvatskoj, a Komunal Čakovec samo 2,9%.
Ako se promatra potrošnja bez HEP-a, udio domaćinstava u ukupnoj potrošnji iznosio je 19% kod Komunalca Koprivnica do 35,5% kod GPZ, dok se udio industrije kretao od 47,6% kod Gradske plinare Zagreb do 66,1% kod Komunalca Koprivnica.
Dakle, najbolji faktor iskorištenja ima industrija a najlošiji poljoprivreda, zbog sezonske potrošnje plina.
Mjesečne oscilacije potrošnje za pet promatranih distribucijskih poduzeća u razdoblju 1988 – 1990. prikazane su na sl. 5.
Odnos minimalne i maksimalne mjesečne potrošnje iznosio je:

Gradska plinara Zagreb	0.204
Distribucija plina Osijek	0.246
Termoplin Varaždin	0.274
Komunalac Koprivnica	0.352
Komunal Čakovec	0.270.

Tablica 2. Prosječna godišnja potrošnja i faktor iskorištenja u razdoblju 1988 — 1990. god.

Opis	Distribucijska poduzeća Hrvatske		Gradska plinara Zagreb		Distribucija plina Osijek		Termoplin Varaždin		Komunalac Koprivnica		Komunal Čakovec	
	mln. m³	m	mln. m³	m	mln. m³	m	mln. m³	m	mln. m³	m	mln. m³	m
domaćinstva	222,36	0,48	104,36	0,51	19,16	0,40	18,39	0,42	7,67	0,37	8,18	0,41
industrija	431,75	0,68	140,08	0,58	51,57	0,70	38,00	0,71	26,63	0,76	18,59	0,67
usluge	86,13	0,47	28,28	0,46	5,11	0,41	7,97	0,44	6,01	0,49	4,04	0,44
poljoprivreda	23,06	0,26	—	—	11,18	0,20	1,36	0,54	—	—	0,70	0,29
HEP	308,32	0,63	233,23	0,59	30,73	0,40	—	—	—	—	—	—
za konverziju	21,34	0,47	21,34	0,47	—	—	—	—	—	—	—	—
ukupno	1092,95	0,62	527,29	0,57	117,76	0,57	65,72	0,58	40,31	0,61	31,51	0,56
ukupno bez HEP	784,63	0,59	294,05	0,53	87,03	0,58	65,72	0,58	40,31	0,61	31,51	0,56



Slika 5. Struktura potrošnje prirodnog plina

Relativni odnosi mjesečne i maksimalne mjesečne potrošnje po kategorijama prikazani su na sl. 6.

U Gradskoj plinari Zagreb nema velikih odstupanja relativnih odnosa mjesečne i maksimalne mjesečne potrošnje po kategorijama. Međutim, to se ne može reći za ostala distribucijska poduzeća. Industrija u drugim poduzećima ima znatno manje odstupanje od domaćinstava i usluga. To pokazuje da se domaćinstva i usluge pretežno koriste plinom za grijanje prostorija, što mu daje sezonski karakter.

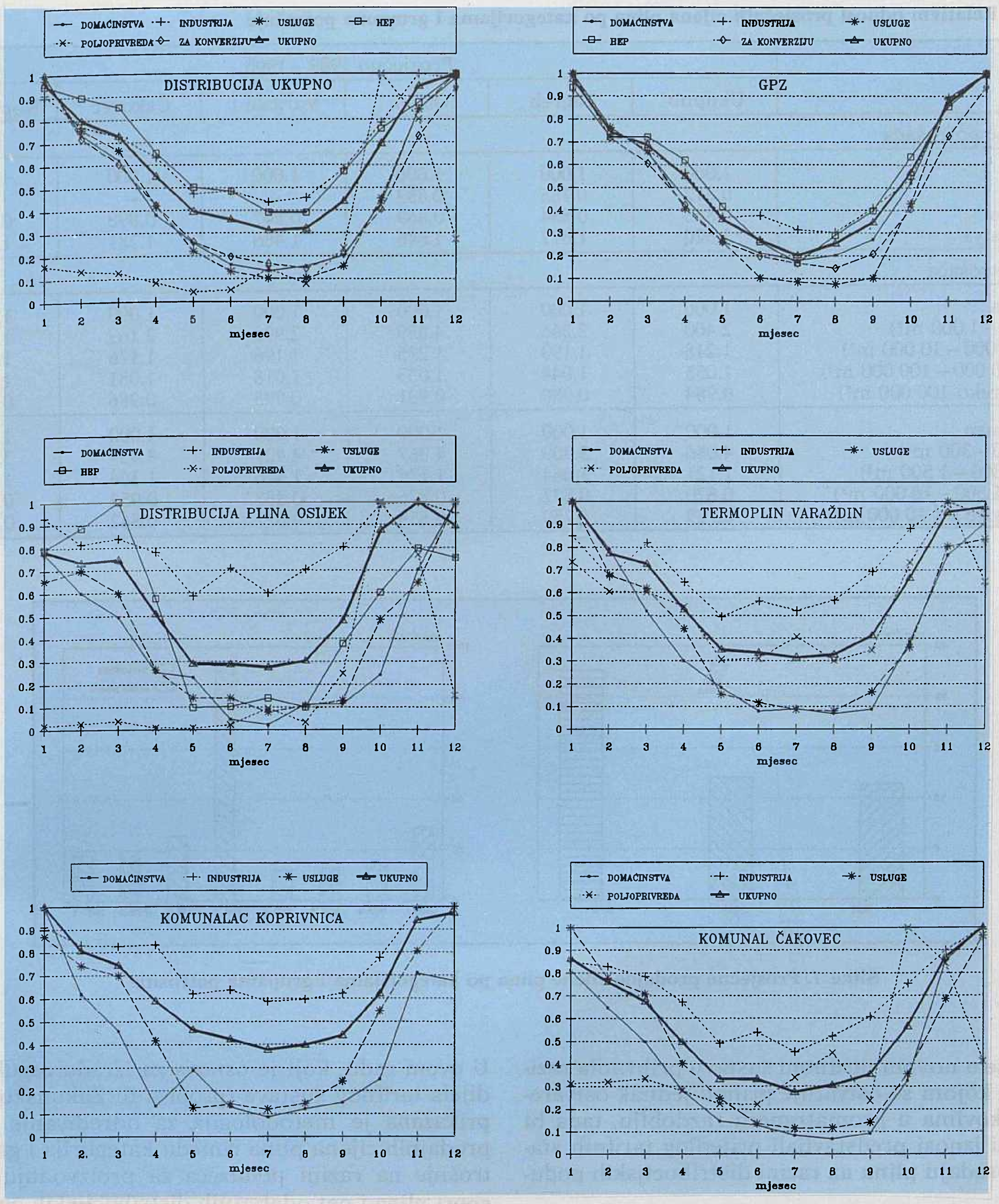
Ukupna dužina izgrađene plinske mreže u pet promatranih distribucijskih poduzeća iznosi:

Gradska plinara Zagreb	1 036 km
Distribucija plina Osijek	203 km
Termoplin Varaždin	226 km
Komunalac Koprivnica	156 km
Komunal Čakovec	212 km

Dužine plinske mreže podijeljene su na kategorije potrošnje prema metodologiji opisanoj u točki 2.3.2.1. da bi se izvršila podjela troškova vezanih za funkcioniranje plinovodnog sustava.

4.2. Ekonomska analiza

Raspodjela ostvarenih prosječnih troškova distribucije plina u 1989. i 1990. za sva distribucijska poduzeća provedena je za slučaj **jedinstvene** nabavne cijene plina od **11.06 cts/m³.**



Slika 6. Relativni odnosi mjesečne i maksimalne mjesečne potrošnje

Relativni odnosi između prosječnih prodajnih cijena kategorija i grupa potrošnje prikazuju se u tabl. 3., a na sl. 7. prikazane su prosječne prodajne cijene za pet distribucijskih poduzeća za slučaj da se njima želi ostvariti prihod koji je jednak ostvarenoj razini troškova u promatranom razdoblju.

Ovdje treba napomenuti da je cijena za HEP (sl. 7) utvrđena na razini prosječne nabavne cijene plina od INA -Naftaplina (11,06 cts/m³) povećana za stvarne jedinične troškove distribucije svakoga distribucijskog poduzeća.

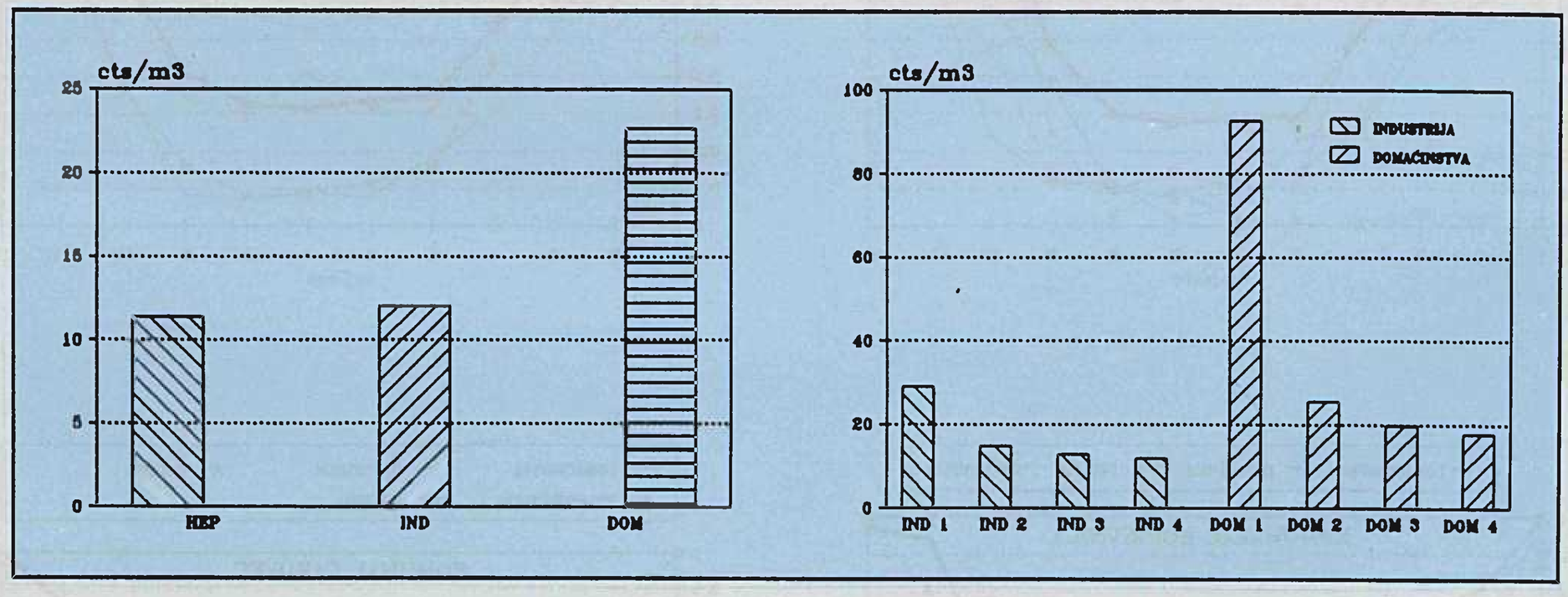
Drugi način, utvrđivanja prodajne cijene plina za HEP na razini distribucijskih poduzeća, jest da se formirana prodajna cijena plina na razini INA -Naftaplina za HEP uveća za jedinične troškove distribucije (bez nabave) koje prema metodologiji pripadaju HEP na razini distribucijskog poduzeća.

U tom slučaju prodajna cijena plina za HEP u Gradskoj plinari Zagreb iznosila bi oko 10.41 cts/m³, a u Elektroslavoniji Osijek oko 10.02 cts/m³.

Strukturirane cijene plina po grupama potrošnje (osnovna cijena — fiksni dio i cijena za potrošenu energiju po m³) za pet distribucijskih poduzeća prikazane su u tabl. 4.

Tablica 3. Relativni odnosi prosječnih cijena plina po kategorijama i grupama potrošnje

Opis	Prosječno 1989 – 1990.					
	Ukupno	Zagreb	Osijek	Varaždin	Čakovec	Koprivnica
kategorije potrošača						
ukupno	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
HEP	0.812	0.785	0.853	–	–	–
industrija	0.863	0.884	0.869	0.847	0.898	0.917
domaćinstva	1.620	1.677	1.646	1.466	1.281	1.361
grupe potrošača						
industrija	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
IND 1 (0 – 1 000 m³)	2.400	2.266	4.859	2.998	2.169	1.735
IND 2 (1 000 – 10 000 m³)	1.218	1.193	1.235	1.196	1.176	1.053
IND 3 (10 000 – 100 000 m³)	1.055	1.044	1.033	1.018	1.081	1.034
IND 4 (preko 100 000 m³)	0.984	0.980	0.991	0.995	0.986	0.997
domaćinstva	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
DOM 1 (0 – 300 m³)	4.086	3.909	4.067	4.401	3.439	3.639
DOM 2 (300 – 1 500 m³)	1.121	1.064	1.174	1.406	1.304	1.115
DOM 3 (1 500 – 10 000 m³)	0.870	0.872	0.876	0.883	0.954	0.921
DOM 4 (više od 10 000 m³)	0.779	0.759	0.659	0.817	0.862	0.722



Slika 7. Prosječne prodajne cijene plina po kategorijama i grupama potrošnje

Kada bi se u novom tarifnom sustavu prihvatila razina cijena kojom se ostvaruje prihod jednak ostvarenim troškovima u promatranom razdoblju, tada bi izračunati iznosi predstavljali prijedlog tarifnih stavova za prodaju plina na razini distribucijskih poduzeća.

5. ZAKLJUČAK

Osnovna je funkcija tarifnog sustava da prosječnu cijenu plina, koja proizlazi iz energetske politike odnosno odnosa između cijena svih oblika energije, transformira u cijene kod krajnjih potrošača. Cijene kod raznih kategorija i grupa potrošnje moraju biti takve da pomnožene njihovim potroškom plina i zbrojene daju isti prihod toj energetskoj grani ili poduzeću, kao i prosječna cijena pomnožena ukupnom potrošnjom.

Drugi je zadatak tarifnog sustava da, kao stimulativni ekonomski mehanizam, omogući racionalnu izgradnju i korištenje plinovodnog sustava u sferi proizvodnje, nabave, transporta i distribucije plina.

U ovom radu, koji je osnova za izradu regulativnog dijela tarifnog sustava (propisa ili Zakonskog akta), prikazana je metodologija za određivanje odnosa prodajnih cijena plina između kategorija i grupa potrošnje na razini poduzeća za proizvodnju i transport plina i pet odabranih distribucijskih poduzeća.

Temelj određivanja odnosa cijena plina jesu troškovi koje pojedina kategorija, grupa ili potrošač, s obzirom na preuzete količine i karakteristike potrošnje, izaziva u području proizvodnje, nabave, transporta, skladištenja i distribucije plina.

Analizom troškova za protekle dvije godine 1989. i 1990. određeni su odnosi cijena među kategorijama i grupama potrošnje koji mogu poslužiti kao okvir nadležnim organima pri formiranju prodajnih cijena plina u neposrednoj budućnosti.

Potrošnju plina na razini poduzeća za proizvodnju i transport potrebno je razvrstati u četiri kategorije potrošnje:

1. distribucijska poduzeća,
2. direktni potrošači,

Tablica 4. Tarifni stavovi na razini distribucijskih poduzeća (jedinstvena nabavna cijena plina)

Opis		Domaćinstva				Industrija			
		Grupe potrošnja m³				Grupe potrošnja m³			
		0 – 300	301 – 1 500	1 501 – 10 000	> 10 000	0 – 1 000	1 001 – 10 000	10 001 – 100 000	> 100 000
Zagreb	Osn. cijena USD/god.	68.0	117.3	212.8	917.6	76.2	59.3	101.5	697.7
	Cijena za ener. USD/m³	0.169	0.120	0.111	0.104	0.119	0.136	0.131	0.125
	Prosječno USD/m³	0.957	0.260	0.213	0.186	0.292	0.154	0.135	0.127
	Prosječno kat. USD/m³	0.245				0.129			
Osijek	Osn. cijena USD/god.	109.8	107.3	111.0	123.8	64.6	113.7	101.7	189.8
	Cijena za ener. USD/m³	0.130	0.138	0.136	0.134	0.160	0.111	0.112	0.112
	Prosječno USD/m³	0.868	0.251	0.187	0.141	0.548	0.139	0.117	0.112
	Prosječno kat. USD/m³	0.214				0.113			
Varaždin	Osn. cijena USD/god.	84.7	90.6	171.5	2666.1	80.8	97.8	74.6	108.4
	Cijena za ener. USD/m³	0.150	0.144	0.136	0.111	0.128	0.111	0.113	0.113
	Prosječno USD/m³	0.867	0.277	0.174	0.161	0.341	0.136	0.115	0.113
	Prosječno kat. USD/m³	0.197				0.114			
Čakovec	Osn. cijena USD/god.	40.8	45.0	60.1	107.9	73.4	53.1	55.1	1112.5
	Cijena za ener. USD/m³	0.131	0.126	0.125	0.124	0.102	0.122	0.122	0.111
	Prosječno USD/m³	0.562	0.213	0.156	0.141	0.249	0.135	0.124	0.113
	Prosječno kat. USD/m³	0.164				0.115			
Koprivnica	Osn. cijena USD/god.	43.4	52.4	76.4	–	25.2	62.8	23.2	283.7
	Cijena za ener. USD/m³	0.136	0.127	0.125	–	0.150	0.112	0.116	0.114
	Prosječno USD/m³	0.617	0.189	0.156	–	0.198	0.120	0.118	0.114
	Prosječno kat. USD/m³	0.169				0.114			
ukupno	Osn. cijena USD/god.	70.1	113.1	195.1	866.2	67.8	78.5	87.9	715.1
	Cijena za ener. USD/m³	0.162	0.119	0.111	0.104	0.136	0.126	0.125	0.118
	Prosječno USD/m³	0.927	0.254	0.197	0.177	0.291	0.148	0.128	0.119
	Prosječno kat. USD/m³	0.227				0.121			

3. Hrvatska elektroprivreda,
4. Petrokemija Kutina.

U distribucijskim poduzećima prema namjeni treba razlikovati tri kategorije:

1. domaćinstva,
2. industrija i ustanove,
3. HEP — potrošnja za proizvodnju električne energije i topline.

Za 1. i 2. kategoriju formiraju se tarifne grupe prema namjeni, karakteristikama i visini potrošnje:

DOM 1 (0 – 300 m³)	IND 1 (0 – 1 000 m³)
DOM 2 (301 – 1 500 m³)	IND 2 (1 001 – 10 000 m³)
DOM 3 (1 501 – 10 000 m³)	IND 3 (10 001 –100 000 m³)
DOM 4 (preko 10 000 m³)	IND 4 (preko 100 000 m³).

Očekujemo da ćemo se donošenjem novoga tarifnog sustava za prodaju plina u Republici Hrvatskoj približiti tržišnim kriterijima razvijenih zapadnih zemalja u ovom području, odnosno da će različite cijene definirane na ovim načelima stimulirati potrošače na racionalno korištenje energije, bolje iskorištavanje plinovodnog sustava, smanjivanje potreba za izgradnjom skladišnih kapaciteta, a time utjecati i na smanjenje razine prodajne cijene plina.

LITERATURA

[1] Dr. Jakša TOPIĆ, Smiljana JURIŠIĆ, mr. Davor TOMAŠIĆ: »Tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u distribuciji s principima formiranja cijena plina za direktne industrijske potrošače, proizvodnju električne energije i sirovinsku potrošnju«, Institut za elektroprivredu i energetiku — Zagreb, ožujak 1993.

[2] Grundlagen der Gastechnich

[3] Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Gasversorgung von Tarifleunden (AVB Gas V), Westfälische Ferngas, 1979.

[4] Neuanflage des Leitfadens: »Der Kaufmann in der Energie — und Wasserversorgung«, Essen, 1992.

[5] Gas an a Competitive Energy Market, Ruhrgas Aktiengesellschaft, Essen, 1990.

[6] Peter CAMERON: »Gas Regulation in Western Europe«, Financiaal Times Business Information 1990.

[7] The Market Value and Pricing of Natural Gas In Europe WEFA, 1990.

Energija, god. 42 (1993) 3, 121 – 134

NATURAL GAS TARIFF SYSTEM IN THE REPUBLIC OF CROATIA

The methodology that makes the basis for the new natural gas tariff system in the Republic of Croatia is presented. Based on data about consumption characteristics and realised costs in the period from 1989 to 1990, determined relationships among consumption catregories and groups are given. Structured gas prices by consumption groups in the distribution companies are also listed.

TARIFENSYSTEM FÜR DEN VERKAUF DES NATÜRLICHEN GASES IN DER REPUBLIK KROATIEN

Hier wurde die Methodologie dargestellt auf die sich das neue Tarifensystem für den Verkauf des natürlichen Gases in der Republik Kroatien bezieht.
Auf Grund der Angaben über die Charakteristiken des Verbrauchs und der Unkosten von 1989 – 1990, werden die festgestellten Verhältnisse unter den Kategorien und Verbrauchergruppen geschildert. Es wurden auch die strukturierten Gaspreise nach Verbrauchertypen in den Distributionsbetrieben beschrieben.

Naslov pisaca:

Dr. Jakša Topić, dipl. ing.
Smiljana Jurišić, dipl. ecc.
Institut za elektroprivredu i energetiku,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-4-6.

IZOLATORI U PRIJENOSNOJ MREŽI

Dr. Zorko Cvetković, Zagreb

UDK 621.315.62:621.316
PREGLEDNI ČLANAK

Iznesena su naša iskustva s izolatorima u prijenosnoj mreži. Opisuju se svojstva keramičkih izolatora i neka svjetska iskustva, te najnoviji razvoj u proizvodnji staklenih izolatora. Opisuju se svojstva i mogućnost korištenja kompozit-izolatora, te se daje mišljenje o korištenju pojedinog tipa izolatora u prijenosnoj mreži Hrvatske u budućem razvoju.

Ključne riječi: prijenosna mreža, izolatori, proizvodnja, iskustva.

1. UVOD

U početnoj fazi razvoja naše prijenosne mreže negdje do početka 60-ih godina u upotrebi su bili isključivo porculanski kapasti izolatori. Jedina iznimka bio je 110 kV dalekovod Rakitje — Vinodol gdje su upotrijebljeni porculanski štapni izolatori koji su, međutim, zbog loših pogonskih iskustava poslije zamijenjeni kapastim izolatorima.

Početkom 60-ih godina na DV 220 kV Zagreb — Split prvi put je upotrijebljen stakleni kapasti izolator, što je popraćeno oštrim diskusijama zastupnika porculana i stakla. Kako su prva pogonska iskustva sa staklenim izolatorima bila više nego dobra, taj tip izolatora bio je usvojen na svim naponskim nivoima prijenosne mreže 110 kV, 220 kV i 400 kV, i to na zadovoljstvo ljudi u pogonu.

Potkraj 80-ih godina učinjeni su prvi skromni koraci u primjeni kompozit-izolatora na naponu 110 kV, ali je još rano govoriti o vlastitim iskustvima.

S obzirom na aktualnost tematike i na specijalne uvjete izgradnje prijenosne mreže u zonama povećane posolice u ovom su članku dana neka svojstva staklenih i kompozit-izolatora.

Osnovu članka čini referat [4] koji je na ovaj način dostupan širem krugu čitatelja.

2. OSNOVNA SVOJSTVA KERAMIČKIH IZOLATORA

Od izolatora se traži da tijekom dugog vremena obavlja svoje mehaničke i električke funkcije, bez obzira na vanjske uvjete koji mogu biti posljedica klimatskih uvjeta ili pogonskih manevara. Poseban zahtjev na izolator jest da on bude pouzdan, tj. da do kvara dolazi samo u ekstremno teškim uvjetima, da taj kvar ne prouzroči prekid pogona, a naročito da ne dođe do pada vodiča. Kad kvar ipak nastane, on mora biti lako uočljiv i popravak mora biti jednostavan.

Govoreći o keramičkim izolatorima, mislimo kako na porculanski tako i na stakleni izolator, jer oba tipa pripadaju keramičkoj porodici s vrlo sličnim sirovinskim sastavom.

U čemu je onda razlika između porculana i stakla?

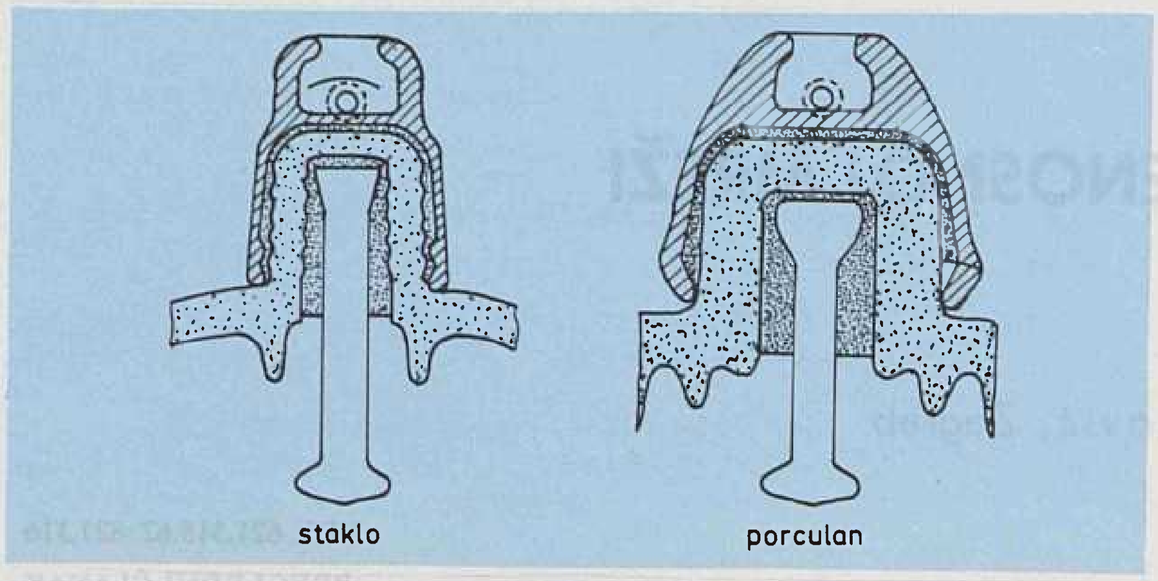
2.1. Mehanička svojstva

Osnovna je razlika u postupku proizvodnje obaju tipova izolatora. Da bi se stekla nužna mehanička svojstva potrebna za upotrebu u prijenosnoj mreži, stakleni izolator se kali, a porculanski glazira (pocakljuje). Naročito postupak kaljenja znatno povećava čvrstoću keramičkog materijala. Znači, razlika u procesu proizvodnje dovodi do različitih svojstava staklenih i porculanskih izolatora i ako se oba baziraju, kako je već rečeno, na praktički istoj ulaznoj sirovini. Dakako, postoje i druge razlike u procesu proizvodnje. Tako se staklena masa najprije topi pa zatim lije u kalupe, dok se porculanski izolator modelira u sirovu stanju da bi zatim išao u daljnju obradu. To je i razlog stanovitog odstupanja porculanskog izolatora u osnovnim dimenzijama, no ta su odstupanja praktički zanemariva. Vratimo se kaljenju kao odlučujućem procesu u postizanju kvalitete staklenih izolatora. Naglim hlađenjem površine izolatora dolazi do unutarnjih naprezanja u staklu koja se očituju u tlačnim silama na površini i vlačnim u unutrašnjosti stakla. Kako se kvarovi na keramici događaju redovito na površini pod utjecajem vlačnih sila, te vlačne sile moraju najprije nadvladati tlačno prednaprezanje na površini stakla, što rezultira izvrsnom mehaničkom kvalitetom staklenog izolatora.

Slične rezultate daje glaziranje porculanskog izolatora, ali je razlika u tome što tlačno prednaprezanje na površini porculanskog izolatora iznosi 10 – 20 MPa, a na površini stakla 200 – 300 MPa i prednapregnuti sloj na porculanskom izolatoru ima debljinu 0,1 do 0,2 mm, a na staklenom izolatoru 1,5 – 2 mm.

Zahvaljujući tim mehaničkim svojstvima, masa glave izolatora manja je, iz čega slijedi i manja kapa, što uz

istu čvrstoću daje manju težinu staklenog izolatora (sl. 1).



Slika 1.

2.2. Dielektrična svojstva

Dielektrična čvrstoća keramičkih izolatora njihova je sljedeća značajka koju možemo poistovjetiti s pouzdanošću izolatora. Poznato je da pri ispitivanju izolatora na probojnost u uljnoj kupki u skladu s preporukama IEC nikad ne dolazi do proboja ispod kape staklenog izolatora, no može doći do rasprsnuća tanjura. Kod porculana, naprotiv, dolazi do proboja kroz glavu. Tu je i glavna pogonska prednost staklenog izolatora. Kod bilo kojeg kvara uzrokovanog vanjskim uzrocima stakleni izolator se rasprsne, što je i lako uočljivo, ali zato ostaje mehanički isto tako čvrst kao prije rasprsnuća. Naprotiv, porculanski izolator može biti probijen bez uočljivih vanjskih znakova, a da bi ga identificirali treba ga ispitati što često traži i iskapčanje dalekovoda. Što je najgore, može se dogoditi da je veći broj izolatora u lancu probijen a da to i ne znamo, što može kod atmosferskih ili pogonskih prenapona prouzročiti vrlo teške havarije.

Treba ovom prilikom napomenuti da kod staklenih izolatora u prvim godinama pogona može doći do rasprsnuća tanjura bez uočljivih vanjskih razloga. Osnovni je uzrok tom fenomenu, koji nema pogonskih posljedica, u mikrostrukturi materijala. Naime, u izolatoru mogu postojati male pukotine npr. kao posljedica nečistoće, i to osobito u unutrašnjem sloju koji nije kaljen. Pod utjecajem mehaničkih i električkih naprezanja te pukotine mogu progresirati, a to je fenomen koji može trajati godinama. Današnjom tehnologijom od prijašnjih 30-50 nečistoća po toni mase taj broj je spao na pet nečistoća. U procesu proizvodnje pomoću termošokova elimira se približno 80% izolatora koji sadrže te sitne pukotine odnosno nečistoće, pa broj rasprsnutih tanjura izolatora ne prelazi iznos od 10^{-4}.

2.3. Cementiranje

Cementiranje je daljnji važni postupak koji utječe na pouzdanost keramičkih izolatora. Poznato je da su keramički materijali otporni na tlak, pa zato oblik kape i batića moraju biti takvi da preko cementa prenose tlačne sile na sam izolator. Već mala odstupanja npr. u kutu formiranja kape mogu proizvesti znatna dodatna naprezanja.

Važno je naglasiti da se termički koeficijenti rastezanja metalnih dijelova, cementa i izolacijskog materijala (naročito porculana) znatno međusobno razlikuju. Da bi se izbjegla dodatna naprezanja, kapa i batić moraju biti međusobno pomični spram samog izolatora, tj. moraju klizati po kosoj površini cementa koji je samo ispunjač, ali nema čvrste veze cementa s metalnim dijelovima, odnosno s izolatorom.

Poznati pogonski problemi s cementiranjem vezani su za ekspanziju cementa zbog koje dolazi ponekad do pucanja glave porculanskih izolatora, dok se isti problem ne događa sa staklenim izolatorima. Osnovni razlog za to je nedovoljno kontrolirana kvaliteta portlandskog cementa koji se koristi u izradi porculanskih izolatora [6], dok se stakleni izolatori redovito cementiraju cementom na bazi aluminija koji nema svojstva ekspanzije.

Postavlja se, dakako, pitanje zašto se i kod porculanskih izolatora ne upotrebljava cement na bazi aluminija. Odgovor je u činjenici da se kod porculanskih izolatora kod kojih dominiraju mikrokristali silicija, a to je većina, ne može koristiti cement na bazi aluminija. S druge strane, ti su izolatori ionako mehanički manje otporni, pa lakše pucaju. Ne treba zanemariti ni činjenicu da je cijena portlandskog cementa niža.

2.4. Starenje

Poznato je da keramički materijali s vremenom gube čvrstoću koja se asimopotski približava vrijednosti od 70% početne čvrstoće. To, međutim, ne vrijedi za kaljeni dio staklenog izolatora, kao i za glazuru porculanskog izolatora koje zadržavaju početnu čvrstoću. Ako se osvrnemo na rečeno u točki 2.1, vidimo da u pogledu starenja znatnu prednost ima stakleni izolator. U literaturi [13] pokazani su važni problemi koje je imala i još uvijek ima elektroprivreda u Australiji sa starenjem porculanskih izolatora i njihovim eliminiranjem iz pogona.

3. NEKA SVJETSKA ISKUSTVA

Dok su 1950. godine svi prijenosni dalekovodi u svijetu bili opskrbljeni porculanskim izolatorima, taj broj je već 1986. godine spao na manje od 50%.

Mnogobrojni članci iz svjetske literature upućuju na neke od razloga tih promjena. Tako u [4] autori pokazuju da su morali izmijeniti 90 000 porculanskih izolatora zbog brzog starenja i grešaka otkrivenih tijekom održavanja.

U [5] autor konstatira da su nakon loma izolatorskog lanca koji je doveo do pada vodiča na DV 500 kV ispitani izolatori, te su nađeni latentni defekti koji nisu bili uočljivi pri standardnim ispitivanjima. Električni proboj nije dovodio u pravilu do smanjenja mehaničke čvrstoće, ali je dolazilo do gubitka izolacijske čvrstoće kada je veći dio izolatora u lancu bio defektan. U [6] autori opisuju lomove porculana zbog ekspanzije cementa naprezanje kojeg djeluje na unutrašnjost porculana kao vlačno naprezanje i uzrokuje pucanje.

Energija, god. 42 (1993) 3, 135 – 140

U [7] se daje primjer zamjene 125 000 porculanskih izolatora staklenim izolatorima. Na 500 kV dalekovodu to je odlučeno nakon dvaju mehaničkih lomova izolatora i testiranja ostalih izolatora, pri čemu je postotak probijenih izolatora iznosio 8,8%. Konačno, u [8] autori informiraju da je od 5 681 ispitanoga porculanskog izolatora pronađeno 295 defektnih. Tu su uračunati samo oni na kojima nije bilo vidljivih nedostataka. U svim primjerima nađen je lom porculana ispod kape.

Rezimiramo li nalaze iz navedenih članaka, ponovno zaključujemo da nepouzdanost porculanskih kapastih izolatora ponajprije proizlazi iz činjenice da je moguć električni proboj porculana ispod kape, a, što je još gore, ta greška nije uočljiva. Dakako, može se postaviti pitanje što je sa štapnim porculanskim izolatorima. Iskustva na tom području znatno su skromnija, jer je njihova primjena ograničena na manji broj zemalja ponajprije na SR Njemačku i Austriju. Iz godišnjeg izvještaja VDEW [9] vidi se, ipak, da se broj slomljenih lanaca u 1985. godini, koja se smatra prosječnom, na vodovima 110 kV, 220 kV i 380 kV kreće oko 0,12/100 km. Na 70 000 km dužine dalekovoda to iznosi približno 80 lomova, a lomovi štapnih izolatora, kako je poznato, imaju često vrlo neugodnu posljedicu pada vodiča.

Treba, dakako, reći da u svjetskoj ponudi porculanskih izolatora postoji široki raspon od onih gdje je proboj relativno čest do onih gdje je proboj, iako moguć, ipak relativno rijedak.

4. ŠTO JE NOVO U PROIZVODNJI STAKLENIH IZOLATORA

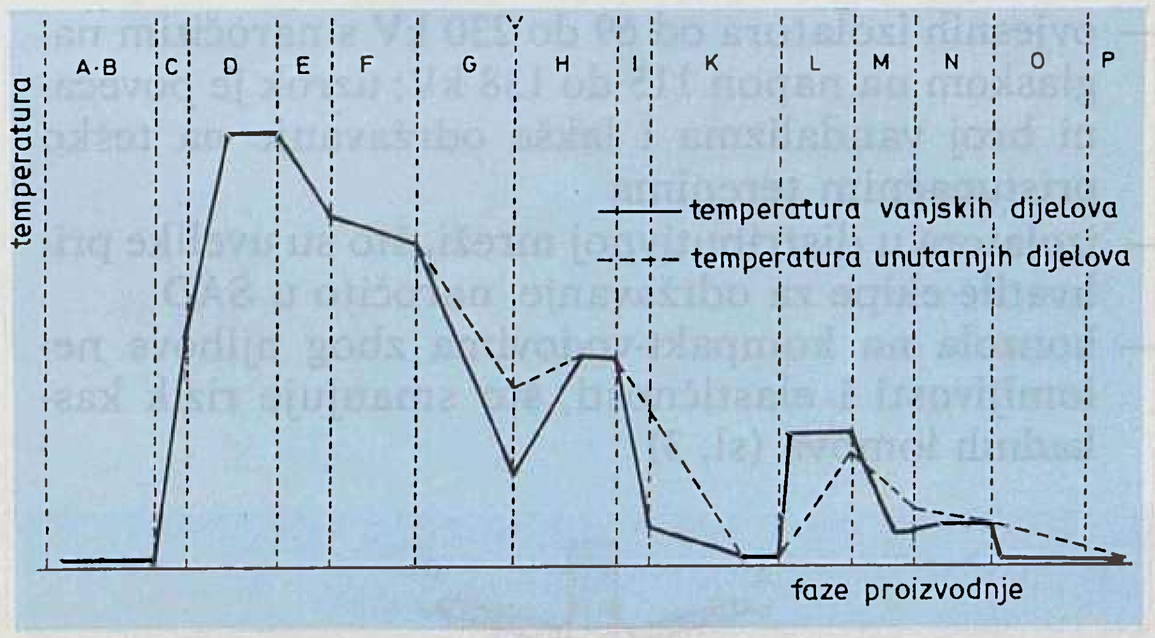
Osnovne faze proizvodnje staklenog tijela (sl. 2) jesu sljedeće

A. Priprema i miješanje sirovine
B. Uskladištenje mješavine
C. Punjenje peći
D. Topljenje i homogeniziranje topljene mase
E. Prvo hlađenje topljene mase
F. Drugo hlađenje, dovađanje u stanje za lijevanje
G. Lijevanje staklenog tijela
H. Homogenizacija temperature prije kaljenja
I. Kaljenje staklenog tijela
K. Hlađenje staklenog tijela
L. Termošok hladno-vruće
M. Hlađenje staklenog tijela
N. Homogenizacija temperature
O. Termošok vruće-hladno
P. Uskladištenje.

Osnovno pitanje je kakve su promjene u ciklusu proizvodnje nastupile tijekom posljednjih godina.

Prvi odgovor glasi da je u osnovnom procesu sve ostalo isto. Međutim, ima niz ponekad i sitnih promjena koje se ne primjećuju, a pozitivno utječu na kvalitetu proizvedenih izolatora.

Tako npr. punjenje peći kontrolira sada računalo koje automatski korigira postotke primarne sirovine. Nadalje, cijeli proces topljenja kontroliran je računalom iz centralne komande, a mazut za pogon peći



Slika 2.

zamijenjen je plinom i strujom, što smanjuje postatak nečistoće.

Podrobno praćenje procesa i kontrola pojedinih faza omogućuju da se eventualne greške odmah analiziraju i ispravljaju. Razvijen je npr. program koji simulira proces kaljenja i omogućuje bolje poznavanje svih parametara, što dovodi do sitnih, ali djelotvornih promjena u procesu, jednom riječju zorna prezentacija »know how«.

Termošok se danas provodi na svim proizvedenim staklenim tijelima izolatora, a podaci se automatski očitavaju i na osnovi dobivenih rezultata automatski se eliminiraju sumnjivi komadi. Uvedeno je i lasersko ispitivanje staklenih tijela koje može otkriti unutarnje pukotine od 10 mikrona.

Konačno cementiranje obavlja se toplim cementom, što omogućuje da se cement homogenizira i osuši za 24 sata.

U procesu sve više sudjeluje robotika, npr. za slaganje staklenih tijela, za montažu lanaca, za umetanje batića i pakiranje, što sve eliminira zajedno moguće ljudske greške.

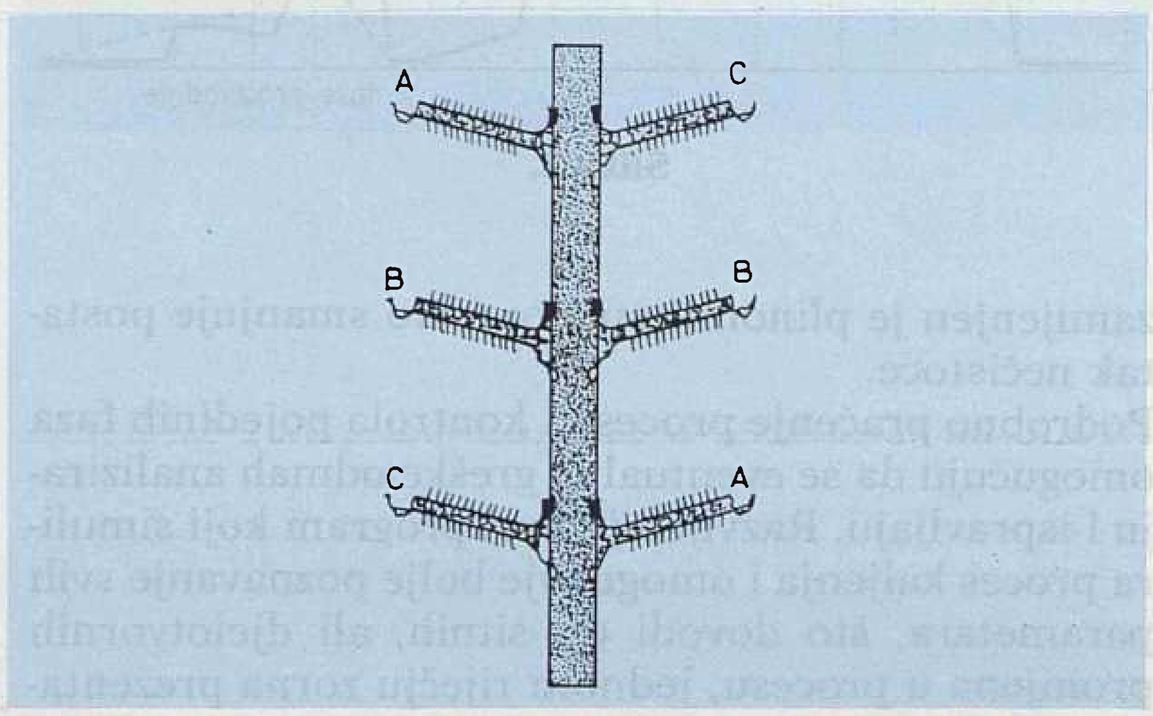
5. RAZVOJ I UPOTREBA KOMPOZIT-IZOLATORA

Još je u literaturi [1] godine 1969. navedeno da naša dilema u budućnosti neće više biti porculan — staklo već staklo — umjetna masa. Naime 50-ih godina u svijetu su počeli intenzivno ispitivati kompozit-izolatore kako bi se iskoristila neka njihova dobra svojstva, npr.

— praktička nelomljivost, što je posebno važno u područjima s povećanim brojem vandalizma
— mala težina naročito interesantna kod najviših napona
— bolja izolacijska svojstva u zagađenoj atmosferi.

Svi ti primjeri upotrebe odnose se međutim, na relativno mali postotak od ukupno potrebnih izolatora, dok, s druge strane, tek masovna upotreba može dati pravu konkurentnu cijenu keramičkim izolatorima, što će se vjerojatno moći bolje ocijeniti u budućnosti. U svakom slučaju prvi kompozit-izolatori pojavljuju se na tržištu (SAD i Kanada) ranih 70-ih godina, a stečeno iskustvo u posljednjih 15 godina pokazuje pozitivan razvoj, i to naročito na sljedećim trima područjima:

— ovjesnih izolatora od 69 do 230 kV s naročitim naglaskom na napon 115 do 138 kV; uzrok je povećani broj vandalizma i lakše održavanje na teško pristupačnim terenima
— izolatora u distributivnoj mreži, što su uvelike prihvatile ekipe za održavanje, naročito u SAD
— konzola na kompakt-vodovima zbog njihove nelomljivosti i elastičnosti, što smanjuje rizik kaskadnih lomova (sl. 3)

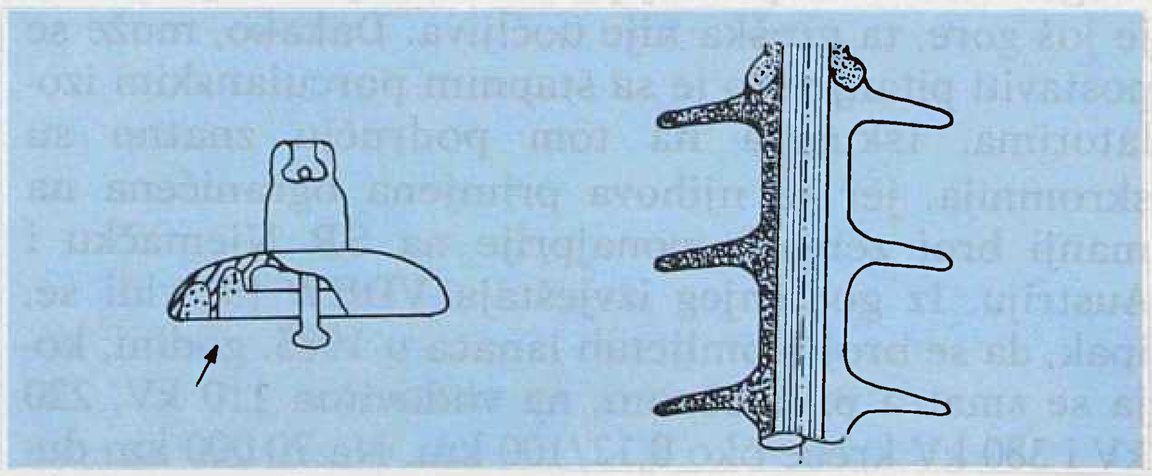


Slika 3.

Do danas je, međutim, broj kompozit-izolatora ugrađen u prijenosnoj mreži još uvijek relativno skroman iako ima primjera u kojima su upotrijebljeni kao osnovna izolacija na značajnim dalekovodima najviših napona.
Dosadašnje iskustvo pokazuje da kompozit-izolatori na bazi silikona ili EPDM mase imaju životni vijek koji odgovara životnom vijeku dalekovoda, i to u izrazito zagađenoj atmosferi. Iskustvo također pokazuje da je ukupna cijena izolacije, uzevši u obzir nabavnu cijenu izolatora, trošak montaže i trošak održavanja, niža nego kod keramičkih izolatora.
U ovom se članku nećemo posebno baviti tehnologijom proizvodnje kompozit-izolatora, ali ćemo ipak spomenuti dva momenta, i to njegovu mehaničku čvrstoću i osobito njegovo ponašanje u zagađenoj atmosferi.
Mehanička jezgra kompozit-izolatora učinjena je od milijuna polimeriziranih staklenih vlakana. Pokazalo se je da najslabija vlakna pucaju iznad 70% prosječnog vlačnog naprezanja. Zbog toga je dopušteno opterećenje kompozit-izolatora limitirano upravo na taj iznos od 70% vlačnog naprezanja, pa u pogonu ne dolazi do nedozvoljenog smanjenja mehaničke čvrstoće kompozit-izolatora. Osvrnimo se sada na općepoznatu kvalitetu kompozit-izolatora, tj. na rad u zagađenoj atmosferi. Iskustvo je pokazalo da ti izolatori mnogo bolje reagiraju na zagađenost nego keramički izolatori.

A	staklo standard	klizna staza/duljina	2,2	duljina lanca	1
B	staklo antifog	klizna staza/duljina	3,2	duljina lanca	0,69
C	kompozit standard EPDM	klizna staza/duljina	2,3	duljina lanca	0,6
D	kompozit antifog EPDM	klizna staza/duljina	3,0	duljina lanca	0,46
E	kompozit standard silikon	klizna staza/duljina	2,3	duljina lanca	0,50
F	kompozit antifog silikon	klizna staza/duljina	3,0	duljina lanca	0,40.

Njihovo je, naime, prirodno svojstvo da su s istom duljinom klizne staze njihove performance 20 do 30% bolje.
Nadalje, ako pogledamo profil antifog keramičkog izolatora (sl. 4) i komposit-izolatora vidimo da se u utorima s donje strane keramičkog izolatora može skupljati zagađenost koju kiša teško ispire. Uzmimo npr. da je srednja zagađenost nekog keramičkog antifog izolatora 0,05 mg/cm². Ona na gornjoj površini može iznositi samo 0,01 mg/cm², ali u utorima nužnima zbog produženja klizne staze i do 0,1 mg/cm². Kod kompozit-izolatora, zbog samog oblika njegova tanjura, odstupanja su neznatna.



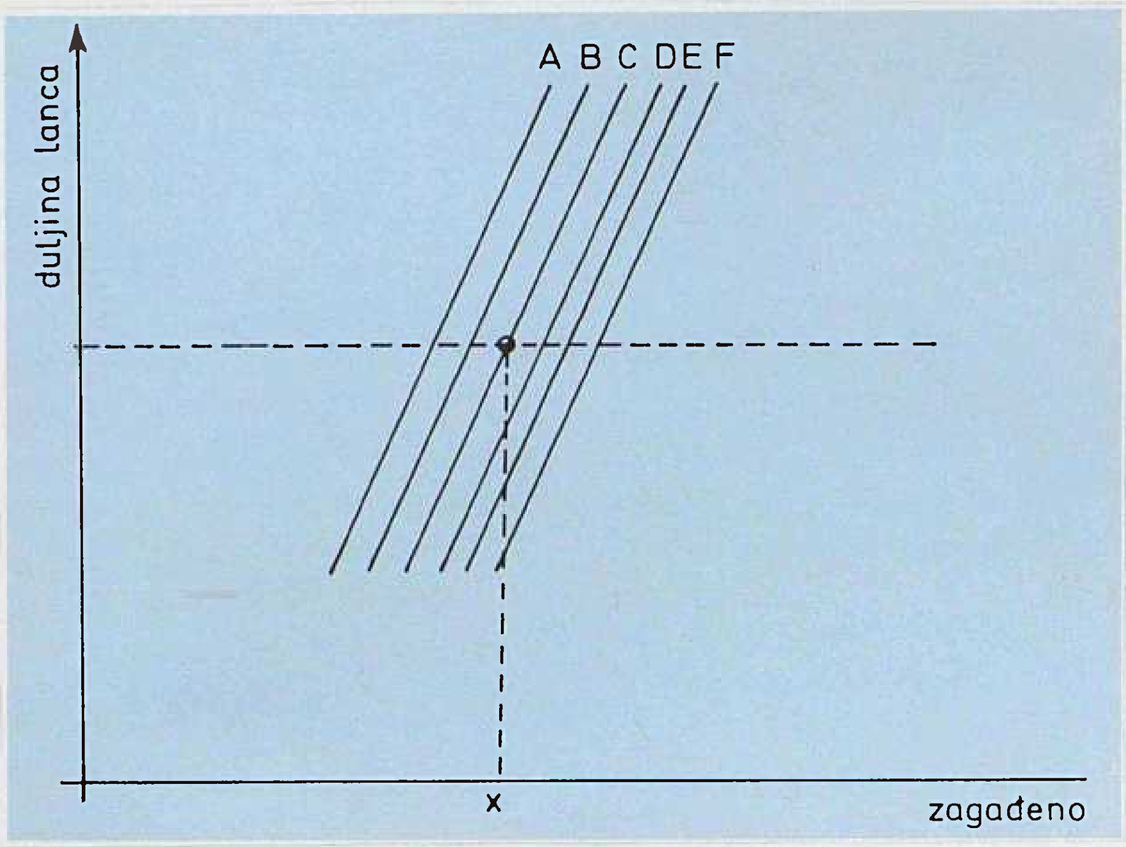
Slika 4.

Pokazat ćemo na primjeru sasvim približnom računicom razlike u ponašanju pojedinog tipa izolatora u zagađenoj atmosferi. Prema preporuci IEC 815 za pojedini intenzitet zagađenosti nužne su sljedeće duljine klizne staze na međufazni napon:

intenzitet 1	16 mm/kV
intenzitet 2	20 mm/kV
intenzitet 3	25 mm/kV
intenzitet 4	31 mm/kV

Uzmimo primjer nekog dalekovoda 220 kV. Duljina njegova izolatorskog lanca koja se određuje na bazi preskočnog napona neka iznosi 1,5 m.
Ako se taj dalekovod nalazi u prvoj zoni zagađenja, odnosno duljine klizne staze i duljine lanca iznosi $\frac{16 \times 220}{1\,500} = 3\,520/1\,500 = 2{,}34$, što se može riješiti keramičkim izolatorima.
Ako se dotični dalekovod nalazi u trećoj zoni zagađenosti duljina klizne staze mora iznositi $25 \times 220 = 5\,500$ mm, a odnos duljine klizne staze i duljine lanca iznosi $5\,500/1\,500 = 3{,}7$. Taj problem je rješiv keramičkim izolatorom samo uz produljenje lanca. A to znači povišenje stupa, odnosno povišenje cijena dalekovoda. To je, dakle, slučaj kad treba prijeći na kompozit-izolator.
Pogledajmo malo kakve bi relativne duljine lanca trebali za iste performance u vezi s raznim tipovima izolatora:

U ovom primjeru su, dakako, uzeta u obzir i prirodna svojstva kompozit-izolatora stečena iskustvom, o čemu se već govorilo.
Kako je rečeno, za duljinu lanca mjerodavan je preskočni napon. Ako ta duljina iznosi 1 (primjer A), onda svi ostali slučajevi (B do F) s istom duljinom 1 daju povećanu sigurnost prema zagađenju, ali i povećanu cijenu, što je nepotrebno.
Ako ta duljina iznosi, naprotiv, 0,6 (primjer C), onda slučajni D do F daju, kao i u navedenom primjeru, povećanu sigurnost i cijenu, a slučajevi A i B traže nepotrebno produžen lanac, a time i stup što, dakako, traži i veću cijenu i ne dolazi u obzir, pa je rješenje C ono optimalno.
Pokažimo na sljedećem dijagramu kako bismo za neku određenu zagađenost izvršili optimalni tehno-ekonomski izbor izolacije (sl. 5).



Slika 5.

Na apscisi je stupanj zagađenosti, a na ordinati duljina lanca određena preskočnim naponom. Pravci A do F prikazuju karakteristike prije navedenih tipova izolatora.
Vidimo da za neku zagađenost X optimalan izbor predstavlja varijanta C (kompozit standard EPDM) jer varijanta A i B ne zadovoljavaju, a varijante D, E i F su preskupe.
Osim primjene u zagađenim zonama, danas se kompozit-izolatori u prijenosnoj mreži koriste još kao međufazni odstojnici za sprečavanje galopiranja vodiča i kao konzole kod kompaktnih dalekovoda.
U literaturi [11] opisan je dobar primjer upotrebe kompozit-izolatora za rješenje problema zagađenosti. U području Dunkerquea dalekovod 220 kV prolazi kroz čeličanu i izložen je dvostrukom zagađenju; od same čeličane i od zasoljenja zbog blizine Sjevernog mora. To se područje smatra najzagađenijim u Francuskoj. Nakon mnogo problema koje je EdF imao s izolacijom, ugrađeni su 1981. godine kompozit-izolatori i nakon 9 godina pogona nije došlo do degradacije materijala, a preskočni napon je 2 do 3 puta viši od nominalnog napona, što pokazuje visok stupanj sigurnosti. Ispitivanja se provode svake dvije godine. Interesantna su također iskustva spomenuta u literaturi [12] gdje je opisana rekonstrukcija dalekovoda 115 kV na napon 230 kV primjenom kompakt-rješenja s konzolama od kompozit-izolatora. Danas se može općenito reći da je kompozit-izolator našao svoje mjesto u specifičnim situacijama, ali nije još osvojio svoje mjesto kao klasična izolacija dalekovoda. Na tom tržištu mu je udio 25 %, ali s izgledima na daljnji prodor. Takva situacija će trajati dok kompozit ne bude jeftiniji od stakla.

6. UMJESTO ZAKLJUČKA

Svrha ovog članka trebala bi biti da ispita naše dosadašnje odluke o izboru izolacije u sklopu ostvarenih pogonskih iskustava i naše poglede u budućnost. Mislim da je naše dosadašnje iskustvo apsolutno potvrdilo da je odluka o upotrebi staklenog izolatora na prijenosnoj mreži bila dalekovidna i mudra.
Što se neposredne budućnosti tiče, sigurno je da ne postoje bitni razlozi za promjenu dosadašnje prakse u prijenosnoj mreži. Što se pak kompozit izolatora tiče, čini se da je došlo vrijeme da se oni šire upotrijebe u distributivnoj mreži, a u specijalnim slučajevima i na prijenosnoj mreži, osobito u zagađenim zonama. Možda bi se i odluka o izgradnji nekog prijenosnog dalekovoda s kompozit-izolatorima i tako stečeno iskustvo u budućnosti pokazala također dalekovidnom i mudrom. Izgradnja kompakt-dalekovoda u zonama sa izrazitim poteškoćama u osiguranju trasa bio bi dobar razlog za takav pokušaj.

LITERATURA

[1] CVETKOVIĆ: »Iskustva sa staklenim izolatorima u prijenosnoj mreži«, III savjetovanje o prijenosu Primošten, 1969.
[2] KINGERY, BOWEN, UHLMAN, WILEY: »Introduction to ceramics«, 1976.
[3] PARGAMIN: »Seminar on high voltage suspension ceramic insulators«, 1984.
[4] LECOMTE: »Evolution of the design for the 753 kV transmission linens of H. Q.«, CIGRE 22. 8. 1980, 1980.
[5] CHERNEY: »Electromechanical integrity of suspension insulators«, Ontario Hydro Research Review, 1982.
[6] — NGK RELEASE 301/82, 1982.
[7] PEPPER: »Report on insulators«, 1982.
[8] DEVINE, FARQUHAR: »Bad Insulators pose hidden Threat«, *Electrical World*, 1985.
[9] VDEW Störungs und Schaden Statistik, 1985.
[10] CIMADOR, DEDECKER, PARRAUD: »Service Performance of Composite Insulators«, In An Heavily Polluted Site CIGRE SC 33 Colloquium Paper 33 – 89, New Orleans, 1989.
[11] FOTY: »Conversion of a 115 kV line to 230 kV Operation using free Pivoting Braced Composite Line Posts«, E.C.A. Symposium on Insulators Montreal, 1990.
[12] SARDIN, PARGAMIN: »Polymer Insulators Development«, E.P.R.I. Workshop STH Padre Island Texas, 1990.

[13] CALLAHAN, POKARIER, MCMAHON: »Insulator perfomance in the Queensland Electricity System«, Canadian Electrical Association, 1990.

[14] CVETKOVIĆ, PARGAMIN: »Izolatori u prijenosnoj mreži jučer, danas, sutra«, Savjetovanje JUKO CIGRE Neum 1991, 1991.

THE ROLE OF INSULATORS IN THE TRANSMISSION NETWORK

Domestic experiences of using insulators within the transmission network are given. Characteristics of ceramic insulators and some world wide experiences and the most recent development in the production of toughened glass insulators are described including the properties and use possibility of composite insulators. Finally, the opinion considering the future use of individual insulator types in the Croatian transmission network is given.

ISOLATOREN IM ÜBERTRAGUNGSNETZ

Hier werden unsere Erfahrungen mit den Isolatoren im Übertragungsnetz besprochen. Es werden die Eigenschaften der keramischen Isolatoren und einige weltweite Erfahrungen, sowie die neueste Entwicklung in der Herstellung der Glasisolatoren beschrieben. Es werden Eigenschaften und die Möglichkeit der Nutzung der Komposit Isolatoren beschrieben, sowie die Wertschätzung der Nutzung einzelner Isolatorentypen im Übertragungsnetz Kroatiens in der zukünftigen Entwicklung.

Naslov pisca:

Dr. Zorko Cvetković, dipl. ing.
41000 Zagreb, Medvešćak 55,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-2-29

MODELIRANJE POUZDANOSTI KOMPONENTI NADZEMNIH 10(20) kV VODOVA, ANALIZOM KUMULATIVNOG BROJA ZASTOJA

Dr. Franjo Majdandžić, Zagreb

UDK 621.316.1:681.3
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazano je modeliranje pouzdanosti komponenti nadzemnih vodova Weibullowom razdiobom i zatim prilagođivanje te razdiobe raznim drugima. Parametri Weibullove razdiobe određeni su pomoću analize kumulativnoga broja kvarova nadzemnih vodova.

Ključne riječi: pouzdanost, modeliranje pouzdanosti, nadzemni vodovi, kumulativni broj zastoja (kvarova).

1. UVOD

Istraživanje funkcije pouzdanosti $R(t)$ i intenziteta $\lambda(t)$ zastoja nadzemnih 10 (20) kV vodova proveden je pomoću analize osam vrsta niže navedenih prinudnih zastoja zbog kvara na dijelovima, tj. komponentama sistema, i 6 vrsta prisilnih i namjernih zastoja referentnog voda.

Zastoji na promatranih 10 nadzemnih vodova 10 (20) kV, različitih dužina svedeni su na dužinu od 100 km i analiziraju se kao prosjek zastoja po mjesecima za vrijeme od jedne godine u ukupnom razdoblju od 10 godina (i to od 1975. do 1984. godine).

Svaka kategorija zastoja (otkaza) promatra se kao otkaz komponenti voda, analizirajući kumulativni broj zastoja u mjesečnim intervalima, a u razdoblju od 12 mjeseci (jedne godine), jer je namjera da se dobiju funkcije pouzdanosti $R(t)$ i intenzitet zastoja λ (t) u mjesečnim intervalima, a u razdoblju od jedne godine.

Načelo se zasniva na utvrđivanju parametara oblika β Weibullovom razdiobom i prilagođavanjem Weibullove razdiobe: eksponencijalnoj, normalnoj, log-normalnoj i Reyleighovoj razdiobi, testirajući hipotezu testom Kolmorgorov-Smirnov i prihvaćajući hipotezu s vjerojatnosti $P \geqslant 0{,}95$ za sljedeće vrste zastoja.

2. VRSTE ZASTOJA

2a. Zastoji na komponentama sistema referentnog voda

I. Zastoji prouzrokovani od kvarova zemnog spoja, a koji se u daljnjim izračunavanjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara od zemnog spoja.*

II. Zastoji glede kvara na kabelu, transformatoru snage i u stalnim neustanovljenim kvarovima referentnog dalekovoda koji se u daljnjim izračunavanjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara od neustanovljenih kvarova*

III. Zastoji glede kvara na linijskim rastavljačima, referentnog dalekovoda, a koji se u daljnjim razmatranjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara na linijskim rastavljačima*

IV. Zastoji glede kvara na katodnim odvodnicima, referentnog dalekovoda, a koji se u daljnjim razmatranjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara na katodnim odvodnicima*

V. Zastoji glede kvara na izolatorima, referentnog dalekovoda, koji se u daljnjim razmatranjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara na izolatorima*

VI. Zastoji glede kvara na ćeliji referentnog dalekovoda, koji se u daljnjim razmatranjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara na ćeliji.*

VII. Zastoji glede kvara na stupovima referentnog dalekovoda, a koji se u daljnjim razmatranjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara na stupovima.*

VIII. Zastoji glede kvara na užetu referentnoga dalekovoda, a koji se u daljnjim razmatranjima daju pod nazivom *zastoji glede kvara na užetu.*

2b. Prisilni i namjerni zastoji referentnog voda

I. Sveukupni zastoji (zastoji na komponentama sistema, prinudni i namjerni zastoji na vodu).

II. Zastoji glede kvara (prinudni zastoji radi uklanjanja kvara)

III. Zastoji glede planskih popravaka — remonta (planirani, namjerni zastoji radi većih popravaka na vodu — remonta voda)

IV. Zastoji glede manipuliranja na vodu (namjerni zastoji radi potrebnih manipulacija na vodu)

V. Zastoji glede opravki (namjerni zastoji radi uklanjanja kvarova na vodu).

VI. Zastoji glede kvara od atmosferskih nepogoda (prisilni zastoji zbog atmosferskih nepogoda na vodu.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Polazi se od činjenice da Weibullova razdioba [1], za određene vrijednosti parametra oblika β i vjerojatnost prihvaćanja funkcije »P«, može aproksimirati sljedećim zakonima slučajno promjenljivih veličina: Weibullovim, eksponencijalnim, log-normalnim, Reyleighevim i normalnim.

Tako Weibullova razdioba za parametar oblika $0{,}5 \leqslant \beta \leqslant 1{,}5$ dobro opisuje eksponencijalnu raspodjelu, pa ćemo joj u daljnjim razmatranjima dati naziv Weibull-eksponencijalna razdioba, što je točnije, jer je eksponencijalna razdioba specijalan slučaj Weibullove raspodjele pri $\beta = 1$.

Za parametar oblika $1{,}5 \leqslant \beta = 2{,}5$ Weibullova razdioba dobro opisuje log-normalnu i Reyleighevu razdiobu, te ćemo u daljnjim razmatranjima također dati ekvivalentniji naziv: Weibull — log — normalna i Weibull-Reyleighejeva razdioba. Specijalni slučaj Weibullove raspodjele pri $\beta = 1$.

Za parametar oblika $2{,}5 < \beta \leqslant 4{,}5$ Weibullova razdioba dobro opisuje normalnu razdiobu i analogno ćemo dati ekvivalentniji naziv Weibullova normalna razdioba. Kako je normalna razdioba specijalni slučaj Weibullove razdiobe pri parametru oblika od 3 do 4, Weibullova razdioba približava se sve više normalnoj, te razlika između Weibullove i normalne razdiobe postaju praktično zanemarive (iako teorijski ovi zakoni nisu ni tada identični). Za druge vrijednosti parametra β mogu se interpretirati približno svi drugi poznati zakoni razdioba.

Primjenom kriterija Kolmorgorov-Smirnov u testiranju funkcije (u daljnjem tekstu d_α — testa) može se potvrditi ili odbaciti teza sa stupnjem vjerojatnosti $p \geqslant 0{,}95$.

Za ovo izračunavanje razvijeni su programi na računalu [2], na osnovi kojih ćemo dobiti brzu i točnu sliku analiziranje pojave u smislu:

— testiranje funkcije razdiobe
— zakona pouzdanosti
— intenziteta otkaza i
— parametra funkcije razdiobe.

Weibullova razdioba se kudikamo najviše koristi u svim analizama efektivnosti tehničkih sistema, a posebno u području pouzdanosti, što neposredno proistječe iz njezina parametarskog karaktera i širokih mogućnosti da se izborom odgovarajućih vrijednosti ovih parametara interpretiraju vrlo različiti zakoni slučajno promjenljivih veličina. Slične osobine imaju i druge parametarske razdiobe, ali s manjim mogućnostima od Weibullove razdiobe, koja je inače i razvijena za statističku obradu rezultata ispitivanja elemenata u tehnici [3].

4. POSTUPAK IZRAČUNAVANJA POUZDANOSTI $R(t)$ I INTENZITETA ZASTOJA $\lambda(t)$

— Vremenski intervali »t_i« u mjesecima za razdoblje od jedne godine, jer se testiraju prosječni rezultati zastoja u razdoblju od deset godina, na promatranih 10 nadzemnih vodova 10 (20) kV;

— Broj zastoja »n« za 14 vrsta zastoja izražen kao prosječan broj zastoja u promatranom razdoblju od deset godina i za 10 vodova, po mjesecima, sveden na dužinu vodova 100 km (radi ekvivalentnog sumiranja), dakle n = broj zastoja / 100 km, mjesec

To zato što su eksperimentalni podaci dani kao: broj zastoja / mjeseci, a osim toga želimo dobiti i funkcije pouzdanosti $R(t)$ i intenziteta zastoja λ (t u vremenskom ciklusu od jedne godine (od početka do kraja godine) u određenim vremenskim intervalima, a to su opet mjeseci, jer je neprilagodno da se ove funkcije daju u drugim vremenskim intervalima, recimo danima, satima itd.).

— Ukupan broj zastoja »N« izražen u dimenzionalno, isto kao »n«, s napomenom da je izračun rađen u dvije varijante, i to:
$N = 1{,}01\ n_{\text{kum}}$ (max) i $N = 1$. Izračunom $N = 1{,}01\ n_{\text{kum}}$ (max) zasigurno se omogućuje izračun pouzdanosti i intenziteta zastoja u razdoblju od jedne godine, dok se izračunom $N = 1$ uspostavlja ekvivalentnost za sve vrste zastoja, tako da se mogu praviti komparacije. Istu analogiju dobivamo ako bismo uzeli da je $N = 100$, a broj zastoja također pomnožimo sa 100, te nam $n = 0{,}1$ sada predstavlja 10, ili, drugim riječima, od 100 komponenti promatranog sistema pokvarilo se 10 komponenti i sistem će zasigurno biti u kvaru kad se pokvari svih 100 komponenti, to jest kada bude $n = N = 1$

— Eksperimentalna kumulativna funkcija pouzdanosti $F_e(t_i) = \dfrac{n_{\text{kum}}}{N}$ u pojedinim intervalima (mjesecima) izračunava se kao odnos kumulativnoga broja zastoja za proteklo razdoblje, prema ukupnom broju zastoja, računano u dvije varijante: za $N = 1{,}01\ n_{\text{kum}}$ (max) /uzeto proizvoljno 1% više/ i za $N = 1$ pojedine vrste zastoja (kao što su to sveukupni zastoji i zastoji zbog kvara) imaju velike vrijednosti u pojedinim intervalima (mjesecima te za izračun $N = 1{,}01\ n_{\text{kum}}$ (max) vrlo brzo (nakon prvog, drugog mjeseca, eventualno trećeg mjeseca dostiže vrijednost »1«, te se izračun prekida i nema praktično značenje. Da bismo to premostili, za ove vrste zastoja, broj zastoja fiktivno smo smanjili (u svim mjesecima) množenjem faktorom »0,1«.

— To su samo ulazni podaci za izračun, dok je postupak izračunavanja za pojedine funkcije razdiobe evidentan iz [2].

— Intenzitet otkaza $\lambda(t)$ izračunat na ovaj način nazvan je »funkcijskim intenzitetom otkaza« (zastoja), jer su to izračunane vrijednosti za pojedine

funkcije razdiobe u kumulativnom promatranju broj zastoja, što je donekle logično.

5. METODE ODREĐIVANJA PARAMETARA WEIBULLOVOG ZAKONA RAZDIOBE

5.1. Weibullova razdioba

Na osnovi vrijednosti parametara »a« i »b« u jednadžbi pravca $y = ax + b$ mogu se odrediti parametri Weibullove jednadžbe »β i »η« metodom najmanjih kvadrata na sljedeći način:

— za Weibullovu razdiobu dvostrukim logaritmiranjem funkcije pouzdanosti dobiva se:

$$R(t_i) = 1-(t_i) = e - \frac{(t_i)\,\beta}{\eta},\ L_n\, L_n \frac{1}{1-F(t_i)}$$
$$= \beta\,(L_n\, t_i - L_n\, \eta)$$

i dalje:

$$Y_i = L_n\, L_n \frac{1}{1-F(t_i)},\ X_i = L_n\, t_i,\ \alpha = \beta,$$
$$b = -\beta\, L_n\, \eta$$

te se izraz svodi na jednakost prave linije: $y = ax + b$.

Pri tome je:

t_i = granica intervala promatranja, u ovom primjeru mjeseci u toku godine (od 1 do 12),

η = parametar razmjere,

β = parametar oblika, a izračunava se metodom najmanjih kvadrata na osnovi sljedećeg:

$$\beta = a,\ -\beta\, L_n \eta = b \rightarrow \eta = e\,\frac{-b}{\beta}.$$

Vrijednosti za »a« i »b« određuju se primjenom metode najmanjih kvadrata, uzimajući »a« i »b« kao vrijednost za koje funkcija $S(a,b)$ ima minimum:

$$S(a,b) = (\sum_{i=1}^{n} \delta_i^2)\ \min =$$
$$= \{\sum_{i=1}^{n} [\ Y_i - (ax_i + b)\ ]\}\ \min,$$

gdje je:

$\delta_i = Y_i - (ax_i + b)$ — greška istog opažanja.

Uvjet minimuma određuju jednakosti:

$$\frac{\delta S}{\delta a} = \sum_{i=1}^{n} (-2x_i)\,[Y_i - (ax_i + b)] = 0,$$

$$\frac{\delta S}{\delta b} = \sum_{i=1}^{n} (-2)\,[y_i - (ax_i + b)] = 0.$$

Sređivanje te jednakosti svodi se na oblik:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i = a \sum_{i=1}^{n} X_i^2 + b \sum_{i=1}^{n} X_i;\ \sum_{i=1}^{n} Y_i = a \sum_{i=1}^{n} X_i + nb,$$

gdje je:

$$X_i = L_n\, t_i,\ Y_i = L_n\, L_n \frac{1}{1-F(t_i)}$$

to je:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i\, Y_i - \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^{n} X_i\, Y_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}$$

$$b = -\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} - \frac{a}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i.$$

Određivanje elemenata Weibullove razdiobe, prikazano je u sljedećoj tablici, a kompletni izračun na računalu u [2]

t_i (mjeseci)	$n = \lambda \frac{\text{broj otkaza}}{100\ \text{km/mjesec}}$	n_{kum}	$F_e(t_i) = \frac{n_{kum}}{N}$	$Y_i = L_n L_n \frac{1}{1-F_e(t_i)},\ \sum_{i=1}^{t_i} y_i$	$X_i = L_i t_i,\ \sum_{i=1}^{t_i} Y_i$	$X_{i,}^2 \sum_{i=1}^{t_i} X_i^2$	$F_t(t_i) = 1 - e^{(\frac{t_i}{\eta})\beta}$	$d_\alpha = \lvert F_t(t_i) - F_e(t_i) \rvert$	$X_i\, Y_{i,} \sum_{i=1}^{t_i} X_i\, Y_i$	$R(t_i) = 1 - Ft(t_i)$	$\lambda(t_i) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t_i}{\eta}\right)^{\beta-1}$

5.2. Weibullova — eksponencijalna razdioba

Provjera suglasnosti za eksponencijalnu razdiobu obavlja se Weibullovom razdiobom za parametar oblika $0{,}5 < \beta \leqslant 1{,}5$, te pri $\beta = 1$ Weibullova razdioba prelazi u eksponencijalnu razdiobu.

Iz obrasca za pouzdanost $R\ (t_i) = e^{-\lambda t_i}$ na identičan način kao pod točkom III. 4. za izračunane elemente regresije (x_i, y_i) dobivamo parametar prave:

$$Y_i = axi \text{ i } a = \frac{\sum_{i=1} X_i\, Y_i}{\sum_{i=1}^{t_i}},\ \lambda = a.$$

Izračunavanje elemenata Weibull — eksponencijalne razdiobe prikazan je u sljedećoj tablici, a kompletni izračuni u [2].

t_i (mjeseci)	$n = \lambda \frac{\text{broj otkaza}}{100\ \text{km/mjesec}}$	n_{kum}	$F_e(t_i) = \frac{n\,kum}{N}$	$Y_i = L_n \frac{1}{1-F_e(t_i)},\ \sum_{i=1}^{t_i} y_i$	$X_i Y_i,\ \sum_{i=1}^{t_i} X_i\, Y_i$	$X_i = t_i,\ \sum_{i=1}^{t_i} X_i$	$X_{i,}^2 \sum_{i=1}^{t_i} X_i^2$	$F_t(t_i) = 1 - e^{-\lambda t_i}$	$d_\alpha = \lvert F_e(t_i) - F_t(t_i) \rvert$	$R(t_i) = 1 - Ft(t_i)$

5.3. Weibull — log-normalna razdioba

Provjera suglasnosti za log-normalnu razdiobu provodi se Weibullovom razdiobom za parametar oblika $1{,}5 < \beta \leqslant 2{,}5$, te je pri $\beta = 2$ Weibullova razdioba specijalni slučaj Weibullove razdiobe, log-normalna razdioba.

Parametri »a« i »b« su iz računa Weibullove razdiobe, dok se parametri log-normalne razdiobe:

$\sigma = \frac{1}{a}$ = standardna devijacija i

$L_{nm} = b\sigma$ = srednja vrijednost,

Za izračunane elemente linearne regresije (x_2, y_2) dobivaju se parametri pravca $y = ax + b$. Vrijednosti $y_i = f F_e(t_i)$ možemo dobiti grafički ocrtavanjem vrijednosti na ordinati na log-normalnom vjerojatnosnom papiru za stvarne vrijednosti $F_e(t_i)$ i t_i, ili računski prema prikazanom postupku (prilog 2).

Ostali elementi Weibull — log-normalne razdiobe prikazani su u sljedećoj tablici, a kompletni izračun na računalu u (2).

t_i (mjeseci)
$n = \lambda \frac{\text{broj otkaza}}{100 \text{ km/mjesec}}$
n_{kum}
$F_e(t_i) = \frac{n_{kum}}{N}$
$Y_i = f F_e(t_i), \sum_{i=1}^{t_i} y_i$
$X_i = L_n t_i, \sum_{i=1}^{t_i} X_i$
$X_i Y_i, \sum_{i=1}^{t_i} X_i Y_i$
$X_i^2, \sum_{i=1}^{t_i} X_i^2$
$Y_i t = ax_i + b$
$d = [\lvert Y_{i(a)} \rvert - \lvert y_i \rvert]$
$F_i(t_i) = f(y_i t)$
$R(t_i) = 1 - F_i(t_i)$
$f(t) = \frac{1}{\delta t \sqrt{2\pi}} 1^{-\frac{1}{2}(\frac{\text{ent} - y}{\sigma})^2}$
$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$

5.4. Weibull — Reyleighejeva razdioba

Provjera suglasnosti za Weibull-Reyleighejevu razdiobu provodi se Weibullovom razdiobom s parametrom oblika u intervalu $1{,}5 < \beta \leqslant 2{,}5$, te je prvi $\beta = 2$ specijalni slučaj Weibullove razdiobe-Reyleighejeva razdioba.

Za izračunane elemente linearne regresije (x_i, y_i) mogu se dobiti parametri prave $y_i = ax_i + b$. Parametri »a« i »b« su iz računa Weibullove razdiobe, te je za ovu razdiobu $a = 2$.

Parametar Reyleighejeva zakona razdiobe

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-\frac{b}{2}}.$$

Izračunavanje ostalih elemenata Weibull-Reyleighejeve razdiobe prikazan je u sljedećoj tablici, a kompletni izračun na računalu u (2).

t_i (mjeseci)
$n = \lambda \left(\frac{\text{broj otkaza}}{100 \text{ km, mjesec}} \right)$
n_{kum}
$F_e(t_i) = \frac{n_{kum}}{N}$
$Y_i = L_n L_n \frac{1}{1 - F_e(t_i)}, \sum_{i=1}^{t_i} Y_i$
$X_i = L_n t_i, \sum_{i=1}^{t_i} X_i$
$F_t(t_i) = 1 - e^{-\frac{1}{2}(\frac{t_i}{\sigma})^2}$
$d = \lvert F(t_i) - F_t(t_i) \rvert$
$R(t_i) = 1 - F_t(t_i)$
$f(t_i) = \frac{t}{\sigma} e^{-\frac{1}{2}(\frac{t_i}{\sigma})^2}$
$\lambda(t) = \frac{f(t_i)}{R(t_i)}$

5.5. Weibull — normalna razdioba

Provjera suglasnosti za Weibull — normalnu razdiobu, obavlja se Weibullovom razdiobom s parametrom oblika u intervalu $2{,}5 < \beta \leqslant 4{,}5$, te ako je $\beta \approx 3$ do 4, Weibullova razdioba približava se sve više normalnoj, te razlike Weibullove i normalne razdiobe postaju praktično zanemarive (iako, teorijski, ovi zakoni nisu ni tada identični).

Parametri i regresije pravaca $y = ax + b$, »a« i »b« isti su kao i kod Weibullove razdiobe, dok su parametri normalnog zakona razdiobe:

— standardna devijacija: $\sigma = \frac{1}{a}$

— srednja vrijednost: $m = -b\sigma$.

Vrijednost funkcije $Y_i = f[F_e(t_i)]$ i $F(t) = f[Y_i(t_i)]$ očitava se iz normalnoga vjerojatnost papira za stvarne vrijednosti $F_e(t_i)$ i t_i, ili računski, prema prikazanom postupku (prilog 2).

Izračunavanje ostalih elemenata prikazano je u sljedećoj tablici, a kompletni izračuni dani su na računalu u (2).

t_i (mjeseci)
$n = \lambda \left(\frac{\text{broj otkaza}}{100 \text{ km, mjesec}} \right)$
n_{kum}
$f_e(t_i) = \frac{n_{kum}}{N}$
$Y_i = f[F_e(t_i)], \sum_{i=1}^{t_i} Y_i$
$X_i = t_i, \sum_{i=1}^{t_i} X_i$
$X_i Y_i, \sum_{i=1}^{t_i} X_i Y_i$
$X_i^2, \sum_{i=1}^{t_i} X_i^2$
$Y_{it} = ax_i + b$
$d = \lvert Y_{it} - Y_i \rvert$
$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{t-m}{\sigma})^2}$
$F(t) = f(Y_{it})$
$R(t) = 1 - F(t)$
$\lambda(t = \frac{f(t)}{R(t)}$

6. REZULTATI IZRAČUNA POUZDANOSTI I INTENZITETA OTKAZA ZA ZASTOJE NA KOMPONENTAMA SISTEMA (GLEDE ZEMNOG SPOJA I KVARA NA UŽETU) I ZA KATEGORIJU PRISILNIH I NAMJERNIH ZASTOJA (GLEDE ZASTOJA OD ATMOSFERSKIH NEPOGODA), DOK JE ZA OSTALE VRSTE ZASTOJA S IZRAČUNOM NA RAČUNALU DANO U [2]

6.A. Zastoji na komponentama sistema referentnog voda

6.1. *Zastoji glede kvara zbog zemnog spoja*

6.1.1. $N = 1{,}01\ n_{kum}$ (max) uzeto 12 podataka.

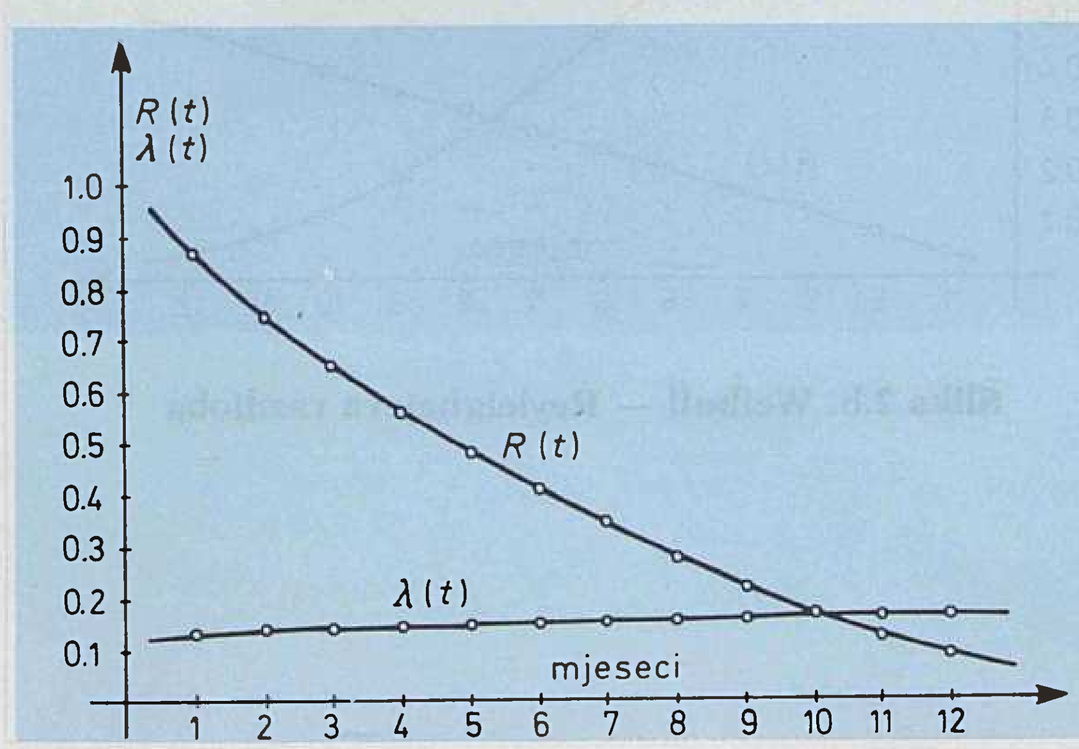
Podaci o broju zastoja, kumulativni u zastojima, pouzdanost i funkusnom intenzitetu otkaza dani su po mjesecima za maksimalno razdoblje od jedne godine.

Zastoji »*n*«:	0,291 296,	0,068 151,	0,110 696,	0,023 921,	0,038 429,	0,177 338,
	0,198 309,	0,145 56,	0,046 45,	0,026 968,	0,385 243,	0,080 746.
Kumulativni zastoji »*n*kum«:	0,2911 296	0,359 4470,	0,470 143,	0,292 064,	0,532 493,	0,709 831,
	1,908 140,	1,053 20,	1,1000 15,	1,127 118,	1,512 361,	1,593 107.

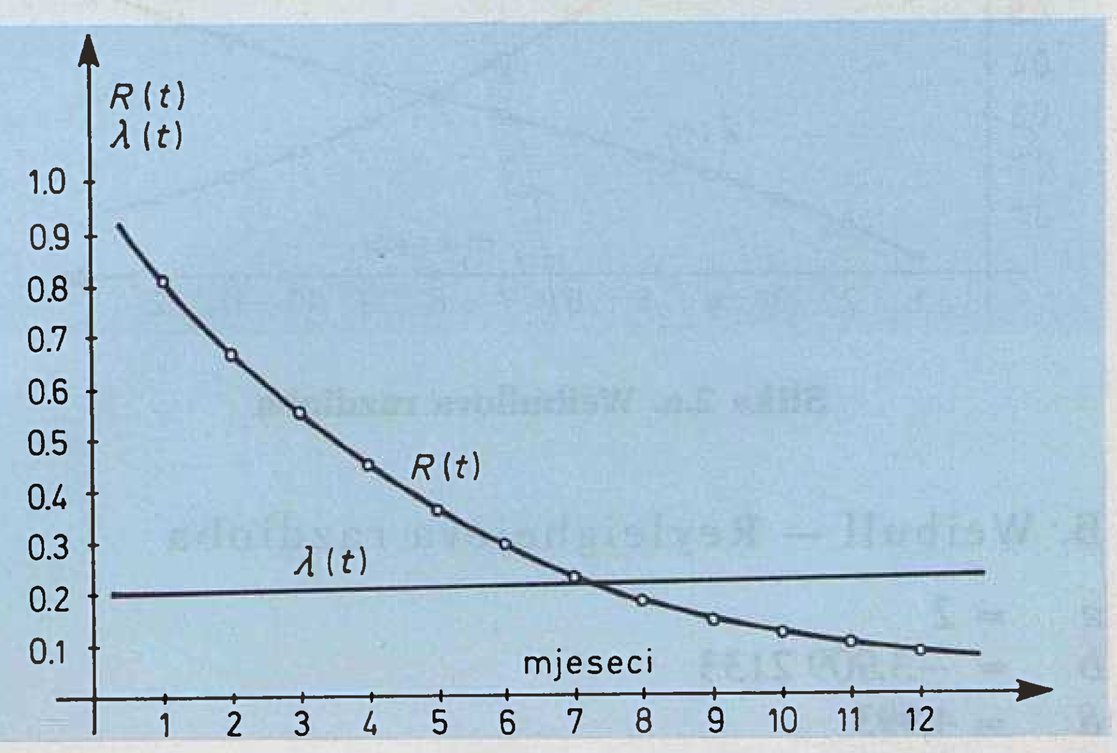
A. Weibullova razdioba

$a = 1{,}124\,0108$
$b = 2{,}183\,5468$
$\eta = 6{,}9971$
$\beta = 1{,}124,$
$D_{max} = 0{,}1663 < D_\alpha = 0{,}3754 \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost:	0,893 4711,	0,782 3194,	0,678 924,	0,585 6218,
	0,502 772,	0,429 9824,	0,366 5266,	0,311 5422,
	0,264 1331,	0,223 4252,	0,188 5962,	0,158 890.
Funkcijski intenzitet otkaza: $\lambda(t)$	0,126 61,	0,137 9746,	0,145 0896,	0,150 3592,
	0,154 5781,	0,158 1129,	0,161 1645,	0,163 8555,
	0,166 2664,	0,168 4531,	0,170 4559,	0,172 3052.



Slika 1.a. Weibullova razdioba



Slika 1.b. Weibull — eksponencijalna razdioba

B. Weibull — eksponencijalna razdioba

Funkcijski intenzitet otkaza:
$a = \lambda = 0{,}2027$
$D_{max} = 0{,}3062 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}90.$

Pouzdanost:	0,816 5068,	0,666 83,	0,544 3515,	0,444 4667,
	0,362 9101,	0,296 3186,	0,241 9461,	0,197 5507,
	0,161 3014,	0,131 7037,	0,107 537,	0,087 804 69.

6.8. *Zastoji glede kvara na užetu*

6.8.1. $N = 1{,}01\ n_{kum}$, uzeto 12 podataka.

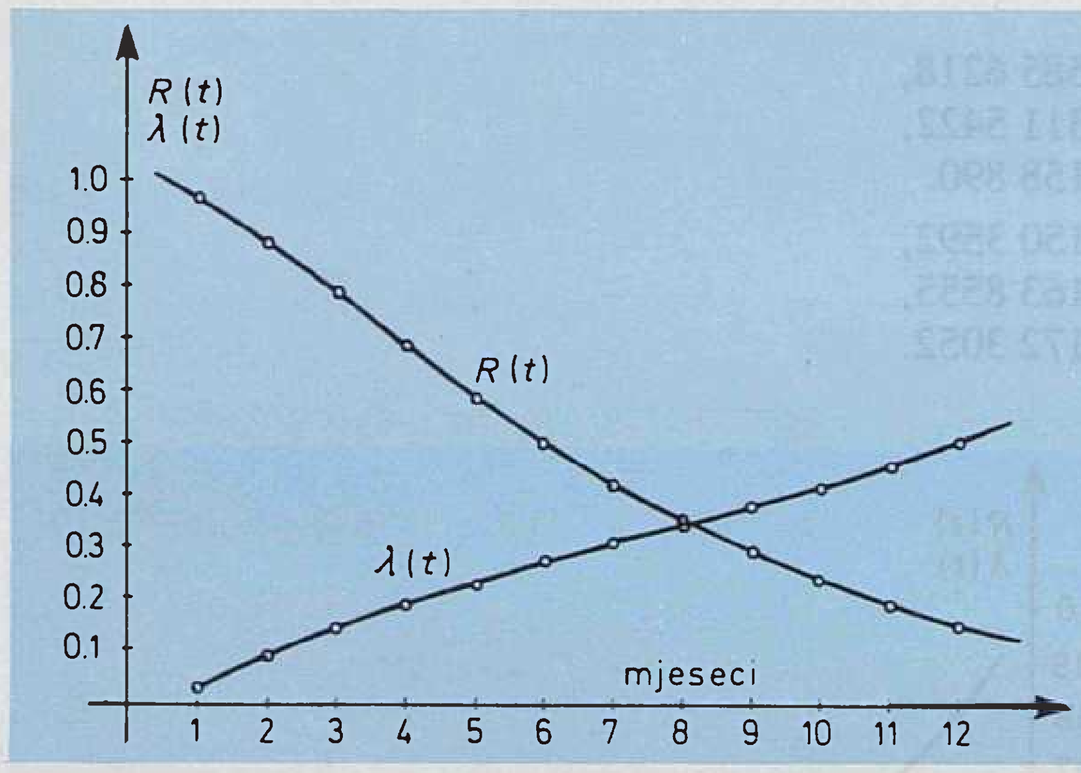
Podaci su dani po mjesecima za maksimalno razdoblje od jedne godine.

Broj zastoja »*n*«	0,106 042,	0,097 491,	0,071 802,	0,048 858,	0,137 036,	0,231 180,
	0,144 338,	0,181 295,	0,149 909,	0,033 825,	0,161 111,	0,216 629.
Kumulativni zastoji »*n*kum«	0,106 042,	0,203 533,	0,275 335,	0,324 193,	0,461 229,	0,692 409,
	0,836 747,	1,018 042,	1,167 951,	1,201 776,	1,362 887,	1,579 516.

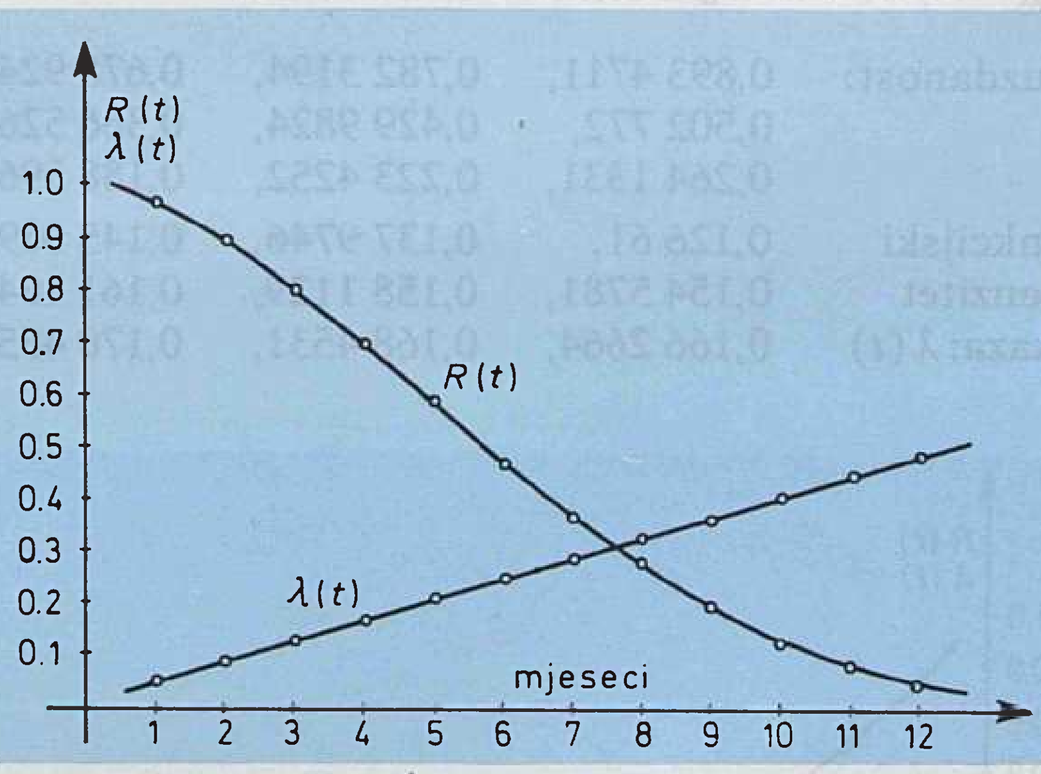
A. Weibullova razdioba

$a = 1{,}552\,9488$
$b = -3{,}164\,6044$
$\eta = 7{,}6737$
$\beta = 1{,}5529$
$D_{max} = 0{,}1251 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost:	0,958 6484,	0,883 4575,	0,792 4854,	0,695 1842,
	0,598 0054,	0,505 3868,	0,420 2064,	0,344 3415,
	0,277 7836,	0,221 216,	0,173 8991,	0,135 0957.
Funkcijski intenzitet otkaza: $\lambda(t)$	0,065 582 33,	0,096 214 62,	0,120 3956,	0,141 1547,
	0,159 6914,	0,176 6301,	0,192 3459,	0,207 0854,
	0,221 0213,	0,234 2803,	0,246 9584,	0,259 1307.



Slika 2.a. Weibullova razdioba



Slika 2.b. Weibull — Reyleighejeva razdioba

B. Weibull — Reyleighejeva razdioba

$a = 2$
$b = -3{,}909\,2133$
$\delta = 4{,}993$
$D_{max} = 0{,}1121 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

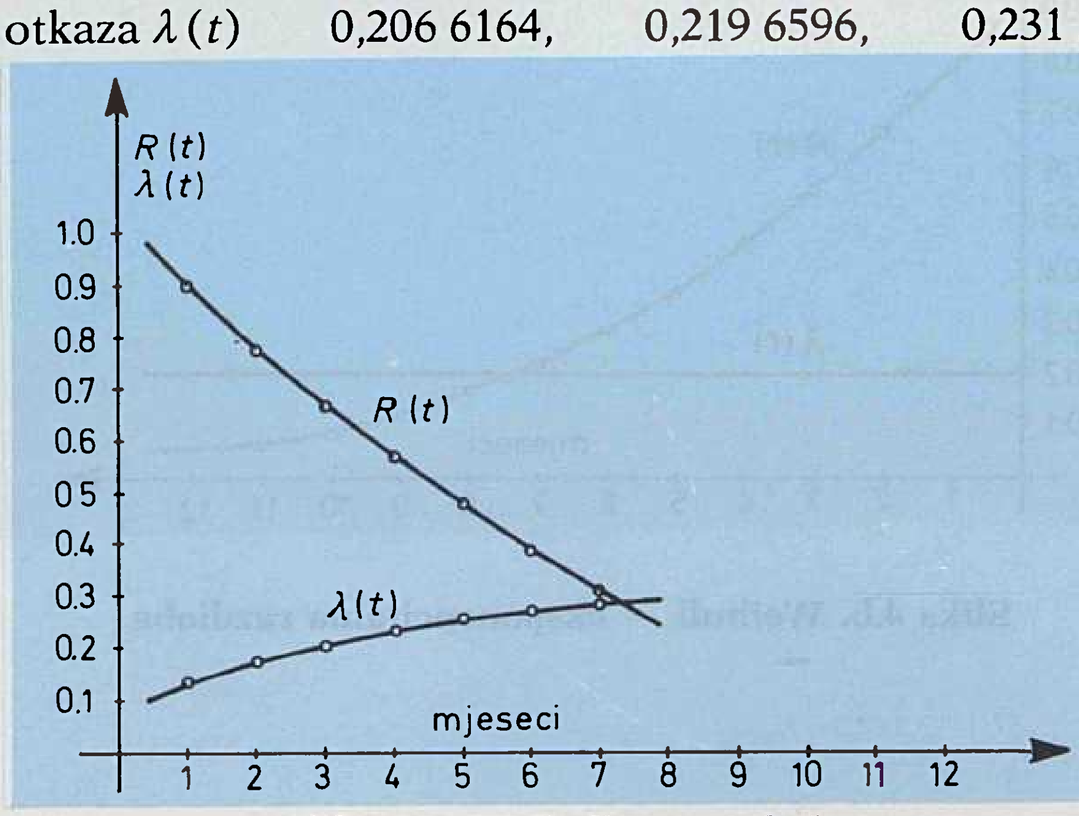
Pouzdanost:	0,980 1435,	0,922 9086,	0,834 8473,	0,725 4955,
	0,605 678,	0,485 7672,	0,374 2777,	0,277 0378,
	0,196 9987,	0,134 5758,	0,088 3182,	0,055 681 73.
Funkcijski intenzitet otkaza: $\lambda(t)$	0,040 112 54,	0,080 225 09,	0,120 3376,	0,160 4502,
	0,200 5627,	0,240 6752,	0,280 7878,	0,320 9003,
	0,361 0129,	0,401 1254,	0,441 238,	0,481 3505.

6.8.2. $N = 1$, uzeto 7 podataka.

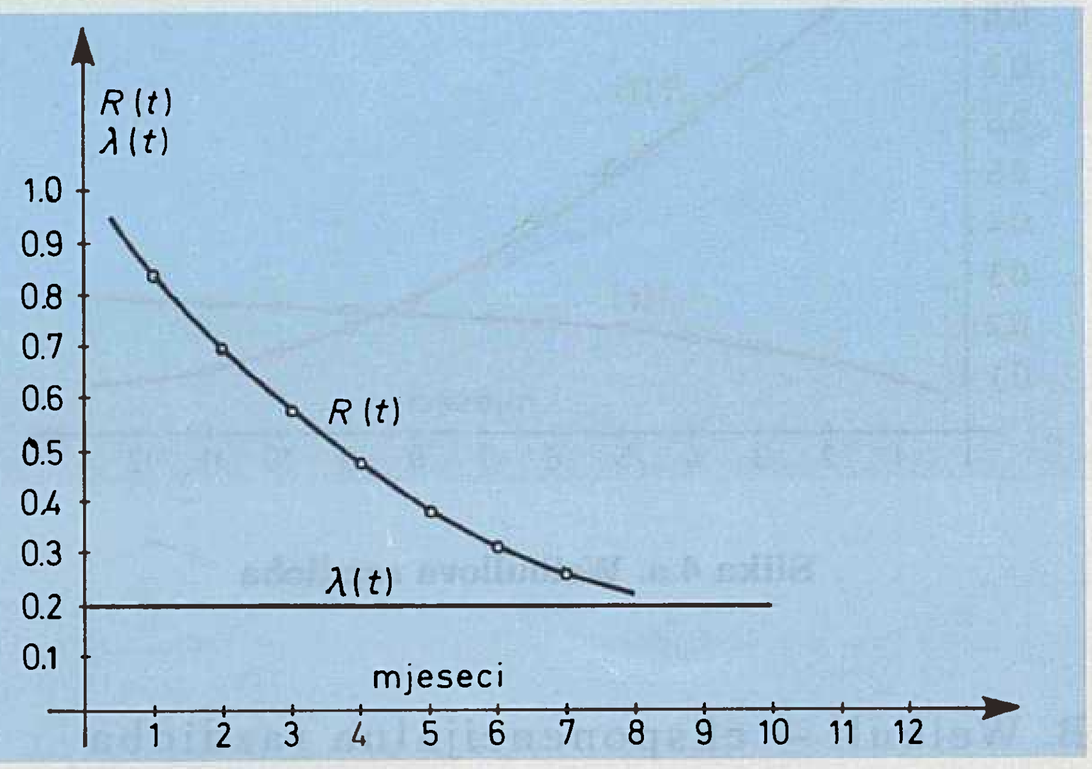
A. Weibullova razdioba

$a = 1{,}335\,7542$
$b = -2{,}406\,7628$
$\eta = 6{,}0606$
$\beta = 1{,}3358$
$D_{max} = 0{,}1343 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost:	0,913 8339,	0,796 5731,	0,676 4434,	0,563 2318,
	0,461 4381,	0,372 8135,	0,297 5211.	
Funkcijski intenzitet otkaza $\lambda(t)$	0,120 3602,	0,151 899,	0,174 0516,	0,191 7021,
	0,206 6164,	0,219 6596,	0,231 3278.	



Slika 3.a. Weibullova razdioba



Slika 3.b. Weibull — eksponencijalna razdioba

B. Weibull — eksponencijalna razdioba

$a = 1{,}185\,3869$
$b = 0{,}0$
$D_{max} = 0{,}1993 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost:	0,830 853,	0,690 3168,	0,573 4063,	0,476 5373,
	0,395 765,	0,328 7947,	0,273 157.	

Funkcijski intenzitet otkaza $\lambda(t) = 0{,}185\,3869$

6.B. Prisilni i namjerni zastoji referentnog voda

6.6. *Zastoji glede kvara od atmosferskih nepogoda*

$N = 1{,}01\ n_{kum}$ (max), uzeto 12 podataka.

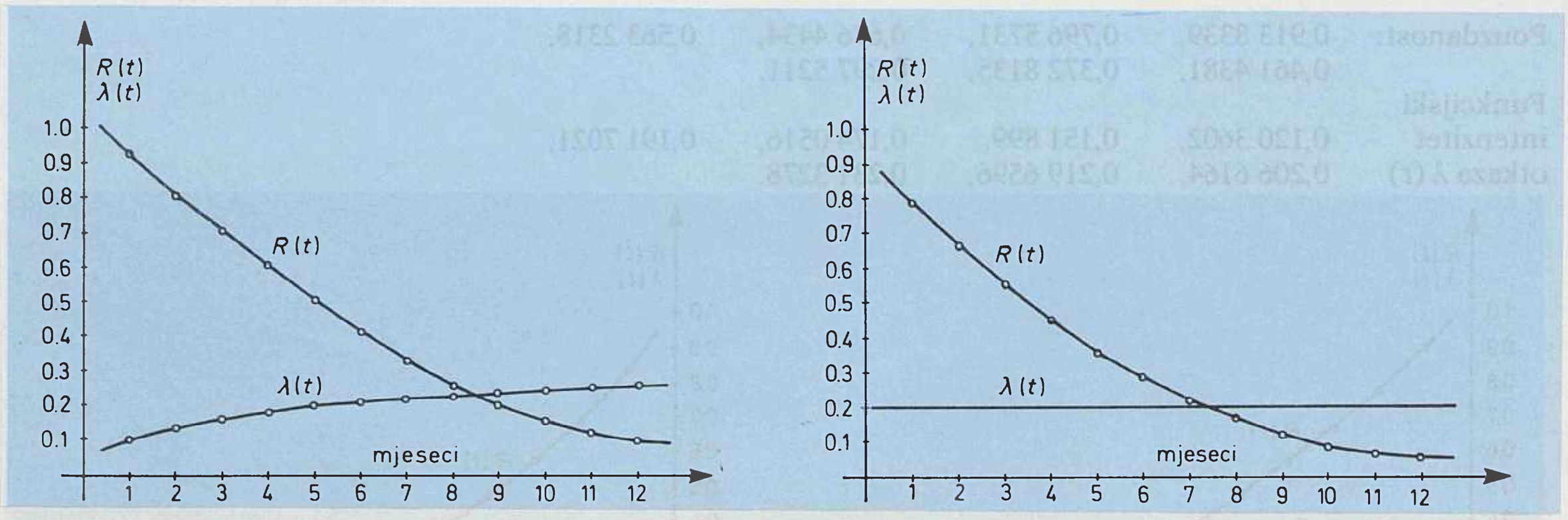
Podaci o broju zastoja, kumulativnim zastojima, pouzdanosti i funkcijskom intenzitetu otkaza dani su po mjesecima za maksimalno razdoblje od jedne godine.

Zastoji »n«:	0,341 896,	0,169 679,	0,275 856,	0,159 659,	0,190 059,	0,389 507,
	0,535 842,	0,234 638,	0,130 381,	0,151 152,	0,337 996,	0,271 880.
Kumulativni zastoji »n_{kum}«:	0,341 896,	0,511 575,	0,787 431,	0,947 090,	1,137 149,	1,526 656,
	2,062 498,	2,297 1136,	2,477 517,	2,577 569,	2,925 565,	3,187 445.

A. Weibullova razdioba

$a = 1{,}403\,4556$
$b = -2{,}678\,2577$
$\eta = 6{,}7418$
$\beta = 1{,}4035$
$D_{max} = 0{,}1286 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost:	0,933 6229,	0,833 8603,	0,725 4442,	0,618 3929,
	0,518 2039,	0,427 8086,	0,348 486 63,	0,280 4289,
	0,223 1354,	0,175 6936,	0,136 9819,	0,105 8103.
Funkcijski intenzitet otkaza:	0,096 393 14,	0,127 4965,	0,150 1562,	0,168 6361,
	0,184 5226,	0,198 6075,	0,211 3517,	0,223 0503,
	0,233 9056,	0,244 0629,	0,253 6307,	0,262 6926.



Slika 4.a. Weibullova razdioba **Slika 4.b. Weibull — eksponencijalna razdioba**

B. Weibull — eksponencijalna razdioba

$a = 0{,}209\,224$
$b = 0{,}0$
$D_{max} = 0{,}2955 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

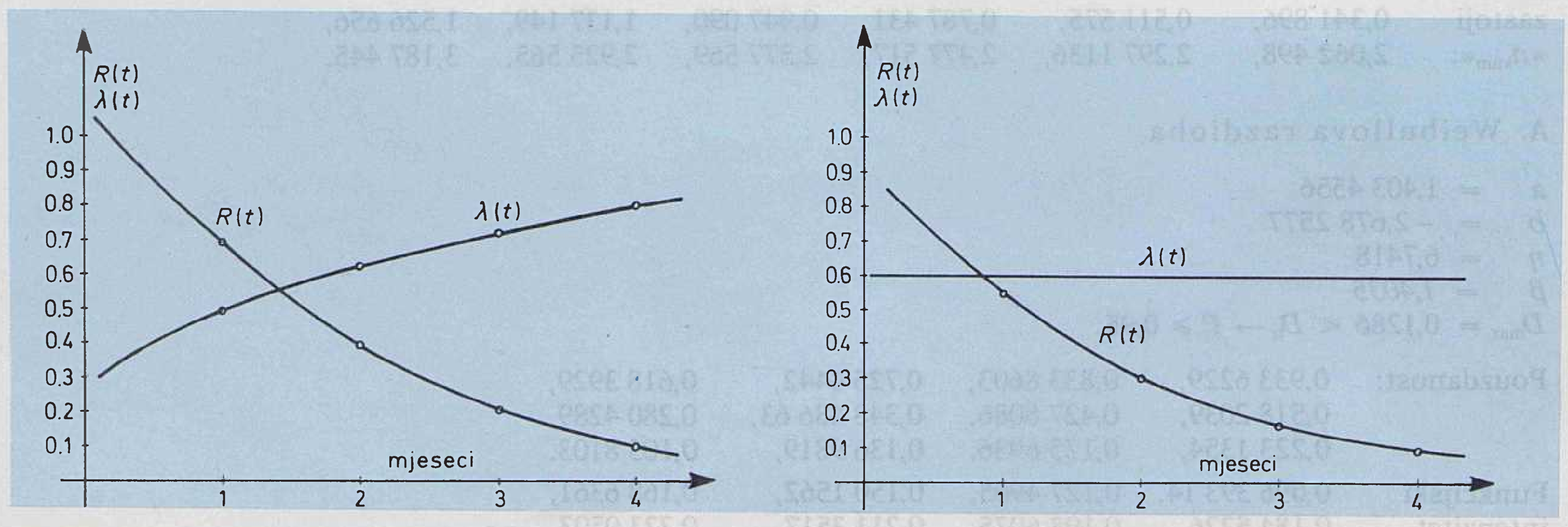
Pouzdanost:	0,811 2135,	0,658 0674,	0,533 8331,	0,433 0527,
	0,351 2982,	0,284 9778,	0,231 1779,	0,187 5346,
	0,152 1306,	0,123 4104,	0,100 1122,	0,081 212 36.
Funkcijski intenzitet otkaza: $\lambda(t)$	= 0,209 224			

6.6.2. $N = 1$, uzeto 4 podatka.

A. Weibullova razdioba

$a = 1{,}380\,7886$
$b = -1{,}019\,358$
$\eta = 2{,}0923$
$\beta = 1{,}3808$
$D_{max} = 0{,}0977 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost:	0,697 0999,	0,390 7721,	0,193 0593,	0,086 561 62,
Funkcijski intenzitet otkaza: $\lambda(t)$	0,498 2251,	0,648 7157,	0,757 021,	0,844 624.



Slika 5.a. Weibullova razdioba **Slika 5.b. Weibull — eksponencijalna razdioba**

B. Weibull — eksponencijalna razdioba

$a = 0{,}608\,455$
$b = 0{,}0$
$D_{max} = 0{,}1923 < D_\alpha \rightarrow P \geqslant 0{,}95.$

Pouzdanost: 0,541 91, 0,296 1438, 0,161 1588, 0,087 7011
Funkcijski
intenzitet = 0,6085
otkaza: $\lambda(t)$

7. SAŽETAK

- U navedenim istraživanjima teorijskom razradom i izračunavanjem na osnovi eksperimentalnih podataka potvrđena je teza o mogućnosti modeliranja funkcije pouzdanosti, analizirajući kumulativne zastoje u određenom razdoblju radi izračunavanja pouzdanosti $R(t)$ i intenziteta otkaza $\lambda(t)$ kako komponenata sistema, tako i sistema, a u ovom primjeru nadzemnog voda.
- Tako je na ovaj način za osam vrsta zastoja na komponentama i šest vrsta zastoja na sistemu (nadzemnom vodu) za promatrano razdoblje od jedne godine utvrđena funkcija razdiobe pouzdanosti $R(t)$ i intenziteta zastoja $\lambda(t)$ za vrijednosti $N = 1{,}01\ n_{kum}$ (max) i $N = 1$.
- U ovom postupku koriste se svojstva Weibullove razdiobe, a da pri određenim parametrima oblika β Weibullova razdioba dobro prilagođava: eksponencijalnu, normalnu, Reyleighejevu i log-normalnu razdiobu. Dakle, za svaku vrstu zastoja najprije izračunamo Weibullovu razdiobu, pa ako prelazi u eksponencijalnu pri $\beta = 1$, završava se postupak, dok se za veće parametre oblika $1{,}5 < \beta \leqslant 2{,}5$ — izračunava Reyleighejeva, zatim log-normalne razdiobe i ako je još veći parametar oblika $2{,}5 < \beta \leqslant 4{,}5$ Weibullove razdiobe prelazi u normalnu razdiobu, testiranjem najvećeg odstupanja funkcije $d\alpha$ testom i prihvaćanje hipoteze vjerojatnosti $P \geqslant 0{,}95$.
- Budući da su navedene razdiobe proizašle iz Weibullove, dao sam adekvatniji naziv: Weibull — normalna, Weibull — log-normalna, Weibull — Reyleighejeva i Weibull — eksponencijalna.
- Utvrđivanje intenziteta zastoja $\lambda(t)$ navednim postupkom, za promatrane funkcije razdiobe, imenovan je funkcijski intenzitet zastoja $\lambda(t)$ kao adekvatniji naziv, a što je zapravo intenzitet zastoja.
- Poznavajući intenzitet zastoja i pojedine komponente promatranog sistema ili sistem, moguće je izračunati optimalno razdoblje za izvođenje periodičnih zamjena pojedinih elemenata tehničkog sistema (1), kako je to prikazano → u poglavlju »Strategija održavanja« (2), što je posebno važno za kvalitetno i preventivno održavanje sistema i komponenti sistema.
- Rezultati izračunavanja za pojedine vrste zastoja dani u tablici (na 150. str.), prihvaćanjem funkcije razdiobe sa stupnjem vjerojatnosti $P \geqslant 0{,}95$ — testirajuće funkcije testom d α:

8. ZAKLJUČAK

U članku je prikazano modeliranje pouzdanosti komponenti nadzemnih vodova 10 (20) kV, analizirajući kumulativni broj zastoja, Weibullovom razdiobom i prilagođavanje Weibullove razdiobe pri utvrđenim vrijednostima parametra β razdiobama: eksponencijalnoj, normalnoj, log-normalnoj i Reyleighejevoj izvedbi, testirajući hipotezu testom Kolmorgorov-Smirnov i prihvaćajući tezu stupnjem vrijednosti P ⩾0,95. U članku je dat princip izračuna, teoretske razrade i postupak izračuna. Također je dat primjer izračuna za zastoje na komponentama sistema (zastoji glede kvara od zemnog spoja i za zastoje na užetu voda) te za kategoriju prinudnih i namjernih zastoja (za zastoje glede kvara od atmosferskih nepogoda) i tabelarni prikaz rezultata testiranja svih 14 vrsta zastoja.

LITERATURA

[1] M. TOMIĆ, Ž. ADAMOVIĆ: »Pouzdanost u funkciji održavanja tehničkih sistema,« Tehnička knjiga, Beograd, 1986;

[2] F. MAJDANDŽIĆ: Doktorska disertacija »Matematički model funkcije zastoja u analizi pouzdanosti, raspoloživosti visokonaponskih nadzemnih vodova«, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990.

[3] J. VIRANT: »Zanesljivost«, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 1978;

[4] D. J. SMITH: »Relibity enginering«, Pitman Publishing, London, 1978;

[5] P. ROZENBLIN: »Statističeskoe oceniyanie harakteristik nadežnosti i efektivnosti složenih sistema«, riga, zinakne, 1979, centaljnij naučno-isslodovateljskh Institut Avtomatizirovanij Sistem upravlenija graždanskoj aviaciji.

[6] R. BILLINTON, N. ALLAN, L. SALVADERI: »Applied reliability assessment in electric power systems«, the Institute of Electrones Engineers, Inc, New York 1990.

MODELING OF 10(20) kV OVERHEAD LINE RELIABILITY COMPONENTS USING CUMULATIVE NUMBER OF FAULTS

Modeling of realiability components of overhead lines using Weibull's distribution is shown and then the adjustment of that distribution to other different distributions. The parametres of Weibull's distribution are determined by cumulative analysis of overhead line faults.

Vrste zastoja	Funkcije razdiobe	Prihvaćanje funkcije razdiobe d_α testom sa $P \geq 0{,}95$					Primjedba
		Weibullove razdiobe	Weibullove-eksponencijalne razdiobe	Weibullove-Reyleigheve razdiobe	Weibullove-log-normalne razdiobe	Weibull-normalne razdiobe	
1.		2.	3.	4.	5.	6.	7.
A. Zastoji na komponentama sistema							
1. zastoji glede kvara zemnog spoja	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+	$P \geqslant 0{,}90$ +				
	$N=1$	+	+				
2. zastoji glede neustanovljenih kvarova	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+		+	+		
3. zastoji glede kvara na linijskim rastavljačima	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+		+			
4. zastoji glede kvara na katodnim cijevima	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+				+ $P \geqslant 0{,}80$	
	$N=1$	+		+	+		
5. zastoji glede kvara na izolatorima	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+		+	+		
6. zastoji glede kvara na ćeliji	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+	+				
7. zastoji glede kvara na stupovima	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+		+	+		
8. zastoji glede kvara na užetu	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+			
	$N=1$	+	+				
B. Zastoji na sistemu (nadzemnom vodu)							
1. sveukupni zastoji	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+		+	+		
2. zastoji glede kvara	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+	+				
3. zastoji glede remonta	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+		+	+		
	$N=1$	+		+	+		
2. zastoji glede manipuliranja	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+	+				
	$N=1$	zbog velikog »*n*« već pri drugom mjesecu $n_{kum} > N$ te se izračun prekida					
5. zastoji glede opravki	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+	+				
	$N=1$	+		+	+		
6. zastoji glede kvara od atmosferskih nepogoda	$N=1{,}01\ n_{kum(max)}$	+	+				
	$N=1$	+	+				

DAS MODELLIEREN DER ZUVERLÄSSIGKEIT DER KOMPONENTEN VON LEITUNGEN 10/20/KV ÜBER DER ERDE DURCH DIE ANALYSE DER KUMULIERTEN ZAHL DER ARBEITSUNTERBRECHUNGEN

Hier wurde das Modellieren der Zuverlässigkeit der Komponenten der Leitungen über der Erde durch die Weibull Teilung und die Anpassung dieser Teilung an verschiedene andere dargestellt. Die Parameter der Weibull Teilung sind mit Hilfe der Analyse der kumulirten Zahl der Defekte bei überirdischen Leitungen bestimmt.

Naslov pisca:

Dr. Franjo Majdandžić, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Osijek,
54000 Osijek, Istarska 3,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-11-13.

NEKI REZULTATI PRIMJENE PROGRAMSKOG SUSTAVA ZA SEKTORSKO PREDVIĐANJE I ANALIZU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mićo Klepo, Zagreb

UDK 621.3.017.73
STRUČNI ČLANAK

Prikazani su neki rezultati dobiveni primjenom metode i programskog sustava za sektorsko predviđanje i analizu potrošnje električne energije radi ocjene kvalitete i prikaza mogućnosti metodološkog pristupa i programskog sustava sektorskog predviđanja.

Ključne riječi: potrošnja električne energije, dugoročno predviđanje potrošnje, programski sustav sektorskog predviđanja, baza podataka.

1. UVOD

Metoda, a zatim i programski sustav za sektorsko predviđanje i analizu potrošnje električne energije razvijeni su prije svega da bi se unaprijedilo i olakšalo predviđanje i analiza potrošnje električne energije kao podloga za sveobuhvatnu analizu prilika u elektroenergetskom sustavu za potrebe planiranja i upravljanja odnosno eksploatacije. Naime, kvalitetno predviđanje potrošnje električne energije u budućnosti temeljena je pretpostavka za kvalitetno planiranje i upravljanje elektroenergetskog sustava. Pogreške u tom smislu mogu uvelike utjecati na sigurnost opskrbe potrošača električnom energijom i na veličinu troškova eksploatacije.

S druge strane, rješavanje problema dugoročnog predviđanja potrošnje električne energije nametnulo je potrebu da se postavi struktura, odnosno metodološka podloga i razvije programski sustav koji će se moći vrlo jednostavno prilagođavati pojedinačnim potrebama i načinima korištenja, obuhvatiti različite poraste potrošnje zbog priključivanja novih potrošača ili porasta potrošnje postojećih potrošača, obuhvatiti periodičke oscilacije, klimatske varijacije, te promjene potrošnje zbog blagdana i izvanrednih događaja.

Pri predviđanju i analizi prilika u elektroenergetskom sustavu u budućnosti polazi se od predviđene godišnje potrošnje električne energije u promatranoj godini. Međutim, razmatranje godine kao cjeline zbog složenosti odnosa u elektroenergetskom sustavu teško može dati zadovoljavajuće rezultate, i to zbog toga što se u godišnjoj krivulji trajanja opterećenja i godišnjoj potrošnji gube utjecaji vezani za izmjene godišnjih doba, mjeseci, tjedana i dana tijekom godine. Tako npr. raspored proizvodnje hidroelektrana unutar godine, vezan za planiranje eksploatacije i rada nekih potrošača, ima odlučujući utjecaj na prilike u sustavu. Zbog toga se od godišnje razine prelazi na kraća razdoblja.

Metodološku osnovu čini cijepanje ukupne potrošnje na odvojene sektore potrošnje, određene ukupnom potrošnjom i koeficijentima koji odražavaju njezine periodičke (tjedne), dnevne i satne promjene s obzirom na prosječna stanja. Osnova je, dakle, analiza strukture potrošnje u sustavu i određivanje svih elemenata koji tu strukturu karakteriziraju, da bi se u sljedećem koraku odredili i oni elementi kojima se određuju tendencije razvoja potrošnje, utjecajni faktori i upravljačka djelovanja na strukturu i razvoj strukture potrošnje. Ponajprije se to odnosi na dnevne, sezonske i godišnje karakteristike potrošnje, utjecaj stopa porasta potrošnje, ali i djelovanje tarifnih stavova i strateških odluka na razvoj strukture potrošnje.

2. O SEKTORSKOM PREDVIĐANJU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

2.1. Sektori potrošnje električne energije

Podjela ukupne potrošnje na sektore potrošnje može se provesti prema tipovima korisnika (domaćinstva, industrija, direktni i specijalni potrošači itd.), ili prema tipovima upotrebe (grijanje prostorija, rasvjeta, grijanje vode, dobivanje topline visokih temperatura itd.). To su dva krajnja slučaja, pa su mogući i različiti slučajevi primjene obaju kriterija podjele istovremeno. Kod sektora »korisnika« najčešće se znaju podaci o godišnjim potrošnjama. Međutim, mnogo je teže rekonstruirati krivulje opterećenja. Naprotiv, kod sektora »upotrebe« mnogo je lakše modelirati krivulju opterećenja nego odrediti ukupne godišnje potrošnje električne energije.

Odabir sektora potrošnje važan je za točnost modela i osjetljivost simulacije ponašanja potrošnje, pa mo-

ra biti rezultat kompromisa između sljedećih osnovnih kriterija:

— poznavanja prošle i mogućnosti predviđanja buduće godišnje potrošnje električne energije i krivulje trajanja opterećanja
— mogućnosti djelovanja na ponašanje potrošača tijekom određenih razdoblja, te specifičnosti razvoja i ponašanja potrošača u sklopu sektora potrošnje
— važnosti razvoja upotrebe električne energije kod pojedinih potrošača
— utjecaja administrativnih ili ekonomskih mjera na ponašanje korisnika električne energije
— utjecaja ostalih faktora na ponašanje potrošača električne energije
— raspoloživosti podataka o potrošnji električne energije tijekom dužeg razdoblja, kao i o događajima i pojavama koji su utjecali na tu potrošnju, itd.

2.2. Programski sustav za sektorsko predviđanje potrošnje

Prva varijanta programskog sustava za sektorsko predviđanje potrošnje električne energije završena je u potpunosti 1986. godine [1], i to u sklopu projekta razvoja metode za izradu godišnje elektroenergetske bilance. Zaokruženi modularni programski sustav za potpuno automatiziranu pripremu i obradu na elektroničkom računalu s elementima koji omogućuju lako i brzo izvršavanje dovršen je 1988. godine [3]. Modelarni programski sustav godišnje bilance jest biblioteka računarskih programa (funkcija) za planiranje eksploatacije proizvodnoga dijela elektroenergetskog sustava povezanih u jedinstveni sustav za upravljanje i izvođenje, automatiziranu i integriranu pripremu ulaznih podataka, te lagano korištenje uz interaktivni dijalog tijekom izvođenja koji omogućuje biranje konfiguracije izvođenja.

Kao podloga cjelokupnom planiranju eksploatacije elektroenergetskog sustava tijekom 1989. i 1990. godine izgrađena je baza podataka, i to primjenom relacijskog sustava za upravljanje bazom podataka ORACLE (RDBMS). Relacijski sustav za upravljanje bazom podataka ORACLE svojim znatno povećanim i poboljšanim mogućnostima prouzročio je potrebu da se programski sustav sektorskog predviđanja potrošnje električne energije doradi tako da se, osim operativnoga interaktivnoga dijaloga, cjelokupna ostala komunikacija odvija preko baze podataka. Tako je nastala nova verzija programskog sustava, poboljšana mogućnostima koje pruža suvremena i djelotvorna relacijska baza podataka (sl. 1).

U sklopu programskog sustava godišnje elektroenergetske bilance programski sustav za predviđanje potrošnje električne energije čini nezavisnu programsku cjelinu s automatiziranom i interaktivnom pripremom, unosom ili ažuriranjem podataka, uključivanjem utjecajnih faktora, uvođenjem ograničenja, obradom izvanrednih događaja i blagdana, ulazaka u pogon, izlazaka ili ispada iz pogona, uključivanjem upravljačkih djelovanja na karakteristike i strukturu potrošnje, te pregled izlaznih rezultata i izvještavanje.

Kao o posebnoj verziji programskog sustava sektorskog predviđanja može se govoriti o programskom sustavu za dugoročno, tj. višegodišnje predviđanje krivulje trajanja opterećenja [6]. Osnovna verzija programskog sustav proširena je elementima koji omogućuju proširenje razdoblja predviđanja i do trideset godina unaprijed, uključivanje različitih scenarija kretanja stopa porasta potrošnje ili ulazaka u pogon velikih potrošača, uključivanje rezvoja strukture potrošnje i njezine projekcije u budućnost, te uključivanje djelovanja tarifnih stavova na razvoj i strukturu potrošnje.

3. NEKI REZULTATI PRIMJENE PROGRAMSKOG SUSTAVA ZA SEKTORSKO PREDVIĐANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

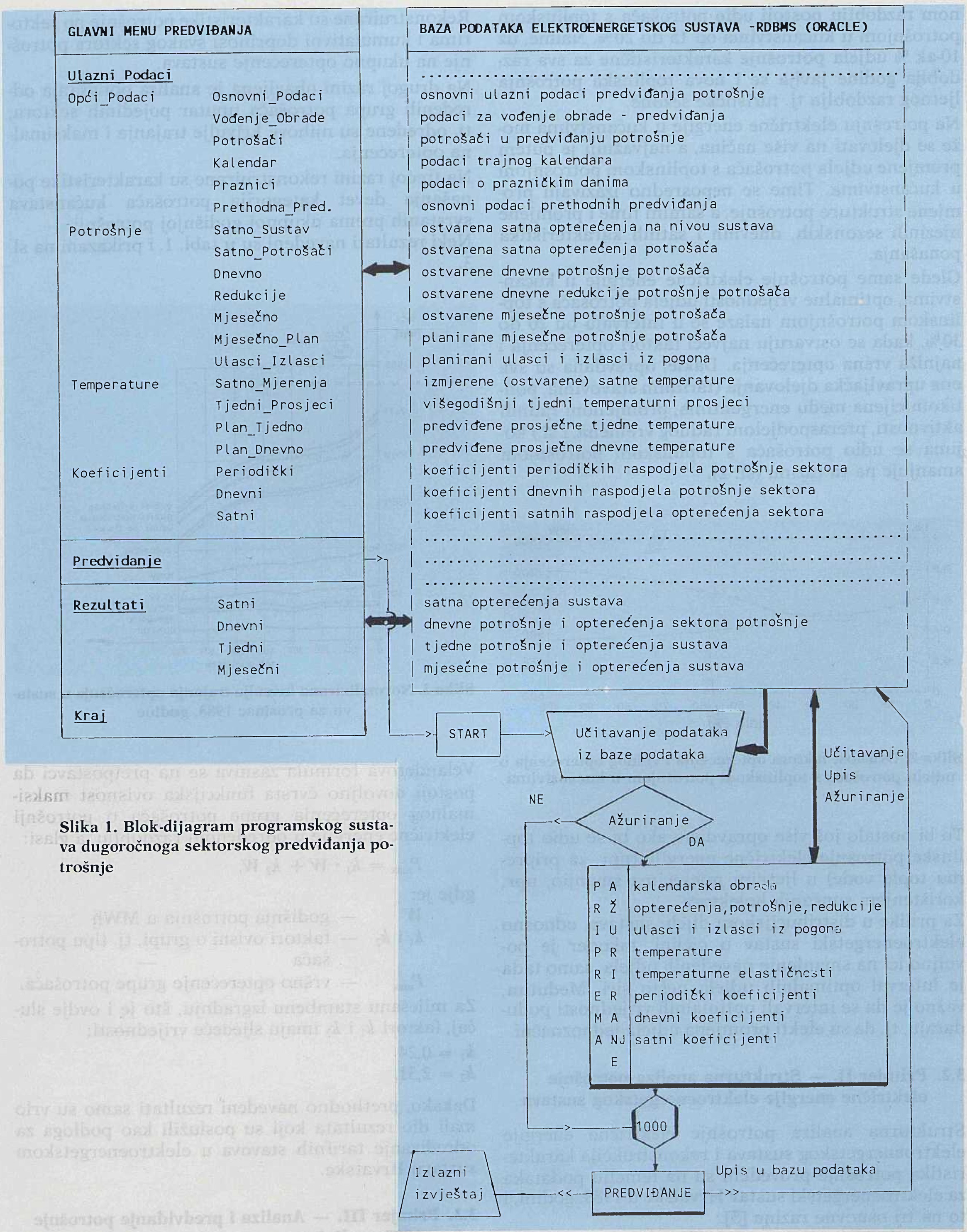
3.1. Primjer I. — Strukturna analiza potrošnje električne energije kućanstava

Primjenom programskog sustava za sektorsko predviđanje potrošnje električne energije provedena je strukturna analiza potrošnje električne energije u kućanstvima, i to u smislu podjele na tzv. pretežno netoplinske i pretežno toplinske potrošače električne energije [2]. Prvu skupinu činila su kućanstva kod kojih se električna energija koristi za rad kućanskih aparata, dok se za grijanje stanova, pripremu tople vode i kuhanje pretežno koriste drugi oblici energije. Drugu skupinu činila su kućanstva kod kojih se električna energija, osim za rad kućanskih aparata, koristi i za grijanje stanova, pripremu tople vode i kuhanje.

Svrha analize bila je da se sektorskom obradom raspoloživih podataka o potrošnji tijekom godine za dvije skupine kućanstava dobiju karakteristične veličine pomoću kojih će se simulirati ponašanje potrošnje kućanstava tijekom godine, a zatim promjenom relativnog udjela zastupljenosti tih dviju skupina u potrošnji kućanstava simulirati ponašanje ukupne potrošnje, te identificirati učinci mogućih upravljačkih djelovanja na potrošnju.

Analiza je provedena variranjem odnosa pretežno toplinskih potrošača prema pretežno netoplinskim potrošačima u kućanstvima za 1986. godinu od 0.0% do 100.0%.

Općenito, postojanjem potrošnje za toplinske namjene sezonske i dnevne oscilacije potrošnje znatno su veće. Uz promjene potrošnje uvjetovane promjenama aktivnosti tijekom tjedna, mjeseca i godine prisutna je i znatna ovisnost o potrebama energije za grijanje, tj. o promjenama srednjih dnevnih temperatura tijekom godine. Gotovo se može reći da je u tom slučaju dijagram dnevne potrošnje inverzna slika prosječnih dnevnih temperatura, uzevši, dakako, u obzir inerciju u promjenama potrošnje, tj. kašnjenje promjena potrošnje za promjenama srednjih dnevnih temperatura. To kašnjenje za nagle promje-



Slika 1. Blok-dijagram programskog sustava dugoročnoga sektorskog predviđanja potrošnje

ne temperature iznosi jedan dan, a za manje i postupne promjene dan ili dva.

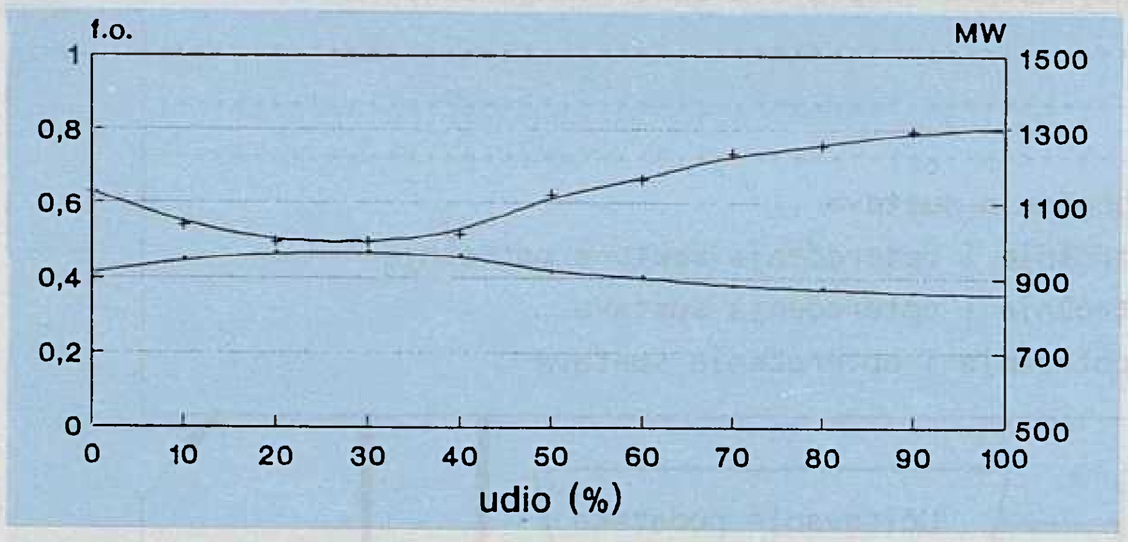
Najbolja aproksimacija ostvarenih potrošnji za razdoblje analize postignuta je za udio potrošača s toplinskom potrošnjom u ukupnoj potrošnji kućanstava oko 40%.

Analiza potrošnje kućanstava u ukupnoj potrošnji elektroenergetskog sustava pokazala je da i u ljet-

nom razdoblju postoji udio potrošača s toplinskom potrošnjom u kućanstvima od 15 do 20%. Naime, uz 10-ak % udjela potrošnje karakteristične za sva razdoblja godine javlja se i nova toplinska potrošnja ljetnog razdoblja tj. turističke sezone.

Na potrošnju električne energije u kućanstvima može se djelovati na više načina, a najvažniji je putem promjene udjela potrošača s toplinskom potrošnjom u kućanstvima. Time se neposredno izazivaju promjene strukture potrošnje, a samim time i promjene njezinih sezonskih, dnevnih i satnih karakteristika ponašanja.

Glede same potrošnje električne energije u kućanstvima, optimalne vrijednosti udjela potrošača s toplinskom potrošnjom nalaze se u intervalu od 20 do 30%, kada se ostvaruju najveći faktori opterećenja i najniža vršna opterećenja. Dakle, opravdana su sva ona upravljačka djelovanja (tarifnim stavovima, politikom cijena među energentima, promjenom radnih aktivnosti, preraspodjelom radnog vremena, i sl.) kojima se udio potrošača s toplinskom potrošnjom smanjuje na tu razinu (sl. 2).



Slika 2. Ovisnost faktora opterećenja i vršnog opterećenja o udjelu potrošača s toplinskom potrošnjom u kućanstvima

To bi postalo još više opravdano ako bi se udio toplinske potrošnje električne energije (npr. za pripremu tople vode) u ljetnim mjesecima smanjio, npr. korištenjem sunčanih kolektora.

Za prilike u distribucijskom dijelu sustava, odnosno elektroenergetski sustav u cjelini, također je povoljno ići na smanjenje navedenih udjela, samo tada je interval optimalnih udjela nešto širi. Međutim, važno je da se intervali optimalnih vrijednosti podudaraju, tj. da su efekti promjena udjela jednoznačni.

3.2. Primjer II. — Strukturna analiza potrošnje električne energije elektroenergetskog sustava

Strukturna analiza potrošnje električne energije elektroenergetskog sustava i rekonstrukcija karakteristika potrošnje provedeni su na temelju podataka za elektroenergetski sustav Hrvatske u 1988. godini, i to na tri osnovne razine [5].

Na prvoj razini učinjena je analiza ukupne potrošnje s pripadnim sektorima:

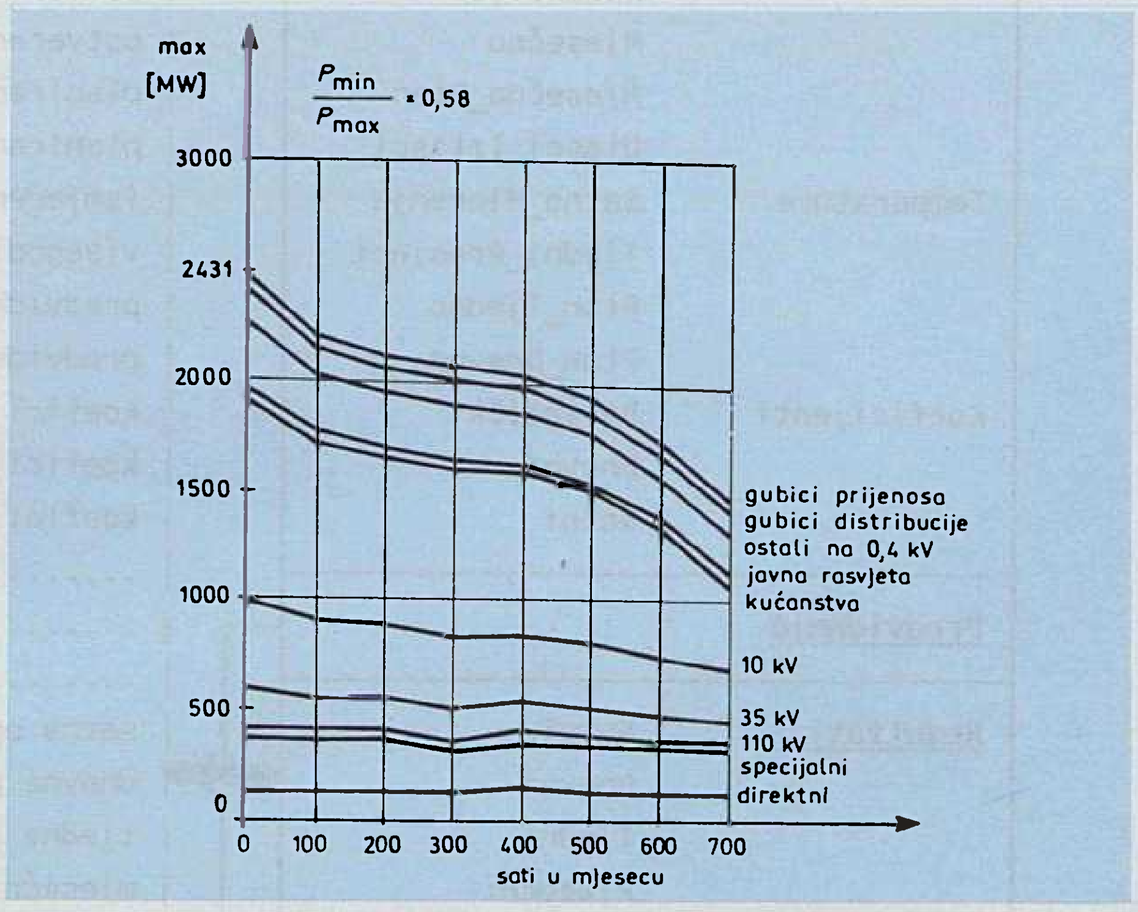
— distribucija (potrošnja s pripadnim gubicima)
— specijalni i direktni potrošači
— gubici u prijenosnoj mreži.

Rekonstruirane su karakteristike potrošnje po sektorima i kumulativni doprinosi svakog sektora potrošnje na ukupno opterećenje sustava.

Na drugoj razini obavljena je analiza ponašanja određenih grupa potrošača unutar pojedinih sektora, tj. određene su njihove krivulje trajanja i maksimalna opterećenja.

Na trećoj razini rekonstruirane su karakteristike ponašanja devet kategorija potrošača kućanstava svrstanih prema ukupnoj godišnjoj potrošnji.

Neki rezultati navedeni su u tabl. 1. i prikazani na sl. 3.



Slika 3. Normalizirana krivulja trajanja opterećenja u sustavu za prosinac 1988. godine

Velanderova formula zasniva se na pretpostavci da postoji dovoljno čvrsta funkcijska ovisnost maksimalnog opterećenja grupe potrošača o potrošnji električne energije u određenom razdoblju, a glasi:

$$P_{max} = k_1 \cdot W + k_2 W,$$

gdje je:

W — godišnja potrošnja u MWh
k_1 i k_2 — faktori ovisni o grupi, tj. tipu potrošača
P_{max} — vršno opterećenje grupe potrošača.

Za miješanu stambenu izgradnju, što je i ovdje slučaj, faktori k_1 i k_2 imaju sljedeće vrijednosti:

$k_1 = 0,24$
$k_2 = 2,31.$

Dakako, prethodno navedeni rezultati samo su vrlo mali dio rezultata koji su poslužili kao podloga za određivanje tarifnih stavova u elektroenergetskom sustavu Hrvatske.

3.3. Primjer III. — Analiza i predviđanje potrošnje u 1988. godini

U prosincu 1987. godine usvojen je Prijedlog elektroenergetske bilance Hrvatske za 1988. godinu. Prijedlogom su utvrđene ukupne godišnje potrebe električne energije na mreži prijenosa:

Tablica 1. Rezultati sektorske analize potrošnje u kućanstvima

Grupa potrošnje kućanstava (kWh)	Broj kućanstava	Ukupna potrošnja kućanstava (MWh)	Prosječna potrošnja (kWh/kuć.)	Maksimalno opterećenje na razini sustava					
				Ukupno-kućanstva				kW/kuć.	
				Sektorska analiza		Velander		Sektorska analiza	Velander
				(MW)	%	(MW)	%		
0 – 500	333 280	88 980	267	18,81	2,1	22,04	2,1	0,06	0,07
501 – 1 000	226 752	181 616	801	38,40	4,2	44,57	4,3	0,17	0,20
1 001 – 2 500	533 171	996 431	1 869	210,66	23,2	241,45	23,1	0,40	0,45
2 501 – 4 000	268 248	931 028	3 471	196,83	21,6	225,68	21,5	0,73	0,84
4 001 – 6 000	180 102	961 681	5 340	203,31	22,3	233,07	22,3	1,13	1,29
6 001 – 9 000	93 196	746 451	8 009	157 81	17,3	181 14	17,3	1.69	1,94
9 001 – 12 000	18 431	206 672	11 213	43,69	4,8	50,65	4,8	2,37	2,75
12 001 – 15 000	6 039	87 065	14 417	18,41	2,0	21,58	2,1	3,05	3,57
15 001 – 20 000	5 781	108 040	18 689	22,84	2,5	26,69	2,5	3,95	4,62
	1 665 000	4 307 964	2 587	910,76	100	1 046,87	100	0,55	0,63

— RO distribucije	12 110,0 GWh
— direktni potrošači	1 201,0 GWh
— specijalni potrošači	1 979,0 GWh
— gubici prijenosa	515,0 GWh
ukupno	15 805,0 GWh

Analizom kretanja potrošnje električne energije tijekom 1987. godine i prvih pet mjeseci 1988. godine (tabl. 2) uočeno je znatno odstupanje ostvarenih mjesečnih potrošnji od bilancom utvrđenih potreba.

Tablica 2. Planirane i ostvarene mjesečne potrošnje električne energije

Mj.	Stari plan — bilanca (GWh)	Ostvarenje (GWh)	Razlika	
			(GWh)	(%)
1.	1 471,0	1 324,0	147,0	10,0
2.	1 406,0	1 283,0	123,0	8,7
3.	1 452,0	1 346,0	106,0	7,3
4.	1 228,0	1 193,0	35,0	2,9
5.	1 190,0	1 137,0	53,0	4,5
ukupno	6 747,0	6 283,0	464,0	6,8

Preispitivanje planova potrošnje za 1988. godinu obavljeno je primjenom programskog sustava za sektorsko predviđanje potrošnje, i to za različite varijante utjecajnih faktora koji djeluju na razinu i dinamiku ostvarenja potrošnje, a prije svega temperatura, porasta potrošnje tijekom godine i sezonskih karakteristika raspodjele [4].

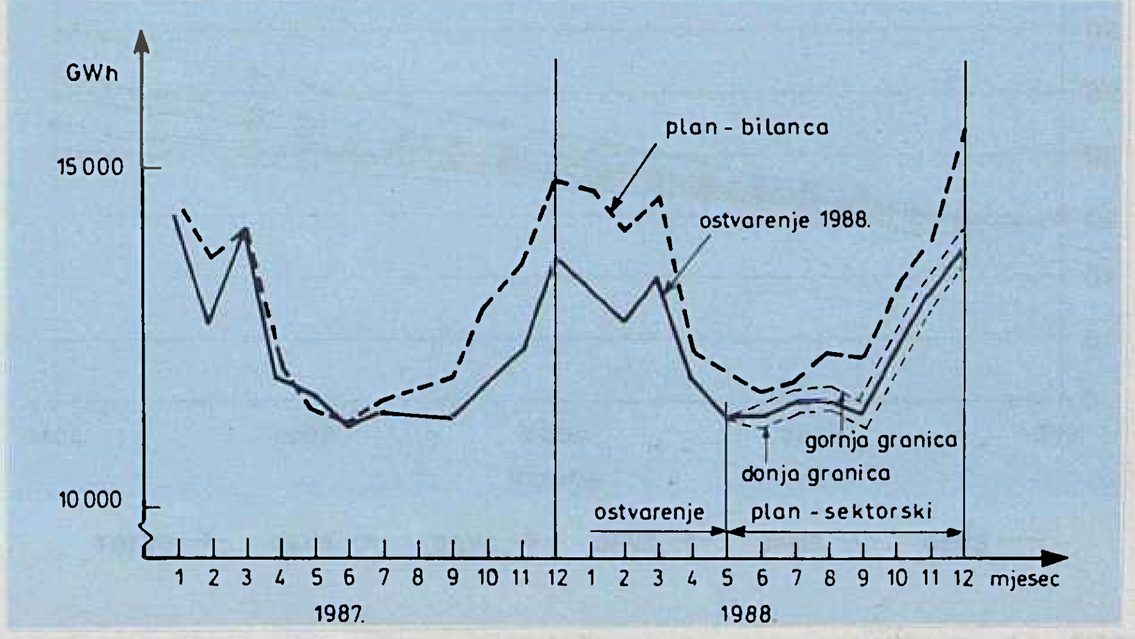
Samom predviđanju prethodila je pripremna analiza u dva osnovna koraka. Najprije je na temelju raspoloživih podataka analiziran utjecaj temperatura da bi se odredio mogući temperaturni utjecaj na potrošnju u drugom dijelu godine. Kao rezultat te analize određene su moguće gornje i donje granice promjena potrošnje električne energije zbog odstupanja temperatura od prosječnih tjednih temperatura za to doba godine, uzevši, dakako, u obzir da je najveća vjerojatnost da se ostvare srednje vrijednosti.

U drugom koraku određena je sezonska dinamika kretanja potrošnje, prije svega na bazi općih kretanja i tendencija, tj. karakteristika iz 1987. godine i prvih pet mjeseci 1988. godine. Analize su provedene uz poštivanje zahtjeva da se variranjem porasta tijekom godine ne naruše odnosi, odnosno dopuštena odstupanja ostalih utjecajnih faktora. Iako su za ukupni porast potrošnje tijekom 1988. godine od 0,0% postignute najbolje aproksimacije ostvarenih mjesečnih potrošnji električne energije, dobra podudaranja ostalih karakteristika ostvarivala su se sve do ukupnih stopa porasta od 2,8%. Na kraju, predviđanje je provedeno uz ukupnu stopu porasta potrošnje u drugom dijelu 1988. godine od 1,7%, što je u odnosu prema 1987. godini značilo pad ukupne potrošnje od 1,16%.

Rezultati predviđanja potrošnje za razdoblje od 6. do 12. mjeseca 1988. godine navedeni su u tabl. 3. i prikazani na sl. 4.

Tablica 3. Rezultati sektorskog predviđanja potrošnje za 1988. g.

Mj.	Sektorsko predviđanje (GWh)	Ostvarenje (GWh)	Razlika	
			(GWH)	(%)
6.	1 132,7	1 124,0	8,7	0,8
7.	1 155,0	1 163,0	8,0	0,7
8.	1 159,4	1 187,0	27,6	2,3
9.	1 131,1	1 184,0	52,9	4,7
10.	1 236,1	1 219,0	17,1	1,4
11.	1 309,1	1 334,0	24,9	1,9
12.	1 380,4	1 419,0	38,6	2,8
ukupno	8 503,8	8 630,0	177,8	2,1



Slika 4. Planirane (predviđene) i ostvarene mjesečne potrošnje

3.4. Primjer IV. — Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede

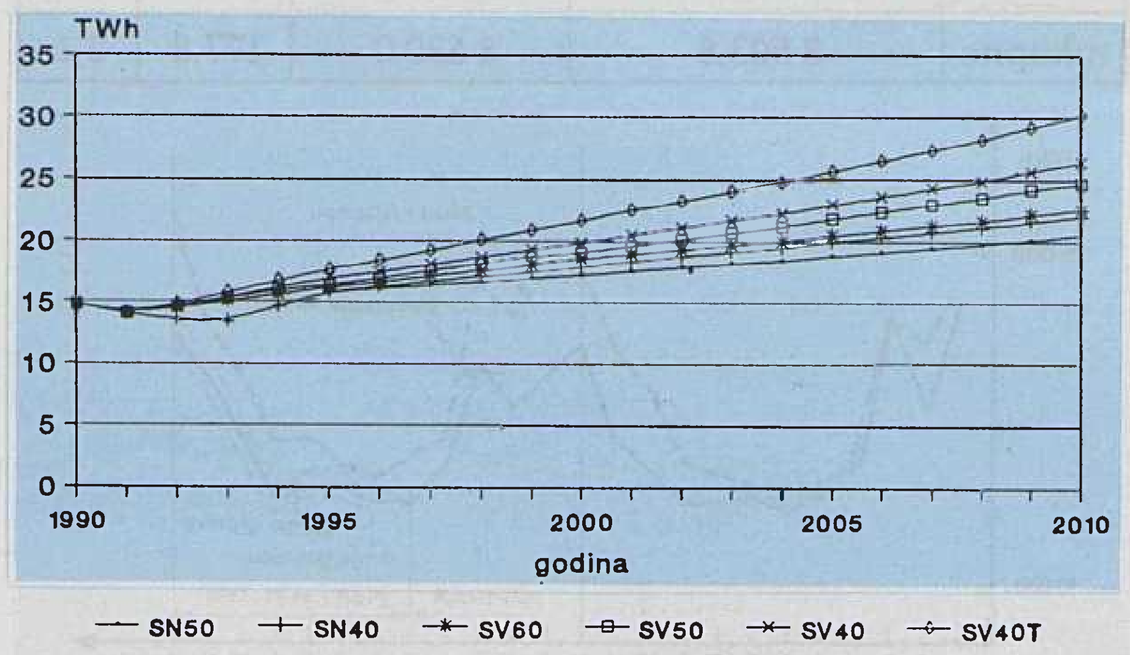
U okviru određivanja i proračuna mogućih scenarija razvoja Hrvatske elektroprivrede do 2010. godine učinjena je čitava serija analiza i proračuna primjenom programskog sustava za sektorsko predviđanje potrošnje, i to verzije za višegodišnje predviđanje krivulja trajanja opterećenja [7]. Sektorski postupak neposredno je primijenjen za predviđanje i analizu razvoja strukture potrošnje.

U osnovi, obrađene su dvije grupe scenarija: grupa viših scenarija (SV**) i grupa nižih scenarija (SN**).

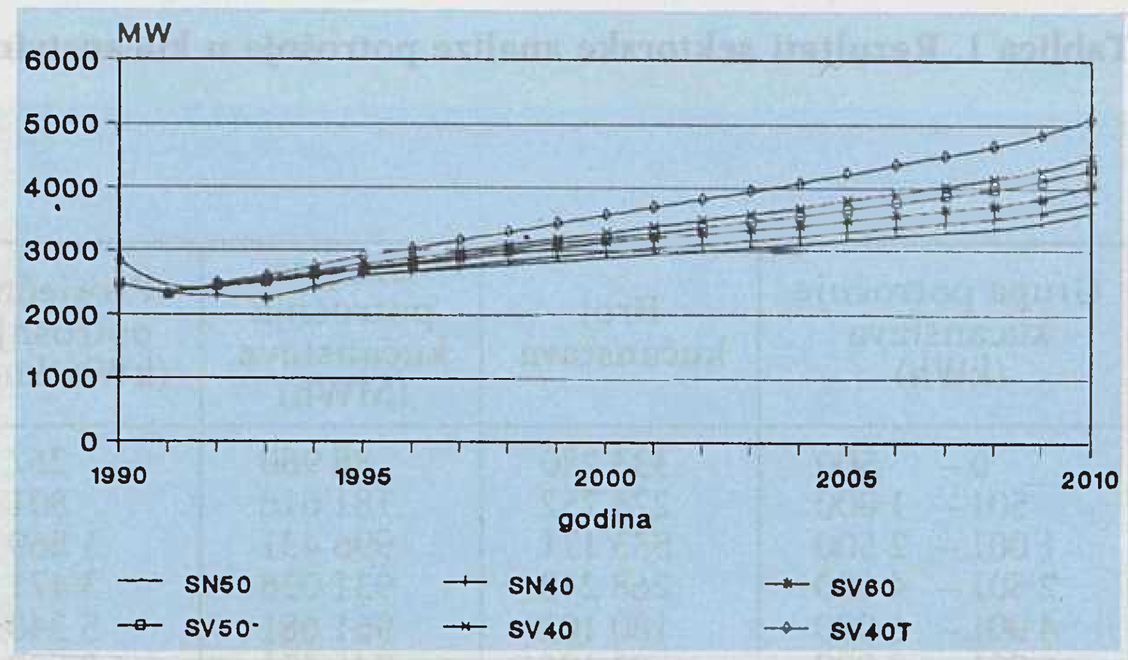
U okviru grupe viših scenarija analizirani su različiti slučajevi razvoja strukture gospodarstva, tj. udjela uslužnih djelatnosti u društvenom proizvodu (40, 50 i 60%). U prvom scenariju (SV40) pretpostavljeno je zadržavanje današnje strukture gospodarstva i u budućnosti. Kao podvarijanta prvog scenarija (SV40T) analiziran je i doprinos djelovanja intenzivnijega tehničkog napretka na razvoj potrošnje. U drugom scenariju (SV50) uzet je u obzir mogući realno ostvariv razvoj strukture do 2010. godine kojim bi se ostvario 50%-tni udio uslužnih djelatnosti u društvenom proizvodu, i to uz umjereno prestrukturiranje industrije. Trećim scenarijem iz grupe (SV60) uzet je u obzir vrlo optimistički razvoj strukture gospodarstva koji bi udio uslužnih djelatnosti do 2010. godine podigao do razine 60% od društvenog proizvoda, uz postizanje visokog udjela grupacije trajnih dobara u industriji. U sva tri scenarija uzet je prosječni godišnji rast potrošnje do 2010. godine od 4%.

U grupi nižih scenariji do 2010. godine pretpostavljen je usporeni gospodarski razvoj uz prosječnu godišnju stopu rasta potrošnje od samo 2.6%. U prvom scenariju iz grupe (SN40) pretpostavljeno je zadržavanje današnje strukture gospodarstva, uz spor rast životnog standarda i manje mogućnosti prestrukturiranja industrije. U drugom scenariju iz grupe (SN50) kao maksimalno ostvariva granica udjela uslužnih djelatnosti u društvenom proizvodu do 2010. godine uzeta je 50%-tna vrijednost udjela.

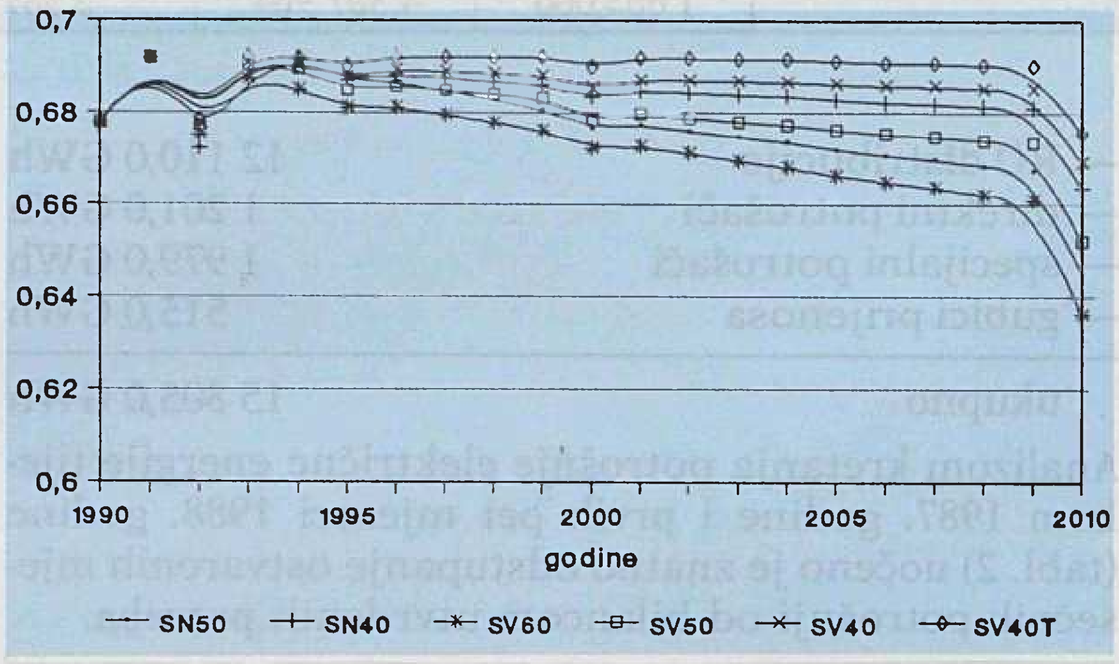
Osnovni rezultati predviđanja tj. obrade prikazani su na sl. 5, sl. 6, sl. 7. i 8.



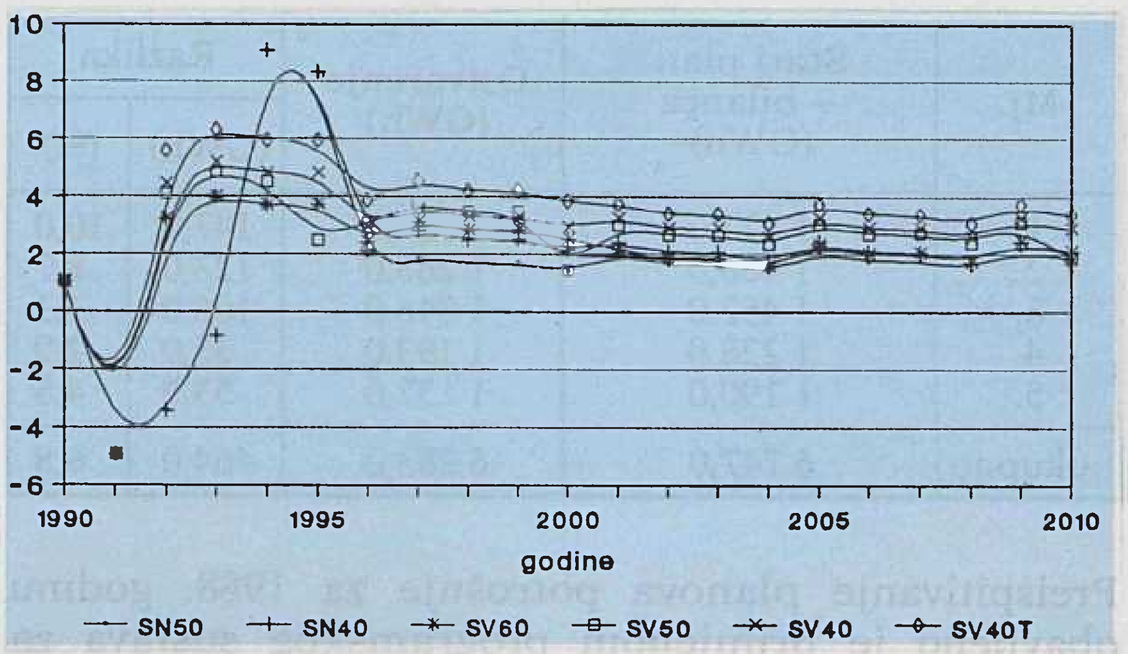
Slika 5. Godišnje potrošnje električne energije u Hrvatskoj prema scenarijima



Slika 6. Maksimalna opterećenja u Hrvatskoj prema scenarijima



Slika 7. Godišnji faktori opterećenja prema scenarijima



Slika 8. Godišnje stope rasta potrošnje prema scenarijima

Očito je da načini razvoja strukture potrošnje električne energije, karakterizirani različitim ulaznim pretpostavkama razvoja, uvjetuju znatne razlike među godišnjim potrošnjama i maksimalnim opterećenjima prema scenarijima. Isto vrijedi i za godišnje faktore opterećenja, odnosno godišnje stope rasta potrošnje električne energije iz godine u godinu. Dakako, godišnji faktori opterećenja i godišnje stope rasta potrošnje izravno su ovisni o pretpostavljenim parametrima razvoja strukture potrošnje električne energije. Primjenom sektorskog programskog sustava postavljena je zaokružena cjelina podloga za daljnje proračune i analize rada elektroenergetskog sustava u sklopu elektroenergetskog bilanciranja, a zatim i njegove izgradnje.

Dodatni niz proračuna i analiza primjenom istoga programskog sustava proveden je iz potrebe za poboljšanjem prilika u sustavu, i to određivanjem dugoročnih upravljačkih djelovanja na potrošnju električne energije radi postizanja boljih ili poželjnih prilika u sustavu, a osobito zbog potrebe da se smanje maksimalna opterećenja i poboljšaju faktori opterećenja (»Load Management-Demand Management«. Drugim riječima, proračunima su određene strukture potrošnje kojima treba težiti tijekom dugoročnog razdoblja da bi se ostvarile najpovoljnije prilike u sustavu, poštujući ograničenja i realnosti sustava. Neki osnovni rezultati proračuna navedeni su u tabl. 4, i to za slučaj da dio industrijskih potrošača te potrošača kućanstava i uslužnih djelatnosti preusmjeri potrošnju u razdoblja nižeg opterećenja sustava.

Tablica 4. Rezultati predviđanja potrošnje električne energije

God.		Viši scenariji				Niži scenariji		
		SV40T	SV40	SV50	SV60	SN40	SN50	
2000.	Ukupna potrošnja	21 574	19 755	18 976	18 485	17 844	17 127	GWh
	Maks. opterećenje — osnovno stanje	3 570	3 291	3 194	3 139	2 982	2 890	MW
	Maks. opt. — uz upravljanje potrošnjom	3 476	3 200	3 104	3 050	2 899	2 809	MW
	Smanjenje maks. opt. — upravljanjem	94	91	90	89	83	81	MW
	Faktor opterećenja — osnovno stanje	0,688	0,683	0,676	0,670	0,681	0,675	
	Faktor opt. — uz upravljanje potroš.	0,707	0,703	0,696	0,690	0,701	0,694	
2010.	Ukupna potrošnja	30 127	26 309	24 596	22 520	21 954	20 439	GWh
	Maks. opterećenje — osnovno stanje	5 091	4 488	4 306	4 040	3 776	3 617	MW
	Maks. opt. — uz upravljanje potrošnjom	4 789	4 207	4 030	3 779	3 542	3 386	MW
	Smanjenje maks. opt. — upravljanjem	302	281	276	261	234	231	MW
	Faktor opterećenja — osnovno stanje	0,675	0,669	0,652	0,636	0,664	0,645	
	Faktor opt. — uz upravljanje potroš.	0,718	0,714	0,697	0,680	0,708	0,689	

Da bi se postigli rezultati navedeni u tabl. 4, bilo bi potrebno da uz istu ukupnu potrošnju u 2000. godini 14,6% potrošača u industriji, odnosno 6,8% potrošača u kućanstvima i uslužnim djelatnostima promijeni način ponašanja. Za 2010. godinu odgovarajući postoci su: 29,2% za industrijske potrošače i 14,6% za potrošače kućanstava i uslužnih djelatnosti.

Dakako, najveća poboljšanja faktora opterećenja postižu se kod varijanti razvoja s najvećim ukupnim potrošnjama i maksimalnim opterećenjima.

Upravljanje potrošnjom čini niz mjera i postupaka koji se poduzimaju da bi se djelovalo na iznos i vremenski raspored opterećenja, odnosno potrošnje električne energije u sustavu, a mogu se svrstati u pet kategorija:

1. smanjenje opterećenja,
2. premještanje opterećenja,
3. odsijecanje vršnog opterećenja,
4. ispunjavanje »dolina« u dijagramu opterećenja,
5. izgradnja opterećenja.

U programski sustav dugoročnog sektorskog predviđanja potrošnje električne energije ugrađeni su elementi za uključivanje i sagledavanje upravljačkih djelovanja na potrošnju električne energije, što je ovom prilikom s uspjehom primijenjeno za neposredne proračune i analize.

Slični proračuni i analize učinjeni su kasnije za dio velikih potrošača sustava, a sve zato da bi se odredio najpovoljniji način rada i ponašanja velikih potrošača električne energije u elektroenergetskom sustavu, koji bi omogućio da im se zbog toga odobre odgovarajući popusti u cijeni za električnu energiju.

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnje uspješno korištenje programskog sustava za dugoročno sektorsko predviđanje potrošnje električne energije u potpunosti je opravdalo odabrani metodološki pristup, te u rješavanju različitih problema pokazalo da se radi o vrlo djelotvornom sredstvu za kvalitetne i obuhvatne proračune i analize, odnosno planiranja rada i razvoja elektroenergetskog sustava. Riječ je o programskom sustavu višestruke namjene koji uključuje sve bitne elemente što određuju karakteristike ponašanja potrošnje, pogotovo za potrebe predviđanja za dulje razdoblje u budućnosti. Moderne i efikasne baze podataka sustava samo poboljšavaju i povećavaju te mogućnosti, a ujedno i znatno olakšavaju postupak proračuna.

LITERATURA

[1] M. KLEPO: »Metoda za izradu godišnje bilance — predviđanje potrošnje električne energije za potrebe godišnje bilance«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1986.

[2] D. COPIĆ: »Analiza utjecaja strukture potrošnje električne energije u domaćinstvima na karakteristike potrošnje«, ETF, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1987.

[3] M. KLEPO, M. BRADARIĆ, M. ZELJKO, D. TOMAŠIĆ: »Metoda za izradu elektroenergetske bilance — izrada operativnog programa za elektroničko računalo«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1988.

[4] M. KLEPO: »Analiza ostvarenja i plan potrošnje za 1988. godinu«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1988.

[5] N. BILČAR, D. RADULOVIĆ, J. TOPIĆ, M. KLEPO: »Tarifni sistem i upravljanje potrošnjom električne energije — potrebe i opravdanost paušala u domaćinstvima«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1990.

Energija, god. 42 (1993) 3, 151 – 158

[6] M. KLEPO: »Dugoročno predviđanje krivulje trajanja opterećenja u EES«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1990.

[7] G. GRANIĆ i suradnici: »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede«, Knjiga 1, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991.

SOME RESULTS OF SECTORIAL FORECASTING AND ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS PROGRAM PACKAGE APPLICATION

Some results obtained by applicating the method and the program package for sectorial forecasting and analysis of electric energy consumption are given, in order to evaluate the quality and the possibilites of the methodology and program package of sectorial forecasting.

EINIGE ERGEBNISSE DER ANWENDUNG DES PROGRAMMSYSTEMS FÜR DIE VORAUSSAGEN IM SEKTOR UND DIE ANALYSE DES VERBRAUCHS DER ELEKTRISCHEN ENERGIE

Hier wurden einige Ergebnisse zu denen man durch die Anwendung des Programmsystems für die Voraussagen im Sektor kam, sowie die Analyse des Stromverbrauchs wegen der Bewertung der Qualität und der Darstellung der Möglichkeiten des methodologischen Zugangs und des Programmsystems der Voraussagen im Sektor geschildert.

Naslov pisca:

Mr. Mićo Klepo, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku
Avenija Vukovar 37,
41000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-2-16.

NAFTNA PLATFORMA ZAGREB 1 USTUPLJENA ELEKTROPRIVREDI

Naftna platforma »Zagreb 1«, vlasništvo INA-Naftaplina, svoju dizelsku elektranu snage 3,5 MW stavit će na raspolaganje Hrvatskoj elektroprivredi za ublažavanje izuzetno teških elektroenergetskih prilika na području Dalmacije. Međutim, taj novi autonomni strujni izvor neće mnogo popraviti energetsko stanje, jer dnevna potrošnja električne energije u Dalmaciji iznosi približno 350 MW. Dakle, struja proizvedena u dizel-elektrani platforme »Zagreb 1« zadovoljit će samo jedan posto strujne potrebe Dalmacije.

Količina struje koja će se dnevno dobivati dovoljna je, primjerice, tek za zadovoljavanje tri četvrtine energetskih potreba tvornice INA-Vinil, bivšeg »Jugovinila«.

Valja svakako spomenuti da je INA-Naftaplin stavio na raspolaganje zainteresiranim potrošačima u Dalmaciji još sedam agregata pojedinačne snage 800 kilovata koji su već u pogonu na području Splita, Korčule i Zadra. Očekuje se iz unutrašnje Hrvatske još stotinjak autonomnih agregata, a samo iz zagrebačke regije trebalo bi uskoro u Dalmaciju pristići šezdesetak agregata namijenjenih dalmatinskim poduzećima. Najveće potrebe za agregatima iskazali su Splitsko brodogradilište, »Dalmacijacement«, kaštelanska »Željezara«, solinski »Autodijelovi«, splitski »Diokom«, »Jadrankamen«, »Salonit« i »Prerada« te triljska »Cetinka«. Ukupna snaga tih agregata bit će otprilike 15 MW.

I. R.

USPJEŠNA OPSKRBA PLINOM U 1992. GODINI

Potrošači prirodnog plina u Hrvatskoj u 1992. godini raspolagali su dovoljnim količinama prirodnog plina zahvaljujući dobroj proizvodnji iz domaćih plinskih polja, uvozu iz Rusije i pohranjenim količinama u podzemnom skladištu. Uz domaću proizvodnju od 1,858 milijardi kubika, iz uvoza je osigurano 720 milijuna kubika, što je ukupno 2,578 milijardi prostornih metara ili 91 posto od predviđenog plana. Treba posebno reći da je domaća proizvodnja bila tek neznatno manja od plana, a uvoz je bio manji za čak 11 posto. Umjesto planiranih 810 milijuna, uvezeno je 720 milijuna kubika plina.

Sustav plinovoda INA-Naftaplina uspješno je funkcionirao tijekom 1992., što znači da su prihvaćene sve proizvedene i uvezene količine. Manje teškoće kojih je bilo zbog rata ili njegovih posljedica riješene su ponajprije zbog toga što su obavljene dobre pripreme i radovi na popravljanju, rekonstrukciji i čišćenju plinskih sustava. Potvrda tome je da grad Osijek unatoč uništenju dviju mjerno-redukcijskih stanica nije ni jedan dan ostao bez plina.

Dio potrošača na području Pakraca, Lipika i Petrinje nije mogao preuzimati plin zbog razaranja njihovih uništenih distributivnih sustava. Najviše plina i prošle je godine isporučeno distributerima, kojima je pripalo 1,087 milijardi kubika. Među 30 distributivnih poduzeća najviše Zagrebačkoj Gradskoj plinari — 560 milijuna kubika. Izravnim industrijskim potrošačima dobavljeno je 295 milijuna kubika, od čega najviše Željezari Sisak — 63 milijuna kubika i Kombinatu Belišće — 56 milijuna. U trećoj skupini potrošača je Hrvatska elektroprivreda, kojoj je dostavljeno 184 milijuna kubika. Te količine gotovo su 40 posto veće od ugovorenih za 1992. godini. U četvrtoj kategoriji potrošača je Petrokemija, kojoj je isporučeno 693 milijuna kubika tog energenta.

I. R.

ŠTETE NA PROIZVODNIM I PRIJENOSNIM OBJEKTIMA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

HEP nepekidno prati i utvrđuje neposredne i posredne štete u Hrvatskoj do danas i o tome izvještava Vladu, nadležno ministarstvo i javnost. Istodobno se odmah pristupa sanaciji stanja u najvećem mogućem opsegu. Od početka studenog 1991. do danas izvan pogona su proizvodna postrojenja:

— HE Dubrovnik	216	MW
— HE Peruča	41,6	MW
— RHE Obrovac	276 – 240	MW
— HE Manojlovac	24	MW
— HE Golubić	6,5	MW,

što je 564,1 MW ili 27,4 posto raspoložive snage svih hidroelektrana u Hrvatskoj.

Izvan pogona su dalekovodi: DV 400 kV Konjsko – Obrovac; 400 kV Obrovac – Melina; 400 kV Ernestinovo – Tumbri; 400 kV Ernestinovo – Mladost (Srbija); 400 kV Ernestinovo – Ugljevik (BiH).

U grupi 220 kV su oštećeni: DV 220 kV Mraclin – Brinje; 220 kV Mraclin – Jajce (BiH); 220 kV Konjsko – Bilice; DV 220 kV Medjurić – Prijedor i DV 220 Brinje – Konjsko. Nadalje, oštećeno je i osamnaest trafo-stanica napona 110 kV. Neki od nabrojenih objekata popravljeni su ili oslobođeni, te su tijekom vremena u fazi popravaka (primjerice HE Dubrovnik), a neki, uz provizorna rješenja, funkcioniraju i na drugim naponima.

Procjena neposrednih ratnih šteta u HEP-u, na dijelu koji se odnose na objekte i postrojenja koja su pod nadzorom Hrvatske elektroprivrede, i onih koja to nisu, ali je za njih bila moguća barem djelomična procjena, pokazuje da se zbog neposredne štete opreme za nabavu i ugradnju nove treba izdvojiti 405 milijuna USA dolara. Ako se tom iznosu dodaju troškovi carina i drugih pristojbi, nepredviđeni i troškovi investitora, tada je to približno 520 milijuna USA dolara.

I. R.

NABAVA INTERVENTNIH ELEKTRANA

Za ublažavanje nestašica struje u Dalmaciji hitno će se nabaviti i montirati interventne elektrane snage 60 MW, a kao rezerva pripremit će se još 50 MW. Već su osigurani uvjeti za korištenje agregata malih snaga. Uzimajući u obzir sve specifičnosti potencijalnih lokacija u Dalmaciji, trebalo bi, prema procjeni stručnjaka, sagraditi četiri elektrane interventnoga tipa. One bi mogle biti smještene u Pločama (snage 16,8 MW), Splitu (60 MW), Šibeniku (25,2 MW i Zadru (snage 31,5 MW).

Ukupna snaga interventnih elektrana od približno 130 MW, a njihov životni vijek od deset do dvanaest godina daje veli-

ku sigurnost u opskrbi Dalmacije električnom energijom. No to nije trajno, već srednjoročno rješenje, pa tijekom tog razdoblja treba sagraditi nove energetske izvore da bi se trajno riješio energetski problem.

Djelatnici Hrvatske elektroprivrede Distribucijskog područja »Elektroslavonije« u Osijeku poklonili su Dalmaciji agregat za proizvodnju električne energije. Riječ je o najvećem dizelskom agregatu kojim raspolaže »Elektroslavonija«, snage 250 kWh, koji može poslužiti za napajanje javne rasvjete i slične namjene.

I. R.

MOGUĆNOST PRETVORBE GEOTERMIJSKE ENERGIJE U ELEKTRIČNU

Kako doći do novih izvora električne energije u Hrvatskoj, danas je vrlo aktualno. Trenutno je najzanimljiviji projekt koji nudi INA-Naftaplin, a to je izgradnja geotermijske elektrane. Elektrana bi se, prema predinvesticijskoj studiji, izgradila na nalazištu geotermalne vode Kutnjak – Lunjkovec. Imala bi snagu 25 MW ili 200 milijuna kWh električne energije godišnje,što je ravno snazi manje hidroelektrane, npr. HE Peruča. Energija je dvostruko skuplja, ali isplativa. Ministarstvo energije proučava studiju i pitanje je hoće li Vlada poduprijeti projekt jer je njegova cijena (investicijski ulog, pa i cijena kilovata) dvostruko veća od hidroelektrane istog kapaciteta. Projekt je vrlo zanimljiv i opravdan, što ne bi smjelo biti prijepornim, a to je opravdaniji ima li se na umu da bi se uloženi novac (pet milijuna dolara po MW instalirane snage) vratio za petnaest godina. Proizvodni vijek takve elektrane je približno 50 godina, te bi se višestruko isplatio. Uz to što je učinak iskoristivosti vrlo visok, uz električnu energiju dobile bi se i znatne količine topline za grijanje, što bi moglo biti temeljem bržeg napretka okolnih mjesta.

Projekt je zanimljiv to više što na području Republike ima više čistih i bogatih nalazišta koja su dosadašnjim istraživanjima otkrivena i ispitivanjima potvrđena.

Prema podacima stručnjaka INA-Naftaplina riječ je o takvim nalazištima koja bi pretvorbom geotermijske energije u električnu mogla Hrvatskoj osigurati čak 300 MW struje (toliko Republika dobiva iz NE Krško). Na to upućuju nalazišta termalne vode kod Koprivnice (ponajprije nalazište Lunjkovec – Kutnjak), Virovitice, Bjelovara i Velike Ciglane te Karlovca.

I. R.

PROIZVODNJA PLINSKE OPREME U HRVATSKOJ

Korištenje prirodnog plina u razvoju energetike u Hrvatskoj u stalnom je porastu. Prednost plina pred drugim energentima jest velika mogućnost supstitucije električne energije, što je dovoljan razlog da se energetika Hrvatske u budućnosti osloni na plin. Da bi se to i ostvarilo, nužno bi bilo učiniti sljedeće:

— intenzivirati razvoj distribucije plina
— organizirati proizvodnju plinske opreme i trošila
— uspostaviti najnužnije institucije hrvatskoga plinskog gospodarstva.

Do danas je plinoficiran samo ravničarski dio Hrvatske, ali nisu obuhvaćena velika urbana središta kao što su Split, Šibenik, Zadar, Sisak, Slavonski Brod te djelomično Rijeka i Pula. Na postojećem je plinoficiranom području dvadeset sedam distributera, koji su uglavnom organizirani kao komunalna djelatnost. Ukupno je 160 000 potrošača, a godišnji potrošak iznosi približno 1 186 milijuna kubnih metara. Proizvodnja opreme za plin je nedostatna, tehnička rješenja su zastarjela i vrlo skupa. Strani proizvođači opreme iz različitih zemalja opskrbljuju pojedine naše distributere plina uređajima s novijim tehničkim rješenjima, ali ne nikada cijenom koja se normalno ostvaruje na slobodnom tržištu.

Planirano je da naša industrija pristupi izradi plinske opreme. Mnoga poduzeća i proizvođači u svojim su razvojnim programima usvojili proizvodnju opreme za potrebe razvoja plinofikacije u Hrvatskoj.

I. R.

PUBLIKACIJA O GRADNJI MALIH HIDROELEKTRANA

Hrvatska elektroprivreda objavila je publikaciju o malim hidroelektranama u Hrvatskoj, koja je 2. travnja 1993. predstavljena stručnjacima, organizacijama i pojedincima koji su odlučili graditi male hidroelektrane. Zakon o elektroprivredi određuje: »Proizvodnjom i distribucijom električne energije mogu se baviti pored Hrvatske elektroprivrede i građani, poduzeća i druge pravne osobe«. Zato je donesena publikacija poticaj da se svim zainteresiranim osobama olakša put do male hidroelektrane i da u tome pronađu svoju računicu. Male hidroelektrane su jednostavna postrojenja i za izvedbu i za održavanje u pogonu, te u tom smislu ne traže velika tehnička znanja. Ugradnjom tipizirane opreme, koje ima na domaćem i stranom tržištu, mogu se znatno smanjiti troškovi izgradnje i održavanja. Električna energija može se proizvoditi za vlastite potrebe ili malu privredu drugih, odnosno Hrvatskoj elektroprivredi može se isporučiti cjelokupna proizvodnja ili samo višak energije.

Gdje izgraditi malu hidroelektranu

Istraživanje vodotoka za izgradnju malih hidroelektrana u Hrvatskoj započelo je 1980. godine. Ovaj posao Hrvatska elektroprivreda povjerila je poduzeću »Elektroprojekt« — Zagreb koje je izradilo sljedeću dokumentaciju:

»Metodologija i smjernice za projektiranje i izgradnju malih hidroelektrana u Hrvatskoj«, gdje su razrađena osnovna načela i kriteriji za realizaciju malih hidroelektrana.

»Katastar malih vodnih snaga«, kojim su preliminarno utvrđene mogućnosti energetskog iskorištenja 134 vodotoka u Hrvatskoj te »Katastar malih hidroelektrana — I. faze«, gdje su podrobnije razrađena rješenja malih HE na trinaest vodotoka, uz tipizaciju objekata i postupci utvrđivanja energetskih i gospodarskih karakteristika. Obrađeni su ovi vodotoci: Bregana, Čabranka, Kupica, Orljava, Brzaja, Krupa, Butušnica, Jadro, Žirovnica, Ruda Velika, Ovrlja, Rumin Veliki i Ljuta.

Na navedenim vodotocima predviđeno je pedeset malih hidroelektrana, koje su predstavljene u drugom dijelu publikacije. Za gradnju vlastite HE male snage potrebno je pribaviti:

— idejno rješenje
— uvjete uređenja prostora
— dokaz o vlasništvu zemljišta
— tehničku dokumentaciju za ishođenje građevinske dozvole
— suglasnost na izgrađenu dokumentaciju i građevinsku dozvolu.

U tijeku odnosno nakon građevinskih radova i njihova dovršenja treba montirati hidromehaničku i elektroenergetsku opremu.
Hidromehanička oprema sastoji se od grube i fine čelične rešetke pločastih zapornica s mehanizmom za ručno podizanje, te tlačnog cjevovoda. Elektrostrojarska oprema sastoji se od turbine s turbinskom opremom, generatora s pomoćnom opremom za automatsku regulaciju i upravljanje. Priključak na distribucijsku mrežu obavlja Hrvatska elektroprivreda na temelju izdane elektroenergetske suglasnosti.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

DOGOVORENA INTERKONEKCIJA ZEMALJA BLISKOG ISTOKA

Ministarstva energetike Sirije, Iraka, Turske, Egipta i Jordana potpisala su u Damasku u listopadu 1992. dogovor o prvoj fazi projekta za interkonekciju njihovih visokonaponskih mreža, predviđenoga do 2000. godine. Tim će se projektom omogućiti razmjena hidroenergije između povezanih država.

Water Power, god. 44 (1992), br. 12

Mrk.

STUDIJA PRIJENOSA ENERGIJE EGIPAT — ZAIR

Francusko poduzeće EdF i njemačko Lahmeyer započeli su rad na studiji koja će pokazati izvedivost prijenosa električne energije između Zaira i Egipta. Prethodna studija će prema ugovoru stajati 4 milijuna USD. To će biti dio programa za iskorištenje golemih vodnih snaga Zaira. Sada je u Zairu instalirana snaga hidroelektrana 1 600 MW, a može se iskoristiti 30 000 MW. Veći dio ove snage mogao bi se izvesti u ostale afričke države.

Water Power, god. 45 (1993), br. 1

Mrk.

HIDROPOTENCIJAL TURSKE

Republika Turska je zemlja sa 58 milijuna stanovnika, površine 779 452 km². Srednja količina godišnjih padavina iznosi 643 mm, no intenzitet im je vrlo različit u pojedinim dijelovima zemlje. Takve klimatske različitosti traže velike akumulacije s velikim branama. One služe, osim za energetske svrhe, također za natapanje zemlje, piće i industrijske potrebe.
Ekonomski iskoristivi hidropotencijal Turske procjenjuje se na 34 620 MW, s mogućnošću srednje proizvodnje 126 650 GWh godišnje. Prema podacima iz 1990. godine u 61 hidroelektrani instalirano 6 755 MW, a to je 19,5% mogućeg potencijala. Potrošnja električne energije po stanovniku porasla je u razdoblju od 40 godina (1950 – 1990) od 34 kWh na 1 017 kWh. To je upravo postignuto intenzivnom izgradnjom hidroelektrana. Potkraj 1991. godine u Turskoj je bilo 150 velikih brana, od čega je 25% imalo hidroelektrane. Znatan broj hidroelektrana je u gradnji i u planu. Broj hidroelektrana, njihova instalirana snaga i moguća godišnja proizvodnja navedena je u tablici 1.

Tablica 1. Hidropotencijal Turske (1990)

	Broj	Inst. MW	God. GWh
postojeće HE	61	6 755	24 891
u gradnji	22	4 685	15 869
u planu	403	24 178	85 888
ukupno	486	35 618	126 648

Prema šestom petogodišnjem planu (1990-1994) porast potrošnje električne energije predviđen je s otprilike 8% godišnje. U tablicu 2. unesena je instalirana snaga elektrana, potrošnje električne energije, ukupna godišnja i godišnja po stanovniku, do 2010. godine.

Tablica 2. Potrošnja električne energije ostvarena i predviđena

Godina	Inst. MW	Potrošnja GWh	kWh/stan.
1990.	16 488	57 000	1 017
1995.	15 005	92 984	1 472
2000.	22 435	139 213	1 978
2005.	34 025	207 056	2 661
2010.	50 600	307 963	3 619

Zemlja je bila teško pogođena naftnom krizom sedamdesetih godina. Država je zatim izradila program razvoja domaćih energetskih izvora na bazi hidroenergije i lignita. Udio hidroenergije u ukupnoj energiji porastao je u posljednja dva desetljeća od 30% na 40%. U tablici 3. dani su udjeli pojedinih energenata u turskoj energetskoj bilanci (1990).

Tablica 3.

Energent	Udio%
hidroenergija	39,6
ugljen	35,8
zemni plin	17,8
nafta	6,8

Do godine 1980. proizvodnja hidroelektrana bila je niža od one u termoelektranama. Te su godine proizvodnje izjednačene, da bi zatim udio hidroelektrana naprestano rastao.

Water Power, god. 44 (1992), br. 12

Mrk.

GUBICI PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

U 1991. godini gubici prijenosa električne energije iznosili su u istočnom dijelu Njemačke 9,2% bruto-potrošnje. Oni su bili dvostruko veći nego u zapadnom dijelu zemlje, gdje su iznosili samo 4,6%. Treba primijetiti da visokonaponske mreže istočnog i zapadnog dijela Njemačke još nisu povezane. U starom dijelu Savezne Republike gubici su sniženi do tehničke i ekonomske granice. To je posljedica velikih investicija u visokonaponsku mrežu, koje su, računajući od 1960, ukupno iznosila 100 milijardi DEM.
U istočnom dijelu mreža je manje povezana, a time su vodovi više opterećeni. Elektroprivreda tog dijela zemlje namjerava od 1992. do 1996. investirati približno 11 milijardi DEM kako bi snizila gubitke i poboljšala kvalitetu dobave.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 1

Mrk.

UŠTEDA ELEKTRIČNE ENERGIJE POSEBNIH GRUPA POTROŠAČA

Njemački elektroprivredni koncern Bayernwerk razradio je program procijenjen na 20 milijuna DEM, kojim želi postići uštedu potroška električne energije određenih potrošačkih grupa. Smatra se da bi se moglo uštedjeti do 20 GWh godišnje. Program bi se provodio tijekom sljedeće tri godine. Obuhvaćene će biti prije svega komunalne i javne zgrade s velikim potroškom električne energije za rasvjetu i vlasuljarske radnje. Procjenjuje se da bi se uštedama smanjilo opterećenje 5 MW do 10 MW, što bi pak smanjilo emisiju ugljik-dioksida za 20 000 t do 30 000 t godišnje. Uz uštedu struje postigla bi se i ušteda goriva.
Savjetovanja o uštedi električne energije Bayernwerk provodi već godinama. Inženjeri, tehničari i savjetnici imaju godišnje kontakte s više od 200 000 potrošača.
Znanstveno treba dokazati je li nastojanje glede uštede električne energije stvarno ekonomično i korisno za sve, kako se to često tvrdi.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 26

Mrk.

ŠVICARSKA TROŠI VIŠE STRUJE

Prema izvještaju Saveza švicarskih elektrana (VSE), u hidrološkoj godini od listopada 1991. do rujna 1992. porastao je potrošak električne energije za 1,5%. U razdoblju 1990/91. porast je bio 2,6%. To daje ukupni porast u posljednjih 10 godina od 30%. Proizvodnja je prema usporednom razdoblju 1990/91. povećana za 5%, što je posljedica boljih hidroloških prilika.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 1/2

Mrk.

25 000 ELEKTRIČNIH TOPLINSKIH CRPKI U ŠVICARSKOJ

U Švicarskoj se od 1986. do 1991. godine podvostručio broj, snaga i proizvodnja elektromehaničkih toplinskih crpki. Takvih je uređaja bilo 1986. godine 13 100, a 1991. veći od 26 240. Njihova je snaga u istom razdoblju povećana od 124 000 kW na 229 400 kW, a utrošak od 231 GWh na 417 GWh.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 1/2

Mrk.

VRIJEDNOST PROGRAMA ZA UŠTEDU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ekonomski stručnjaci P.L. Joshow i D.B. Marron s Tehnološkog instituta Massachussetts ispitali su ukupne troškove koji se odnose na kWh prema štednim programima 10 elektroprivrednih poduzeća. Za te je programe predviđena svota od 700 milijuna USD. Oni su utvrdili da su troškovi za elektroenergetsku štednju znatno veći nego što pokazuju standardni izvori. Osobito je to važno u domaćinstvima, no glavna ušteda od 80% očekuje se u industriji i obrtu. Utvrđeno je, nadalje, da su troškovi za ušteđeni kWh vrlo različiti prema različitim programima i poduzećima. Razlike proistječu odatle što u obzir nisu uzeti svi relevantni troškovi, pa je zbog toga korist od uštede mnogo veća. Točna mjerenja, umjesto tehničke procjene, upućuju na povećanje troškova za 50%, a uzimajući u račun i upravne troškove, nastaje dodatno povećanje od još 20% do 50%. Istraživači zaključuju da će prema tome biti znatno prigušen entuzijazam političara u vezi s uštedom električne energije. Uzimajući sve u račun, programi štednje nisu toliko vrijedni kako se do sada vjerovalo.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 1/2

Mrk.

POVEZIVANJE MAĐARSKE MREŽE NA UCPTE

Od zemalja bivšeg istočnog bloka u europski elektroenergetski sustav UCPTE, najlakše bi se i najprije mogle uključiti Mađarska, Poljska i bivša Čehoslovačka, ne računajući bivšu Istočnu Njemačku koja je pred priključenjem. Da se utvrde mogućnosti paralelnog rada s mrežom UCPTE, Mađarska je naručila stručni elaborat koji je izradila Verbundplan Wien u suradnji s tvrtkom Lahmeyer iz Frankfurta. Elaborat je pokazao da bi priključak same Mađarske mreže, kao i zajednički priključak s mrežama Poljske i Čehoslovačke bio tehnički izvediv, a povoljan ekonomski i ekološki.
Razvoj elektroenergetskog sustava Istočne Europe započeo je 1953. povezivanjem mađarske i čehoslovačke mreže. Do 1965. to je postignuto vodovima 110 kV i 220 kV, a zatim se uvodi i napon 400 kV. Od 1978. u pogonu je vod 750 kV, koji veže Ukrajinu s Mađarskom (Albertirša). Mađarska je vezana sa zemljama UCPTE s nekoliko visokonaponskih vodova, ali se pogon ne može odvijati sihkrono, već otočno. U Austriju vode dva 220 kV voda, jedan 110 kV (120 kV) u Hrvatsku, jedan također 110 kV, i jedan u 400 kV u Srbiju. U gradnji su dva voda 400 kV i istosmjerna veza od 600 MW prema Austriji. Mađarska prijenosna mreža 400 kV ima duljinu trase 1 477 km i 1 250 km vodova 220 kV, većinom dvosistemskih.
Elektroprivreda je od sedamdesetih godina morala uvoziti znatne količine električne energije iz Ukrajine, pa je 1990. uvezeni dio iznosio 30% ukupne bruto-potrošnje. Nakon toga uvoz se naglo smanjuje, pa 1992. iznosi samo 9,6%.
Godine 1991. instalirana snaga elektrana iznosila je 6 888 MW, vrh opterećenja 5 461 MW, a bruto-potrošnja 34 900 GWh. Od 1989. potrošnja pada, a predviđeno je da će padati do 1994. Zatim će lagano rasti, pa je planirana potrošnja od 48 TWh i vršno opterećenje od 8 000 MW u 2010. godini. U

okviru razrade spomenutog elaborata ispitivani su tokovi snaga, kratki spoj i stabilnost sustava. Trebalo je ispitati posljedice interkonekcije i utvrditi potrebne mjere prema zahtjevima UCPTE, kako bi se omogućilo povezivanje.

Utvrdilo se da su postojeći vodovi, uz dva 400 kV voda prema Slovačkoj, dovoljni za međudržavno povezivanje. Tokovi snaga pokazali su kruženje aktivne snage od nekih 80 MW i znatan tok jalove snage između Mađarske i Slovačke. Struje kratkog spoja neće prijeći dopuštenu granicu, a mreža nije pokazala pojave nestabilnosti.

Da se pokrije potrošnja i osigura sekundarna regulacijska rezerva, Mađarska namjerava izgraditi 1 650 MW u termoelektranama i zaključiti uvoz čistim ugovorima. Kako je i do sada najveći dio uvoza električne energije tekao iz Ukrajine, trebat će izgraditi istosmjernu spornu stanicu snage 600 MW.

Ako se sekundarna regulacijska rezerva ne bi na spomenuti način mogla ostvariti, trebalo bi držati u pogonu male nerentabilne elektrane ili preopterećivati elektrane u pogonu, odnosno dogovoriti sa susjednim zemljama grupnu sekundarnu regulaciju prema UCPTE.

Znatne investicije treba uložiti u prilagodbu primarne regulacije u elektranama i u odgovarajuća telemjerenja da se zadovolje zahtjevi UCPTE. Treba omogućiti prijenos mjernih vrijednosti iz elektrana i međudržavnih dalekovoda u glavni dispečerski centar. Predviđa se da bi se ovi radovi mogli izvršiti u roku 5 godina.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 1/2

Mrk.

MODERNIZACIJA POLJSKE VISOKONAPONSKE MREŽE

Poljsko elektroprivredno poduzeće Polskie Sieci Elektroenergetyczne iz Varšave i francusko poduzeće EdF sklopili su ugovor o izradi plana za modernizaciju poljskoga visokonaponskog sustava. Plan bi trebao biti završen do polovice 1993. EdF u suradnji s njemačkim elektroprivrednim poduzećem Preussen Elektra i švedskim elektroprivrednim poduzećima Vattenfall radi na studiji o mogućnosti priključenja poljske mreže na zapadnoeuropski elektroenergetski sustav.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 1/2

Mrk.

KONDENZATOR ZA 1200 kV

Poznata švicarska tvrtka za izradu visokonaponskih aparata iz Basela izradila je za Indiju kondenzator za mjerenje gubitaka za napon od 1 200 kV. Kondenzator ima visinu 14 m, a može raditi u suhom i na kiši. Vrlo je precizan, a pri gradnji upotrijebljena je najmodernija tehnologija. Uređaj je ugrađen u cilindar od epoksila, ojačan staklenim vlaknima. Cilindar ima visinu 10 m i promjer 1 m, a napunjen je plinom SF_6 kao izolatorom. Ovo je prvi put da je ovakva tehnologija upotrijebljena pri ultravisokim naponima za uređaj velikih dimenzija. Kondenzator će služiti za ispitivanje prijenosnih uređaja ultravisokog napona.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 1/2

Mrk.

AUTOMATSKO OČITANJE BROJILA, POKUSNO U BEČU

U ljeto 1992. u Beču je proradio pogon, pilot-projekt, za automatsko daljinsko očitavanje brojila. Ukupno je instalirano 400 elektroničkih brojila u različitim dijelovima grada. Od toga 380 je u kućanstvima i 20 u obrtu. Predviđeno je da uređaji budu u pokusnoj upotrebi 24 mjeseca. Upotrijebljen je uređaj tvrtke Landis and Gyr, nazvan Automatic Meter Data Exchange System (AMDS).

Moderni tarifni sustav traži mnogo podataka. Brojilo ih skuplja, a zatim ih na nalog iz centrale šalje u obračunski centar. Informacije se mogu davati u oba smjera, tj. od potrošača prema centrali i obrnuto. Svaka promjena glede tarife lako je izvediva. Postoji mogućnost optimiranja i postizanja maksimalne štednje.

Osim navedene ugradnje ovih uređaja u širokom prostoru Beča, oni će se pokusno ugraditi u Švedskoj, Danskoj i u Ženevi.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 2

Mrk.

SLOVENIJA GRADI HIDROELEKTRANE NA SAVI

Sava u svom toku kroz Sloveniju, računajući od akumulacijske hidroelektrane Medvode kod Jesenica do hrvatske granice, ima pad od 390 m i oborinsko područje 10 200 km². Sada je iskorišten gornji tok sjeverozapadno od Ljubljane u tri elektrane: Moste, Marčiće i Medvode. Istočno od Ljubljane pred završetkom je tek prva elektrana pod imenom Vrhovo, nedaleko od Trbovlja. Taj dio toka Save do granice s Hrvatskom, dug približno 50 km, vrlo je povoljan za izgradnju daljnjih hidroelektrana. Ukupni pad rijeke na tom je dijelu 58 m. Razradom projekta se pokazalo da je najoptimalnije rješenje iskorištenje sa 6 hidroelektrana. U tablici su dane njihove osnovne značajke:

Ime	Pad	Inst. snaga	Sr. god.
	m	MW	GWh
Vrhovo	8,50	2 × 12,0	122
Boštanj	8,50	2 × 12,0	122
Blanca	11,00	2 × 18,5	170
Krško	10,50	2 × 17,0	160
Brežice	11,00	2 × 18,0	169
Mokrice	8,50	3 × 10,7	152
ukupno	58,00	187	893

Nakon završetka izgradnje hidroelektrane Vrhovo odmah će se nastaviti s daljnjom gradnjom savskog lanca elektrana. Gradit će se hidroelektrana Boštanj, jer je za nju projektna dokumentacija najviše uznapredovala, zatim Brežice, Krško, Blanca i na kraju Mokrice. Za svu tu izgradnju predviđeno je 11 godina.

Promatrani dio Save teče kroz usku dolinu, koja se širi tek oko Brežica. Dolinom prolazi mnogo međunarodnih prometnica i veza, što je, dakako, trebalo uzeti u obzir. Uspori su računati tako da su dignuti najviše do 1,2 m ispod željezničkih tračnica. Osiguranje od erozije trebat će izvesti na duljini 2,2 km. Trebat će, nadalje, premjestiti i izgraditi 9,2 km asfaltnih cesta i 0,5 seoskih cesta i nešto kanalizacije. Iselit će se 62 stambene jedinice i 37 gospodarskih zgrada, koje su već sada na poplavnom području. U tijeku je također čišćenje Save od zagađivača, ali zbog pomanjkanja

sredstava polako napreduje. Vjerojatno će se sanacije završiti do kraja 1995.

Projekt izgradnje opisanog lanca elektrana procijenjen je 1991. na 970 milijuna DEM.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 2

Mrk.

EdF POMAŽE RUSKOJ ELEKTROPRIVREDI

Francuska tvrtka EdF dobila je zadatak da u sklopu ugovora što ga financira EZ, organizira u Moskvi agenciju za organizaciju opskrbe potrošača električnom energijom. To je prvi ugovor učinjen u Rusiji u sklopu europskog programa pomoći zemljama bivšeg SSSR-a. Taj je program iniciran 1991, a donesen je pod nazivom Programm TA-CIS 91 — tehnička pomoć za zemlje ZND. Program do sada sadrži 30 projekata iz područja nenuklearne elektroprivrede u ukupnoj vrijednosti 17 milijuna ECU. Vrijednost ugovora je otprilike milijun ECU. EdF je, međutim, također vrlo zainteresiran za realizaciju ponuda EZ-a u vezi s poboljšanjem i sigurnošću u nuklearnoj proizvodnji energije u središnjoj i istočnoj Europi.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 4

Mrk.

TVRTKA SIEMENS DOBAVLJA NAJVEĆI HIDROGENERATOR NA SVIJETU

Njemačka tvrtka Siemens sklopila je s američkim Burean of Reclamation ugovor vrijedan 30 milijuna USD za izgradnju tri najveća hidrogeneratora na svijetu za hidroelektranu Grand Coulee na rijeci Columbia (Wachington). Snaga generatora iznosit će 825,64 MVA, a napon 15 kV. Vanjski promjer statora bit će 22,8 m, a unutrašnji 18,78 m. Statorski će namoti biti hlađeni vodom. Prototipna će ispitivanja biti provedena u Siemensovim radionicama u Berlinu, a okviri će biti izrađeni u SAD. Predviđa se da će taj projekt biti dovršen 1997. godine.

Water Power, god. 44 (1992), br. 10

Mrk.

DOBAVA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ ISTOČNE EUROPE

Prema izjavi vlade Savezne Republike Njemačke, još ne postoje nikakvi čvrsti ugovori za dobavu električne energije iz zemalja istočne Europe.

U listopadu 1991. dogovoreno je da će francuski EdF i njemačka poduzeća Bayernwerk i Preussen Elektra pomoći na modernizaciji slovačke elektroprivrede, a kao prvo ugradit će potrebne sigurnosne uređaje u slovačku nuklearnu elektranu Mochovce (1760 MW). Uložene bi se investicije otplaćivale zapadnim tvrtkama dobavom struje. Do kraja 1993. još će bivša Njemačka DR biti priključena na istočnoeuropski elektroenergetski sustav i tako pokrivati manjkove.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 3

Mrk.

KAKO IZBJEĆI EMISIJU UGLJIK-DIOKSIDA

Da se izbjegne emisija od približno 10 milijuna tona ugljik-dioksida pri proizvodnji električne energije, trebalo bi alternativno:

— oko 56 500 vjetroelektrana jedinične snage 100 kW
— solarne ćelije, sa stupnjem djelovanja 10%, na površini 140 km², pri čemu bi svaka od 5,5 milijuna obiteljskih kuća imala 20 m² površine solarnih ćelija
— da se osposobi 38 velikih termoelektrana na ugljen (650 MW, 4 000 h/a) da rade s povećanim iskorištenjem, tj. od današnjih prosječno 37% na 42%
— jedna nuklearna elektrana s nekih 1300 MW, koja bi godišnje radila 7 500 h.

U vezi s navedenim podacima, treba primijetiti da su vrijednosti zaokružene i odnose se na njemačke prilike.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 3

Mrk.

ISKORIŠTENJE SOLARNE ENERGIJE U SENEGALU

Na temelju međusobne tehničke suradnje između Njemačke i Senegala, godine 1987. započeo je rad na realizaciji projekta »Obiteljski solarni sustavi«. Projekt bi trajao 10 godina. Više od 900 uređaja već je izrađeno, a do kraja 1993. moglo bi ih biti 1 000. U mjestu Faoye, sa 700 stanovnika, 27 obitelji ima na kućnom krovu montiran solarni sustav za dobivanje električne energije u obliku istosmjerne struje od 12 V. Uređaj stoji 760 USD, a služi ponajprije za napajanje televizijskih prijamnika, ali i vodenih crpki, hladnjaka i rasvjete. Većina zainteresiranih kućanstava nalazi se u udaljenim područjima, gdje su slabi izgledi za priključak na javnu mrežu. Ovaj solarni projekt treba poboljšati životne uvjete u zemlji i spriječiti bijeg iz sela u gradove. Jedan od vrlo važnih zadataka je opskrba vodom. U mjestu Diokharu solarna crpka, vrijedna 40 000 USD, opskrbljuje vodom 1 300 ljudi i 1 200 životinja, što je golemo olakšanje za stanovništvo.
Iskustva iz Senegala, uz ostalo, pokazala su da fotovoltaika ima granica. Veliki uređaji s centralnom razdiobom se ne isplate. To se pokazalo u mjestu Diaoulu, gdje je instalirana sunčana elektrana snage 20 kW. Ona putem baterije opskrbljuje, električnom energijom 220 kućanstava. Uređaj je stajao otprilike 630 000 USD. Za taj bi se novac moglo izgraditi približno 900 malih uređaja koji bi obskrbljivi po kWh jedanaest puta veći od cijene koja se može tražiti od potrošača. Prema učinjenoj studiji, struja iz velikih uređaja dvostruko je skuplja od struje iz dizelskih agregata.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 3

Mrk.

MALE SOLARNE ELEKTRANE

Iskorištenje sunčeve energije putem fotovoltaičkih ćelija u sunčanim elektranama vrlo je aktualno u svijetu, premda je sigurno da takva tehnika ne može zamijeniti klasične elektrane. Mnogo se ulaže u istraživanja fotovoltaike, pa se grade veća i manja postrojenja s povezivanjem i bez povezivanja na javnu mrežu. No pri tome treba naglasiti da su danas sva takva postrojenja građena uz veće ili manje subvencije. Namjena je da se stavi u normalnu komercijalnu upotrebu što više postrojenja i prikupe podaci o njihovoj upotrebljivosti, održavanju i ekonomičnosti. Do sada su se po-

kazala najpovoljnijima mala individualna postrojenja i ona za posebne namjene. Fotovoltaička veća postrojenja kao centri za napajanje električnom energijom pokazala su se mnogo manje povoljnima. Iskustvima iz pogona malih sunčanih elektrana posvećen je cijeli broj 3 (1993) austrijskog časopisa ÖZE, pa su ovdje izneseni neki podaci o takvim postrojenjima. Internacionalna energetska agencija (IEA) razradila je razvojni program o proučavanju decentraliziranih malih sunčanih elektrana pod imenom »Photovoltaics in buildings« na kojem surađuje 11 država. Planirano je da se program odvija od 1991. do 1995. Zemlje sudionice projekta izgradit će demonstracijske decentralizirane fotovoltaičke sustave koji će se arhitektonski uklopiti u zgrade. Prvi takav uređaj ugrađen je u Laussani (Demo-Site). Nadalje, objavit će se smjernice za izradu i montažu fotovoltaičkih sustava i iskustva dobivena u pojedinim zemljama koje sudjeluju u projektu. Postavlja se, međutim, pitanje koliko bi ovakva akcija mogla djelovati općenito na opskrbu električnom energijom. Ako bi se npr. na 50% stambenih zgrada u Austriji montirali fotovoltaički uređaji, pokrilo bi se samo 5% današnjih elektroenergetskih potreba zemlje ili 20% potreba kućanstava.

Od godine 1990. u Njemačkoj se provodi program »1000 krovova« (vidi Energija, god. 40 (1991), br. 1).

Ovim će se programom, uz financijsku pomoć države, montirati na krovove otprilike 2 250 fotovoltaičkih uređaja vezanih na javnu mrežu. Vršne će se snage tih uređaja biti od 1 do 5 kW. Svrha je, kao kod sličnih projekata u drugim zemljama, stjecanje iskustava glede ugradnje, pogona, održavanja i ekonomičnosti takvih sustava. Pokazalo se da je iskorištenje Sunčeve energije u fotovoltaičkim modulima 14 do 16%, a na izlazu iz uređaja 10%, a najviše 13%. Pokazalo se da se za prilike srednje Njemačke može očekivati godišnja proizvodnja od 650 kWh po jednom vršnom kW fotovoltaičkog postrojenja. No procjenjuje se da bi se uz moguća tehnička poboljšanja ta energija mogla povećati na 800 kWh.

Da bi se projekt mogao što bolje realizirati, u više su mjesta organizirani dvodnevni tečajevi za inženjere, planere, elektroinstalatere i krovopokrivače. Posebna se pozornost na tečajevima obratila tehničkosigurnosnim mjerama i uređajima, jer je fotovoltaički dio vezan na javnu mrežu. Prihvaćanje solarne tehnike umnogome ovisi o tome je li uređaj stručno montiran, dugovremenski stabilan, a i optički prilagođen zgradi.

U Austriji je 1992. počeo program ugradnje malih fotovoltaičkih sustava vezanih na javnu mrežu, snage 1 do 3,6 kW.

Akciju organizira i provodi austrijska elektroprivreda uz potporu vlade. Da se potakne ugradnja, svaki potencijalni vlasnik uređaja dobiva subvenciju od 80 000 šilinga po ugrađenom kW. Predviđa se da bi se tako moglo ugraditi do 200 kW fotovoltaičkih sustava. Računa se da u ravničarskom dijelu Austrije 1 vršni kW instalirane snage fotovoltaičkog sustava može godišnje dati približno 850 kWh električne energije. Godišnja potrošnja po kućanstvu iznosi od 2 000 do 4 000 kWh. Treba primijetiti da pri ispadu javne mreže fotovoltaički sustav ne može opskrbljivati kućanstvo, jer mreža više ne može držati napon i frekvenciju. Zbog ekonomičnosti nema smisla ugrađivati baterije. Većina uređaja (60%) montirana je na jednoobiteljskim kućama. Na dvoobiteljskima 14%, a višeobiteljskima samo 4%. Svaki od vlasnika fotovoltaičkog uređaja dužan je podržati petogodišnji program mjerenja. Cijeli je program zapravo demonstracijski, a želi se skupiti maksimum informacija o ponašanju uređaja u pogonu, stupnju djelovanja i pouzdanosti. Tek će se temeljitom analizom dobivenih podataka moći procijeniti različite koncepcije uređaja. Srednji specifički troškovi za ugradnju iznose otprilike 200.000 šilinga po kW. Do kraja 1992. ugrađena je ukupna snaga od 170 kW, a računa se da bi ostatak od 30 kW mogao biti ostvaren do polovice 1993.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 3

Mrk.

SMANJEN POTROŠAK PRIMARNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Prema prvim proračunima energetske bilance SR Njemačke za 1992 pokazuje se da je ukupan potrošak primarne energije iznosio 481,0 milijuna tona SKE (t ekvivalentnog ugljena), što je za 12,6 milijuna tona ili 2,5% manje od prethodne, 1991. godine. U zapadnom (starom) dijelu Njemačke potrošak je praktički stagnirao i iznosio 409,0 SKE (−0,3%) unatoč slabijem porastu gospodarstva i blažim vremenskim prilikama. U istočnom (novom) dijelu Njemačke, pak, potrošak primarne energije pao je za 14%, tj. na 72,0 milijuna tona SKE.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 6

Mrk.

VELIKE RAZLIKE U POTROŠKU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Potrošak električne energije godišnje po stanovniku vrlo je različit u pojedinim dijelovima svijeta. Prema podacima UN za 1990. u Kambodži je taj potrošak samo je 8 kWh, a najveći je u Norveškoj — 25 083 kWh. Srednji svjetski iznosi 2 207 kWh. Sve europske zemlje imaju potrošak električne energije godišnje po stanovniku znatno iznad svjetskog prosjeka. Evo tog potroška za neke zemlje:

Kambodža	8 kWh	Francuska	6 661 kWh
Kina	546 kWh	Njemačka	7 90 kWh
Svijet	2 207 kWh	Švicarska	8 097 kWh
Poljska	3 521 kWh	SAD	12 170 kWh
SSSR	5 856 kWh	Norveška	25 083 kWh

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 6

Mrk.

SURADNJA MOSKVA — BERLIN

Na temelju ugovora o kooperaciji iz travnja 1992. između moskovskog Mosenerga i berlinskog elektroprivrednog poduzeća Bewag, u veljači ove godine sklopljeni su daljnji dogovori o suradnji do 1995. godine. Predviđena je izobrazba kadrova te izmjena informacija i iskustava. U središtu dogovora bila su pitanja o zaštiti okoliša, o opskrbi električnom i toplinskom energijom, te troškovna i tarifna pitanja. Govorilo se i o gradnji i modernizaciji, kao i o pretvorbi u akciona društva.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 8

Mrk.

SREDSTVA EZ ZA SIGURNOST NUKLEARNIH ELEKTRANA

U duhu svoje politike za unapređenje sigurnosti nuklearnih elektrana, Komisija EZ osigurala je do kraja 1993. 330 milijuna ECU za mjere potrebne za poboljšanje sigurnosti nuklearnih elektrana u središnjoj i istočnoj Europi, uključivši i one na prostoru bivšeg SSSR-a. Iz multilateralnog konta

moraju se odmah poduzeti mjere za financiranje nuklearnih elektrana s najvećim faktorom rizika. Konto će biti operativan ako najmanje četiri članice uplate 60 milijuna ECU.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 8

Mrk.

SAVITLJIVI SOLARNI MODUL

Njemačka tvornica AEG proizvela je, pod imenom Solar-Flex, solarni modul u tehnici folije. Modul je lagan, savitljiv i tanak. Može se staviti na zaobljene površine, lako pričvrstiti i time dobiti vrlo široku primjenu. Tipična mjesta upotrebe su krovovi vozila, poklopci prtljažnika, plovila, staklene površine zimskih vrtova itd. Proizvedena su dva Solar-Flex modula: od 43 W i 14 W. Veći od navedena dva modula teži 1,6 kg, uz dimenzije 68 cm × 72 cm, debljine 2,5 mm. Sastoji se od 36 polikristaliničnih ćelija i može dobaviti, već prema vremenu, 30 Wh do 170 Wh dnevno.

Elektrizitätswirtschaft, god. 93 (1992), br. 6

Mrk.

ISTOSMJERNA VISOKONAPONSKA VEZA ŠVEDSKA — NJEMAČKA

Sjeverna i zapadna Europa bit će uskoro povezane još jednom električnom prijenosnom istosmjernom vezom. Istosmjernim kabelom duljine 250 km spojit će se elektroenergetski sustavi Švedske i Njemačke. Najmodernije tiristorske usmjerivače i električnu opremu za krajnje stanice dobavila je tvrtka ABB. Uređaj bi, prema ugovoru, mogao ući u komercijalni pogon u prosincu 1994. Time će se omogućiti prijenos od 600 MW iz švedskih hidroelektrana u Njemačku.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 4

Mrk.

ENERGIJA IZ BILJA NERENTABILNA

U Njemačkoj se pokušalo dobivati etanol (bioetanol) iz nasada biljaka i tako proizvoditi energiju. Pokazalo se, međutim, da takav način dobivanja nije isplativ i konkurentan. Na primjer, u povoljnoj godini 1990. pretpostavljalo se da će troškovi iznositi 1,25 DEM, no oni su se popeli na 3,02 DEM po proizvedenoj litri etanola. Tome nasuprot bila je cijena ponude od 0,93 DEM. Prilikom diskusije o zaključnom izvještaju projekta (»Bioetanol«) rečeno je da je savezna vlada 51 milijun DEM danih za taj razvojni projekt »bacila kroz prozor«. Ubuduće se za ovako skupa istraživanja moraju više angažirati znanstvenici.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 7

Mrk.

PRETKAZIVANJE PLESANJA VODIČA

Plesanje (galopiranje) vodiča na dalekovodima visokog napona (110 kV i više) može izazvati različite kratke spojeve, pa i mehanička oštećenja, npr. lom stupa. Bilo bi vrlo korisno da se na temelju nekih meteoroloških pokazatelja mogu predvidjeti takve pojave na određenim vodovima. Dispečerski bi centar tada mogao npr. obavijestiti važne potrošače o mogućnosti kvarova, na ugroženom bi se dalekovodu mogli blokirati uređaji za brzo ponovno uklapanje ili obaviti odgovarajuća prekapčanja da se ugriju vodiči.

Uz pomoć Ujedinjenih elektrana Vestfalije (VEW) izrađena je studija, u kojoj je provedena korelacija između utvrđenog plesanja vodiča i meteoroloških prilika u tom času.

Ovakav je rad proveden za 66 dokumentiranih primjera plesanja imajući na raspolaganju 7 000 podataka. Od više meteoroloških veličina koje utječu na pojavu plesanja razmatrala su se četiri: temperatura zraka, barometarski tlak, vjetar i temperatura rosišta. Posebno su važne komponente vjetar (brzina, smjer i mahovitost) i zaleđivanje (temperatura zraka i razlika temperature rosišta). Na temelju tih meteoroloških podataka formiran je model za pretkazivanje mogućnosti plesanja. Analizirajući 66 navedenih slučajeva, u njih 90% pokazalo se da je model ispravan. Prema tome, uz dobru meteorološku službu prognoziranje plesanja vodiča može biti djelotvorno i ispravno s velikom vjerojatnošću.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 8

Mrk.

ISPITNA FOTOVOLTAIČKA STANICA AUSTRIJSKE ELEKTROPRIVREDE

Uz transformatorsku stanicu Beč jugoistok, vlasništvo Savezne austrijske elektroprivrede, od proljeća 1987. u pogonu je ispitna stanica za solarne module. Ugrađeno je 19 različitih fotovoltaičkih modula s bogatom elektroničkom mjernom opremom pomoću koje se mjere tokovi rada svakog modula, svi relevantni podaci. Oni se spremaju i obrađuju i sređuju u središnjem elektroničkom računalu.

Svrha je ove ispitne stanice da se tijekom duljeg vremena u realnim uvjetima prati upotrebljivost i ekonomičnost fotovoltaičkih uređaja različitih dobavljača i različitih tehnologija. Ugrađene su ćelije s monokristalima, polikristalima i amorfnim aktivnim poluvodičkim slojem. Dobivena će iskustva poslužiti Saveznom konzorciju u daljnoj izgradnji takvih postrojenja. Nesumnjivo se pokazalo da se već danas mogu fotovoltaički uređaji vrlo korisno primijeniti u posebnim slučajevima i prilikama.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 3

Mrk.

MONTING ENERGETIKA d.d.

PODUZEĆE ZA IZGRADNJU, PROIZVODNJU OPREME I MONTAŽU ENERGETSKIH I INDUSTRIJSKIH OBJEKATA

ZAGREB, Kesterčanekova 1

☎ 041/23 56 44

VAŠ PARTNER U DOMOVINI I SVIJETU

PROIZVODNI POGON DUGO SELO: IZRADA ROTACIONIH ZAGRIJAČA ZRAKA

DJELATNOST

IZGRADNJA, MONTAŽA, REKONSTRUKCIJA, REMONT I ODRŽAVANJE:

— energetskih (termo, hidro i nuklearnih), naftnih, petrokemijskih, procesnih, metalurških i rudarskih objekata, te postrojenja za proizvodnju obojenih metala, elektro-opreme za energetske objekte, unutrašnjih i vanjskih razvoda svih medija, objekata ekologije, centralnog grijanja, klimatizacije i ventilacije, puštanje postrojenja u pogon i ispitivanje.

PROIZVODNJA:

— metalnih, građevnih i drugih konstrukcija, transportnih uređaja, mostova, spremnika, industrijskih hala, brodskog trupa, opreme za brodove i brodova za specijalne namjene, elektro-filtera, postrojenja za uštedu energije, te ostalih postrojenja iz ekologije i zaštite čovjekove okoline, predsušionica i sušara za drvo različitih tipova i za različite režime rada.

Istraživačko-razvojne usluge u funkciji uvođenja i primjene novih energenata.

Osposobljavanje radnika, prijenos znanja i iskustava i organiziranje proizvodnje.

TRGOVINA:

Trgovina na veliko neprehrambenim proizvodima.

Telefoni:

Centrala	041/217-700
Generalni direktor	235-644
Komercijalni sektor	235-270
Tehnički sektor	233-880
Financijski sektor	234-007
Kadrovski sektor	233-878
Telex	21473 rh mont
Telefax	235-560

PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabeli za napone:

1 kV - s termoplastičnom izolacijom
10 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen propilena

20 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- termoplastičnog polietilena
35 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen-propilena

Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Brodski kabeli izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
Kabeli i konektori za aerodromske instalacije.
Samonosivi kabelski snopovi Elkalex-1.
Telekomunikacijski kabeli s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
Optički kabeli.
Specijalni vodovi i kabeli.
Rudarski kabeli.
Kabelski setovi sa konektorima.
Lakirana žica.
Alumunijska, alu-čelična i užad iz aluminijske legure.
Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.
Umreživi polietilen.

ELKA

»ELKA« Tvornica električnih kabela - Zagreb, Žitnjak bb, P. O. B. 150
Tel.: 232-200; Telex: 21-193; Telefax: 223-898

Energija

Godište 42 (1993) Br. 3

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1069

UDK 621.316.1:681.3

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/3, 141 – 150

MODELIRANJE POUZDANOSTI KOMPONENTI NADZEMNIH 10(20) kV VODOVA, ANALIZOM KUMULATIVNOG BROJA ZASTOJA

Dr. Franjo Majdandžić, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska bb, Hrvatska

Prikazano je modeliranje pouzdanosti komponenti nadzemnih vodova Weibullovom razdiobom i zatim prilagođivanje te razdiobe raznim drugima. Parametri Weibullove razdiobe određeni su pomoću analize kumulativnoga broja kvarova nadzemnih vodova.

(Lit. 21, sl. 10 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/141 – 150/1993

ENERGIJA 1068

UDK 621.315.62:621.316

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/3, 135 – 140

IZOLATORI U PRIJENOSNOJ MREŽI

Dr. Zorko Cvetković, dipl. ing.

41000 Zagreb, Medveščak 65, Hrvatska

Iznesena su naša iskustva s izolatorima u prijenosnoj mreži. Opisuju se svojstva keramičkih izolatora i neka svjetska iskustva, te najnoviji razvoj u proizvodnji staklenih izolatora. Opisuju se svojstva i mogućnost korištenja kompozit-izolatora, te se daje mišljenje o korištenju pojedinog tipa izolatora u prijenosnoj mreži Hrvatske u budućem razvoju.

(Lit. 10, sl. 5 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/135 – 140/1993

ENERGIJA 1070

UDK 621.3.017.73

STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/3, 151 – 158

NEKI REZULTATI PRIMJENE PROGRAMSKOG SUSTAVA ZA SEKTORSKO PREDVIĐANJE I ANALIZU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. Mićo Klepo, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazani su neki rezultati dobiveni primjenom metode i programskog sustava za sektorsko predviđanje i analizu potrošnje električne energije radi ocjene kvalitete i prikaza mogućnosti metodološkog pristupa i programskog sustava sektorskog predviđanja.

(Lit. 15, sl. 8 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/151 – 158/1993

ENERGIJA 1070 UDK 621.3.017.73

1. Neki rezultati primjene programskog sustava za sektorsko predviđanje i analizu potrošnje električne energije
I. Klepo M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Potrošnja električne energije
Dugoročno predviđanje potrošnje
Programski sustav sektorskog predviđanja
Baza podataka

ENERGIJA 1068 UDK 621.315.62:621.316

1. Izolatori u prijenosnoj mreži
I. Cvetković Z.
II. 41000 Zagreb, Medveščak 65, Hrvatska

Prijenosna mreža
Izolatori
Proizvodnja
Iskustva

ENERGIJA 1069 UDK 621.316.1:681.3

1. Modeliranje pouzdanosti komponenti nadzemnih 10(20) kV vodova, analizom kumulativnog broja zastoja
I. Majdandžić F.
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska bb, Hrvatska

Pouzdanost
Modeliranje pouzdanosti
Nadzemni vodovi
Kumulativni broj zastoja (kvarova)

Energija

Godište 42 (1993) Br. 3

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1066 UDK 621.3.064.1:621.316.1

ENERGIJA 42/1993/3, 111 – 120

STUDIJE KRATKOG SPOJA PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE ZA GODINU 1995. I 2000.

Mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazane su pretpostavke proračuna, matematički model i rezultati proračuna najvećih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja u prijenosnoj mreži Hrvatske za godinu 1995. i 2000.

(Lit. 24, sl. 16 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/111 – 120/1993

ENERGIJA 1067 UDK 338.524:662.76

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/3, 121 – 134

TARIFNI SUSTAV ZA PRODAJU PRIRODNOG PLINA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Dr. Jakša Topić, dipl. ing. — Smiljana Jurišić, dipl. ecc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazuje se metodologija na kojoj se temelji nov tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u Republici Hrvatskoj.
Na temelju podataka o karakteristikama potrošnje i ostvarenim troškovima u razdoblju 1989 – 1990. god. prikazuju se utvrđeni odnosi cijena među kategorijama i grupama potrošnje. Prikazane su i strukturirane cijene plina po grupama potrošnje u distribucijskim poduzećima.

(Lit. 22, sl. 7 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/121 – 134/1993

ENERGIJA 1067 UDK 338.524:662.76

1. Tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u Republici Hrvatskoj
I. Topić J. — Jurišić S.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Tarifni sustav
Prirodni plin

ENERGIJA 1066 UDK 621.3.064.1:621.316.1

1. Studije kratkog spoja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede za godinu 1995. i 2000.
I. Nevečerel D.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Kratki spoj
Prijenosna mreža Hrvatske
1995. godina
2000. godina

Energija

Volume 42 (1993) № 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1068

UDK 621.315.62:621.316
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/3, 135 – 140

THE ROLE OF INSULATORS IN THE TRANSMISSION NETWORK

Zorko Cvetković, Ph. D.

Medveščak 65, 41000 Zagreb, Croatia

Domestic experiences of using insulators within the transmission network are given. Characteristics of ceramic insulators and some world wide experiences and the most recent development in the production of toughened glass insulators are described including the properties and use possibility of composite insulators. Finally, the opinion considering the future use of individual insulator types in the Croatian transmission network is given.

(No. of References 10, Fig. 5 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/135 – 140/1993

ENERGIJA 1069

UDK 621.316.1:681.3
ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/3, 141 – 150

MODELING OF 10(20) kV OVERHEAD LINE RELIABILITY COMPONENTS USING CUMULATIVE NUMBER OF FAULTS

Franjo Majdandžić, Ph. D.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska bb, Croatia

Modeling of realiability components of overhead lines using Weibull's distribution is shown and then the adjustment of that distribution to other different distributions. The parameters of Weibull's distribution are determined by cumulative analysis of overhead line faults.

(No. of References 21, Fig. 10 — Original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/141 – 150/1993

ENERGIJA 1070

UDK 621.3.077.73
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/3, 151 – 158

SOME RESULTS OF SECTORIAL FORECASTING AND ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS PROGRAM PACKAGE APPLICATION

Mićo Klepo, M. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Some results obtained by applicating the method and the program package for sectorial forecasting and analysis of electric energy consumption are given, in order to evaluate the quality and the possibilities of the methodology and program package of sectorial forecasting.

(No. of References: 15, Fig. 8 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/151 – 158/1993

ENERGIJA 1070 UDK 621.3.017.73

1. Some Results of Sectorial Forecasting and Electric Energy Consumption Analysis Program Package Application
I. Klepo M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Electric Energy Consumption
Long-term Consumption Forecasting
Sectorial Forecasting Program Package
Data Base

ENERGIJA 1069 UDK 621.316.1:681.3

1. Modeling of 10(20) kV Overhead Line Reliability Components Using Cumulative Number of Faults
I. Majdandžić F.
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska bb, Croatia

Reliability
Reliability Modeling
Overhead Lines
Cumulative Number of Faults

ENERGIJA 1068 UDK 621.315.62:621.316

1. The Role of Insulators in the Transmission Network
I. Cvetković Z.
II. Medveščak 65, 41000 Zagreb, Croatia

Transmission Network
Insulators
Production
Experience

Energija

Volume 42 (1993) № 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1066

UDK 621.3.064.1:621.316.1

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/3, 111 – 120

SHORT-CIRCUIT STUDIES OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY'S TRANSMISSION NETWORK FOR THE YEAR 1995 AND 2000

Davor Nevečerel, M. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Assumptions of calculation, the mathematical model and the results of the largest current calculation of the initial threephase and single-line short-circuit for the Croatian transmission network for the year 1995 and 2000 are given.

(No. of References 24, Fig. 16-original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/111 – 120/1993

ENERGIJA 1067

UDK 338.524:662.76

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/3, 121 – 134

NATURAL GAS TARIFF SYSTEM IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Jakša Topić, Ph. D. — Smiljana Jurišić, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The methodology that makes the basis for the new natural gas tariff system in the Republic of Croatia is presented. Based on data about consumption characteristics and realised costs in the period from 1989 to 1990, determined relationships among consumption categories and groups are given. Structured gas prices by consumption groups in the distribution companies are also listed.

(No. of References 22, Fig. 7 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/3/121 – 134/1993

ENERGIJA 1067 UDK 338.524:662.76

1. Natural Gas Tariff System in the Republic of Croatia
I. Topić J. — Jurišić S.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Tariff System
Natural Gas

ENERGIJA 1066 UDK 621.3.064.1:621.316.1

1. Short-circuit Studies of the Croatian Electric Power Supply Company's Transmission Network for the Year 1995 and 2000
I. Nevečerel D.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Short Circuit
Croatian Transmission Network
Year 1995
Year 2000

UDK 621.31 ENJAAC 42 (4) — (1993) 169 – 228 ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 42 (1993) Zagreb 1993 Br. 4

Redakcija završena 1993 — 06 — 11

SADRŽAJ

Fotografija na omotnoj strani 3. broja M. FILIPOVIĆ
Fotografija na omotnoj strani 4. broja A. FAGARAZZI

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, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328, telefax: 041/530-604

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 40 DEM, a za poduzeća i ustanove 80 DEM (za studente 20 DEM). Cijena pojedinog broja u prodaji 8 DEM.

Pretplata je iskazana u DEM, a uplaćuje se u dinarskoj protuvrijednosti na dan uplate.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji — Print: TIZ 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 A—4 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 članaka 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, originaljnaja 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 saopštenje, 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, profesional paper, profesionaljnaja 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.

JAVNO PODUZEĆE ZA PRIJENOS I VOĐENJE — POGLED U BUDUĆNOST

Dr. Zorko, Cvetković, Zagreb

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Predviđa se da će restrukturiranje i privatizacija elektroprivrede u Hrvatskoj biti završeno do 2000 god. Daju se osnovni parametri budućeg javnog poduzeća za prijenos električne energije. Procijenjeni su godišnji troškovi tog poduzeća.

Ključne riječi: restrukturiranje, privatizacija, prijenos, vođenje, organizacija, trošak prijenosa i gubici prijenosa.

1. UVOD

Cjelokupna elektroprivredna djelatnost u Republici Hrvatskoj provodi se danas putem javnoga republičkog poduzeća Hrvatska elektroprivreda (HEP). To poduzeće pokriva sve tri osnovne djelatnosti elektroprivrede: proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Organizacijski je uz djelatnost prijenosa uključeno i vođenje elektroenergetskog sistema (EES). HEP je naslijedio osnovnu strukturu bivše Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske (ZEOH) s naglašenijom centralizacijom osnovnih funkcija. Statut HEP-a donesen je na osnovi Zakona o elektroprivredi [1]. Uzevši u obzir male osnovne parametre HEP-a, manje od 3000 MW vršnog opterećenja i 15000 GWh, konzuma (predratni podaci), ovakva organizacija, uz nužno unapređenje, mogla bi efikasno djelovati. Uočeni nedostaci i prijedlog za unapređenje djelotvornosti rada razrađeni su npr. u [2].

Funkcioniranje elektroprivrede u proteklom razdoblju od 3 godine moglo bi se, međutim, opisati dvojakim. S jedne strane elektroprivreda je u teškim ratnim uvjetima omogućila opskrbu električnom energijom do prvih linija fronte. Pri tome su ostvareni upravo nevjerojatni tehnološki zahvati uz snalažljivost i osobnu hrabrost djelatnika elektroprivrede [3].

S druge strane, opći položaj elektroprivrede stalno se pogoršavao. Pri tome se može govoriti o unutarnjim i vanjskim razlozima, no ovi potonji su očito dominantni. Republička vlada kao osnivač HEP-a nije ispunila osnovni preduvjet iz Zakona o elektroprivredi (čl. 10. i 13), tj. ili odobrenje ekonomske cijene ili pokriće razlike u troškovima do ekonomske cijene. Nedefinirana energetska politika popraćena teško razumljivom kadrovskom politikom (četiri ministra energetike i tri direktora elektroprivrede u 30-ak mjeseci) nisu, svakako, pridonijeli poboljšanju situacije.

Mogu se, naprotiv, pretpostaviti loše posljedice takvog djelovanja na ugled HEP-a kod domaćih i stranih poslovnih partnera.

Kao posljedica ovog stanja sve je prisutnije mišljenje o restrukturiranju HEP-a. S jedne strane, i sam Zakon o elektroprivredi (čl. 6) dopušta privatnu inicijativu na području proizvodnje i distribucije električne energije, a, s druge strane, slične tendencije naglašeno su prisutne čak i u onim svjetskim elektroprivredama koje su kao nacionalizirana poduzeća bile poznate po svojoj efikasnosti (CEGB; EdF, ENEL). U tom smislu Upravni odobr HEP-a poduzeo je korake koji bi uskoro mogli dovesti do prijedloga o budućem restrukturiranju HEP-a. U osnovi toga budućeg rješenja ostalo bi državno javno poduzeće za prijenos i vođenje EES, dok bi proizvodnja i distribucija bile decentralizirane, restrukturirane i privatizirane. Dakako, i za ovaj je korak osnovni preduvjet vrlo jasan stav vlade, popraćen zakonskom regulativom, koji bi omogućio takav razvoj. Treba naglasiti da je to složen proces popraćen mnogim problemima, kako je to dobro predočeno u [4] i [5].

U ovom članku polazi se, međutim, od pretpostavke da je taj put već iza nas, tj. da je restrukturiranje provedeno i da u nekoj nazivnoj, recimo 2000. ili 2003. godini postoji javno poduzeće za prijenos i vođenje EES-a, nazovimo ga u ovom članku uvjetno Državnim elektroprijenosom (DEP). Uz njega postoji i određeni broj proizvodnih odnosno distributivnih poduzeća, u pravilu dioničkih društava s privatnom i komunalnom participacijom.

U ovom članku nastoji se procijeniti red veličine osnovnih parametara toga budućeg DEP-a.

Članak, međutim, ne ulazi u ostale komercijalne odnose između DEP-a i proizvodnih odnosno distributivnih poduzeća, kao ni u problematiku troškova tranzita za treće preko mreže DEP-a.

2. PODRUČJE DJELOVANJA

Na osnovi načela navedenih u točki 1. područje djelovanja DEP-a može se podijeliti na funkciju prijenosa i funkciju vođenja EES-a.

U funkciji prijenosa zadatke DEP-a možemo definirati kao:

— planiranje
— izgradnja
— upravljanje (pogon)
— održavanje prijenosne mreže i telekomunikacija.

Planiranje daljeg razvoja prijenosne mreže ovisit će, pri tome, ponajviše o ugovorima s postojećim i budućim potrošačima i dobavljačima električne energije. Zatvoreni ciklus planiranja, izgradnje, upravljanja (pogona) i održavanje s povratnim informacijama treba omogućiti visoku efikasnost i optimalno korištenje specijaliziranih kadrova, što nedostaje današnjoj organizaciji.

U funkciji vođenja EES-a zadatke DEP-a možemo definirati kao:

— vođenje u realnom vremenu
— operativno planiranje i veza s poslovnim partnerima
— ugovaranje s dobavljačima i potrošačima
— kontinuiranu izgradnju sustava vođenja.

Spomenimo da se ovlasti Republičkog dispečerskog centra (RDC) odnosi na sve elektrane u EES-u vezane na prijenosnu mrežu, bez obzira na njihovo vlasništvo.

Posebno treba naglasiti funkciju ugovaranja kao kompleksan multidisciplinaran posao energetičara, ekonomista i pravnika. O njihovu poslu ovisit će ne samo ekonomska stabilnost DEP-a, već dobrim dijelom i pouzdanost EES.

3. POSTROJENJA UKLJUČENA U DEP

U sastav DEP-a bit će uključeni dalekovodi, transformatorske stanice i rasklopna postrojenja nazivnog napona 110 kV, 220 kV i 400 kV, nužni kompenzacijski uređaji, sustav telekomunikcija, republički dispečerski centar, centri upravljanja prijenosne mreže i samo eventualno neki specifični izvor električne energije, npr. pumpno akumulacijsko postrojenje nužno za regulaciju frekvencija-snaga.

Uvijek prisutni problem razgraničenja prijenosa i distribucije na naponu 110 kV vjerojatno će biti riješen definiranjem jasnih ekonomskih odnosa među partnerima. U ovom članku polazi se od tehnološkog kriterija po kojem je cijela 110 kV mreža u vlasništvu DEP-a. Ako bude primijenjen funkcionalni kriterij po kojem je mreža 110 kV podijeljena između prijenosa i distribucije, troškovi prijenosa će se razmjerno smanjiti, a distribucija povećati.

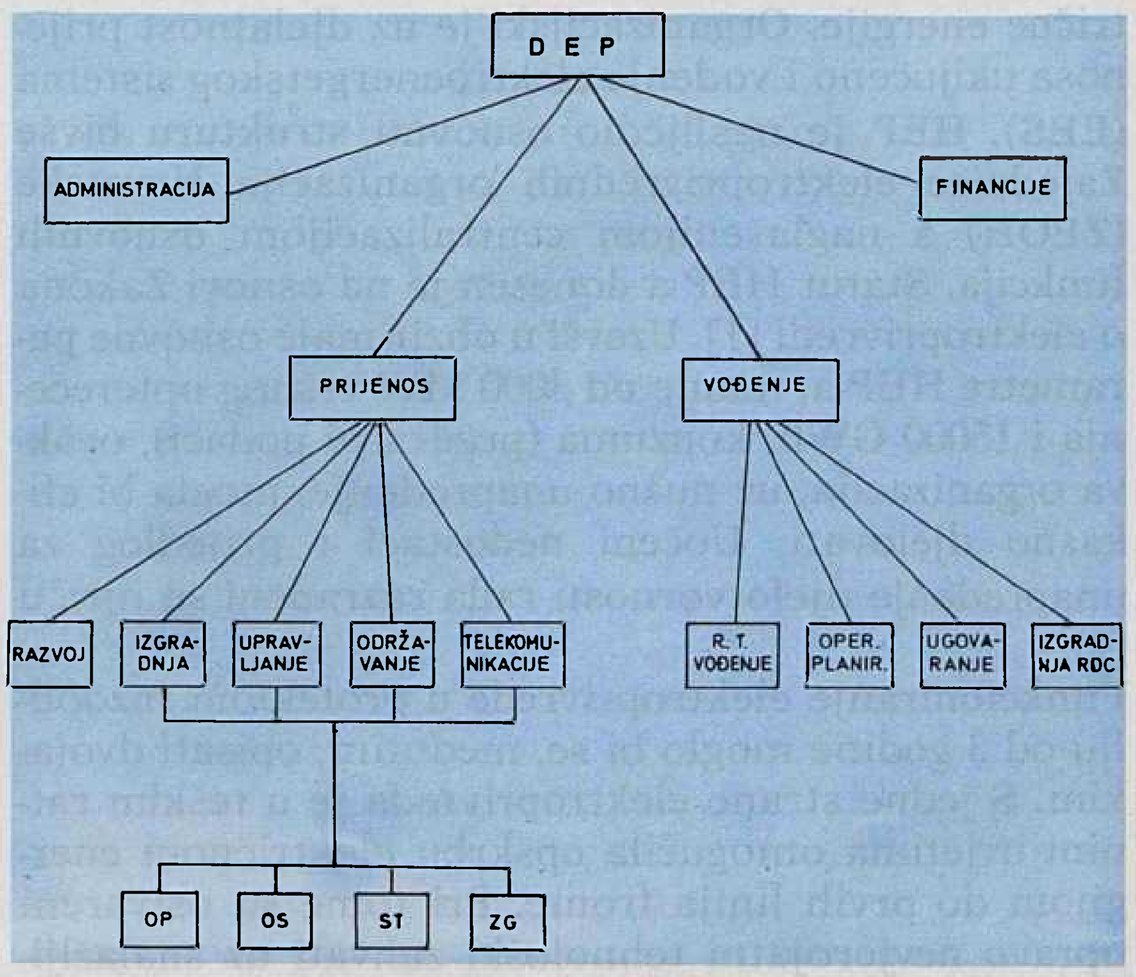
Današnje stanje objekata, uz pretpostavku da su svi objekti obnovljeni, jest sljedeće:

Dalekovodi	400 kV	902 km
	220 kV	1188 km
	110 kV	4385 km
		6475 km
Transformatorske stanice	400/220/110	2 kom
	400/110	2 kom
	220/110	5 kom
	110/X	89 kom
Rasklopišta	220 kV	1 kom
		99 kom
RDC		1 kom
CDU		6 kom.

Budući da se polazi od predratnog konzuma i vršne snage, neće biti potrebe za znatnijim povećanjem broja objekata osim, možda neke nove interkonekcije do 2000. godine.

4. ORGANIZACIJSKI OBLIK

Nema razloga da se organizacijska shema DEP-a znatnije razlikuje od sličnih shema u europskim elektroprivredama. Neka specifična rješenja koja odgovaraju našim prilikama uvijek će biti moguća. Jedna takva pojednostavnjena shema mogla bi izgledati ovako:



Slika 1.

U ovom je primjeru npr. razvoj mreže predviđen u okviru izgradnje, a specijalističke službe u okviru upravljanja (pogona). Moguće je također i izgradnju RDC-a uključiti u izgradnju prijenosa. Bitno je da se cijeli ciklus prijenosa i vođenja nalazi u DEP-u.

Osnovno pravilo organizacije treba svakako biti: »Što je nužno raditi zajedno treba centralizirati; što se bolje radi u pogonima, treba decentralizirati«. Tako npr. budući razvoj, doktrina održavanja, doktrina pogona organizacija izgradnje i nabava krupne opreme trebaju biti centralizirani.

Upravljanje, održavanje ili nadzorna služba na terenu tebaju biti decentralizirane.
Ovdje je nužno spomenuti još neka pitanja koje treba imati na umu u budućem DEP-u kao preduvjet uspješne organizacije i djelovanja:

— u TS 110/x, kao i u nekima višeg napona, neće biti posade
— sve ekipe za održavanje bit će opskrbljene odgovarajućim vozilima i modernom mehanizacijom, ponajprije za potrebe hitne intervencije
— bit će uveden rad pod naponom
— DEP će morati imati specijaliste za pojedina važnija stručna područja, bez obzira na činjenicu što ih neće moći uvijek optimalno iskoristiti zbog ograničenih dimenzija mreže
— služba za zaštitu DEP-a koordinirat će zaštitu EES
— na tržištu će se pojaviti razna servisna poduzeća čijim će se uslugama DEP moći koristiti
— DEP će također morati biti predstavljen u međunarodnim organizacijama kao UCPTE, UNIPEDE, WEC, CIGRE i sl.
— DEP će morati imati odgovarajuću službu za vezu s javnošću
— administracija DEP-a bit će dimenzionirana samo za vlastite potrebe
— godišnji porast konzuma procjenjuje se na približno 2,5 – 3 %
— djelatnici DEP-a bit će stimulativno plaćeni.

Ispunjavanjem tih uvjeta, a uzevši u obzir navedeno u [6], broj zaposlenih u budućem DEP-u moći se se znatno smanjiti prema današnjem stanju. To bi trebalo bezbolno postići u sljedećih 10 godina.

5. GODIŠNJI TROŠKOVI

Osnovni ekonomski odnosi budućeg EES bit će sljedeći:
DEP će na bazi konkurentskih ponuda nabavljati električnu energiju od domaćih i stranih isporučilaca po optimalnim uvjetima. Tu energiju DEP će prodavati distributivnim i specijalnim potrošačima po cijeni uvećanoj za troškove DEP-a. Postoji mogućnost, koja postoji u praksi Velike Britanije, da DEP ponekad vrši samo uslugu prijenosa između dobavljača i potrošača koji sklapaju direktan ugovor.
U ovom članku nastojat ćemo dati približnu procjenu troškova DEP-a. Osnovne stavke u proračunu troškova DEP-a su sljedeće:

— trošak pogona (prosta reprodukcija)
— barem trećina sredstava potrebna za proširenu reprodukciju
— trošak za osiguranje stabilnog rada EES
— pokriće gubitaka prijenosa.

Pokušajmo procijeniti približni iznos pojedinih stavki:

5.1. Jednostavna reprodukcija

Na bazi višegodišnjeg praćenja može se procijeniti da troškovi jednostavne reprodukcije iznose 6 – 8 % nabavne vrijednosti osnovnih sredstava. Pri tome se računa sa srednjom stopom amortizacije između 3 i 4 %.
Procijenjena nabavna vrijednost osnovnih sredstava DEP-a:

Objekt	Količina	Jedinična cijena USD. 10^3	Ukupno USD. 10^3
DV 400 kV	902 km	400	360 800
220 kV	1 188 km	190	225 720
110 kV	4 385 km	150	657 750
DV ukupno			1 244 270
TS 400/220/110	2 kom	48 000	96 000
400/220	2 kom	35 000	70 000
220/110	5 kom	17 000	85 000
110/x	89 kom	5 000	445 000
TS ukupno			696 000
RDC	1 kom	30 000	30 000
Sveukupno			1 970 270

Na temelju te nabavne vrijednosti trošak jednostavne reprodukcije iznosi:

Varijanta I. $0{,}06 \cdot 1.970\,270 = 118\,216 \cdot 10^3$ USD
Varijanta II. $0{,}08 \cdot 1.970\,270 = 157\,622 \cdot 10^3$ USD

Polovica ovog troška odnosi se na amortizaciju.

5.2. Proširena reprodukcija

Uz godišnji porast konzuma od 3 % godišnja ulaganja bi se trebala kretati u prosjeku oko $50\,000 \cdot 10^3$ USD. Iz toga proistječe da potrebna investicijska sredstva trebaju iznositi $16\,000 \cdot 10^3$ USD. Taj se iznos, eventualno, može smanjiti korištenjem slobodnoga dijela amortizacije za proširenu reprodukciju.

5.3. Sredstva za stabilan rad

Ovamo se ubrajaju troškovi za održavanje stabilnosti EES-a, za održavanje napona, za regulaciju snaga — frekvencije. U ovom trenutku ne postoje pretpostavke za točniju procjenu tog troška. Za naš približni račun procijenimo ga na 5 % troškova jednostavne reprodukcije, tj. $6\,000 \cdot 10^3$ do $8\,000 \cdot 10^3$ USD.

5.4. Pokriće gubitaka prijenosa

Gubici prijenosa u EES Hrvatske iznose između 2,6 i 3 %. Na 15 000 GWh konzuma, uz srednju vrijednost gubitaka od 2,8 % i prosječnu cijenu energije na nivou prijenosa od 4 USC/kWh, trošak gubitka iznosi $16\,800 \cdot 10^3$ USD.
Gubici za tranzit trećih preko mreže DEP-a posebno će se obračunavati.
Sveukupni trošak prijenosa odnosno ukupna usluga DEP-a iznosila bi u varijantama kako slijedi:

	var. I.	var. II.
jednostavna reprodukcija	118 216	157 622
proširena reprodukcija	16 000	16 000
stabilan rad EES	7 000	7 000
pokriće gubitaka	16 8000	16 800
Ukupno	158 016	197 422 $\cdot 10^3$ USD

Uz godišnji prijenos od 15 000 GWh cijena usluge DEP-a po kWh iznosi 1,05 USC do 1,31 USC.
Uz dovoljno sredstava za proširenu reprodukciju u sklopu amortizacije taj bi se iznos mogao smanjiti na 0,95 do 1,21 USC.
Tako bi se usluga DEP-a kretala u rasponu od 0,95 do 1,31 USC. Ipak, bilo bi pozitivnije koristiti se amortizacijom za njezinu osnovnu namjenu.
Ako taj iznos troškova prijenosa izgleda u postotku viši od nekih primjera u europskoj mreži, treba reći da on uključuje i trošak proširene reprodukcije, stabilnog rada EES-a i pokriće gubitaka u mreži uključujući cjelokupnu mežu 110 kV, što u većini zemalja nije slučaj. Ako bi samo trećina te mreže bila u vlasništvu distribucije, cijena prijenosa smanjila bi se na iznos od 0,89 do 1,11 USC/kWh.
Kada bi cijela mreža 110 kV bila u distribuciji, što je često u europskim elektroprivredama, cijena prijenosa bi se snizila na 0,57 do 0,72 USC/kWh.
Druga je stvar da zbog raspodjele izvora u mreži HEP-a i radi optimalne organizacije prijenosne djelatnosti mreža 110 kV neće u tom razdoblju moći kompletno prijeći u distribuciju. Uostalom, za potrošače se u cijeni kWh ništa ne mijenja.

6. ZAKLJUČAK

Bude li se rastrukturiranje HEP-a u sljedećem razdoblju odvijalo prema današnjim predviđanjima, funkcija prijenosa i vođenja EES ostat će jedine organizirane u sklopu republičkoga javnog poduzeća, barem za stanovito vrijeme, jer nema razloga da se i ta djelatnost ne privatizira. Funkcija tog javnog poduzeća, osim rutinskih poslova, uključuje i nove zadatke energije, znatno veću elastičnost i odgovornost u investicijskim odlukama, novu tehnologiju održavanja, dalju automatizaciju i slično.
Da bi HEP potkraj stoljeća mogao učinkovito djelovati, krajnje je vrijeme da se već danas provedu određeni zahvati. Ponajprije, vlada Republike Hrvatske morala bi donijeti odgovarajuće odluke i smjernice o restrukturiranju HEP-a, a zatim bi sve dalje akcije u HEP-u morale biti usmjerene toj budućoj organizaciji. To se, uz organizacijske forme, osobito odnosi na kadrovsku politiku. Samo funkcija budućeg ugovaranja, kao složen interdisciplinirani zadatak, traži nove ljude i nova znanja koja su u današnjim uvjetima samo djelomično prisutna. Rok od 7 godina, do 2000. godine, čini se prije prekratkim nego predugačkim za postizanje željenog cilja.
Na kraju treba reći da je problematika kojom se bavi članak podložna gotovo svakodnevnim promjenama širom Europe i svijeta. Zato je realno očekivati da će razvoj sljedećih godina donijeti nove spoznaje, pa možda i promjene u nekim stavovima samog autora.

LITERATURA

[1] Zakon o elektroprivredi. Narodne novine 31/90 i 47/90
[2] N. VEDRIŠ i N. BRUKETA: »Nova organizacija Hrvatske elektroprivrede«, Energija 5/92
[3] HK CIGRE, Stručna konzultacija: Obnova i izgradnja EES Republike Hrvatske, Zagreb, 26 – 27. 05. 1992.
[4] V. BERLEMONT: »Special report for group 37, CIGRE 92, Paris
[5] Groupe d'action CE 37: Panorama international de la concurence et de la coordination, CIGRE 92, Paris
[6] Z. CVETKOVIĆ: »Elektroprivreda na tržištu, Energija 3/89.

PUBLIC GRID AND CONTROL COMPANY – A VIEW OF A FUTURE

It is envisaged that restructuring and privatization of the electricity supply company in Croatia will be finished by the year 2000. Basic information about the future Public Grid Company are given. Yearly costs of that company are also estimated.

ÖFFENTLICHER BETRIEB FÜR ÜBERTRAGUNG UND LEITUNG – EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT

Es wird vorausgesehen, dass die Restaurierung und Privatisierung der Elektrowirtschaft in Kroatien bis 2000 beendet wird. Man gibt die Grundparameter des zukünftigen öffentlichen Betriebe für die Ubertragung der elektrischen Energie. Es werden die Jahresunkosten dieses Betriebes berechnet.

Naslov pisca:

Dr. Zorko Cvetković, dipl. ing.
HK CIGRE
41000 Zagreb, Hrvatska
Berislavićeva 6

Uredništvo primilo rukopis:
1993 – 06 – 09.

PROCJENA EKOLOŠKIH POSLJEDICA I RIZIKA OD PRIJEVREMENOG ZATVARANJA NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO

Mr. Dejan Škanata — dr. Dubravko Pevec, Zagreb

UDK 577.4:621.039.5
PREGLEDNI ČLANAK

Definirani su osnovni preduvjeti dekomisije nuklearne elektrane, opisani su danas primjenljivi dekomisijski scenariji, te pretpostavljene osnovne strateške smjernice eventualne dekomisije NE Krško. Analizirani su radiološki i toplinski utjecaji na zdravlje ljudi i okoliš što ih je prouzročila NE Krško u dosadašnjem pogonu. Procijenjeni su radiološki i toplinski utjecaji što bi ih NE Krško generirala tijekom svoga daljnjega redovitog pogona, kao i u slučaju mogućih nezgoda. Isti pristup primijenjen je i u analizi utjecaja dekomisije na zdravlje ljudi i okoliš. Prezentirana je ocjena utjecaja nadomjesnih (termoenergetskih) izvora energije na zdravlje ljudi i okoliš. U kvantitativnom dijelu analize pokazano je da bi odgođeni SAFESTOR dekomisijski scenarij s aspekta zaštite zdravlja ljudi i zaštite okoliša bio najprimjereniji za eventualnu dekomisiju NE Krško. Rizici zatvaranja NE Krško podrazumijevaju kombinaciju rizika što se javljaju pri dekomisiji nuklearne elektrane i pogona zamjenskog termoenergetskog objekta. S aspekta rizika pokazuje se da je prijevremeno zatvaranje NE Krško uz nadomjestak proizvodnje energije klasičnim elektranama nepovoljnije u odnosu prema nastavku pogona NE Krško.

Ključne riječi: dekomisija, radiološki utjecaj, toplinski utjecaj, nezgoda, zaštita zdravlja ljudi, zaštita okoliša, rizik

1. UVOD

Zatvaranje nuklearne elektrane pojavljuje se u dva slučaja: na kraju njezine životne dobi i odlukom o prijevremenom zatvaranju. U prvom slučaju riječ je o prethodno pripremljenom zaustavljanju što implicira postojanje odobrenoga dekomisijskog plana za elektranu odnosno plana njezine razgradnje, a u drugom slučaju takav plan najvjerojatnije prethodno nije načinjen. Postojanje odobrenoga dekomisijskog plana upućuje na to da su svi preduvjeti dekomisije već dosegnuti. U drugom slučaju te preduvjete tek treba doseći. U osnovne preduvjete o kojima je ovdje riječ ubrajaju se: (a) usvojena strategija vezana za gospodarenje visokoradioaktivnim otpadom, (b) izabrana lokacija za trajno odlaganje niskoradioaktivnog i srednjoradioaktivnog otpada, (c) izrađena potrebna zakonska regulativa, (d) odabran dekomisijski scenarij i (e) osigurana financijska sredstva za provedbu dekomisijskih aktivnosti.

Dekomisija (razgradnja) nuklearnih objekata završna je faza u primjeni nuklearne tehnologije i obveza je vlasnika nuklearnog objekta. Uspješna provedba nuklearnih programa podrazumijeva, između ostalog, i uspješnu dekomisiju nuklearnih objekata. Dekomisija nuklearnog objekta u širem smislu definira se kao skup postupaka, mjera i aktivnosti koje se provode nakon trajne obustave rada nuklearnog objekta radi zaštite okoliša i zdravlja ljudi od ostatne radioaktivnosti i drugih potencijalnih rizika koje uvjetuje taj nuklearni objekt. Pri tome je važno naglasiti da tako definiran pojam ekomisije ne uključuje odlaganje ni nisko i srednje, ni visoko radioaktivnog otpada (u slučaju NE Krško to su istrošeni gorivni elementi). Rješenja za te probleme nalaze se u okviru procesa gospodarenja radioaktivnim otpadom i jedan je od osnovnih preduvjeta za uspješno ostvarenje dekomisije nuklearne elektrane. Isto je tako važno naglasiti kako je, želi li se lokacija nuklearnog objekta osposobiti za ponovno neograničeno korištenje, potrebno definirati dodatne postupke, mjere i aktivnosti koje su najčešće izvan opsega dekomisije. Riječ je ovdje o različitoj interpretaciji postdekomisijskog perioda koji uključuje aktivnosti kao što su razgradnja, pakiranje, transport i odlaganje nekontaminiranih građevinskih struktura i materijala.

Program dekomisije je do danas započet na više od 70 različitih nuklearnih objekata širom svijeta (SAD, Francuska, Njemačka, Velika Britanija, Švedska itd.). Stečena iskustva nedvojbeno pokazuju kako je moguće uspješno, na ekološki prihvatljiv način provesti i dekomisiju komercijalnih nuklearnih elektrana. U skoroj budućnosti treba očekivati daljni intezivni razvoj i unapređenje zakonske regulative i tehnoloških postupaka relevantnih za ovo područje.

Ekološke posljedice dekomisije NE Krško na okoliš analizirat će se u ovom članku u prvom redu kvalitativno. U tom smislu utjecaj na okoliš različito će se očitovati u ovisnosti o izabranom dekomisijskom scenariju, duljini trajanja pojedinih dekomisijskih perioda unutar dekomisijskog scenarija te o vrsti i intenzitetu dekomisijskih aktivnosti koje će se provoditi unutar različitih dekomisijskih perioda. Kvantitativna analiza prezentirat će se preko kategorije rizika, i to tako da će se u razmatranje uključiti i rizici od nadomjesnih energetskih objekata. Pri tome će se razmatrati samo fatalni učinci na profesionalno osoblje i stanovništvo u okolici energetskog objekta o kojemu je riječ.

2. DEKOMISIJSKI SCENARIJI

Prema vremenskoj skali i s tim u svezi opsegu dekomisijskih aktivnosti američka NRC (Nuclear Regulatory Commission) razlikuje tri vrste scenarija za dekomisiju nuklearnih objekata. To su DECON (Decontamination), SAFSTOR (Safe Storage) i ENTOMB (Entombment).

Scenarij DECON podrazumijeva promptnu dekontaminaciju i uklanjanje svih radioaktivnih materijala s lokacije nuklearnog objekta kako bi se omogućila neograničena upotreba prostora. Vrijeme trajanja dekomisijskih aktivnosti u sklopu ovog scenarija procjenjuje se na 5 – 7 godina. Osnovni su nedostaci ove opcije u osiguranju i angažiranju znatnih novčanih sredstava u relativno kratkom vremenu, većoj izloženosti radnog osoblja zračenju i s tim u svezi vrlo strogim mjerama zaštite koje treba poduzeti, te osiguranju većih prostornih kapaciteta za odlaganje radioaktivnih otpadnih materijala.

Dekomisijski scenarij SAFSTOR podrazumijeva vremenski odgođeno uklanjenje radioaktivnih materijala s lokacije nuklearnog objekta uz odgovarajući nadzor lokacije. Riječ je ovdje o izolaciji vitalnih dijelova nuklearnog objekta uz njegovo održavanje pod nadzorom tijekom dužeg razdoblja. Nakon perioda izolacije oprema se dekontaminira, rastavi i transportira u odlagalište. Za sve vrijeme trajanja izolacije lokacija zadržava status nuklearne. Za provedbu izolacije preporučuje se ili aktivni ili pasivni SAFSTOR scenarij. Strategija aktivnog scenarija SAFSTOR sastoji se u minimalnoj dekontaminaciji kontaminiranih komponenti i opreme, sistema i građevinskih struktura, i prostornih zona, održavanju aktivnih zaštitnih sistema te postupnoj pripremi za razgradnju objekta. Za sve to vrijeme nuklearni objekt je pod ograničenim pristupom. Strategija pasivnog scenarija SAFSTOR, s druge strane, uključuje kompletnu dekontaminaciju svih materijala i građevinskih struktura, čime se omogućuje zaustavljanje rada svih aktivnih zaštitnih sistema. Objekt se izolira sistemom pasivnih inženjerskih sigurnosnih barijera, a nadzor osigurava daljinskom kontrolom. Za sve vrijeme trajanja tako zamišljenog perioda izolacije zahtijeva se održavanje integriteta sigurnostnih barijera i zaštita od mogućih intruzija. Predviđeno vrijeme za provedbu dekomisijskog scenarija SAFSTOR iznosi 60 godina, pri čemu se za sam period izolacije predviđa 50 godina. Za pripremu izolacije, odnosno kasnije za rastavljanje pakiranje i transport do odlagališta radioaktivnih materijala planira se potrebno vrijeme 10 godina. Kao alternative osnovnom dekomisijskom scenariju SAFSTOR 60 vrlo često se navode i 30, 50 i 100-godišnji scenariji SAFSTOR. Očite prednsoti SAFSTOR dekomisijskog scenarija u odnosu na opciju DECON jesu u tome što je novčana sredstva potrebno osigurati i angažirati u duljem razdoblju, znatno je snižena razina radioaktivnosti i s time u svezi manja je izloženost radnog osoblja zračenju, a prostorni kapacitet potreban za odlaganje radioaktivnih otpadnih materijala je manji.

Dekomisijski scenarij ENTOMB podrazumijeva djelomično uklanjanje radioaktivnih materijala uz dugoročni institucionalni nadzor lokacije. Opcijom ENTOMB provodi se dekontaminacija samo onih dijelova nuklearnog objekta za koje će se omogućiti siguran pristup radnog osoblja. Preostali kontaminirani materijali imobiliziraju se u monolitnu (betonsku) strukturu dovoljne trajnosti da se spriječi nekontrolirana migracija radionuklida sve dok se ne osiguraju uvjeti za konačnu razgradnju. Do tada lokacija je pod nadzorom, a njezino korištenje ograničeno. Opcija ENTOMB procjenjuje se prihvatljivom samo kada bi se dokazalo da njezin izbor jamči znatan doprinos sigurnosti i zaštiti okoliša. Period trajanja dekomisijskog scenarija ENTOMB procjenjuje se na 110 godina.

Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) zajendo s većinom država članica OECD-a zagovara ponešto drukčiji pristup dekomisiji i koristi se unekoliko drukčijom terminologijom za pravno reguliranje dekomisije nuklearnih objekata. Opcije IAEA za dekomisiju nuklearnih objekata razlikuju tri stupnja razgradnje. Svaki stupanj razgradnje karakterizira se statusom opreme i objekta i vrstom nadzora koji se primjenjuje. Kombinacijom različitih stupnjeva razgradnje dolazi se do dekomisijskog scenarija.

Prvi stupanj obuhvaća minimalnu dekontaminaciju primarnoga rashladnog kruga, pražnjenje svih procesnih tekućina, deaktiviranje i izolaciju tehnoloških sistema. Nuklearni objekt je pod stalnim nadzorom. Provode se inspekcije radi provjere sigurnosti objekta, testovi kojima se ispituje integritet primarnoga rashladnog kruga. Atmosfera unutar kontejnmenta također je pod nadzorom. Kontinuirano se mjere vlažnost, temperatura i radioaktivnost. Ventilacijski sistem unutar kontejnmenta je u pogonu. Nisko, srednje i visoko radioaktivni optad (istrošeno nuklearno gorivo) transportiraju se u odgovarajuća odlagališta.

Drugi stupanj obuhvaća maksimalnu dekontaminaciju opreme primarnoga rashladnoga kruga. Iz kontejnmenta se rasklapa, dekontaminira i odstranjuje veći dio opreme. Budući da je sada dekontaminirana, većinu te opreme moguće je koristiti i za druge namjene. Reaktorska posuda i bazen za istrošeno gorivo ograđuju se biološkim štitom. Kontrola u okolini biološkog štita se reducira, ali ne uklanja. Ventilacijski sistem u kontejnmentu se ili modificira ili uklanja ako nema više značajniju ulogu u radiološkoj zaštiti. Važno je naglasiti kako vrijeme izolacije rektorske posude i bazena za istrošeno gorivo ujedno determinira i vrijeme trajanja odabranog dekomisijskog scenarija. Reprezentativni radionuklidi za ocjenu vremena izolacije su Co-60 (gotovo 90%-tna zastupljenost u dekomisijskom otpadu, $T_{1/2}$ = 5,3 god.), Fe-55, Ni-59, Ni-63 i Nb-94 koji se javljaju kao aktivacijski produkti u konstrukcijskim materijalima primarnoga rashladnog kruga.

Primjena trećeg stupnja znači ujedno i kompletnu dekontaminaciju preostalih komponenti, sistema i građevisnkih struktura, njihovu razgradnju, pakiranje, transport i odlaganje. Nekontaminirane građe-

vinske strukture mogu se, dakako, koristiti u druge namjene. Lokacija postaje dostupna bez ikakvih ograničenja.

S obzirom na primjenu pojedinih stupnjeva razgradnje, ovakav koncept razlikuje uglavnom tri dekomisijska scenarija: (a) promptni stupanj 3 (odgovara DECON dekomisijskom scenariju); (b) stupanj 1 – 30 godišnja izolacija — stupanj 3 (odgovara SAFSTOR 30 dekomisijskom scenariju); i (c) stupanj 2 – 100 godišnja izolacija — stupanj 3 (odgovara pasivnom SAFSTOR 100 ili približno dekomisijskom scenariju ENTOMB).

3. OSNOVNE PRETPOSTAVKE DEKOMISIJSKOG PLANA ZA NE KRŠKO

Na temelju prethodno napisanog o sadržaju različitih dekomisijskih scenarija, u slučaju NE Krško, uz pretpostavke da će relevantna regulativa za ovo područje biti izrađena i da će se potrebna financijska sredstva za provedbu dekomisije na vrijeme osigurati, realno je pretpostaviti koncept prema kome se nisko i srednje radioaktivni otpad do daljnjega skladišti u privremenom skladištu u NE Krško. Drugim riječima, nisko i srednje radioaktivni otpad zadržava se na lokaciji NE Krško sve do trenutka izgradnje trajnog odlagališta na nekoj drugoj lokaciji. Sasvim realnom čini se i slična pretpostavka, a koja se odnosi na strategiju vezanu uz istrošeno nuklearno gorivo. Naime, istrošeno gorivo zadržava se u bazenu za hlađenje istrošenih gorivnih elemenata (mokro skladištenje). U ovisnosti o trenutku zatvaranja elektrane može se govoriti o proširenju kapaciteta bazena[1] ili pak o prelasku na suho skladištenje na lokaciji NE Krško za stanovit, manji ili veći broj gorivnih elemenata koji je dulji vrijeme odležao u bazenu pa više nije potrebno održavati efikasno vodeno hlađenje. Tim načinom gorivo je moguće sigurno čuvati i više desetljeća — sve do trenutka konačne odluke o izboru strategije gospodarenja s istrošenim gorivom. Takav pristup ima svoju utemeljenost i u aspektu smanjenja rizika. S tog gledišta nakritičnijim aktivnostima u cijelom procesu dekomisije pokazuju se manipuliranje, pakiranje i transport istrošenih gorivih elemenata. Za transport radioaktivnog otpada kao dekomisijske aktivnosti veže se stanoviti broj mogućih akcidenata koji u konačnici mogu prouzročiti čak i značajnije negativne učinke na lokalni okoliš i zdravlje profesionalnog osoblja. Ovakvim pristupom spram radioaktivnom otpadu, posebice istrošenim gorivnim elementima, transportne aktivnosti prolongiraju se, istina, za u ovom trenutku nedefinirano vrijeme, ali se time utječe na sigurnost dekomisijskog postupka, a time i na smanjenje rizika za okoliš i zdravlje ljudi. Jasno je kako ovakvo strateško opredjeljenje za slučaj razgradnje NE Krško determinira primjenu jednog od dekomisijskog scenarija SAFSTOR ili ENTOMB. Mogućnosti izvoza istrošenog goriva, njegova reprocesiranja i skladištenja u državi izvoza ili eventualnog povrata visoko radioaktivnog otpada, sada u bitno reduciranom volumenu, i njegova bilo privremena bilo trajna zbrinjavanja ovdje se ne mogu analizirati, već samo naznačiti.

4. EKOLOŠKE POSLJEDICE DEKOMISIJE

Utjecaji na okoliš što se javljaju u procesu dekomisije nuklearne elektrane uglavnom se razmatraju s obzirom na tri varijable: (a) prostornu varijablu; (b) vremensku varijablu (kratkoročni, srednjoročni pa čak i dugoročni utjecaji); i (c) vrstu utjecaja odnosno učinaka na zdravlje ljudi i okoliš. S time u svezi potrebno je naznačiti i stanovite pretpostavke. Naime, budući da se sada radi o pasivnom nuklearnom objektu, inicijalni događaji koji bi izazvali eventualne regionalne i globalne efekte na okoliš smatraju se praktično nevjerojatnim.[2] Vremenska varijabla razmatra se, dakako, na relativnoj vremenskoj skali. Vrste utjecaja općenito se očituju kao utjecaji na zdravlje ljudi i na okoliš. Pri tome se utjecaji na zdravlje ljudi razmatraju kao utjecaji na zdravlje profesionalnog osoblja, tj. okolnog stanovništva. Osim toga, za oba slučaja od interesa su, za ovu razinu analize, samo direktni utjecaji. Direktni utjecaj na zdravlje ljudi podrazumijeva one procese koji dovode do bolesti, invaliditeta ili smrti zbog izloženosti radioaktivnom zračenju bilo da je riječ o rutinskom ili akcidentalnom stanju. Dakle, ova analiza nije predviđena na toj razini da bi se procjenjivali i indirektni, tj. zakašnjeli utjecaji, utjecaji koje nije moguće prepoznati u kratkom vremenskom intervalu, već se očituju u bližoj ili daljoj budućnosti, a rezultat su u prvom redu znatnih razlika koje postoje u međusobnom odnosu između prostorne i vremenske varijable. U tablici 1. prezentirani su osnovni utjecaji na okoliš koji mogu nastupiti pri dekomisiji nuklearne elektrane. U tako prezentiranom kontekstu razmatranja, gdje zaposjednutnost prostora, efekti radijacije na zdravlje profesionalnog osoblja i eventualna kontaminacija tla i površinskih i podzemnih voda u normalnim, tj. neakcidentalnim situacijama tijekom perioda izolacije, s aspekta zaštite okoliša favorizira se odgođeni dekomisijski scenarij SAFSTOR. Vrijeme trajanja ovog dekomisijskog scenarija determinirano je u slučaju NE Krško konačnom odlukom o izboru strategije gospodarenja s istrošenim gorivnim elementima.

Kvantificiranjem učinaka, tj. konzekvencija koje rezultiraju utjecajem pojedinih objekata ili aktivnosti na zdravlje ljudi i okoliš i njihovim povezivanjem s vjerojatnošću pojave neželjenog događaja, dobivaju

[1] Pravokutni oblik bazena omogućava smještaj za 828 istrošenih gorivnih elemenata (8 modula po 72 ćelije i 4 modula po 63 ćelije). Trenutno je zaposjednuto istrošenim gorivnim elementima približno 50% ukupnoga kapaciteta bazena. Prelaskom na nov tip gorivnog elementa (VANTAGE 5) i produljenjem ciklusa goriva u reaktoru preostali kapacitet bazena može zadovoljiti potrebe pogona elektrane do 2001. godine. Do tog vremena, za slučaj da elektrana i dalje ostane u pogonu, morat će se donijeti odluka o daljoj strategiji postupanja s istrošenim gorivom. Jedna od mogućnosti je i proširenje kapaciteta bazena. Konfiguracija bazena je takva da omogućuje proširenje skladišnoga kapaciteta za dodatnih 414 ćelija za smještaj istrošenih gorivnih elemenata, što će zadovoljiti potrebe pogona elektrane sve do 2014. godine.

[2] Vjerojatnost pojave dogadaja manja je od 10^{-7}/god.

Tablica 1. Osnovni utjecaji dekomisije na okoliš

Kratkoročni efekti	Srednjoročni efekti	Dugoročni efekti
* zaposjednutost prostora * kontaminacija tla, površinskih i podzemnih voda u neakcidentalnim situacijama * kontaminacija tla i površinskih voda u slučaju transportnih akcidenata * termička polucija * efekti radijacije na zdravlje profesionalnog osoblja i okolnog stanovništva	* zaposjednutost prostora * kontaminacija tla, površinskih i podzemnih voda u akcidentalnim situacijama * efekti radijacije na zdravlje profesionalnog osoblja i okolnog stanovništva	* zaposjednutost prostora * efekti radijacije na zdravlje ljudi i kontaminaciju tla i voda (površinskih i podzemnih) kod ozbiljnih akcidenata

se rizici. Rizici zatvaranja NE Krško sastavljeni su od rizika koji rezultiraju dekomisijom i rizika koji rezultiraju nadomještanjem odgovarajuće količine električne energije iz drugih izvora. Pri tome je važno načiniti usporedbu rizika koje generira pogon nuklearne elektrane s jedne, i njezina dekomisija s druge strane. Isto tako, značajno je usporediti i rizike koje generiraju nadomjesni izvori električne energije, prije svega elektrane na fosilna goriva u odnosu na nuklearnu elektranu i njezinu dekomisiju. Na taj način stvara se kompletnija ocjena svih relevantnih rizika, koja time postaje jedna od osnovnih podloga za donošenje odluka.

5. UTJECAJ DOSADAŠNJEG POGONA NE KRŠKO NA ZDRAVLJE LJUDI I OKOLIŠ

Dosadašnji utjecaj pogona nuklearne elektrane na okoliš, uz ostalo (estetska promjena krajolika, psihološki utjecaj na stanovništvo i sl.), očitovao se dvama glavnim aspektima. To su radiološki i toplinski utjecaj.

5.1. Radiološki utjecaj

Tijekom normalnog pogona nuklearne elektrane, u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije stvaraju se radioaktivni otpadni materijali u sva tri agregatna stanja, pri čemu se kruti otpad i ukrućeni ostaci tekućeg otpada kondicioniraju tehnikama kompaktiranja i solidificiranja u standardne 205-litarske (55-galonske) čelične bačve, čime se zadovoljavaju kriteriji za njihovo privremeno skladištenje na lokaciji elektrane. Takvom tehnologijom i postupcima onemogućena je dislokacija krutoga radioaktivnog otpada, tako da ovaj osim eventualnoga manjeg utjecaja na zdravlje profesionalnog osoblja nema drugih učinaka.

Ispuštanja radioaktivnih plinova iz NE Krško u okoliš dvostruko su ograničena: (1) ograničenom koncentracijom radioaktivnih tvari u zraku na granici »isključivog područja NE Krško« (500 m od središta zaštitne zgrade — kontejnmenta) i (2) propisanom godišnjom efektivnom ekvivalentnom dozom od 50 μSv što je najizloženiji pojedinac[3] smije primiti u godinu dana. Važno je navesti i to da se radioaktivni plinovi moraju ispustiti isključivo u stabilnim meteorološkim prilikama, te da vremenski razmak između dva uzastopna ispuštanja iznosi minimalno 6 sati. U NE Krško se radioaktivnost ispustnih plinova mjeri u sabirnom ventilacijskom kanalu neposredno prije nego se ispuštaju u atmosferu. Od 54 izotopa koji se mogu javiti u ispusnim plinovima najzastupljeniji su plemeniti plinovi (uglavnom Xe-133), I-131, H-3, C-14 kao i dva cezijeva izotopa Cs-134 i Cs-137.

Glavnina nisko i srednje radioaktivnog otpada u NE Krško jest radioaktivni materijal koji se nalazi u procesnim tekućinama. Za odvajanje i preradu radioaktivnih materijala iz procesnih tekućina koriste se u NE Krško metoda ionske izmjene, metoda evaporacije i metoda separacije krute tvari (filtriranje). Primjena određene metode ovisi o izvoru i kontaminiranosti procesne tekućine i o radioaktivnom materijalu koji se želi odstraniti iz procesa. Otpadna voda iz sistema za obradu radioaktivnih tekućina crpkom se transportira u spremnik za mjerenje radioaktivnosti otpadnih tekućina, gdje se radiokemijskom analizom utvrđuje stupanj kontaminiranosti otpadne vode. Nakon usporedbe sa zakonskim kriterijima ona se ili ispušta u rijeku Savu ili vraća na ponovnu, tj. dodatnu obradu.

Ispuštanje radioaktivnih tekućina iz NE Krško, kao i u slučaju plinovitih ispusta, dvostruko je ograničeno: (1) propisanom koncentracijom radioaktivnih tvari u rijeci Savi i u tekućinama koje se ispuštaju i (2) dopuštenjem da se ispuste samo tekućine čija godišnja aktivnost H-3 ne prelazi 20 TBq (8 TBq za tri mjeseca), a aktivnost ostalih radioaktivnih tvari 200 GBq (80 GBq za 3 mjeseca).

Na temelju 10-godišnjega pogonskog iskustva i sustavnog aradiološkog monitoringa[4] koji se provodi u promjeru od 24 km u okolini NE Krško i uz rijeku Savu u dužini od 30 km, te usporedbom s propisanim izvedenim koncentracijama istih radionuklida za

[3] Najizloženiji pojedinac se definira kao pojedinac koji bi tijekom godine trebao popiti 730 litara vode iz rijeke Save, pojesti 16 kg ribe ulovljene u Savi i udahnuti 8 000 m³ zraka u neposrednoj blizini NE Krško.

[4] Nadzor radiološkog utjecaja NE Krško na okoliš provodi se od samog početka rada elektrane i obuhvaća kontrolu emisije svih tekućih i plinovitih radioaktivnih nuklida koje NEK ispušta u okoliš, kao i kontrolu imisije radioaktivnih nuklida u širi okoliš. Nadzor provode ovlaštene radne organizacije za ispitivanje kontaminacije radioaktivnim tvarima iz Slovenije i Hrvatske, i to Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana, Zavod za varstvo pri delu Republike Slovenije, Ljubljana, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb i Institut »Rudera Bošković«, Zagreb.

grupe pojedinaca u zraku i vodi[5], pokazuje se kako je radiološki utjecaj što ga generira NE Krško na zdravlje ljudi i okoliš gotovo zanemariv. Naime, radiološki utjecaj NE Krško najčešće se ocjenjuje putem procjene godišnje efektivne ekvivalentne doze što je primi najizloženiji pojedinac u okolici NE Krško. Mjerenje aktivnosti uzoraka u okolici NE Krško upravo omogućuje proračun godišnjih efektivnih ekvivalentnih doza. Rezultati ocjene ekvivalentnih doza pučanstva za 1990. godinu koji su temeljeni na mjerenjima i računskim modelima prikazani su u tablici 2. Iz tablice se vidi da je najizloženiji pojedinac u okolini NE Krško zbog radiološkog utjecaja pogona NE Krško tijekom 1990. godine dobio dodatnu efektivnu ekvivalentnu dozu od 2,3 μSv. Usporedba s dozom do prirodnog zračenja što mu je izložen svaki pojedinac u tom području pokazuje da je doza zbog utjecaja NE Krško tisuću puta manja. Slične su doze konstatirane radiološkim nadzorom i tijekom svih prethodnih deset godina pogona NE Krško. Sve izmjerene i kvantitativno procijenjene veličine koje pokazuju utjecaj NE Krško na okoliš zbog emisija elektrane u zraku i vodu bile su tijekom desetogodišnjeg razdoblja u skladu s propisanim vrijednostima.[6] Također je na osnovi mjerenja uzoraka u okolišu i efluenata u elektrani te proračuna utvrđeno da dodatni utjecaj na pučanstvo u okolici elektrane zbog pogona elektrane tijekom desetogodišnjeg razdoblja iznosi manje od tisućine efektivne ekvivalentne doze što je prosječno primi pojedinac izvan neposredne okolice elektrane.

Tablica 2. Radiološki utjecaj pogona NE Krško u 1990. god.

Izloženost zračenju	Utjecaj NEK-a	Prirodno zračenje	Opća kontaminacija
Vanjsko zračenje (op5mSv)	0,05	720	100,00[7]
inhalacija (μSv)	0,43	1.320	22,02
ingestija (μSv)	1,83	360	13,00
ukupno (μSv)	2,30	2,400	133,02

5.2. Toplinski utjecaj

NE Krško je elektrana PWR tipa s kombiniranim hlađenjem kondenzatora (protočno hlađenje i hlađenje uz pomoć rashladnih tornjeva). Neiskorištena, tj. otpadna toplina upravo se sistemom za hlađenje kondenzatora odvodi u Savu. Ograničenja koja se postavljaju na rad ovog sisstema, a time i na ograničenje toplinske polucije Save, četverostruka su: (1) Crpke sistema za hlađenje kondenzatora mogu oduzeti najviše 25% protoka rijeke Save. Ako protok Save iznosi 100 m^3/s ili više, govori se o normalnom pogonu elektrane i njezinu protočnom hlađenju. Ako je protok Save između 60 i 100 m^3/s, crpke sistema za hlađenje kondenzatora mogu oduzeti najviše 15 m^3/s protoka, a ostatak od 10 m^3/s nadomješta se radom rashladnih tornjeva (prelazak na kombinirano hlađenje). Kada protok rijeke Save padne ispod 60 m^3/s crpke sistema oduzimaju najviše 10 m^3/s, a ostatak se nadomješta radom tornjeva. U uvjetima kada je protok Save izuzetno nizak prelazi se na redukciju snage elektrane. (2) Temperatura Save u točki miješanja s toplom vodom iz elektrane ni u jednom trenutku ne smije premašiti 28°C. (3) Da bi se ograničila toplinska polucija Save ostatnom toplinom iz NE Krško, uveden je propis da NE Krško može raditi tako da u 24 sata prosječno dodatno zagrije Savu u točki miješanja za $\Delta T = 3°C$.[8] (4) Koncentracija kisika u Savi ograničava se tako da njezin dnevni prosjek ne smije pasti ispod 5 mg/1.

Općenito, otpadna toplina koja se predaje vodotoku izaziva niz negativnih učinaka na njegov akvatični svijet. S povećanjem temperature vodotoka povećava se i brzina kemijskih reakcija u njoj, povećava se toksičnost metala u vodi, te opada topljivost kisika u vodi, što dovodi do postupnog ugibanja živih organizama. Međutim, postoje i neki korisni učinci koji se pojavljuju pri povećanju temperature vodotoka. U prvom redu, ako količina kisika nije znatije smanjena, u toploj vodi se ubrzava rast i razvoj akvatičkog života, a poboljšava se i proces autopurifikacije. U svakom slučaju, rezultati nadzora rijeke Save[9] pokazuju da NE Krško svojim radom do sada nije ni na koji način ugrozila eksustav rijeke Save.

6. PREDVIDIVI UTJECAJI I RIZICI DALJEG POGONA NE KRŠKO

Predvidivi utjecaji daljeg pogona NE Krško na zdravlje ljudi i okoliš razmatrat će se u ovoj analizi s obzirom na normalni pogon elektrane (dalji radiološki i toplinski utjecaji) i s obzirom na moguće akcidentalne situacije (ocjena mogućih nezgoda u daljnjem pogonu NE Krško).

6.1. Dalji radiološki i toplinski utjecaj pogona NE Krško

Nastavkom pogona iz NE Krško će se i dalje ispuštati u okoliš male količine tekućih i plinovitih radionuklida. Utjecaj na okoliš tih radioaktivnih efluenata može se predvidjeti poznavanjem ispuštene količine radioaktivnosti i hidrološko-meteoroloških podataka o diluciji i disperziji na lokaciji elektrane. Svakako je najvažnije ispitati kakav će biti radiološki utjecaj radioaktivnih efluenata na ljudsku populaciju u okolini

[5] Prema Pravilniku o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekova okoliša i o objavljanju dekontaminacije iz 1987. godine koji se privremeno koristi u Republici Hrvatskoj, a preuzet je Zakonom o preuzimanju saveznih zakona iz oblasti zdravstva koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuju kao republički zakoni, NN 53/1991, str. 1524.

[6] Analizom dokumenta Poročilo desetletnega obdobja radiološkega nadzora v okolici Nuklearne elektrarne Krško, 1981 – 1990, NE Krško, Krško, Oktober 1991. nedvojbeno se nameće ovakav zaključak.

[7] Nije uzeta u obzir izloženost zračenju zbog medicinske dijagnostike.

[8] Zagrijavanje vode Save izračunava se na temelju podataka o protoku i temperaturi vode, te o količini i temperaturi rashladne vode iz elektrane. Metoda izračunavanja porasta temperature vode Save propisana je »Vodnogospodarskim dovoljenjem«.

[9] Nadzor toplinskog utjecaja NE Krško na rijeku Savu (tzv. neradiološki monitoring) provode: Kemijski Institut »Boris Kidrič«, Ljubljana; Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana; Zavod za zaštitu zdravlja grada Zagreba, Zagreb; Vodoprivredna radna organizacija Zagreb, Zagreb; Republički hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Zagreb i Centar za hidrološka mjerenja i istraživanja, Zagreb.

NE Krško. Pri procjeni tog utjecaja uzeti su u obzir predvidivi putovi i biološki mehanizmi kojima male količine ispuštene radioaktivnosti mogu djelovati na pučanstvo. Metode proračuna koje su korištene pri evaluaciji radiološkog utjecaja sugerirane su i preporučene od međunarodnih institucija, kao što su IAEA, NRC i ICRP (International Commission on Radiological Protection). Kada detaljno modeliranje nije moguće ili su mehanizmi nepoznati korištene su konzervativne pretpostavke kako bi se izbjegla mogućnost podcjenjivanja utjecaja. Korištenjem podataka iz Konačnog sigurnosnog izvještaja NE Krško za ispuštanje radioaktivnih izotopa i konzervativnih faktora dilucije i disperzije na lokaciji NE Krško izvršen je proračun godišnje doze koju primi najizloženiji pojedinac zbog ispuštanja plinovitih i tekućih radiaktivnih efluenata pri normalnom pogonu elektrane. Za ispuštanja plinovitih radioaktivnih efluenata izračunate su vanjske doze od radioaktivnog oblaka i depozicije radioaktivnih čestica i unutarnje doze od inhalacije i ingestije joda iz prehrambenog lanca. Konzervativna procjena maksimalne ukupne godišnje doze koju bi primio najizloženiji pojedinac zbog ispuštanja plinovitih radioaktivnih efluenata pri normalnom pogonu NE Krško predviđa vrijednost 12 μSv. Za ispuštanja tekućih radioaktivnih efluenata u Savu izračunate su vanjske i unutarnje doze zbog ingestije vode i riba. Konzervativna procjena maksimalne ukupne godišnje doze koju bi primio najizloženiji pojedinac zbog ispuštanja tekućih radioaktivnih efluenata pri normalnom pogonu NE Krško daje vrijednost od 1 μSV.

Da bi se moglo ocijeniti kakav je učinak ukupne godišnje efektivne doze od 13 μSv na pojedinca, potrebno je tu dozu usporediti s dozama kojima je zbog prisutnosti različitih prirodnih i umjetnih izvora i inače izloženo pučanstvo u okolici NE Krško. Usporedba te doze s dozom iz prirodnih izvora i izvora uvjetovanih drugim ljudskim aktivnostima (2535 μSv za područje oko NE Krško prema tablici 2. za 1990. god.) pokazuje da bi dodatno radiološko opterećenje zbog normalnog pogona NE Krško bilo manje od 1% opterećenja kojemu je zbog prirodnog zračenja i kontaminacije izloženo pučanstvo u okolici NE Krško. Uzimajući u obzir procijenjene doze, uz napomenu da su to maksimalne potencijalne doze, te rezultate dosadašnjeg radiološkog nadzora, treba očekivati da će radiološki utjecaj daljeg normalnog pogona NE Krško na okoliš i nadalje praktički biti zanemariv.

Tijekom daljeg pogona NE Krško okoliš elektrane će i dalje biti izložen termalnoj poluciji. I nadalje će najznačajniji biti toplinski utjecaj na rijeku Savu.

Uzimajući u obzir dosadašnji toplinski utjecaj NE Krško na okoliš i činjenicu da se relevantni parametri elektrane koji određuju toplinski utjecaj na okoliš neće promijeniti treba očekivati da toplinski utjecaj na okoliš uvjetovan daljnjim pogonom NE Krško neće imati negativne posljedice i da ekosustav Save neće biti ugrožen primanjem dijela otpadne topline elektrane.

6.2. Ocjena mogućih nezgoda u daljem pogonu NE Krško

Moguće nezgode u NEK-u klasificirane su u skladu s preporukama Američkoga nuklearnog društva (ANS)[10] u četiri kategorije prema očekivanoj učestalosti njihova pojavljivanja i potencijalnim radiološkim posljedicama. Moguće nezgode za sve kategorije analizirane su i opisane u Konačnom sigurnosnom izvještaju za NE Krško.[11] Za svaku nezgodu iz ovih kategorija provedena je podrobna analiza koja sadrži opis uzroka nezgode s početnim uvjetima i pretpostavkama, razvoj nezgode uz navođenje potrebe za funkcioniranjem inženjerksih sigurnosnih barijera i sistema i eventualnoga djelovanja profesionalnog osoblja, te rezultate proračuna ravzoja nezgode i njezinih radioloških posljedica uz navođenje metodologije i konzervativnih pretpostavaka. Rezultati analiza spomenutih nezgoda pokazali su da količine radioaktivnosti ispuštenih u okoliš rezultiraju dozama koje su u granicama što su propisane zakonskom regulativom.

U FSAR-u nije analizirana grupa nezgoda koje čine takvi tranzijenti kod kojih ne dolazi do brze obustave rada reaktora (tzv. ATWS[12]), no Westinghouse je generičkom studijom pokazao da su za njihove elektrane radiološke posljedice tih tranzijenata unutar zakonom propisanih vrijednosti. Sa stajališta utjecaja na okoliš najvažniji su kritični kvarovi koji mogu rezultirati taljenjem jezgre nuklearnog reaktora. Oni u FSAR-u također nisu analizirani. Međutim, probabilističkim analizama, po uzoru na WASH-1400, utvrđeno je da je vjerojatnost teškog kvara koji rezultira taljenjem jezgre, primjenjivanjem dodatnih sigurnosnih mjera nakon nesreće na elektrani Three Mile Island reducirana s vrijednosti od 10^{-3} po reaktor godini na vrijednost između 10^{-4} i 10^{-5} po reaktor godini. Kako su i u NE Krško uvedena ista takva sigurnosna poboljšanja, to se navedeni rezultat može ekstrapolirati i na NE Krško.

Rizici pogona nuklearnih elektrana kvantitativno su izraženi vjerojatnošću da će bilo koji predstavnik pučanstva smrtno stradati zbog posljedica pogona nuklearne elektrane. Zbog raširenosti nuklearnih elektrana tipa PWR rizik njihova pogona najviše je istraživan tako da postoji niz studija koje obrađuju rizik elektrana tipa PWR. Ukupan rizik pogona nuklearne elektrane uključuje rizik normalnog pogona, kao i rizik mogućih nezgoda. U nastavku se navodi interval za rizik pogona elektrane tipa PWR, uz napomenu da je rizik pogona NE Krško unutar tog intervala. Rizik normalnog pogona elektrana tipa PWR za pučanstvo koje živi u blizini nuklearne elektrane procijenjen je između 1 u 100 000 na godinu i 1 u 1 000 000 na godinu, dok je za rizik bilo koje nezgode ocijenjeno da je manji od 1 u 1 000 000 na godinu. Rizici klasičnih industrijskih postrojenja poznati su i iznose približno 1 u 10 000 na godinu. S obzirom na to da se vrlo malo

[10] Nuclear Safety Criteria for The Design of Stationary PWR Plants, ANS N. 18.2-1973.
[11] FSAR, Vol. 15.
[12] Anticipated Transients Without Scram.

novčanih sredstava ulaže u dalje smanjenje rizika od klasičnih industrijskih postrojenja, ti se rizici mogu smatrati gornjom granicom dopustivog rizika za bilo kojeg predstavnika pučanstva. Tako postaje evidentno da su rizici nuklearnih elektrana jedan do dva reda veličine manji od gornje granice dopustivog rizika koji se odnosi na klasična industrijska postrojenja.

7. OCJENA UTJECAJA DEKOMISIJE NE KRŠKO NA ZDRAVLJE LJUDI I OKOLIŠ

Glede radiološkog utjecaja dekomisije NE Krško na zdravlje ljudi i okoliš, možemo samo konstatirati kako su ti utjecaji u odnosu prema pogonskom stanju elektrane još niži. Naime, početni period relaksacije elektrane, kao i kasniji i dugotrajniji period izolacije karakteriziraju se bitno reduciranim ispuštanjem radioaktivnih plinova u atmosferu i Savu. Količine i koncentracije radioaktivnih izotopa koji se ispuštaju tijekom dekomisije ponajviše je ovisna o izabranoj vrsti dekontaminacijske tehnologije i intenzitetu njezine primjene, odnosno o tome je li riječ o minimalnoj, ograničenoj ili pak maksimalnoj dekontaminaciji komponenata, opreme, sistema i građevinskih struktura. Kvalitativno isti zaključak vrijedi kada se govori i o toplinskoj poluciji Save.

Jedna od glavnih zadaća dekomisijskog perioda jest ostvarivanje pasivne dozvole koja onemogućuju ponovno oživljavanje radne dozvole, tj. ponovnu kritičnost reaktora. Uklanjanje istrošenog nuklearnog goriva ili demontiranje vitalnih dijelova primarnoga rashladnoga kruga uvjet je za ovu dozvolu. No, neovisno o tome, nuklearna elektrana je u uvjetima dekomisije stvarno pasivni nuklearni objekt, i to je odlučujuća činjenica pri procjeni inicijalnih događaja koji u konačnici mogu dovesti do određenih akcidentalnih situacija. Vjerojatnost nezgoda uzrokovanih vanjskim inicijalnim događajima, kao što je u prvom redu potres, jednostavno se preslikava kao vjerojatnost koja vrijedi i za NE Krško, uz napomenu da su u uvjetima dekomisije konsekvence za okoliš, upravo zbog pasivnog statusa objekta, sada znatno smanjene. Ovakva nezgoda imala bi, dakle, u uvjetima dekomisije lokalni karakter. U unutrašnje inicijalne događaje koji mogu rezultirati nezgodama u uvjetima dekomisije ubraja se rukovanje istrošenim gorivnim elementima, rukovanje posudama za nisko i srednje radioaktivni otpad, kvarovi na sistemima za dekontaminaciju i kvarovi na sistemima koji ostaju u stanju funkcioniranja u početnom periodu relaksacije elektrane. U svakom slučaju, učinci ovakvih akcidenata ostali bi unutar granica lokacije i izazvali bi negativne utjecaje na zdravlje samo profesionalnog osoblja.

8. OCJENA UTJECAJA NADOMJESNIH IZVORA NA ZDRAVLJE LJUDI I OKOLIŠ

Pretpostavka je ovdje izložene analize da se električna energija iz NE Krško nadomješta iz elektrana na fosilna goriva (termoelektrane na ugljen, tekuće gorivo i prirodni plin). Nije zamišljeno da bi se ovom prilikom bavilo utjecajem hidroelektrana ili pak alternativnih izvora električne energije na zagađenje okoliša. Isto tako, eventualna orijentacija na kupovanje električne energije iz drugih država ne može se ovdje analizirati, već se može samo naznačiti kao moguća opcija. No, pri tome je ipak važno naglasiti da, pogotovu kada se govori o elektranama na fosilna goriva, lokalne pa zatim i regionalne i globalne efekte na okoliš što ih generira ova vrsta izvora električne energije nije moguće izbjeći.

Utjecaj elektrana na fosilna goriva na zdravlje ljudi i okoliš uglavnom je poznat. Učinci su lokalni (znatno zagađenje zraka i s tim u svezi promjena mikroklime), regionalni (kisele kiše) i globalni (efekt staklenika), dok se, promatrano na vremenskoj skali, oni iskazuju kao kratkoročni, srednjoročni i dugoročni. Produkti izgaranja termoenergetskih postrojenja o kojima je ovdje riječ su ugljik(II)-oksid, ugljik-monoksid, sumporni oksidi, dušični oksidi, organski spojevi, razne druge nečistoće u obliku krutih i tekućih čestica (čađa, vodena para i slično) te ostali staklenički plinovi.

Od dokazanih lokalnih efekata zagađenja zraka najvažniji su povećanje temperature, promjene u sadržaju relativne vlage, smanjenje Sunčeva zračenja koje dospijeva do tla (čestična tvar u zraku raspršuje i apsorbira Sunčevo zračenje), smanjenje vidljivosti. Dodatno, u slučaju termoenergetskih postrojenja, otpadna toplina predstavlja znatno većeg zagađivača atmosfere u smislu promjene mikroklime nego prisutni plinovi i čestice u atmosferi. Vrlo veliko toplinsko zagađenje atmosfere posebno utječe na lokalnu klimu urbanih i industrijskih središta.

Regionalni efekti proizlaze iz emisije »kiselih« plinova SO_2 i NO_x. Transport tih plinova i njihovih konverzijskih produkata sulfata i nitrata može se odvijati na velikim udaljenostima, više od 1 000 km. Na taj način povećava se depozicija emisijskih produkata na regionalnoj razini, gdje se talože sulfati i nitrati (»kisele oborine«). Utjecaji depozicije SO_2 i NO_x plinova i njihovih produkata kao najznačajnijih atmosferskih polutanata očituju se u izravnim oštećenjima zelenih površina i povećanju kiselosti zemljišta, podzemnih voda, rijeka i jezera.

U posljednjih dvadesetak godina postalo je jasno kako i male promjene npr. kemijskog sastava atmosfere mogu rezultirati vrlo ozbiljnim poremećajima unutar klimatskog sustava planeta. Najznakovitija manifestacija ovakve promjene jest pojava porasta prosječen globalne temperature, tzv. globalno zagrijavanje. Na razini današnjih shvaćanja ova pojava uzrokovana je efektom staklenika, čiji je fizikalni princip uglavnom razjašnjen. Zbog tog efekta srednja globalna temperatura na površini Zemlje na razini je 288 K (15°C), umjesto 255 K (–18°C), koliko bi iznosila kada ne bi postojala atmosfera sa svojim zaštitnim djelovanjem. Za tu pojavu unutar atmosfere zaslužna su fizička svojstva molekula nekih plinova iz njenog kemijskog sastava. To su tzv. staklenički plinovi, u koje se ubraja vodena para, ugljik(II)-oksid (CO_2), metan (CH_4), dušični dioksid (N_2O), ozon (O_3) i

freoni (klorofluorougljici), Ugljikodioksid je najvažniji pokretač efekta staklenika, odgovoran za približno 50% globalnog zagrijavanja. U koncentracijama u kojima se javlja u atmosferi (cca 350 ppm volumno), CO_2 ne djeluje štetno na zdravlje ljudi i ostalih živih bića, a osim toga, uz vodu je osnovni gradbeni sastojak biljkama pri procesima fotosinteze. Ugljikodioksid ulazi u atmosferu i izlazi iz nje biološkim procesima na moru i kopnu, a posljednjih stotinjak godina znatne količine CO_2 oslobađaju se i ljudskim aktivnostima, ponajprije spaljivanjem fosilnih goriva, pa mu koncentracija u atmosferi raste. Proizvodnja električne energije iz termoenergetskih objekata odgovorna je za otprilike 1/3 ukupne emisije CO_2. Pri tome emisije CO_2 za pojedinu vrstu fosilnog goriva iznose: za ugljen 0,93 t CO_2/toe [13], za tekuće gorivo 0,82 a za prirodni plin 0,52.

Zabrinjavajuće činjenice o emisiji CO_2 i ostalih stakleničkih plinova primorale su znanstvene, ali i političke strukture svijeta da se tijekom proteklog desetljeća ozbiljno pozabave tim problemom. Tako je na konferenciji u Torontu održanoj tijekom lipnja 1988. godine preporučeno smanjenje emisije CO_2 za 20% do 2005, odnosno 30% do 2020. godine. Isto tako, na Svjetskoj klimatskoj konferenciji održanoj 1990. godine u Genevi izražen je stav da je potrebno, ako se želi zadržati koncentracije stakleničkih plinova na današnjoj razini, reducirati upotrebu fosilnih goriva za više od 60%. Osim smanjenja upotrebe fosilnih goriva, temeljne mjere kojima bi se postigla željena redukcija emisija CO_2 jesu: (a) zamjena ugljena gorivima koja emitiraju manju količinu CO_2 po jedinici proizvedene energije (ponajviše prirodnim plinom); (b) veći oslonac na nuklearnu energiju i obnovljive izvore; (c) primjena restriktivnih mjera za kontrolu emisija CO_2, SO_x i NO_x; i (d) primjena suvremenih tehnologija za redukciju emisija ovih polutanata.

9. RIZIK DEKOMISIJE NE KRŠKO

U tablici 3. dan je usporedni prikaz kolektivne efektivne ekvivalentne doze na profesionalno osoblje NE Krško s podatkom koji se odnosi na prosječnu godišnju vrijednost tijekom desetogodišnjeg pogona elektrane i kolektivne doze koja bi se mogla očekivati za različite dekomisijske scenarije. Iz tablice se može zaključiti kako je rizičnost dekomisijskih scenarija SAFSTOR i ENTOMB za zdravlje profesionalnog osoblja u granicama rizika kojima su izloženi i u pogonu elektrane. Budući da je izloženost profesionalnog osoblja zračenju, s ekološkog aspekta, ključni parametar za izbor najprihvatljivijeg scenarija, to je prednost dekomisijskih scenarija SAFSTOR i ENTOMB očita.. Naime, ovdje se i kvantitativno potvrđuje ispravnom pretpostavka konstatirana u 3. poglavlju.

[13] toe-tone ekvivalentnog tekućeg goriva. Vrijednosti koeficijenata variraju ovisnosti o kvaliteti goriva.

Tablica 3. Kolektivna efektivna godišnja doza na profesionalno osoblje (čovjek-Sv)[14]

U toku pogona NE Krško	Granična (ciljna) vrijednost	ALARA Zahtjev (NE Krško)	DECON scenarij	SAF-STOR scenarij	Scenarij ENTOMB
1,6	1,7	2,0	6,3	1,5	1,3

U preliminarnom dekomisijskom planu za Rancho Seco[15] (Sacramento, SAD) pokazano je kako se za SAFSTORE dekomisijski scenarij ove elektrane očekuje godišnja kolektivna efektivna ekvivalentna doza na profesionalno osoblje u iznosu 4,2 čovjek-Sv.

Tablicom 4. dan je usporedni prikaz rizika kojem je izloženo profesionalno osoblje i okolno stanovništvo tijekom pogona nuklearne elektrane, njezine dekomisije i u toku pogona različitih termoenergetskih objekata. Pri tome su razmatrani samo fatalni efekti izraženi u broju smrtnih slučajeva po GW instalirane električne snage godišnje. Kvantifikacija zdravstvenih ili ekoloških utjecaja proizvodnje električne energije zasniva se na iskustvenim podacima, eksperimentalnim analizama, teorijskim studijama ili istraživanjima na ekološkim modelima. Razina točnosti u povezivanju uzroka i posljedica često je nedovoljna. Zato se uglavnom i izražava kvantifikacijom raspona utjecaja uz stanovitu vjerojatnost. Posljedice ekspozicije radijaciji i identificiranim kemikalijama dosta su dobro dokumentirane. Ti podaci dopuštaju kvantificiranje utjecaja kao rizik s određenim vremenskim pomakom.

Važno je naglasiti da su u tablici 4. prezentirane vrijednosti za rizike odnose samo na vrijeme normalnog pogona odgovarajućih elektroenergetskih objekata. Naime, rizici iskopavanja ugljena, ekstrakcije plina i nafte, rizici transportnih aktivnosti i rizici iz-

Tablica 4. Rizik za zdravlje profesionalnog osoblja i okolnog stanovništva za vrijeme normalnog pogona i dekomisije nuklearne elektrane i normalnog pogona ostalih termoenergetskih objekata (broj smrtnih slučajeva/GWe × god)[16]

Izvor rizika	Vrsta rizika	Rizik za prof. osoblje	Rizik za stanovništvo
pogon NE	direktni indirektni	0,07 – 0,50 0,07 – 0,37	0,001 – 0,01 0,005 – 0,20
dekomisija	direktni indirektni	0,008 0,005 – 0,012	– –
pogon TE na ugljen	direktni indirektni	0,16 – 1,7 0,13 – 1,1	0,1 – 1 2,0 – 6
pogon TE na tekuće gorivo	direktni indirektni	0,2 – 1,35 –	0,001 – 0,1 2 – 6
pogon TE na prirodni plin	direktni indirektni	0,1 – 1 –	0,2 0,004 – 0,2

[14] Podaci su preuzeti iz »Operating Experiance of Krško NPP«, NE Krško, November 1989. i »Bases for NEK Decommissioning Plan«, Bechtel National, Inc., San Francisco, 1990.

[15] WR elektrana snage 873 MW_e vlasnika Sacramento Municipal Utility District koja je ušla u komercijalni pogon 1975. godine a čiji je rad obustavljen 1989. godine.

[16] Podaci su preuzeti iz »Senior Export Symposium on Electricity and The Environment«, Helsinki, 13 – 17 May 1991., Key Issues Papers, IAEA, Vienna, 1991.

gradnje objekata isto kao i rizici koji se pojavljuju u dijelu nuklearnoga gorivnog ciklusa prije iskorištavanja gorivnih elemenata u reaktoru nisu uzeti u obzir iako je njihov doprinos ukupnim rizicima vrlo značajan. Prezentirani podaci za termoenergetske objekte, između ostalog, pretpostavljaju i visinu dimnjaka od 305 m i populaciju od 2,2 milijuna ljudi u radijusu 80 km. Rizici dekomisije nuklearne elektrane uključuju i transportne aktivnosti koje u kvalitativnom dijelu analize nisu razmatrane.

Kvalitativnom analizom, pa zatim i kompilacijom podataka iz dostupne litareture pokazalo se kako je prethodno pripremljeno zaustavljanje, tj. dekomisiju ili razgradnju nuklearne elektrane Krško moguće realizirati na ekološki sasvim prihvatljiv način. Rizici zatvaranja NE Krško podrazumijavaju kombinaciju rizika što se pojavljuju pri dekomisiji nuklearne elektrane i pogona zamjenskoga termoenergetskog objekta. S aspekta rizika pokazuje se kako je bilo koja kombinacija rizika zatvaranja nepovoljnija u odnosu na nastavak pogona NE Krško.

10. ZAKLJUČAK

Kvantitativna analiza utjecaja na okoliš koji mogu nastupiti pri zatvaranju nuklearne elektrane pokazala je da bi odgođeni dekomisijski scenarij SAFESTOR bio najprimjereniji za eventualnu dekomisiju NE Krško. Osnovni utjecaji zatvaranja na okoliš jesu zaposjednutost prostora, kontaminacija tla, površinskih i podzemnih voda u neakcidentalnim i akcidentalnim situacijama, termička polucija i radiološki efekti. Radiološke posljedice nezgoda zatvaranja uzrokovanih unutrašnjim inicijalnim događajima bile bi ograničene uglavnom na lokaciju elektrane i izvazvale bi negativan utjecaj samo na zdravlje profesionalnog osoblja. Treba naglasiti da bi prilikom prijevremenog zatvaranja NE Krško praktički sva radioaktivnost ostala na lokaciji elektrane sve do trenutka izgradnje trajnog odlagališta. Utvrđene su moguće nezgode zatvaranja NE Krško i njihovim kvalitativnim razmatranjem ocijenjeno je da su radiološke posljedice nezgoda pri zatvaranju koje su uzrokovane vanjskim inicijalnim događajima zbog pasivnog statusa objekta umanjene u odnosu prema pogonskim uvjetima.

Kontrola radioaktivnosti u okolišu NE Krško pokazala je da su mjerena i kvantitativno procjenjena opterećenja zbog utjecaja pogona NE Krško bila ispod zakonom propisanih graničnih vrijednosti. Predviđa se da će radiološki utjecaj daljeg normalnog pogona NE Krško na okoliš i ubuduće biti praktički zanemariv. Sličan zaključak odnosi se i na termičku poluciju Save.

Rezultati analize za moguće nesreće, kao i za tranzijente tijekom kojih ne dolazi do brze obustave rada reaktora (ATWS) pokazuju da su njihove radiološke posljedice unutar zakonom propisanih vrijednosti.

Rizik daljeg pogona NE Krško uključuje rizik normalnog pogona, kao i rizik mogućih nezgoda. Istraživanja provedena u nizu zemalja suglasna su u ocjeni da je rizik pogona nuklearne elektrane tipa PWR jedan do dva reda veličine manji od rizika klasičnih industrijskih postrojenja.

Kvantificirani su rizici koji se pojavjuju prilikom zatvaranja nuklearne elektrane, uzimajući u obzir i transport svih vrsta radioaktivnog otpada, i utvrđeno je da su manji od rizika karakterističnih za sam pogon nuklearne elektrane. Međutim, da bi se u cijelosti mogle spoznati ekološke posljedice prijevremenog zatvaranja nuklearne elektrane, nužno je osim ekoloških posljedica zatvaranja elektrane analizirati i ekološke posljedice nadomjesnih izvora energije. Uspoređeni su rizici pogona nuklearnih elektrana i odgovarajućih klasičnih elektrana, te je nedvojbeno konstatirano da su rizici nuklearnih elektrana znatno manji, tako da sa aspekta utjecaja na okoliš prijevremeno zatvaranje elektrane uz nadomjestak proizvodnje energije klasičnim elektranama nije opravdano.

LITERATURA

[1] Procjena ekoloških posljedica zatvaranja NE Krško, ETF, Zavod za visoki napon i energetiku, Zagreb, 1992.

[2] Financing Waste Management, Decommissioning and Site Rehabilitation in the Nuclear Industry, Uranium Institute, London, 1987.

[3] New Emphasis of IAEA's Program on Decommissioning, Pabitra L. De, Waste Management '91 — »Working Towards a Cleaner Environment«, Vol. 1, Tucson, Arizona, February 1991.

[4] A New Decommissioning Strategy for the United Kingdom, F. Passant, Nuclear Engineering International, October 1991.

[5] Rancho Seco Decommissioning Plan, Draft Report, March 1991.

[6] Decommissioning Nuclear Facilities, IAEA News Features, Number 6, February 1990.

[7] Problematika zapiranja NE Krško, IBE, Ljubljana, November 1990.

[8] Meritve radioaktivnosti v okolici nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 1990., Inštitut »Jožef Štefan«, Ljubljana, februar 1991.

[9] Electicity and the Environment, Background papers for a Senior for a Senior Expert Symposium held in Helsinki, 13 – 17 May, 1991., IAEA-TECDOC-624, IAEA, Vienna, September 1991.

[10] Comparative Health and Environmental Risks from Various Energy Sources, S. Haddad and R. Dones, IAEA Bulletin, Vol. 33, No. 3, Vienna, 1991.

[11] Energy and Electricyty Supply and Demands: Implications for the Global Environment, IAEA Bulletin, Vol. 33, No. 3, Vienna, 1991.

[12] Final Safety Analysis Report, Chapter 15, Accident Analysis, Revision 0, Nuklearna elektrarna Krško, Krško, October 1989.

[13] Westinghouse Anticipated Transients Without Trip Analysis, WCAP-8330, Westinghouse Electric Corporation, Pittsburgh, August 1974.

[14] The tolerability of risk from nuclear power stations, Health and Safety Executive, London, December 1987.

[15] R. DUBOIS, Risikovergleich verschiedener Technologien zur Stromerzeugung, Symposium ueber neue Technologien, Dubrovnik, Oktober, 1989

[16] J. RASSOW Risiken der Kernenergie, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1988.

[17] INSAG-5, The Safety of Nuclear Power, Safety Series No. 75-INSAG-5, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1992.

EVALUATION OF ECOLOGICAL RESULTS AND RISK FROM EARLIER SHUT--DOWN OF NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO

Basic assumptions of nuclear plant decomission are defined, described are current decomission scenarios and assumed are basic strategic guidelines of eventual decomission of NPP Krško. Analysed are the radiological and thermal influences on the people's health and the environment that are caused by NPP Krško operation until now. Assumed are radiological and thermal influences, that NPP Krško would generate during its future regular operation as well as in the case of a possible accident. The same approach is applied to the analysis of decomission influence on people's health and environment. The judgement of influence of substitute (thermal) sources on people's health and environment is also presented. The quantitative part of the analysis shows that postponed SAFESTOR decomission scenario from the aspects of people's health protection and environmental protection would be the most suitable for the eventual NPP Krško decomission. The risks of NPP Krško shut-down include the combination of risks that appear by nuclear plant decomission and substitute thermal plant operation. From the risk aspect it is shown that the earlier shut-down of NPP Krško together with the substitute production from classical plants is unjustifiedly unfavourable related to continuation of NPP Krško operation.

BEWERTUNG DER ÖKOLOGISCHEN FOLGEN UND RISIKEN DES VORZEITIGEN STILLEGENS DES KERNKRAFTWERKES KRŠKO

Es werden die Grundvoraussetzungen der Dekommission des Kernkraftwerkes definiert, die heute anwendbaren Dekommissions — Szenarien und die wichtigsten strategischen Richtlinien der möglichen Dekommission des Kernkraftwerkes Krško, vorgestellt. Es werden radiologische und Wärmeeinflüsse auf die Gesundheit der Menschen und die Umwelt, die das Kernkraftwerk bisher verursachte analysiert. Die radiologischen und Wärmeeinflüsse die das Kernkraftwerk im Laufe seiner regelmässigen Arbeit und auch im Falle evtl. Pannen verursachen würde, sind ebenfalls besprochen worden. Auf die gleiche Weise wurde auch der Einfluss der Dekommission auf die Gesundheit der Bevölkerung und die Umwelt analysiert. Es wurde die Beurteilung der thermoenergetischen Energiequellen auf die Gesundheit der Menschen und die Umwelt präsentiert. Im quantitativen Teil der Analyse wird festgestellt, dass verschobene Dekommissionsszenarium SAFESTOR was den Schutz der Bevölkerung und den Umweltschutz betrifft, für die Dekommission des Kernkraftwerkes Krško am günstigsten wäre. Die Risiken der Schliessung setzen die Kombination der Risiken voraus die sich bei der Dekommission der Kernkraftwerke und der Funktion des Ersatzobjektes zeigen. Es zeigte sich dass eine vorzeitige Stillegung des Kernkraftwerkes mit den klassischen Kraftwerken als Ersatz ungünstiger wäre als ein weiterer Einsatz.

Naslov pisaca:

Mr. Dejan Škanata, dipl. ing.
Javno poduzeće za zbrinjavanje RAO, d.o.o.
41000 Zagreb, Savska cesta 41/IV, Hrvatska
Dr. Dubravko Pevec, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet,
Zavod za fiziku
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 39,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-3-30.

SIGURNOST NUKLEARNIH ELEKTRANA

Prof. dr. Danilo Feretić, Zagreb

UDK 621.039.5
STRUČNI ČLANAK

Pitanje sigurnosti nuklearnih elektrana izaziva kontinuiranu pozornost i laika i stručne javnosti. Razmotren je odnos rizika stanovništva od rada nuklearnih postrojenja i rizika iz drugih razloga jer jedino takav pokazatelj može biti upotrijebljen za kvantifikaciju sigurnosti nuklearnog postrojenja.
Analizirane su zaštitne barijere i njihovo osiguranje u fazi projektiranja i pogona nuklearne elektrane. Upozoreno je na najbitnije elemente sigurnosnih zahvata koji pridonose zaštiti fizičkih barijera.
Razmotrena su i neka pitanja vezana za poboljšane izvedbe lakovodnih i teškovodnih reaktora.

Ključne riječi: nuklearna elektrana, sigurnost, ekologija.

1. UVOD

Sigurnost nuklearnih elektrana vezana je za sklop kompleksnih okolnosti te se nikako ne može vezati samo za jednu radnju ili pojavu. Zbog toga, kada razmatramo sigurnost kompleksnih objekata kakvi su objekti visoke tehnologije, a posebno sigurnost nuklearnih elektrana, moramo izgraditi konzekventan sustav gledanja na taj problem, koji se, prema INSAGU 3 (INSAG-International Safety Advisory Group je savjetodavna grupa Internacionalne komisije za atomsku energiju) može nazvati i sigurnosnom kulturom.

Posebno je potrebno odmah na početku istaknuti da se u nuklearnoj sigurnosti, kao uostalom i o sigurnosti uopće, ne može govoriti kao o apsolutnoj nego samo kao o relativnoj kategoriji. Apsolutne sigurnosti nema, te svaku pojavu koja se ne protivi danas poznatim fizikalnim zakonima treba smatrati mogućom. Ljudski je život neprekidno izložen nizu opasnosti raznih uzroka (bolesti, nesreće na radnom mjestu ili privatnom životu, prirodne katastrofe, prometne nesreće itd.). Na temelju svih tih uzroka može se definirati prosječni pokazatelj o broju smrtnih slučajeva ili oboljenja u toku ljudske životne dobi koji omogućuje određivanje tzv. faktora rizika kao prosječan broj (taj se obično iskazuje kao vjerojatnost) nastanka smrtnog slučaja ili oboljenja u određenom razdoblju. Kada govorimo o bolestima, efekte možemo podijeliti na somatske i genetske. Razdoblje u kojem se promatraju rizici obično je jedna godina.

Tek kada imamo takav pokazatelj možemo kvantificirati relativni kriterij sigurnosti nuklearnog ili bilo kojega drugog postrojenja. Naime, sigurnost možemo smatrati zadovoljavajućom ako se ukupni rizik stanovništva oko nekog postrojenja vrlo malo povećava zbog rada tog postrojenja (obično se traži da je to mnogo manje od 1%).

Time smo ujedno dobili i kriterij za kvantitativnu usporedbu sigurnosti raznih tipova postrojenja (uključivši i razne tipove energetskih postrojenja).

2. RIZICI ZBOG RADA NUKLEARNIH POSTROJENJA

Jedna od prvih analiza te vrsti, koja je zbog toga i vrlo popularna, jest WASH-1400 (poznata i kao Rasmussenov izvještaj) iz 1974. godine, koja je dala prve kvantitativne podatke o relativnoj sigurnosti nuklearnih elektrana. Studija je vrlo opsežna i zasniva se na probabilističkoj analizi rizika (PRA), pri kojoj se ocjenjuje rizik za okoliš na temelju odabranog spektra unutarnjih i vanjskih inicijalnih događaja.
Zbog velikog opsega studije analiza dobivenih rezultata zahtijeva dosta vremena. Ovdje ćemo prikazati jedan od rezultata koji je vrlo ilustrativan.
U studiji su razmotreni rizici kojima su podvrgnuti stanovnici koji žive u okolici američkih nuklearnih elektrana. Sve su to elektrane s lakovodnim reaktorima (PWR ili BWR). Na udaljenosti od 30 km od 25 analiziranih nuklearnih elektrana živi približno 15 milijuna ljudi. Prema analizi godišnji rizici tih ljudi, izraženi brojem smrtnosti ili ozljeda dani su tablicom 1.

Tablica 1. Očekivani godišnji broj smrtnih slučajeva i ozljeda zbog različitih uzroka za 15 milijuna ljudi koji žive na udaljenosti od 30 km oko 25 nuklearnih elektrana

Uzrok nezgode	Broj smrtnih slučajeva	Broj ozljeda
Automobilske nesreće	4 200	375 000
Padovi	1 500	75 000
Požar	560	22 000
Udar struje	90	– – –
Udar groma	8	– – –
Rad 100 nuklearnih elektrana	0,3	6

Kao daljnji primjer rizika populacije od rada nuklearne elektrane možemo promotriti analizu koja u slučaju NE Sizewell B (Velika Britanija) uspoređuje rizik okolnog stanovništva od rada te nuklearne elektrane s rizicima od transporta zrakom i od rada postrojenja na prirodni plin Canvay Island. Kao podloga za usporedbu uzeta je vjerojatnost gubitka 10 ljudskih života u nesretnim slučajevima. Prema statistici i studijama vjerojatnosti, u zrakoplovnim nesrećama u svijetu se godišnje gubi približno 1 000 života (vjerojatnost gubitka 10 života je dakle 10^2 godišnje). U automobilskim nesrećama je smrtnih slučajeva još mnogo više. Nasuprot tome, vjerojatnost gubitka 10 ljudskih života zbog nesreće na postrojenju prirodnog plina u Canvey Islandu je jednom u 1 000 godina (vjerojatnost 10^{-3} događaja godišnje), a zbog kvara na nuklearnoj elektrani Sizewall B jednom u 100 milijuna godina (vjerojatnost 10^{-8} takvih događaja godišnje).

Ta i slične analize pokazuju da je povećanje rizika zbog rada nuklearnih elektrana bitno manje od drugih rizika s kojima se inače susrećemo u životu.

3. USPOREDBA ENERGETSKIH POSTROJENJA SA STAJALIŠTA UTJECAJA NA OKOLIŠ

Opskrba električnom energijom danas je civilizacijska potreba i uvjet za održanje kvalitete života na suvremenoj razini. Općenito se može tvrditi da su rizici stanovništva u slučaju pomanjkanja opskrbe električnom energijom (koji se ogledaju u utjecaju na higijenu, zdravstvene i bolničke usluge, prehranu, rasvjetu i signalizaciju, održavanje temperature životnih prostora itd.), izraženi brojem oboljelih i preminulih osoba bitno veći od onih koji izaziva rad bilo kojeg energetskog objekta. Prema navedenom, analiza ekološkog utjecaja isključenja energetskog objekta iz proizvodnje mora uključiti analizu ekološkog utjecaja nadomjesnog objekta. Bez takve analize dobivamo iskrivljeni rezultat.

Nije opravdano računati da će se nadomjesna energija zamisliti uvozom temeljne električne energije (dakle prebacivanjem ekološkog rizika izvan granice) jer i druge zemlje imaju iste ekološke ciljeve, pa uvoz električne, dugoročno gledano, mora rezultirati pomanjkanjem energije iz uvoza ili neprihvatljivom cijenom.

Kada se kompariraju ekološki utjecaji energetskih objekata treba imati na umu cijeli tehnološki proces gradnje i gorivog ciklusa (gradilište, upotrebljeni materijali i njihova proizvodnja, dobivanje i prerada goriva, upotreba goriva u energetskom objektu, otpadni materijal iz energetskog objekta te njihovo ispuštanje u okoliš ili uskladištenje). Nije posrijedi, dakle, utjecaj na okoliš samo tijekom pogona objekta.

U svijetu se tek u posljednjih desetak godina pristupilo sustavnijem radu na analizi komparativnog rizika od rada energetskih objekata. Na temelju niza studija i dokumenata institucija i autora (kao što su studije, WASH 1224, UNEP, CEPN, IPSN, te autori Inhaber, Ferguson, Kallenhach,Fritzshe i dr.) učinjene su više ili manje kompletne analize tog problema. Radovi Fritzshea iz Švicarske daju jedan od cjelovitih prikaza. U svibnju 1991. održana je u Helsinkiju međunarodna konferencija eksperata pod nazivom »Electricity and Environment« posvećena uprvo utjecaju raznih sustava za proizvodnju električne energije na okoliš. Konferenciju su organizirale najvažnije svjetske institucije mjerodavne za tu problematiku (CEC, CMEA, ECE, IAEA, IIASA, OECD/NEA, UNEP, IBRD, WHO, WMO). Dio materijala konferencije [4] koji se odnosi na zdravstavene i ekološke efekte energetskih postrojenja (key issue paper No. 3) zasnovan je na rezultatima do sada raspoloživih radova iz tog područja. Analizirat ćemo neke od najbitnijih dostignuća koji su relevantni za razmatranu problematiku. Numerički podaci o ekološkom utjecaju raznih energetskih objekata na okoliš preuzeti su iz materijala te konferencije.

Zdravstaveni rizici zbog proizvodnje električne energije

Proizvodnja električne energije izaziva široki spektar zdravstavenih rizika kako za uposleno osoblje tako i za šire stanovništvo. Neki od uzroka tih rizika opće su poznati (npr. nesreće u rudnicima ugljena), a drugi još uvijek nedovoljno kvantificirani (rizici od kanceroznih bolesti zbog emisija termoelektrana ili nuklearnih elektrana). Podrobna kvantifikacija tih rizika zahtijeva velik uzorak i dugo promatranje u definiranim uvjetima.

Posebno je teško brojčano odrediti broj dodatnih kanceroznih bolesti zbog velike »prirodne« učestalosti tih oboljenja (oko 20% vjerojatnosti tijekom životne dobi pojedinca), dugog vremena do pojave i raznorodnosti tipa kanceroznih oboljenja.

Velik udio u riziku stanovništva od bolesti ima psihološki učinitelj, uglavnom stresne situacije. Ta vrsta rizika nije nužno povezana sa stvarnom opasnošću. Psihološki faktor dolazi posebno do izražaja u usporedbi rizika nuklearnih i klasičnih postrojenja. Nuklearna postrojenja sadržavaju za javnost nepoznatu tehnologiju i nedovoljno poznate opasnosti. Nepoznate opasnosti se teže prihvaćaju i time se stvara dojam o povećanim rizicima. Nasuprot tome javnost ravnodušnije reagira na ispuštanje toksičnih supstancija iz termoelektrana jer je riječ o riziku na koji smo već naraštajima navikli.

Osim toga, nuklearna se energija i nuklearni materijali koriste i u vojne svrhe, što stvara dodatni osjećaj rizika u njihovoj primjeni.

Rizici od nuklearnih doza mnogo su bolje proučeni od rizika od kemijskih supstancija. Ti su rizici objavljeni u nizu međunarodno prihvaćenih dokumenata (npr. BEIR III i V, UNSCLEAR, ICRP 26, IAEA...) pa ih ovdje nije potrebno posebno navoditi.

Uz to, kemijska goriva se osim u energetici uvelike rabe u industriji, domaćinstvima i transportu, što otežava odvajanje zdravstvenih utjecaja emisija koje treba pripisati energetici. To se posebno odnosi na stanovništvo u gradovima i industrijskim središtima.

Kemijski agensi koji nastaju tijekom rada termoenergetskih postrojenja i koji imaju kancerogeno djelovanje vrlo su raznorodni. Neki od tih agensa s oznakom stupnja kancerogenosti dani su u tablici 2.

Tablica 2. Kancerogeni agensi koji nastaju tijekom rada energetskih postrojenja (podaci Međunarodne agencije za istraživanje raka, [4])

	Stupanj kancerogenosti
Neorganske supstancije	
Arsen i njegovi spojevi	1
Azbest	1
Spojevi kroma	1
Radon i produkti radioaktivnog raspada	1
Berilij i njegovi spojevi	2A
Kadmij i njegovi spojevi	2A
Kristalni silicij	2A
Antimon-trioksid	2B
Spojevi olova	2B
Metalni nikal	2B
Policiklični aromatski ugljikovodici	
Benz(a)antracen	2A
Benzo(a)piren	2A
Dibenz(a,h)antracen	2A
Benzo(b)fluoranten	2B
Benzo(j)fluoranten	2B
Benzo(k)fluoranten	2B
Dibenzo(a,h)piren	2B
Dibenzo(a,i)piren	2B
Dibenzo(a,l)piren	2B
Indeno(1,2,3-cd) piren	2B
Policiklični nitroaromatski ugljikovodici	
1,6-dinitropiren	2B
1,8-dinitropiren	2B
6-nitrokrisen	2B
2-nitrofluoren	2B
1-nitropiren	2B
4-nitropiren	2B
Ostali	
Benzen	1
Krute čestice u dimnim plinovima	1
Etilendibromid	2A
Formaldehid	2A

1 — dokazano kancerogene supstancije
2A — vjerojatno kancerogene supstancije
2B — potencijalno kancerogene supstancije

Kvantificiranje zdravstvenih rizika zbog rada elektroenergetskih postrojenja

Prema navedenome, radom termoelektrana na fosilna goriva emitiraju se sumporni i ugljični dioksid, dušični oksid, ugljični monoksid, ugljikovodici i policiklički aromatski spojevi (PAS), metala i radionuklida. Količina emisija ovisi o vrsti ugljena, a koncentracija o zemljopisnom položaju i atmosferskim uvjetima. Prema podacima iz SAD, emisije u atmosferu termoelektrana izražena u t/1 000 MW god. jesu:

Gorivo	SO_2	NO_x	Ugljikovodici
Ugljen	23 200	23 200	44.9
nafta	31 000	11 600	42.0
prir. plin	21,5	2 500	35.6

Prirodni plin je s gledišta utjecaja na okoliš najpovoljniji energent.
Emisije kancerogenih PAS supstancija nisu dane jer za te emisije ne postoje sređeni podaci.
Utjecaj energetskih objekata na zdravstvene rizike potrebno je u cjelini podijeliti na dvije kategorije:

Izravni utjecaji

Izravni utjecaji su oni koji uzrokuju bolesti, invaliditet ili smrt zbog ekspozicije štetnim tvarima koje rezultiraju iz kontinualne ili akcidentne emisije, ili koje uzrokuju takve promjene u ekosustavu iz kojih slijede štete ili gubici bioloških vrsta. Izravni utjecaji uključuju direktni zdravstveni utjecaj zbog ekspozicije štetnim tvarima ili direktni ekološki utjecaj zbog upotrebe zemljišta ili depozije štetnih tvari u zemljište.

Posredni utjecaji

Među posredne utjecaje ubrajaju se oni utjecaji energetskih objekata na okoliš koji nisu neposredno vidljivi, ali koji dugoročno mogu narušiti ekosustav. Kvantifikacija tog utjecaja je vrlo teška i složena zbog njegove široke i nedovoljno definirane raspodjele u prostornoj i vremenskoj skali. Tipični primjeri posrednog utjecaja elektroenergetskih objekata na okolinu su globalno zagrijavanje i taloženje kiselina u zemljištu zbog kiselih kiša. Kiselost zemljišta može prouzrokovati štetu za zdravlje npr. otapanjem teških metala u zemljištu i njihovim ulaskom u prehrambeni lanac ili pitku vodu. Globalno pak, zagrijavanje može prouzročito smanjenje proizvodnje hrane u pojedinim područjima svijeta i tako indirektno povećati smrtnost od gladi ili pothranjenosti.

Glavni doprinos globalnom zagrijavanju atmosfere daju plinovi emitirani iz industrijskih i energetskih objekata. To su CO_2, CH_4, N_2O i klorfluorougljici (KFU). Srednja koncentracija tih plinova u atmosferi, izražena u ppm, jest 350 1, 7, 0, 31 i 0.0035, a njihov doprinos globalnom zagrijavanju u postocima 50, 22, 7, 17. Ugljik(II)-oksid pridonosi zagrijavanju atmosfere s 50%. Treba učiti relativno velik doprinos KFU unatoč maloj koncentraciji tih plinova u atmosferi.

Usporedne analize zdravstvenih rizika zbog rada energetskih objekata uglavnom se ograničavaju na izravne utjecaje, zanemarujući posredne utjecaje. To je zato što je posredne utjecaje na zdravlje mnogo teže kvantificirati. Ipak, posredni utjecaji danas su predmet interesa mnogih zemalja i ekoloških organizacija (posebno globalno zagrijavanje zbog emisija CO_2)
Evidentno je da bi uzimanje u obzir i posrednih utjecaja promijenilo dobivene rezultate koji slijede iz izravnih utjecaja na štetu elektrana koje troše fosilna goriva (posebno termoelektrana na ugljen).

Kada govorimo o utjecaju energetskih objekata na zdravlje ljudi, u osnovi razlikujemo rizike kojima je podvrgnuto zaposleno osoblje u energetskim objektima (profesionalni rizici) i rizike koji se odnose na okolno stanovništvo. Rizike možemo podijeliti na

momentane (koji slijede iz momentanih jakih ekspozicija štetnim tvarima ili iz akcidentalnih situacija) i zakašnjele (koji rezultiraju iz kroničnog izlaganja štetnim supstancijama).

Ekološki rizici mogu biti globalni, regionalni ili lokalni, a njihovo djelovanje kratkoročno ili dugoročno.

Kvantifikacija zdravstvenih ili ekoloških utjecaja zbog proizvodnje električne energije zasniva se na iskustvenim podacima, eksperimentalnim analizama (pokusi na životinjama), teorijskim studijama ili istraživanja na ekološkim modelima. Razina točnosti u povezivanju uzroka i bioloških posljedica često je nedovoljna. Zato se uglavnom izražava kvantifikacijom gornjih i donjih granica utjecaja unutar odgovarajuće vjerojatnosti njegova nastanka.

Posljedice ekspozicije radijacije i identificiranim kemikalijama prilično su dobro dokumentirane u mnogim razvijenim zemljama. Ti podaci dopuštaju kvantificiranje utjecaja kao rizik s određenim vremenskim pomakom.

Razine rizika od malih ekspozicija (što je najčešće) ekstrapoliraju se iz poznatih efekata većih ekspozicija na temelju modela koji pretpostavljaju odgovarajuću funkcionalnu vezu između ekspozicije i njezinih posljedica. Za kemijske i radijacijske ekspozicije većina međunarodnih ekspertnih grupa prihvaća linearnu funkcionalnu vezu, bez praga utjecaja. Takvu je linearnost kod malih doza odnosno ekspozicija teško verificirati. Najsnažniji argumenti u korist linearne hipoteze jesu:

— opće uvjerenje da linearna hipoteza daje gornju razinu rizika (konzervativni pristup)
— uvjerenje da su utjecaji kancerogenih supstancija po svom djelovanju kumulativni.

Zbog toga se linearna hipoteza primjenjuje na one agense odnosno supstancije koje se u djelu u prirodi (pozadinsko zračenje odnosno koncentracija kancerogenih tvari).

Za mnoge kemijske supstancije raspoloživi podaci daju malu mogućnost za kvantifikaciju veze ekspozicija – rizik. Kvantifikacija rizika traži:

— identifikaciju ispuštanja iz energetskog objekta, kako kvantitativnu tako i kvalitativnu
— matematičko modeliranje okoline i validaciju modela
— proračun raspodjele emisija u okoliš
— definiciju veze ekspozicija (doza) — posljedice na temelju poznatih efekata velikih doza
— utvrđivanje vjerojatnosti pojave rijetkih događaja
— određivanje posljedica u vidu broja momentalnih ili zakašnjelih smrtnih slučajeva i oboljenja
— kritičku procjenu nesigurnosti proračuna i vjerojatnih granica djelovanja.

Statistički rizici zbog rada elektroenergetskih postrojenja

Na temelju raspoloživih statističkih podataka rizici zbog rada elektroenergetskih postrojenja dani su u sljedećim tablicama. Vjerodostojni podaci postoje u donekle upotrebljivom obliku za termoelektrane (osobito termoelektrane ložene ugljenom) i nuklearne elektrane.

Tablica 3. Termoelektrane na ugljen (broj nesreća na 1 000 MW god. proizvedene električne energije [4])

Izvor		Vrsta rizika	Profesionalno osoblje	Stanovništvo
iskop ugljena	dubinski	momentani	1,2 – 1,67	
		zakašnjeli	0,24 – 1,46	
	površinski	momentani	0,09 – 0,17	
transport	željeznica		0,00015 – 0,022	0,37 – 0,54
	cestovni	momentani	0,014 – 2,4	0,6 – 2,4
	vodeni		0,062 – 1	0,07 – 0,28
pogon		momentani	0,023 – 0,44	
elektrane		zakašnjeli		0,26 – 22,0

Iz tablice razabiremo da osnovni rizici šire populacije od rada termoelektrana na ugljen potječu iz cestovnog transporta ugljena i samog pogona temroelektrane. Potrebno je uočiti znatnu nesigurnost u procjeni rizika (dva reda veličine) kada je riječ o riziku populacije od pogona termoelektrana na ugljen. Glavne posljedice od rada termoelektrana jesu bolesti respiratornih organa i kancerozna oboljenja zbog emisije SO_2, CO, policikličkih organskih spojeva, pepela, metala i radionuklida te zagađenja podzemnih voda od deponija pepela i šljake.

I termoelektrane na prirodni plin imaju svoj utjecaj na zdravlje, koje je ipak znatno povoljnije od utjecaja termoelektrana na ugljen. U tablici 4. taj je utjecaj kvantificiran [4].

Tablica 4. Termoelektrane na prirodni plin (broj nesreća na 1 000 MWgod. proizvedene električne energije)

Izvor		Vrsta rizika	Profesionalno osoblje	Stanovništvo
ekstrakcija	kopno	momentani	0,03 – 0,2	—
	more		0,1 – 0,7	—
prerada		momentani	0,0004 – 0,003	—
transport		momentani	0,009 – 0,2	0,2
rad termoelektr.		momentani	0,009 – 0,018	0,001 – 0,017

Za nuklearne elektrane bolje razrađeni statistički rizici u svim fazama tehnološkog procesa, od dobivanja rude do dekomisije i zbrinjavanja radioaktivnog otpada. Podatke o tome daje tablica 5.

Sumarno se na temelju raspoloživih statističkih podataka i njihove teorijske obrade mogu postaviti usporedni odnosi između pojedinih energetskih izvora s rasponima nesigurnosti koji obuhvaćaju većinu raspoloživih podataka. Rezultat analiza daje tablica 6.

Tablica 5. Nuklearne elektrane (broj nesreća na 1 000 MW god. proizvedene električne energije [4])

Izvor		Vrsta rizika	Profesionalno osoblje	Stanovništvo
iskop urana	dubinski	momentani	0,045 – 0,36	–
		zakašnjeli	0,07 – 0,37	0,0012 – 0,16
	površinski	momentani	0,05 – 0,11	–
		zakašnjeli	0,06	0,0125
prerada urana		momentani	0,006 – 0,017	–
		zakašnjeli	0,0367 – 0,13	0,000 23 – 0,05
transport goriva		momentani	0,001 – 0,012	0,001 – 0,01
		zakašnjeli	0,001 – 0,0048	0,0011 – 0,21
rad nuklearne elektrane		momentani	0,013 – 0,023	–
		zakašnjeli	0,32 – 0,38	0,01 – 0,1
prerada odzr. goriva		momentani	0,005 – 0,02	–
		zakašnjeli	0,0063 – 0,025	0,003 – 0,125
dekomisija		momentani	0,0008	–
		zakašnjeli	0,005 – 0,012	?
odlaganje otpada		zakašnjeli	0,0015	0,000 02 – 0,1

Tablica 6. Sumarni rizik od rada elektrana (u 1000 MW/god. proizvedene električne energije [4])

Vrsta elektrane	Profesionalno osoblje		Stanovništvo	
	momentani	zakašnjeli	momentani	zakašnjeli
termoelektrane na ugljen	0,16 – 1,7	0,13 – 1,1	0,1 – 1	2 – 6
termoelektrane na naftu	0,20 – 1,35	?	0,001 – 0,1	2 – 6
termoelektrane na prirodni plin	0,1 – 1	?	0,2	0,004 – 0,2
nuklearne elektrane	0,07 – 0,5	0,07 – 0,37	0,001 – 0,01	0,005 – 0,2

Potrebno je upozoriti da je navedenim tablicama obuhvaćen rizik od **normalnog rada elektrana (bez katastrofalnih akcidenata).** Zato rizike od akcidenata u energetskim objektima moramo raspraviti zasebno.

Veće nesreće na elektroenergetskim objektima i njihove posljedice

Klasične elektrane

Statistika o posljedicama katastrofalnih kvarova u posljednjih dvadesetak godina pokazuje da su pri korištenju termoelektrana to pretežno nesreće u rudnicima ugljena i nesreće pri transportu ugljena. Te su nesreće u proteklom desetljeću odnijele nekoliko stotina ljudskih života.

Eksplozije i požari u postrojenjima za proizvodnju i prijenos tekućeg goriva u istom razdoblju prouzročili su smrt približno 200 zaposlenih ljudi u tim postrojenjima i više od 500 ljudi među stanovništvom. Najveća nesreća te vrste u proteklom razdoblju bila je na naftovodu u Brazilu (lokacija Cubato), gdje je zbog eksplozije i požara naftovoda život izgubilo oko 500 ljudi.

Mnogo su više ljudskih života odnijele eksplozije plinovoda (u Rusiji više od 1 300, u Meksiku oko 600, u Španjolskoj 216). Sve to pokazuje da uporaba plina kao energetskog goriva nije nipošto lišena ekoloških posljedica.

Ipak, brojem neposrednih žrtava u nesrećama ispred svih su energetskih objekata hidroelektrane. Nesreće kod tih objekata uglavnom su posljedica rušenja brana na akumulacijskim jezerima. I u Hrvatskoj je prijetila opasnost da se rušenjem brane HE Peruča izazove nesreća velikih razmjera. Najveće nesreće na branama hidroelektrana u posljednja tri desetljeća u svijetu i odgovarajući broj žrtava su [4]:

— Vaiont, Italija, 1963. god. 1 989 žrtava
— Machu 2, Indija, 1979, god. 2 500 žrtava
— Gujarati, Indija, 1979. god. 15 000 žrtava
— Orissa, Indija, 1980. god. 1 000 žrtava
— Canyon Lake, SAD, 1972. god. 240 žrtava.

Ovdje je riječ samo o neposredno poginulim prilikom nesreće u energetskom postrojenju. Broj naknadnih žrtava zbog ranjavanja i sl. nije uključen.

Nuklearne elektrane

Jedina nesreća u nuklearnoj elektrani koja je imala kao posljedicu ljudske žrtve jest ona na nuklearnoj elektrani Černobilj. U nesreći na NE Černobilj (treba ponovno naglasiti da je riječ o tipu nuklearnog reaktora koji nije građen prema prihvaćenim sigurnosnim normama i za koji ne vrijede provedene sigurnosne analize) bila je 31 neposredna žrtva. Konačni naknadni broj žrtava zbog ozračivanja nije poznat. U studiji IAEA (INSAG-1) je korištenjem dosta konzervativne korelacije između primljene kolektivne doze

i broja dodatnih smrtnih slučajeva od raka u toku životne dobi zaključeno da treba među evakuiranim u okolici elektrane (135 000 ljudi koji su primili kolektivnu dozu od približno $1,6 \times 10^4$ Sv) očekivati oko 170 dodatnih oboljenja od raka, odnosno povećanje od 0,6% u odnosu na neozračenu populaciju.

Potrebno je dodati da detaljna naknadna međunarodna studija o posljedicama nesreće na nuklearnoj elektrani Černobilj (na izradi studije sudjelovale su sve relevantne međunarodne institucije — WHO, WMO, IAEA, FAO, CEC, ILO, UNSCLEAR), koja je dovršena 1991. godine, pokazuje da je kolektivno primljena doza stanovništva u okolici NE Černobilj niža od one koja je bila pretpostavljena, tako da će pouzdani dodatni broj slučajeva oboljenja među ozračenima u odnosu na neozračenu populaciju biti vrlo teško utvrditi.

Iskustvo s kvarovima lakovodnih reaktora

Kod nuklearnih elektrana s lakovodnim reaktorima (među kojima je i NE Krško) jedini ozbiljniji kvar do sada dogodio se na elektrani Otok tri milje u SAD 1979. godine. Taj kvar nije rezultirao ni jednim smrtnim slučajem ni ozljedom među stanovništvom. Najveće ozračenje pojedinca bilo je kudikamo više od granice pri kojoj se pojavljuju zdravstveno relevantne posljedice. Zbog toga za lakovodne reaktore nemamo iskustvenih podataka o rizicima u slučaju nesreće.

Studije vjerojatnosti rizika od rada elektrana s lakovodnim reaktorima izrađene u SAD i Njemačkoj (prije spomenute studije WASH-1400, NUREG-1150 i Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke) su pokazale da je rizik nesreće u lakovodnim reaktorima sveden na broj smrtnih slučajeva po jedinici proizvedene energije u elektrani, manji (i do jedan red veličine) od rizika zbog rada tih nuklearnih elektrana u normalnom pogonu. To je vrlo zanimljiv rezultat, jer ljudi pretežno misle da su kod nuklearnih elektrana osnovni uzrok rizika njihovi potencijalni kvarovi. Mali rizik od kvarova slijedi zbog veoma male vjerojatnosti pojave ozbiljnog akcidenta u nuklearnim elektranama s lakovodnim reaktorima. Zbog toga je odnos broja zdravstveno relevantnih slučajeva i proizvedene energije u razdoblju između dvaju akcidenata vrlo malen.

4. NAČELA SIGURNOSTI U PROJEKTIRANJU POGONA I GRADNJI NUKLEARNIH ENERGETSKIH POSTROJENJA

Razloge za navedene iznimno male rizike stanovništva u okolišu nuklearnih elektrana izgrađenih na temelju suvremenih sigurnosnih kriterija treba tražiti u načinu projektiranja, gradnje i pogona ovih postrojenja.

Sigurnost nuklearne elektrane jedan je od najbitnijih uvjeta za njezinu prihvatljivost kao energetskog objekta. Postiže se nizom mjera u fazi projektiranja, gradnje, kao i tijekom pogona elektrane.

Nuklearni reaktor u svojoj jezgri sadrži veliku količinu radioaktivnih tvari, pretežno fisijskih proizvoda, a znatno manje aktivacijskih proizvoda. Približna procjena iznosa radioaktivnosti u jezgri reaktora nuklearne elektrane jest otprilike 1 kiri ($= 3,7 \times 10^{10}$ Bq) po vatu snage elektrane. Svaki prodor radioaktivnih tvari iz jezgre reaktora u okoliš ugrožava zdravlje i živote stanovništva u okolici nuklearne elektrane, pa je stoga sigurnost nuklearne elektrane određena stupnjem osiguranja okoliša od takve mogućnosti.

Osnova filozofije projektiranja nuklearne elektrane s gledišta sigurnosti jest tzv. obrana po dubini. Obrana po dubini sastoji se u poduzimanju niza sistematskih mjera za očuvanje funkcija opreme i sustava nuklearne elektrane značajnih za sigurnost, i to tako da one glede zaštite okoliša djeluju serijski, jedna nakon druge. Time se postiže da u slučaju gubitka funkcije jednog sustava značajnog za sigurnost njegovu funkciju automatski preuzima drugi sustav.

Kao osnova za razmatranje sigurnosnih mjera u nuklearnim elektranama uzet će se one s lakovodnim reaktorima, jer su i sigurnosne analize pretežno vezane za tu vrstu nuklearnih elektrana.

Da li pregled sigurnosnih sustava i mjera u nuklearnoj elektrani (koje su i osnova nuklearne regulative u zemljama koje je imaju) bio što potpuniji, kao primjer će nam poslužiti način prikaza funkcija tih sustava i mjere što ih je prihvatila Savjetodavna grupa za nuklearnu sigurnost Međunarodne agencije za atomsku energiju, INSAG, u dokumentu INSAG-3.

Kao što je već naglašeno, obrana po dubini ogleda se u štićenju stanovništva od radioaktivnih tvari koje se nalaze u jezgri nuklearnog reaktora nizom serijski postavljenih barijera. Te barijere možemo razmatrati kao stvarne fizičke barijere ugrađene u nuklearnu elektranu i kao mjere koje se poduzimaju u nuklearnoj elektrani za zaštitu tih barijera. Bez takvih mjera bi djelotvornost fizičkih barijera bila umnogome smanjena. Pregled fizičkih barijera i mjera koje osiguravaju njihovu djelotvornost daje slika 1.

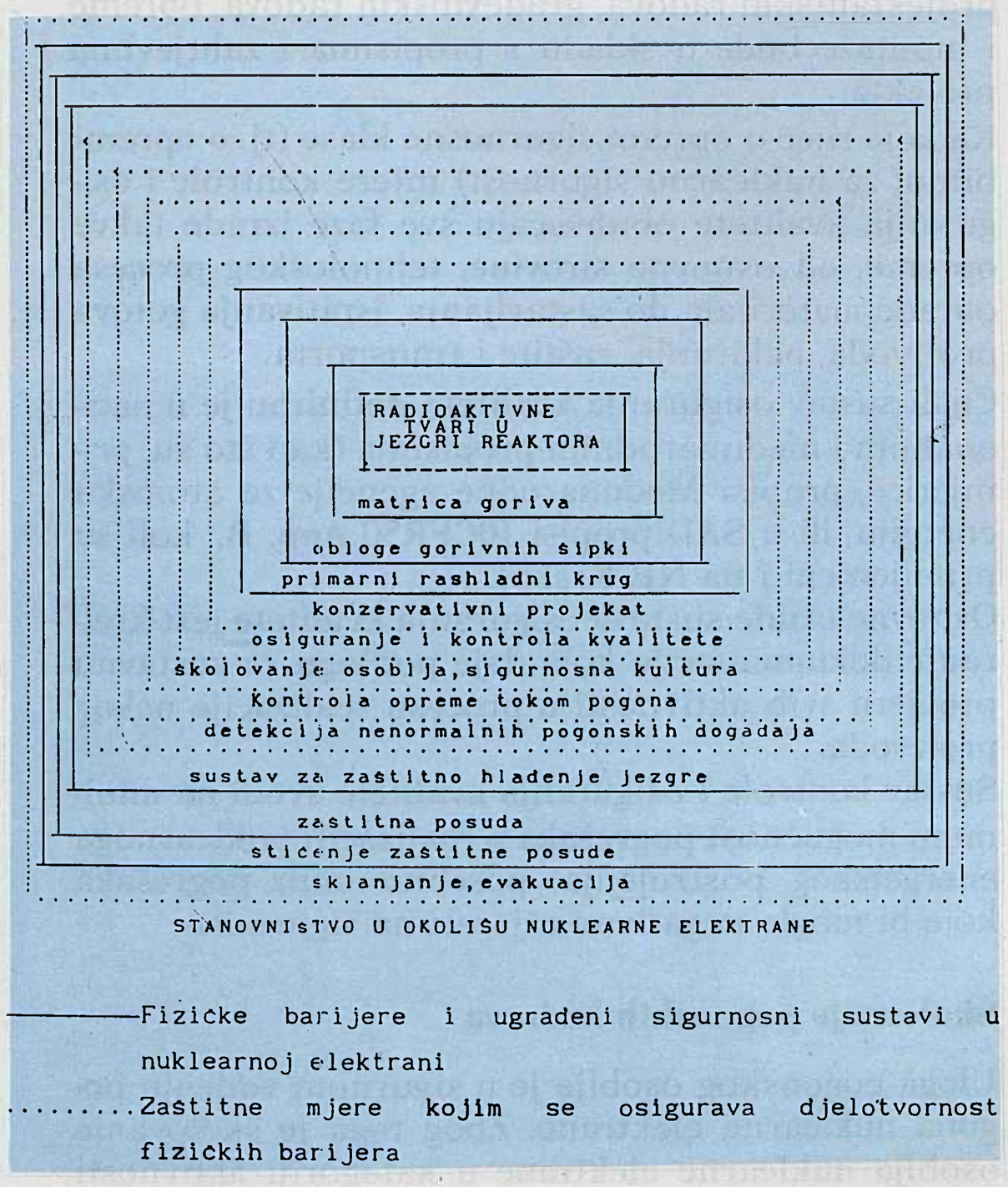
Iz slike vidimo da u nuklearnoj elektrani između radioaktivnih tvari sadržanih u jezgri reaktora i stanovništva postoji niz barijera koje to stanovništvo štite.

One se sastoje od:

— četiriju serijski postavljenih fizičkih barijera koje sprečavaju prodor radioaktivnih tvari u okoliš, a to su:
  matrica nuklearnog goriva,
  obloga gorivnog elementa,
  primarni rashladni krug,
  zaštitna posuda (kontejnment)
— ugrađenih sustava u nuklearnoj elektrani koji štite djelotvornost navedenih fizičkih barijera:
  sustava za zaštitno hlađenje jezgre reaktora,
  sustava za štićenje zaštitne posude.
— mjere koje poduzimaju sudionici u projektiranju, gradnji i pogonu nuklearne elektrane poduzimaju radi poboljšanja djelotvornosti zaštitnih barijera, a osnova tih mjera čine:

konzervativan projekt nuklearne elektrane,
osiguranje kvalitete u svim fazama realizacije objekta,
propisano školovanje pogonskih kadrova,
promocija sigurnosne kulture,
detekcija svih nenormalnih pogonskih događaja,
inspekcija opreme u toku pogona nuklearne elektrane.

Kao posljednja mjera u zaštiti stanovništva u ekstremno malo vjerojatnom slučaju otkaza svih četiriju fizičkih barijera primjenjuje se plan evakuacije, koji je razrađen i uvježban za svaku nuklearnu elektranu.



Slika 1. Barijere između radioaktivnih tvari u jezgri reaktora i okolnog stanovništva

Razmotrit ćemo redom djelovanje navedenih zaštitnih barijera u postrojenju nuklearnog reaktora, kao i moguće razloge njihova otkazivanja.

Matrica nuklearnog goriva

Matrica nuklearnog goriva jest sinterirani oksid urana UO_2 u kojemu se događaju fisije. Zbog malenog dometa fisijskih fragmenata u materijalu glavnina fisijskih proizvoda (osim onih koji nastaju uz površinu materijala) će biti, uz neke uvjete, zadržana unutar materijala goriva. Pri tome je najbitnije zadržavanje volatilnih i plinovitih fisijskih proizvoda (izotopi joda, cezija te plemenitih plinova kriptona i ksenona). Zadržavanje fisijskih proizvoda u materijalu goriva bitno ovisi o temperaturi i osjetljivo se smanjuje kada temperatura raste. Tako je, primjerice, mjerenjima utvrđeno da UO_2 kod temperatura nižih od 1 950 K ispušta samo oko 1% plinovitih fisibilnih proizvoda. Međutim, u blizini temperature taljenja UO_2 (3030 K) praktički svi plinoviti fisijski proizvodi izlaze iz materijala goriva. Djelotvornost prve barijere je, dakle, tijesno vezana za ograničenje temperature nuklearnog goriva.

Obloge gorivnih elemenata

Obloge gorivih elemenata su cijevi tankih stijenki (debljina stijenke je 0,4 mm ili manje) izrađene od slitine cirkonija ili, znatno rjeđe, od nerđajućeg čelika. Kod visokotemperaturnog reaktora obloge su grafitne. Zadaća je obloge sigurno zadržavanje fisijskih proizvoda unutar gorive šipke, ali i osiguranje dobrog prijelaza topline između materijala goriva i rashladnog fluida. Ti kontradiktorni zahtjevi uvjetuju da stijenka obloge gorivne šipke mora biti tanka. Statistički je dokazano da jedan broj obloga gorivnih šipki, bez obzira na rigoroznu kontrolu pri njihovoj izradi, ima male pukotine kroz koje se ispuštaju fisijski proizvodi u rashladni fluid. Riječ je o malom broju šipki (reda 0,1% ili manje), pa ta propuštanja ne ugrožavaju nuklearnu sigurnost objekta ni okoliš nuklearne elektrane. Integritet obloga gorivnih elemenata osiguravamo njihovom zaštitom od pregrijanja. Naročito opasna za pregrijanje obloga jest pojava filmskog ključanja, odnosno pojava kritičnog toplinskog toka u jezgri reaktora.

Primarni rashladni krug

Rashladni fluid u reaktorskom postrojenju cirkulira u zatvorenoj petlji (to je očitije kod tlakovodnih reaktora, gdje rashladni fluid reaktora ostaje u primarnom krugu, nego kod onih s ključajućom vodom gdje je rashladni fluid reaktora istovjetan s radnim medijem turbinskog ciklusa). Zahvaljujući tome radioaktivne tvari ispuštene kroz obloge gorivih elemenata ostaju u primarnom krugu. Iz njega se odstranjuju sustavom za održavanje čistoće rashladnog sredstva reaktora. Tek gubitkom integriteta primarnog kruga sadržana radioaktivnost može prodrijeti u zaštitnu posudu reaktorskog postrojenja.
Integritet primarnog kruga (u koji ulazi i reaktorska posuda) ovisi o mehaničkim i termičkim naprezanjima komponenta te o koroziji i eroziji materijala.

Zaštitna posuda (kontejnment)

Zaštitna posuda štiti okoliš od ispuštene radioaktivnosti u slučaju gubitka integriteta primarnoga kruga. Ta zaštita ima bitnu važnost ako je zbog gubitka prve i druge barijere radiaktivnost primarnoga kruga visoka. Ekstremni slučaj takve vrsti jest taljenje raaktorske jezgre. Zaštitna se posuda projektira za tlak koji u njoj može nastati nakon isparavanja i ekspanzije rashladnog fluida reaktora zbog loma na primarnom krugu. U tlakovodnim je reaktorima, ovisno o odnosu volumena zaštitne posude i volumena primarnoga kruga, tlak za koji se projektira zaštitna posuda obično u granicama 0,4 – 0,5 Mpa.

Integritet zaštitne posude ovisan je o mehaničkim naprezanjima materijala zbog vanjskih ili unutarnjih utjecaja. Među ovim potonjima najznačajniji je odnos tlaka koji nastaje u unutrašnjosti zaštitne posude (tlak naravno ovisi i o unutarnjoj temperaturi) i tlaka za koji je ona projektirana.

Mjere za očuvanje integriteta fizičkih barijera

Integritet opisanih fizičkih barijera ne bi se mogao održati ako ih ne bismo štitili nizom mjera u fazi projektiranja, gradnje i pogona nuklearne elektrane. Te mjere imaju također karakter zaštite po dubini i mogu se, sukladno slici 1, opisati na nekoliko razina. Osvrnut ćemo se ukratko na njihove najbitnije značajke.

Konzervativni projekt

Konzervativan projekt jest pojam kojim se određuje način projektiranja uz velike rezerve i pesimističke pretpostavke. Navest ćemo, primjera radi, neke od njih.

Projekt komponenata u sustavu nuklearne elektrane polazi od materijala dobro poznatih svojstava za čija se naprezanja u toku pogona (iz unutarnjih i vanjskih uzroka) uzimaju najnepovoljnije pretpostavke. Uz takve se pretpostavke osigurava još dovoljna rezerva za njihovu izdržljivost.

Svi sustavi i komponente značajne za sigurnost su višestruki (redundancija odnosno zalihost sustava i komponenata), njihovo napajanje energijom je osigurano s više strana i fizički su odvojeni (kako bi se spriječila neraspoloživost zbog zajedničkog uzroka). Instrumenti i oprema (posebno ventili) važni za sigurnost moraju posjedovati svojstvo da pri kvaru ostanu u položaju koji podržava sigurnost postrojenja (tzv. »fail safe principle«).

Reaktorski sustav mora imati negativan temperaturni koeficijent reaktivnosti i negativan koeficijent reaktivnosti šupljina u svim pogonskim uvjetima. Uz te uvjete je reaktor inherentno stabilan. Projektom predviđeni pogonski uvjeti reaktorske jezgre i komponenata opreme moraju osigurati toplinska i mehanička opterećenja koja ni u prijelaznim stanjima neće ugroziti njihov integritet.

Sustav instrumentacije i regulacije elektrane mora omogućiti operatorima pun uvid u njezin rad i upravljanje u svim uvjetima. Višestruki mjerni i regulacijski kanali trebaju osigurati nadzor i upravljanje i u uvjetima otkaza pojedinih mjernih i regulacijskih sustava. To se posebno odnosi na sustav za obustavu pogona reaktora. Taj sustav mora omogućiti da se obustavi reaktor na barem dva neovisna načina. Nadalje, projektom treba osigurati mogućnost kontinuiranog nadzora nad sustavima i komponentama u toku pogona.

Među elemente konzervativnog projekta možemo uvrstiti i izbor lokacije nuklearnog objekta. Lokacija mora osigurati takve ambijentalne uvjete (seizmika, poplave, ekstremni meteorološki uvjeti) koji neće staviti na kušnju integritet objekta i njegovo vanjsko napajanje rashladnom vodom i električnom energijom, a također i lakše uvjete za zaštitu stanovništva ako do akcidenta ipak dođe (mala gustoća naseljenosti oko lokacije, pogodni uvjeti za provođenje plana evakuacije).

Sustav kontrole i osiguranja kvalitete

Zadaća je sustava kontrole i osiguranja kvalitete da nizom sistematskih mjera putem neposredne kontrole proizvoda (kontrola kvalitete) i putem kreiranja administrativnog sustava koji primorava sudionike na poštivanje utvrđenih propisa i standarda kvalitete (osiguranje kvalitete) garantira da kvaliteta projektantskih radova, građevinskih radova, opreme i montaže bude u skladu s propisima i zahtjevima projekta.

Kada je riječ o opremi sigurnosne klase (tj. o opremi bitnoj za nuklearnu sigurnost) mjere kontrole i osiguranja kvalitete obuhvaćaju sve faze izrade takve opreme, od osnovne sirovine, tehnološkog procesa obrade materijala do sastavljanja, ispitivanja gotova proizvoda, pakiranja, zaštite i transporta.

Cijeli sustav osiguranja kvaliteta definiran je u nacionalnim i međunarodnim propisima (kao što su, primjerice, propisi Međunarodne agencije za atomsku energiju, ili u SAD propisi 10CFR50 App. B., koji su primijenjeni i na NE Krško).

Osnovno oruđe sustava osiguranja kvalitete jest kreiranje dokumentacije koja daje podlogu za sustavnu provjeru svih aktivnosti u procesu realizacije nekog proizvoda.

Sustav kontrole i osiguranja kvalitete svodi na minimum mogućnost pogrešaka u realizaciji nuklearnoga energetskog postrojenja, posebno onih pogrešaka koje bi mogle negativno utjecati na sigurnost.

Školovanje pogonskih kadrova

Uloga pogonskog osoblja je u sigurnom vođenju pogona nuklearne elektrane. Zbog toga je školovanje osoblja nuklearne elektrane u kategoriji aktivnosti koje su tijesno povezane s nuklearnom sigurnošću. Način školovanja i kriteriji za stjecanje i održavanje kvalificiranosti pogonskog osoblja (posebno za operatore reaktora) definirani su propisima.

Sigurnosna kultura

Sigurnosna kultura je pojam prvi put uveden u dokumentu MAAE INSAG-3. Taj pojam određuje način ponašanja svih sudionika u realizaciji projekta nekoga nuklearnoga energetskog postrojenja (kako graditelja, tako i pogonskog osoblja), a ogleda se u njihovu istinskom prihvaćanju važnosti sigurnosnih propisa i mjera, kao i važnosti dosljednog poštivanja njihova provođenja. Sigurnosna kultura pretpostavlja odgovarajuće shvaćanje i ponašanje cijeloga pogonskog osoblja elektrane na svim razinama odgovornosti koje se sastoji u davanju prioritetnog značenja pitanjima sigurnosti, bez obzira na eventualne ekonomske gubitke (kao što je npr. smanjena proizvodnja energije).

Sigurnosna kultura osoblja ima bitno značenje za siguran rad postrojenja, jer ona pretpostavlja ne samo postojanje i poznavanje propisa za siguran rad elektrane već i njihovo dosljedno savjesno prihvaćanje i poštivanje.
Sigurnosna kultura, zajedno sa školovanjem kadrova, temeljni su elementi za uspješno djelovanje tzv. ljudskog faktora u nuklearnoj elektrani.

Nadzor nad nenormalnim pogonskim događajima

Pažljiv i sistematičan nadzor rada sustava nuklearne elektrane u toku pogona i uočavanje svih nepravilnosti u funkcijama opreme i sustava jedna je od bitnih pretpostavki za sigurnost pogona. Djelovanje sustava nuklearne elektrane i ponašanje opreme u toku pogona treba permanentno pratiti i sistematski uklanjati sve uočene nedostatke. Time se korigiraju propusti i nedostaci prve razine zaštite fizičkih barijera, pa bismo ovu mjeru mogli smatrati kao drugu razinu takve zaštite u smislu principa zaštite po dubini.

Nadzor nad opremom u toku pogona

Bez obzira na pažljiv i konzervativan odabir materijala, propisima je određena obveza da se struktura materijala osnovnih komponenata opreme primarnoga kruga nuklearne elektrane (reaktorska posuda, parogeneratori, primarni cjevovodi) mora tijekom pogona u određenim vremenskim intervalima provjeravati metodama detekcije bez razaranja. Ta aktivnost, u literaturi poznata kao pogonska inspekcija (u američkoj literaturi se navodi pod nazivom »in service inspection«), ima bitno značenje za zaštitu integriteta primarnog kruga (tj. za zaštitu treće fizičke barijere). U istu kategoriju ubraja se i obvezatno preventivno održavanje opreme tijekom pogona.

Zaštitno hlađenje reaktorske jezgre

Funkcija zaštitnog hlađenja jezgre svodi se na zaštitu prvih dviju fizičkih barijera (matrica goriva i obloge gorivnih elemenata) u slučaju gubitka treće barijere (integritet primarnog kruga). Uloga zaštitnog hlađenja jezgre zapravo je i više od toga, jer ona osigurava jezgru i kada nastane poremećaj njezina hlađenja iako integritet primarnoga kruga nije narušen (npr. pad tlaka u primarnom krugu zbog većeg odvoda energije nakon loma parovoda). Sustav za zaštitno hlađenje jezgre projektira se uz poštivanje svih konzervativnih pretpostavki u projektu i uz rigoroznu primjenu propisa kontrole i osiguranja kvalitete. Funkciju zaštitnog hlađenja jezgre mora se osigurati ugradnjom za tu funkciju posebno provjerene opreme (oprema sigurnosne klase), osiguranjem višestrukih komponenata opreme za istu funkciju (zalihost odnosno redundacija), osiguranjem višestrukog napajanja i odvojenoga fizičkog smještaja komponenata opreme (kako ne bi komponente stradale zbog zajedničkog uzroka).
Sustav za zaštitno hlađenje jezgre treba spriječiti oštećenje reaktorske jezgre, pojavi li se jedan od specificiranih kvarova, uključivši i granični projektni kvar (u američkoj literaturi označen kao DBA, odnosno Design Basic Accident). Kod projekata tlakovodnih reaktora kao granični projektni kvar smatra se odrez primarnog cjevovoda (u literaturi naveden kao velika LOCA). Razvrstavanje i specifikacija grupa kvarova koje mora svladati sustav za zaštitno hlađenje jezgre naveden je u sigurnosnim izvješćima nuklearnih elektrana i određen propisima. Kao primjer, u američkim propisima su kvarovi prema težini klasificirani u 9 skupina od kojih je prvih 8 savladivo projektom elektrane, a deveta ulazi u kategoriju tzv. ozbiljnih kvarova (Severe Accidents), koji uključuju oštećenje jezgre uz gubitak funkcije zaštitne posude ili bez toga gubitka.

Kriterij za projektiranje sustava za zaštitno hlađenje jezgre jest ograničenje zagrijavanja goriva nakon kvara ispod granice oštećenja gorivnih šipka. Prema propisima, djelovanje sustava je uspješno ako nakon graničnoga projektnoga kvara ne poraste najviša temperatura površine obloge gorivih šipka iznad 1 570 K ($\approx$ 1 200°C). Uz te je uvjete osiguran integritet jezgre reaktora, a time i zaštita okoliša od radioaktivnog zračenja.

Djelovanje sustava za zaštitno hlađenje jezgre treba biti nastavljeno i nakon svladavanja posljedice kvara dugoročnim hlađenjem ugašenog reaktora.

Zaštita okoliša u slučaju prodora radioaktivnih tvari iz primarnoga rashladnog kruga

Ako zakaže treća zaštitna barijera (integritet primarnog kruga), rashladni fluid reaktora prodire izvan primarnoga kruga.

Pri tome razlikujemo dva, utjecajem na okoliš bitno različita slučaja. Razlika među njima je u stanju prve i druge barijere (cjelovitost gorivih šipki i njihovih obloga), koja, pak, ovisi o funkcionalnosti sustava za zaštitno hlađenje jezgre.

U skladu s prije navedenim, ako gorivo nije bitnije oštećeno, govorimo o graničnom projektom predviđenom kvaru pri kojem je sadržaj radioaktivnosti u rashladnom fluidu ograničen. Ako je pak gorivo jako oštećeno (tj. ako je došlo do taljenja jezgre), govorimo o kvaru većem od graničnog projekla predviđenog kvara (u literaturi naveden kao »Beyond Design Basis Accident«) odnosno ozbiljnom kvaru (Severe Accident).

Analize pokazuju da je vjerojatnost jačeg oštećenja jezgre i njezina taljenja kod današnjih lakovodnih reaktora vrlo malena (između 10^{-5} i 10^{-4} takvih događaja po reaktorskoj godini). Usporedba rezultata takvih analiza iz SAD za 5 izgrađenih američkih nuklearnih elektrana (prema dokumentu NUREG-1150) i njemačke nuklearne elektrane Biblis B (prema njemačkoj studiji rizika faze A i B) daje slika 2.

Zaštitu okoliša u slučaju gubitka svih opisanih barijera (ali i u slučaju pojave graničnog projektom predviđenoga kvara) preuzima zaštitna posuda (odnosno kontejnment).

Zaštitna posuda (kontejnment)

Zaštitna je posuda posljednja (četvrta) fizička barijera. Zadatak joj je zaštita okoline u slučaju gubitka svih opisanih fizičkih barijera. Međutim, važnost zaštite posude iskazuje se i kod graničnog projektnog kvara, kad je nakon gubitka integriteta primarnoga rashladnog kruga funkcija zaštitnog hlađenja jezgre očuvana (dakle kada nija bilo većeg oštećenja jezgre reaktora). Naime, u tom slučaju (koji ulazi u kaegoriju projektom savladivih kvarova kod današnjih nuklearnih elektrana) radioaktivnost u primarnom rashladnom fluidu uvijek više ili manje postoji zbog statističkog propuštanja gorivnih šipka. Nakon gubitka integriteta primarnoga kruga dolazi do silovitog isparavanja rashladnog fluida reaktora, pa bi ta radioaktivnost, kada be bi bilo zaštitne posude, zajedno s parom dospjela u okoliš. Dakako da pri težem oštećenju jezgre (ozbiljni kvar) funkcija zaštitne posude dobiva mnogo veću težinu.

U zaštitnu posudu zatvaraju se sve komponente primarnoga rashladnog kruga nuklearne elektrane.

Bitno značenje za funkciju zaštitne posude nakon kvara ima zatvaranje (izolacija) svih ulaznih i izlaznih cjevovoda koji nisu vezani za sustav zaštitnog hlađenja jezgre. U protivnom može doći do obilaska (bajpasa) zaštitne posude.

Sustavi za zaštitu četvrte barijere (štićenje zaštitne posude)

Zaštitna je posuda projektirana za određene uvjete unutarnjeg tlaka i za određene vanjske utjecaje (seizmičke sile, udari letjelica i sl.). Zaštita posude, kao barijere protiv širenja radioaktivnosti u okoliš, prije svega je vezana za ograničenje porasta njezina unutarnjeg tlaka.

Porast tlaka može nastati nakon taljenja jezgre, jer u tom slučaju rastaljena masa nuklearnog goriva, koja je prethodno prodrla kroz reaktorsku posudu, zagrijava njezinu unutrašnjost. Osim izravnog zagrijavanja povećanja tlaka pridonose i kemijske reakcije pri visokim temperaturama kod kojih se stvaraju plinovi, kao što su, oksidacija cirkonija i stvaranja vodika te kemijske reakcije između betona i rastaljene mase jezgre. Kod interakcije betona i raztaljene jezgre nastaju plinovi (vodena para, H_2, CO, CO_2...).

Ispitane mjere za štićenje zaštitene posude od prekomjernog porasta unutarnjeg tlaka svode se na:

— unutarnje i vanjsko hlađenje posude
— hvatač jezgre (core catcher)
— kontrolirano spaljivanje vodika
— kontrolirano ispuštanje plinova kroz filtre (tzv. ventiliranje zaštitne posude).

Unutarnje i vanjsko hlađenje zaštitne posude

Zaštitna posuda normalno opremljena zatvorenim sustavom unutarnjeg hlađenja kojim se unutarnja toplina predaje rashladnoj vodi. Vanjsko hlađenje najčešće se provodi zrakom. Kod nekih novijih izvedaba reaktora (primjerice kod tlakovodnog reaktora s pasivnim hlađenjem AP600) predviđeno je i vanjsko hlađenje posude vodom.

Hlađenjem posude smanjuje se tlak plinova u unutrašnjosti posude i time uklanja mogućnost njezina loma zbog previsokog tlaka.

Hvatač jezgre

Hvatač jezgre je velik blok materijala otpornog na visoke temperature (grafit, oksid osiromašenog urana) ili specijalno projektirana rešetka od takvih materijala koja se ugrađuje na dnu reaktorske posude ili ispod nje. U slučaju taljenja jezgre i prodora rastaljene mase kroz reaktorsku posudu ona pada na hvatač jezgre. Hvatač jezgre raspršava i hladi rastaljenu masu te sprečava njezin prodor kroz reaktorsku posudu ili interakciju s betonom unutar zaštitne posude. Time se štiti zaštitna posuda od unutarnjeg tlaka nastalog zbog plinova koji rezultiraju iz takve interakcije. Interakcija rastaljene jezgre s vodom može dovesti do parne eksplozije koja također rezultira povećanjem unutarnjeg tlaka u zaštitnoj posudi.

Kontrolirano spaljivanje vodika

Kontrolirano katalitičko spaljivanje nastalog vodika u zaštitnoj posudi onemogućuje skokovito povećanje unutarnjeg tlaka u posudi zbog eksplozije koja bi mogla nastati kada se zbog povećanja koncentracije vodika dosegne eksplozivna mješavina plinova u zaštitnoj posudi.

Kontrolirano ispuštanje plinova iz zaštitne posude

Kontrolirano ispuštanje plinova iz zaštitne posude (koje se obično karakterizira kao ventiliranje zaštitne posude) osigurava ograničenje unutarnjeg tlaka u zaštitnoj posudi kada unutarnji tlak dosegne vrijednost koja može ugroziti njezin integritet. Budući da je riječ o radioaktivnim plinovima njihovo ispuštanje u okoliš se može izvršiti samo preko filtra. Važnost ventiliranja zaštitne posude je, zbog manjeg volumena posude, izraženija kod ključajućih reaktora nego kod tlakovodnih reaktora.

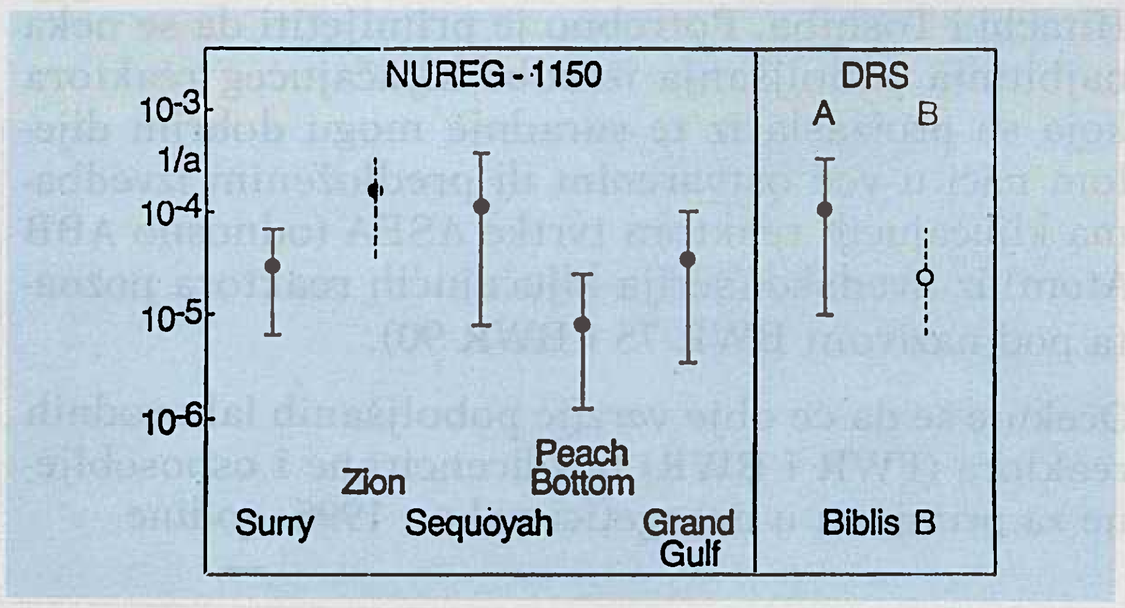
Zaštitne mjere u okolišu objekta (sklanjanje, evakuacija)

Mjere koje uključuju neposrednu zaštitu stanovništva u okolici nuklearne elektrane možemo smatrati posljednjom barijerom u zaštiti od mogućega štetnoga djelovanja nuklearnog objekta. Ta zaštita stupa u funkciju u slučaju vrlo malo vjerojatnog otkaza svih opisanih barijera koje čine sustav obrane po dubini. Analize modernih nukleranih elektrana pokazuju da je vjerojatnost pojave takvog događaja manja od 10^{-6} po godini pogona reaktora.

Svaka nuklearna elektrana mora imati plan zaštite okoliša u slučaju nastanka ekstremnog akcidenta u kojemu bi bilo većeg ispuštanja radioaktivnosti. Plan sadrži način obavještavanja, sklanjanja, zaštite i eventualno evakuaciju okolnog stanovništva da bi se broj ozljeda zbog radioaktivnog zračenja sveo na minimum.

Kod naprednih lakovodnih reaktora, čiji su projekti u razradi razmatra se svrsishodnost izostavljanja mjera za zaštitu okoliša od akcidenata u nuklearnoj elektrani zbog ekstremno male vjerojatnosti nastanka tavkoga događaja.

Već je navedeno da je vjerojatnost nastanka oštećenja jezgre uz prodor radioaktivnih tvari u zaštitnu posudu kod modernih nuklearnih elektrana između 10^{-5} do 10^{-4} slučajeva po reaktorskoj godini (slika 2). Cilj postavljen od EPRI-a (Electric Power Research Institute) za novu generaciju reaktora na donjoj je granici tog raspona, tj. jednak je ili manji od 10^{-5}. Postupak dokazivanja svodi se na probabilističku analizu sigurnosti prvog stupnja. Kod nekih projekata naprednih reaktorskih sustava (APWR, AP600, ABWR) najavljuje se sniženje te vjerojatnosti na čak oko 10^{-6}.



Slika 2. Usporedba vjerojatnosti oštećenja (taljenja) jezgre reaktora, izražene brojem događaja godišnje za pet američkih nuklearnih elektrana prema američkoj studiji NUREG-1150 i nuklearne elektrane Biblis B prema njemačkoj studiji rizika (faze studije A i B)

Do danas stečeno iskustvo s pogonom energetskih reaktora svih tipova jest oko 5 600 reaktor-godina, odnosno, ako uzmemo u račun samo postrojenja koja su još u pogonu, oko 4 600 reaktor-godina. Na temelju prije iznesenih brojaka vjerojatnost taljenja jezgre je jedan slučaj na 10 000 do 100 000 reaktor-godina.

Vjerojatnost većeg ispuštanja radioaktivnosti u okoliš uz adekvatnu zaštitu zaštitne posude treba računati s faktorom nižim od 10^{-2} u odnosu na vjerojatnost taljenja jezgre. Drugim riječima, manje od 1% slučajeva taljenja jezgre moglo bi rezultirati probojem četvrte barijere i ispuštanjem veće količine radioaktivnih tvari u okoliš.

5. ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

Pitanje sigurnosti nuklearnih elektrana obično se povezuje i s problemom odlaganja radioaktivnog otpada. Detaljnije ulaženje u ovo pitanje zahtijevalo bi dužu raspravu, te mora biti predmet zasebnog razmatranja. Međutim, općenito se može tvrditi da je problem odlaganja radioaktivnog otpada mnogo bolje proučen i tehnički riješen od problema odlaganja industrijskih hazardnih otpada (posebno otpada iz kemijskih postrojenja). Danas raspolažemo vjerodostojnim i međunarodno provjerenim ekspertizama koje dopuštaju da se odlaganje radioaktivnog otpada (ovisno o njegovoj vrsti, tj. da li je riječ o nisko, srednje ili visoko radioaktivnom otpadu) riješi na način koji udovoljava sve sigurnosne zahtjeve.

Već izgrađena trajna skladišta za odlaganje radioaktivnog otpada u granitnim stijenama u Švedskoj (kod NE Forsmark), te projektne studije i započeti radovi na izgradnji skladišta u nizu drugih zemalja dokazuju da se tom problemu prišlo kao svakom drugom tehničkom problemu za koji postoje dokazana i pouzdana rješenja.

6. POBOLJŠANE IZVEDBE ENERGETSKIH REAKTORA

U novije su vrijeme projektanti nuklearnih postrojenja i niz velikih proizvođača nuklearne opreme prišli razradi poboljšanih verzija nuklearnih energetskih reaktora s aspekta sigurnosti i ekonomičnosti. Osvrnut ćemo se, ukratko, ne ulazeći detaljnije u karakteristike izvedbe, na poboljšane verzije lakovodnih i teškovodnih reaktora.

Racionalno gledano, takav trend, potaknut nesrećom na nuklearnoj elektrani Černobilj, nije opravdan kada je riječ o lakovodnim reaktorima (PWR i BWR) jer su rizici okoline od rada tih reaktora već kod »standardnih« izvedaba bitno niži od rizika rada većine drugih industrijskih i energetskih objekata. Osim toga, izvedba tih reaktora glede sigurnosnih standarda nije usporediva s izvedbom reaktora tipa RBMK, kakav je reaktor u nuklearnoj elektrani Černobilj.

Tlakovodni reaktori

Tlakovodni su reaktori najrašireniji tip energetskih reaktora. Današnje izvedbe ovih reaktora približile su se vrhunskim tehničkim dostignućima na području reaktorske tehnike, uz istovremenu djelomičnu standardizaciju komponenata i tehničkih rješenja. U razvoj tlakovodnih reaktora je, u usporedbi s drugim tipovima reaktora, uloženo najviše sredstava, kao i znanstvenih i razvojnih napora. Reaktor je u više velikih zemalja (SAD, ZND, Francuska, Engleska, Kina) s jedne strane razvijen kao temeljni pogonski agregat za nuklearnu propulziju, a s druge za korištenje u energetici. Na razvoju energetskog tlakovodnog reaktora radilo je nekoliko velikih svjetskih korporacija (Westinghouse, Combustion Eng., Siemens, Framatom, Mitsubishi...) te organizacije pod pokroviteljstvom Ministarstava energetike bivšeg SSSR-a i zemalja istočnoeuropskog bloka.

Pogonska sigurnost tlakovodnoga energetskog reaktora pokazala se veoma dobrom. Od približno 2300 godina kumulativnog pogona tlakovodnih energetskih reaktora do kraja 1991. godine, samo se dogodio jedan ozbiljniji kvar koji je doveo dooštećenja jezgre reaktora na energetskom tlakovodnom reaktoru (kvar na nuklearnoj elektrani Otok tri milje u SAD 1979. godine). Pritom valja ponovno podsjetiti da je

pritom kvaru ispuštanje radioaktivnih tvari iz nuklearne elektrane bilo vrlo maleno i nije ugrozilo okolno stanovništvo.
Međutim, zbog opće neprihvatljivosti većih nuklernih akcidenata od javnosti (i zbog toga odustajanja od gradnje nuklearnih elektrana u mnogim zemljama), posebno nakon nesreće na nuklearnoj elektrani Černobilj, započete su aktivnosti na promjenama izvedbi nuklearnih reaktora i njihovih sigurnosnih sustava da bi se mogućnost nuklearnih akcidenata još više smanjila.
Promjene na postojećim izvedbama tlakovodnih reaktora kretale su se u dva smjera:

— poboljšanje postojećih izvedbi tlakovodnih reaktora radi povećanja njihove otpornosti na velike kvarove. Tako poboljšani reaktori su prozvani **napredni tlakovodni reaktori** (APWR — Advanced Pressurized Water Reactor).
— radikalne promjene postojećih izvedbi tlakovodnih reaktora s osloncem na koncept **pasivne sigurnosti.** Reaktori koji proizlaze iz ovog pristupa odlikuju se nekim načelno različitim rješenjima od onih koje možemo svrstati u grupu naprednih tlakovodnih reaktora. Najpoznatiji predstavnik ove vrste reaktora jest poznati Westinghouseov reaktor AP600.

Predložena poboljšanja nuklearne sigurnosti u izvedbi reaktorskih postrojenja u jednom i drugom slučaju svode se na:

— viši stupanj zaštite reaktorske jezgre od oštećenja
— dodatno osiguranje zaštitne posude od kvara koji bi rezultirao ispuštanjem radioaktivnih tvari u okoliš.

Osnovna predviđena prednost postrojenja s pasivnom sigurnošću jest u znatnom pojednostavljenju izvedbe postrojenja kako s obzirom na standardne, tako i s obzirom na napredne tlakovodne reaktore. Očekuje se da će pojednostavnjenje rezultirati boljom ekonomičnošću postrojenja, pa čak i u uvjetima smanjene snage (600 MW naprama 1 200 – 1 300 MW u standardnim izvedbama nuklearnih elektrana s tlakovodnim reaktorima).
Važno je da se osim pojednostavljenja i očekivanog pojeftinjenja izvedbe iskazuje i to da su nuklearna sigurnost postrojenja s pasivnim zaštitnim sustavom, izražena u vjerojatnosti taljenja jezgre po reaktorskoj godini, i nuklearna sigurnost okoline (koja se ogleda u vjerojatnosti ispuštanja većeg iznosa radioaktivnih tvari u okolinu) ostale praktički iste kao kod znatno kompleksnijega naprednoga tlakovodnog reaktora. To, dakako, vrijedi ako regulatorni organ u SAD (NRC) potvrdi analizu sigurnosti takvog postrojenja.

Ključajući reaktori

Zbog istih razloga kao i slučaju tlakovodnih reaktora, proizvođači ključajućih reaktora (BWR) su u drugoj polovici 80-ih godina pristupili poboljšanju svojih dotadašnjih standardnih rješenja. I kod tih se reaktora predložena poboljšanja mogu, prema opsegu predloženih zahvata, analogno kao kod tlakovodnih reaktora, svrstati u dvije kategorije:

— poboljšanja koja se zasnivaju na bojim rješenjima već oprobanih komponenta i sustava (evolutivni pristup).
— uvođenje radikalno novih rješenja u izvedbi postrojenja i sustava, posebno onih koji su značajni za sigurnost.

Evolutivni pristup rezultirao je razvojem postrojenja koje je poznato kao napredni ključni reaktor ABWR (Advanced Boiling Water Reactor).
Razvoj naprednog ključnog reaktora sastojao se u poboljšanju standardnog rješenja kompanije General Electric iz SAD. Na izvođenju poboljšanih verzija tog reaktora ostvarena je suradnja te tvrtke s japanskim proizvođačima oprema za ključajuće reaktore Hitachi i Toshiba. Potrebno je primijetiti da se neka najbitnija poboljšanja izvedbe ključajućeg reaktora koja su proizašla iz te suradnje mogu dobrim dijelom naći u već ostvarenim ili predloženim izvedbama ključajućih reaktora tvrtke ASEA (odnosno ABB Atom) iz Švedske (serija ključajućih reaktora poznata pod nazivom BWR 75 i BWR 90).

Očekuje se da će obje verzije poboljšanih lakovodnih reaktora (PWR i BWR) biti licencirane i osposobljene za primjenu u energetici nakon 1995. godine.

Teškovodni reaktori

U Kanadi se je nakon višegodišnjeg iskustva sa serijom reaktora CANDU 600 i CANDU 900 pristupilo razvoju manjega, jednostavnijega, ekonomičnijega, a i sigurnijega reaktora. Nuklearna elektrana s tim reaktorom (koji je prozvan CANDU 3) imat će snagu 450 MW (umjesto 665 MW. za CANDU 600) i znatno reduciran broj osnovnih komponenata opreme. Projekt reaktora uključuje niz pojednostavnjenja i poboljšanja u odnosu na CANDU 600. Nastoji se rješenja što više standardizirati. Između ostalog, tlačne cijevi i cijevi kalandrije izrađuju se kao cjelina, što osigurava jednostavnu zamjenu za vrijeme remonta postrojenja. Kao temeljni kriterij projekta usvojeno je pravilo da komponente koje se ne mogu zamijeniti u roku 90 dana nakon obustave reaktora moraju imati trajnost otprilike 100 godina.

Analiza rizika pokazuje da je vjerojatnost taljenja jezgre pojednostavnjenoga teškovodnog reaktora reda 10^{-5} po reaktorskoj godini, dakle istog reda veličine kao naprednih lakovodnih reaktora i posljednje izvedene verzije CANDU reaktora, ali uz znatno jednostavniju i ekonomičniju izvedbu postrojenja.

7. FAKTORI KOJI ORGANIZACIJSKI UTJEČU NA SIGURNOST NUKLEARNOG OBJEKTA

Na sigurnost tehnološki kompleksnog objekta kakva je nuklearna elektrana utječe niz činbenika, od međunarodnog okruženja do pogonskog kadra. Najvažniji od njih su:

— međunarodni faktor — međunarodne organizacije i propisi
— domaća državna struktura, regulativa i inspekcije
— neposredni realizatori objekta (projektanti,isporučitelji opreme, graditelji, montažeri)
— korisnici objekta (organizacija pogona, pogonsko osoblje, trening, pogonski propisi, elektroprivredna organizacija koja je vlasnik elektrane)
— potporne organizacije domaće i strane stručne i znanstvene organizacije (instituti, fakulteti).

Svaki od njih na svojoj razini i u svojoj specijalnosti utječe i nosi dio odgovornosti za nuklearnu sigurnost (iako je ona najčešće locirana na neposredne izvršitelje).

8. ZAKLJUČAK

Sigurnost nuklearne elektrane može se promatrati samo relativno prema drugim rizicima koji ugrožavaju ljudske živote i okoliš. Analize zasnivane na statističkim podacima pokazuju da se korištenjem nuklearnih postrojenja veoma malo povećavaju rizici kojima je stanovništvo izloženo u svakodnevnom životu.

Usporedba utjecaja na okoliš nuklearnoga energetskog postrojenja s energetskim postrojenjima drugih tipova također nedvojbeno pokazuje prednost ovih prvih. To posebno vrijedi kada je u pitanju usporedba s termoelektranama loženim ugljenom.

Razrađeni postupci projektiranja i građenja nuklearnih elektrana primjenom načela zaštite po dubini daju garanciju održanja visokog standarda sigurnosti tih postrojenja.

Poboljšane verzije energetskih reaktora, prema očekivanju, neće samo povećati sigurnost rada nuklearnih elektrana nego će pojednostavnjenjem izvedbe i standardizacijom povećati i njihovu ekonomičnost.

LITERATURA

[1] Basis Safety Principles for Nuclear Plants (INSAG-3), IAEA 1988.
[2] Safety Culture, Safety Series No. 75 (INSAG-4), IAEA 1991
[3] The Safety of Nuclear Power (INSAG-5), IAEA 1992
[4] Senior Expert Symposium on Electricity and Environment, Helsinki 1991.
[5] WASH-1400, US AEC 1974
[6] NUREG-1150, US NRC 1989
[7] German Risk Study, phase A, TuV Rheinland, 1979
[8] Summary Report on the Post-Accident Rewiew Meeting on the Chernobyl Accident (INSAG-1), IAEA 1986
[9] The International Chernobyl Project, IAEA 1991

NUCLEAR POWER PLANT SECURITY

The question of nuclear power plant security causes continuous attention of both professional and non-professional public. The relation between a population risk because of nuclear plant operation and because of other reasons is considered, because only such a parameter could be used for the nuclear power plant security quantification.
Protection barriers and their insurance in the phase of design and nuclear plant operation are analysed. Special attention is drawn to the most important elements of security measures that help the protection of physical barriers.
Some questions related to improvements of pressurized-water and heavy-water reactor construction are also considered.

DIE SICHERHEIT DER KERNKRAFTWERKE

Die Frage der Sicherheit der Kernkraftwerke ruft auch die ständige Aufmerksamkeit der Laien sowie der Fachkräfte hervor. Hier spricht man über die Bedrohung der Bevölkerung durch die nuklearen Anlagen und andere Risiken, da nur solche Angaben die Sicherheit einer Anlage bewerten können.
Es wurden Schutzanlagen analysiert sowie ihre Sicherung in der Phase des Projektierens und des Antriebs des Kernkraftwerkes. Es wurde auf die wesentlichen Elemente der Sicherheitseingriffe die zur Sicherheit der physischen Barrieren beitragen, aufmerksam gemacht. Man spricht auch über einige Fragen im Zusammenhang mit der Ausführung von Leichtwasserreaktoren und Schwerwasserreaktoren.

Naslov pisca:

Prof. dr. Danilo Feretić, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Zagreb,
41000 Zagreb, Unska 3, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993 – 4 – 13.

MONTING ENERGETIKA d.d.

PODUZEĆE ZA IZGRADNJU, PROIZVODNJU OPREME I MONTAŽU ENERGETSKIH I INDUSTRIJSKIH OBJEKATA

ZAGREB, Kesterčanekova 1

☎ 041/23 56 44

VAŠ PARTNER U DOMOVINI I SVIJETU

PROIZVODNI POGON DUGO SELO: IZRADA ROTACIONIH ZAGRIJAČA ZRAKA

DJELATNOST

IZGRADNJA, MONTAŽA, REKONSTRUKCIJA, REMONT I ODRŽAVANJE:

— energetskih (termo, hidro i nuklearnih), naftnih, petrokemijskih, procesnih, metalurških i rudarskih objekata, te postrojenja za proizvodnju obojenih metala, elektro-opreme za energetske objekte, unutrašnjih i vanjskih razvoda svih medija, objekata ekologije, centralnog grijanja, klimatizacije i ventilacije, puštanje postrojenja u pogon i ispitivanje.

PROIZVODNJA:

— metalnih, građevnih i drugih konstrukcija, transportnih uređaja, mostova, spremnika, industrijskih hala, brodskog trupa, opreme za brodove i brodova za specijalne namjene, elektro-filtera, postrojenja za uštedu energije, te ostalih postrojenja iz ekologije i zaštite čovjekove okoline, predsušionica i sušara za drvo različitih tipova i za različite režime rada.

Istraživačko-razvojne usluge u funkciji uvođenja i primjene novih energenata.

Osposobljavanje radnika, prijenos znanja i iskustava i organiziranje proizvodnje.

TRGOVINA:

Trgovina na veliko neprehrambenim proizvodima.

Telefoni:

Centrala	041/217-700
Generalni direktor	235-644
Komercijalni sektor	235-270
Tehnički sektor	233-880
Financijski sektor	234-007
Kadrovski sektor	233-878
Telex	21473 rh mont
Telefax	235-560

POTENCIJAL KOGENERACIJE U HRVATSKOJ

Mr. Vladimir Potočnik, Zagreb

UDK 697.34.621.311.22

PREGLEDNI ČLANAK

Zajednička proizvodnja električne i toplinske energije ili kogeneracija jedan je od ključnih elemenata racionalnoga gospodarenja energijom, jer u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u termoelektranama i toplinske energije u kotlovnicama daje znatno bolju energetsku učinkovitost, odnosno uštedu fosilnih goriva, čime se ujedno smanjuje zagađivanje okoliša.
Prednost kogeneracije na osnovi termomotora te plinskih i parnih turbina posebno dolazi do izražaja kod malih sustava u industriji i općem sektoru, zbog čega u novije vrijeme bilježe brzu ekspanziju u razvijenim državama.
U Hrvatskoj postoje velike mogućnosti primjene kogeneracije. Danas je realni potencijal kogeneracije u Hrvatskoj iskorišten vrlo malo, i to uglavnom u velikim sustavima. Korištenje realnog potencijala kogeneracije omogućilo bi Hrvatskoj uštedu fosilnih goriva od 275 000 tona ekvivalenta nafte godišnje.

Ključne riječi: energetika, kogeneracija, proizvodnja električne energije, proizvodnja topline.

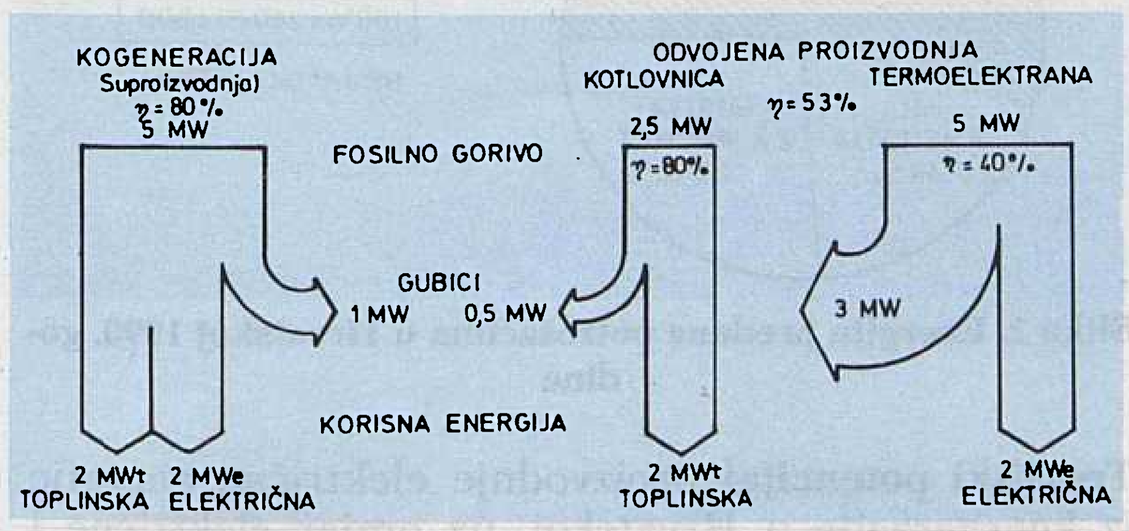
UVOD

Kogeneracija (suproizvodnja) znači zajedničku proizvodnju električne i toplinske energije. Kao jedan od najracionalnijih načina korištenja energije fosilnih goriva, kogeneracija se primjenjuje u energetici razvijenih država, a i u nas, već više desetljeća pod nazivima:

— »Heizkraftwerk« (HKW) u njemačkom govornom području
— »Cogeneration Plant« pretežito u američkom govornom području
— »Combined Heat and Power Plant« (CHP) pretežito u engleskom govornom području.

Osnovna prednost kogeneracije pred odvojenom proizvodnjom električne i toplinske energije vidljiva je iz slike 1. za jedan pojednostavnjeni primjer potrošača toplinske i električne energije.

Kao što se vidi iz slike 1, **kogeneracijom se može uštedjeti više od 30 % fosilnog ogriva** u odnosu na odvojenu proizvodnju toplinske energije u kotlovnici i električne energije u termoelektrani. Ušteda fosilnoga goriva osim ekonomskih donosi i ekološke prednosti zbog manjeg zagađivanja zraka ispušnim plinovima.



Slika 1. Usporedba energetske efikasnosti kogeneracije i odvojene proizvodnje toplinske i električne energije

U kogeneraciji se primjenjuju termoenergetska postrojenja zasnovana na sljedećim primarnim pokretačima:

a) **Termomotori** ili klipni motori s unutarnjim izgaranjem na tekuća (i plinovita) goriva u dvije osnovne izvedbe:
   — plinski ili oto-motori i
   — dizel-motori.
b) **Plinske turbine** na plinovita (i tekuća) goriva u dvije osnovne izvedbe:
   — plinske turbine otvorenog (jednostavnog) ciklusa i
   — kombi-blokovi sastavljeni od plinske turbine, ispušnog kotla i parne turbine.
c) **Parne turbine** s proizvodnjom pare u kotlovima na kruta (ugljen, otpad, biomasa), tekuća i plinovita goriva u osnovnim izvedbama:
   — kondenzacijsko-oduzimna parna turbina
   — protutlačna parna turbina.

S obzirom na veličinu kogeneracijskog sustava razlikuju se:

1. **Mali kogeneracijski sustavi** za opskrbu električnom i toplinskom energijom pojedinih objekata ili grupe objekata u industriji i općem sektoru.
Primjene:
a) **u industriji**
   — tvornice papira
   — tekstilna industrija
   — šećerane
   — cementare
   — prehrambena industrija, mljekare i sl.
   — drvopreradivačka industrija
   — kemijska industrija
   — petrokemijska industrija
   — rafinerije nafte

— željezare i metalurgijski kompleksi
— industrije obojenih metala
— farmaceutska industrija
— pivovare
— industrija alkoholnih pića
— kožare itd.

b) **u općem sektoru**
— stambeni objekti i blokovi zgrada
— poslovni objekti
— hoteli i turistički objekti
— bolnice i zdravstveni centri
— škole i odgojne ustanove
— sveučilišni i istraživački centri
— trgovački centri i robne kuće
— ljetni i zimski športski i rekreacijski centri, planinarski domovi i bazeni
— administrativni i kulturni objekti
— radio-televizijski centri i objekti
— vojni objekti
— zračne luke
— deponije komunalnog otpada (deponijski plin)
— uređaji za čišćenje gradskih otpadnih voda
— seoska gospodarstva i poljoprivredna dobra itd.

2. **Veliki kogeneracijski sustavi** za opskrbu toplinskom energijom (vrela voda i/ili para) dijelova većih gradova s velikom gustoćom toplinskog konzuma. Takvi centralizirani toplinski sustavi (CTS) sastoje se od termoelektrana-toplana (TE-TO) i toplinskih mreža.
Primjeri u nas: sustavi daljinske opskrbe toplinskom energijom u Zagrebu i Osijeku.

Osnovni je preduvjet za isplativost jednoga kogeneracijskog sustava da se može koristiti instaliranim kapacitetima barem 3 000 – 4 000 sati godišnje.

SVJETSKA ISKUSTVA I TRENDOVI

Veliki kogeneracijski sustavi razvijeni su u razdoblju nakon drugoga svjetskog rata u većim gradovima u Europi, pretežito u bivšim realsocijalističkim državama, ali i u Danskoj, Njemačkoj, Švedskoj, Finskoj Austriji itd. S obzirom na visoka početna ulaganja i druge razloge, izgradnja novih velikih kogeneracijskih sustava jedva da se može očekivati, pa na tome području preostaje održavanje, proširenja i revitalizacije postojećih sustava.

Razvoj na području kogeneracije posljednjih desetak godina ide u smjeru malih kogeneracijskih sustava u industriji i općem sektoru čemu pogoduje sve jači prodor »čistih« goriva (naročito prirodnog ili zemnog plina) u energetiku zbog zaštite okoliša i zdravlja.

U tablici 1. prikazano je stanje kogeneracije u nekim europskim državama [1,2].

Zanimljivo je uočiti iz tablice 1. da države, približne veličine i siromašne fosilnim gorivima kao i Hrvatska (Danska i Finska), imaju približno 10 puta veći kapacitet kogeneracije od Hrvatske!

Tablica 1. Stanje kogeneracije u Europi potkraj 1992. godine

Država	Instalirana električna snaga (MWe)
Njemačka	18 800
Italija	500
Danska	4 500
Finska	4 100
Švedska	3 100
Velika Britanija	2 700
Nizozemska	2 600
Belgija	2 100
Španjolska	1 200
Hrvatska	400

Predviđeni rast proizvodnih elektroenergetskih kapaciteta **kogeneracije** za 17 europskih država OECD (Lit. 1 i 2) vrijednošću **3,5 % godišnje** znatno je iznad planiranog rasta ukupnih proizvodnih elektroenergetskih kapaciteta u tim državama. Taj podatak dovoljno govori o ulozi kogeneracije u elektroenergetskom sustavu.

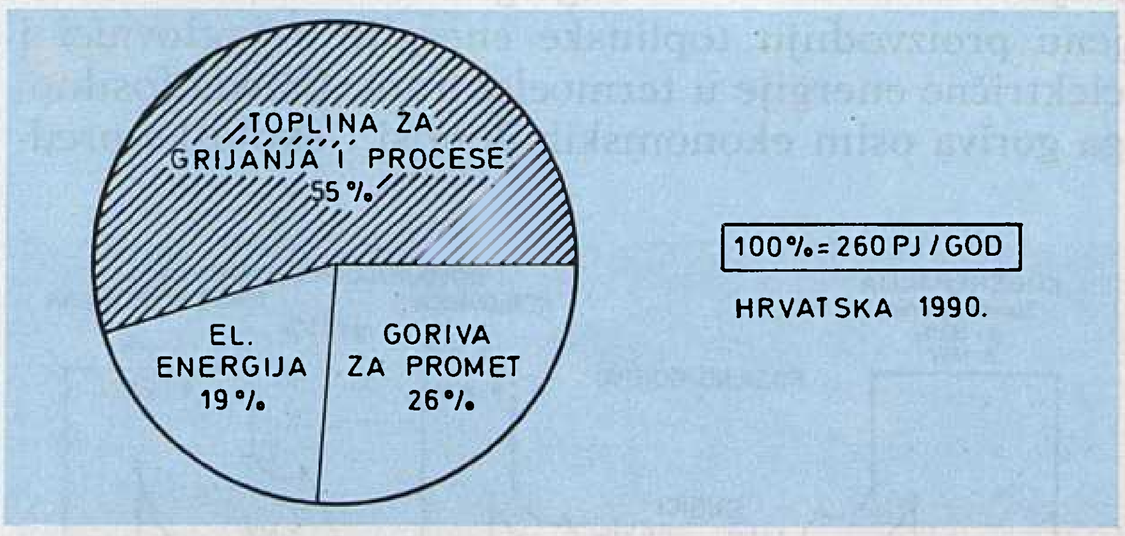
STANJE I POTENCIJAL KOGENERACIJE U HRVATSKOJ

Približna struktura energije predane neposrednim potrošačima u Hrvatskoj 1990. godine prikazana je u tablici 2 [3].

Tablica 2. Struktura energije predane potrošačima u Hrvatskoj 1990. godine

Vrsta energije	Količina (PJ/go)	Udio (%)
toplina za grijanja i procese	144	55
goriva za promet	68	26
električna energija	48	19
ukupno	260	100

Tablica 2. prikazuje da se više od polovice energije predane potrošačima u Hrvatskoj troši u obliku toplinske energije za grijanje prostorija, pripremu tople vode i industrijske procese.
Podaci iz tablice 2. zorno su prikazani na slici 2.



Slika 2. Energija predana potrošačima u Hrvatskoj 1990. godine

Teorijski potencijal proizvodnje električne energije iz **kogeneracije** u Hrvatskoj, uz omjer električne i toplinske energije 1:1 (električna karakteristika kogeneracije = 1), iznosi:

$$Ekt = \frac{144 \text{ PJ/god.}}{3{,}6 \text{ PJ/TWh}} = 40 \text{ TWh/god.}$$

Uzimajući u obzir različita ograničenja (trajanje i gustoću toplinskog konzuma itd.), može se pretpostaviti da **realni potencijal** proizvodnje električne energije iz **kogeneracije** iznosi otprilike 10% od teorijskog potencijala, odnosno:

$$Ekr = 0{,}1 \times 40 = 4 \text{ TWh/god.}$$

To odgovara **električnoj snazi** od **otprilike 1 000 MW,** što znači povećanje 150% u odnosu prema današnjem stanju (400 MW), ali još uvijek približno četiri puta manje nego što danas imaju Danska (4 500 MW) ili Finska (4 100 MW).
Izgradnjom dodatnih 600 MWe/600 MWt kapaciteta kogeneracije u Hrvatskoj postiže se **ova ušteda fosilnih goriva:**

potrošnja goriva u odvojenoj proizvodnji	820 000 t/god.
potrošnja goriva u kogeneraciji	545 000 t/god.
Ušteda ekvivalent nafte	275 000 t/god.

EKONOMSKI I EKOLOŠKI EFEKTI KOGENERACIJE U HRVATSKOJ

Glavni **ekonomski efekti** ostvarivanja realnog potencijala kogeneracije u Hrvatskoj od dodatnih 600 MWe su sljedeći:

- ušteda fosilnih goriva u iznosu otprilike **275 000 tona** ekvivalent nafte godišnje
- smanjivanje odljeva deviza za otprilike **35 milijuna USD** godišnje
- zapošljavanje domaće industrije koja je u stanju proizvesti veći dio postrojenja malih kogeneracijskih sustava itd.

Zbog uštede fosilnih goriva postižu se i povoljni **ekološki efekti,** jer se smanjuje količina ispušnih plinova odnosno zagađivanje zraka štetnim plinovima i česticama.

ZAKLJUČAK

Kogeneracija električne i toplinske energije omogućuje znatnu uštedu fosilnih goriva i smanjivanje zagađivanja okoliša u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u termoelektranama i toplinske energije u kotlovnicama.
Svjetska iskustva iz razvijenih država pokazuju na brz porast kogeneracije u posljednjih desetak godina, i to pretežno u obliku malih kogeneracijskih sustava na osnovi plinskih i dizel-motora te plinskih turbina.

Šira primjena kogeneracije u Hrvatskoj omogućila bi znatne uštede uvoznih fosilnih goriva (plin, nafta) i smanjivanje zagađivanja zraka, a pružila bi i priliku za zapošljavanje domaće industrije [4].

LITERATURA

[1] The European Market for Gas & Steam Turbine-driven Cogeneration Systems, Frost & Sullivan Inc., New York, 1992.

[2] The European Market for Reciprocating Engine-driven Cogeneration Systems, Frost & Sullivan, Inc., New York, 1992.

[3] G. GRANIĆ i ostali »Razvoj i organizacija energetskog sektora«, Forum »Hrvatska energetika u ratu i nakon rata, Zagreb, 18. 12. 1992.

[4] Studija mogućnosti — Visokoefikasna i ekološki prihvatljiva termoenergetska postrojenja, Končar Zagreb, studeni 1992.

COGENERATION POTENTIAL IN CROATIA

Combined production of electrical and thermal energy or cogeneration is one of the key elements of rational energy management, because related to separate production of electric energy in thermo power plants and thermal energy in boilers, it gives much better energy efficiency, that is savings of fossil fuels, whereby environmental pollution is diminished as well.
The advantage of cogeneration based on thermal motors, gas and steam turbines, comes particularly to expression by little industry systems and in the public sector, and because of it there is a fast expansion of cogeneration in developed countries recently. In Croatia there is a large possibility of cogeneration application. Today the cogeneration potential of Croatia is poorly used, mainly in large systems. The use of realistic cogeneration potential would enable Croatia to save fossil fuels at the level of 275 000 tons of equivalent oil yearly.

POTENTIAL DER KOGENERATION IN KROATIEN

Die gemeinsame Erzeugung der elektrischen und Wärmeenergie, oder Kogeneration ist eines der Schlüsselelemente eines rationalen Wirtschaftens mit der Energie, da dies im Verhältnis zur separaten Herstellung der elektrischen Energie in den Wärmekraftwerken und der Wärmeenergie in den Kesselräumen wirtschaftlicher ist, die fossilen Heizmittel werden in geringeren Mengen gebraucht wobei auch die Umweltverschmutzung geringer ist.
Der Vorteil der Kogeneration auf Grund der Thermomoteren sowie Gas und Dampfturbinen kommt besonders bei kleinen Systemen in der Industrie und im allgemeinen Sektor zum Ausdruck, was in neuester Zeit in den entwickelten Ländern eine schnelle Expansion bewirkt. In Kroatien bestehen grosse Möglichkeiten für die Anwendung der Kogeneration. Heute ist das reale Potential in Kroatien sehr wenig ausgenützt und das hauptsächlich in grossen Systemen. Die Nutzung des realen Potentials der Kogeneration würde Kroatien zur Schohnung de fossilen Brennstoffe für ungefähr 275 000 Tonnen Erdöl jährlich verhelfen.

Naslov pisca:
Mr. Vladimir Potočnik, dipl. ing.
Elektroprojekt,
41000 Zagreb
Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993–4–15.

PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabeli za napone:

1 kV - s termoplastičnom izolacijom
10 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen propilena

20 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- termoplastičnog polietilena
35 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen-propilena

Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Brodski kabeli izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
Kabeli i konektori za aerodromske instalacije.
Samonosivi kabelski snopovi Elkalex-1.
Telekomunikacijski kabeli s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
Optički kabeli.
Specijalni vodovi i kabeli.
Rudarski kabeli.
Kabelski setovi sa konektorima.
Lakirana žica.
Alumunijska, alu-čelična i užad iz aluminijske legure.
Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.
Umreživi polietilen.

ELKA

»ELKA« Tvornica električnih kabela - Zagreb, Žitnjak bb, P. O. B. 150
Tel.: 232-200; Telex: 21-193; Telefax: 223-898

AKTUALNO STANJE PROVEDBE UZEMLJENJA ZVJEZDIŠTA SREDNJONAPONSKIH MREŽA

Dr. Srđan Žutobradić — Zagreb

UDK 621.316.99
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Dana je definicija »teških uvjeta uzemljenja« koji se pojavljuju pri provedbi uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža. Dani su mogući putovi za lakše ostvarenje te zadaće, a to su liberalizacija tehničkih propisa o opasnim naponima dodira i uvođenje kombiniranog sustava za uzemljenje zvjezdišta.

Ključne riječi: srednjonaponske mreže, uzemljenje zvjezdišta.

1. UVOD

Prema tehničkoj regulativi u Hrvatskoj, srednjonaponske distribucijske mreže mogu raditi s izoliranom neutralnom točkom u pojnoj transformatorskoj stanici, uz uvjet da kapacitivne struje zemljospoja ne prelaze ove granične iznose:

— mreže 10 kV: $I_c = 20$ A
— mreže 20 kV: $I_c = 15$ A
— mreže 35(30) kV: $I_c = 10$ A.

Ako kapacitativne struje prijeđu navedene veličine, potrebno je provesti uzemljenje zvjezdišta. Dosadašnja praksa u distribucijskoj djelatnosti u Hrvatskoj temeljila se na **rezistentnom** uzemljenju neutralne točke preko metalnih otpornika. Uobičajene nazivne struje otpornika su sljedeće:

mreže 35 kV
$I_R = 1000$ A (kabelske mreže)
$I_R = 300$ A (ostale mreže)
mreže 10(20) kV
$I_R = 300$ A (kabelske mreže)
$I_R = 150$ A (ostale mreže).

Osim kapacitivne struje zemljospoja, u 20 kV mrežama postoji dodatni kriterij koji uvjetuje provedbu uzemljenja zvjezdišta. Naime, ako se 10 kV oprema u nadzemnoj mreži želi koristiti pod naponom 20 kV, tada je nužno provesti uzemljenje zvjezdišta radi smanjivanja razine unutrašnjih prenapona. Na taj način ostvaruje se racionalan put za uvođenje 20 kV napona u distribucijsku mrežu.

U mrežama 35 kV redovito nema problema s provedbom uzemljenja zvjezdišta. Međutim, u 10(20) kV mrežama veliki su problemi u »teškim uvjetima uzemljenja«, koji će biti pobliže objašnjeni u idućoj točki. S obzirom na nezadovoljavajuće stanje s provedbom uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža u Hrvatskoj, navest će se prijedlozi koji će omogućiti jednostavnije rješenje tog zadatka.

2. KRITERIJI ZA ODREĐIVANJE TEŠKIH UVJETA UZEMLJENJA

Egzaktna definicija »teških« uvjeta uzemljenja ne postoji. Moguće je samo govoriti o tehnoekonomskim mogućnostima za ispunjavanje uvjeta koje tehnički propisi postavljaju na uzemljivače TS 10(20)/0.4 kV. Kada se propisani uvjeti ne mogu ispuniti uz razumne troškove (a pogotovo ako ih uopće nije moguće ostvariti), tada se govori o »teškim« uvjetima uzemljenja. U ovom poglavlju objasnit će se metodologija koja omogućuje procjenu uvjeta uzemljenja na određenom području. Dakako, pri tome će se uzeti u obzir postojeći tehnički propisi [1]. U slučaju usvajanja novih propisa, koje bi prema stavovima Instituta za elektroprivredu i energetiku trebalo liberalizirati, definicija teških uvjeta uzemljenja će se ublažiti.

2.1. Odabir otpornika za ograničenje struje jednopolnoga kratkog spoja

Kao što je poznato iz dosadašnjih stručnih radova Instituta za elektroprivredu i energetiku, pri provedbi uzemljenja zvjezdišta peporučuje se korištenje sljedećeg kriterija za odabir nazivne struje otpornika:

$$I_R \geq 3 \cdot I_c, \qquad (1)$$

gdje je:
I_R — nazivna struja otpornika;
I_c — kapacitivna struja zemljospoja.

Navedeni kriterij osigurava pretežno radni karakter struje jednopolnog kvara. Njegovim ispunjavanjem ostvaruje se **niskoomsko** uzemljenje zvjezdišta.

Kada korištenje kriterija (1) dovodi do neprihvatljivih troškova rekonstrukcije uzemljivača, preporučuje se alternativni kriterij:

$$1.5 \cdot I_c \leq I_R \leq 3 \cdot I_c. \qquad (2)$$

Taj kriterij definira tzv. **visokoomsko** uzemljenje zvjezdišta. Struja jednopolnog kvara u bilo kojoj točki 10(20) kV mreže računa se kao:

$$I_{1p} = \sqrt{I_{1R}^2 + I_c^2} \qquad (3)$$

gdje je:

I_c — kapacitivna struja zemljospoja;

I_{1R} — radna komponenta struje jednopolnog kratkog spoja.

Kao što je već rečeno, u dosadašnjoj praksi za provedbu uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža koristili su se otpornici nazivne struje

$$I_R = 300 \text{ A} \quad \text{i} \quad I_R = 150 \text{ A}.$$

Odgovarajuće struje jednopolnog kvara u tako uzemljenim mrežama većinom su samo nešto niže od nazivnih struja otpornika (kod »metalnih« jednopolnih kvarova). Izuzetak su kvarovi na ekstremno dugačkim 10(20) kV vodovima, kada te struje mogu pasti i do 40% u odnosu prema nazivnoj struji otpornika.

Na temelju poznatih veličina struja jednopolnog kratkog spoja određuju se granični, tj. maksimalno dopušteni otpori uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV. Prema tehničkim propisima [1], ti otpori se određuju na način opisan u daljnjem tekstu.

2.2. Kriteriji za dimenzioniranje uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV

Ako se u TS 10(20)/0.4 kV izvodi združeno zaštitno i radno uzemljenje (što propisi preferiraju), tada ukupni otpor uzemljenja treba zadovoljiti uvjet:

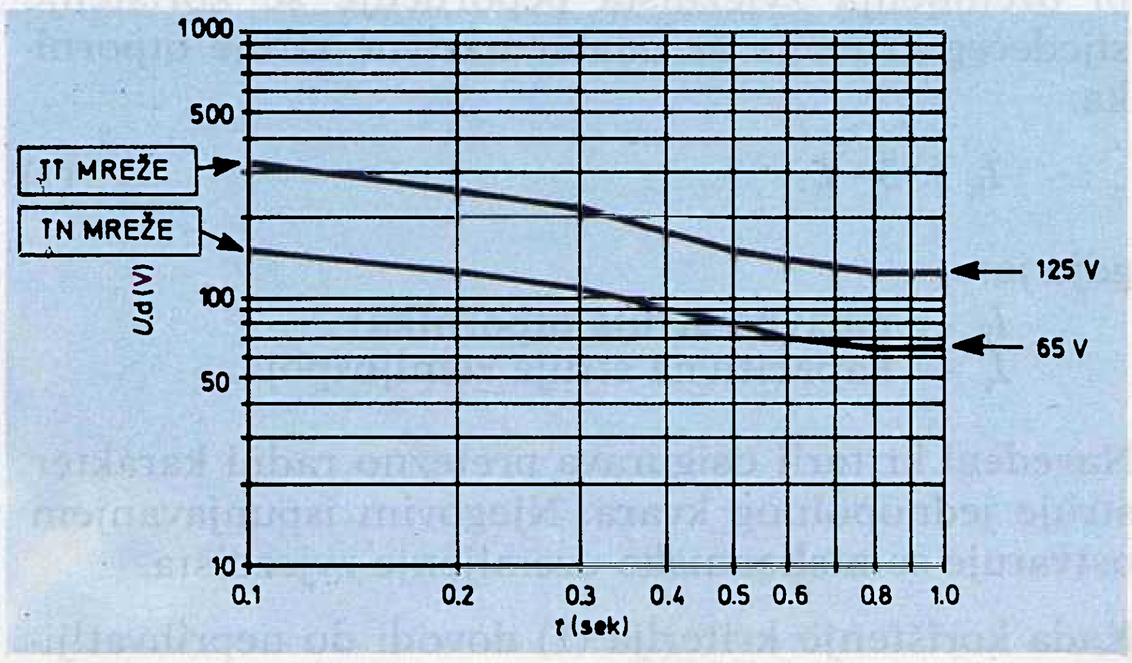
$$R_{zdr} \leq \frac{U_{dd}}{r \cdot I_{1p}}, \qquad (4)$$

gdje je:

U_{dd} — dopušteni napon dodira prema tehničkim propisima (sl. 1);

I_{1p} — struja jednopolnog kratkog spoja u razmatranoj stanici;

r — redukcijski faktor pojnog voda.



Slika 1.

Ako se ne može ispuniti uvjet (4), potrebno je izvesti odvojeno zaštitno uzemljenje stanice od radnog uzemljenja mreže niskog napona. U tom slučaju radno uzemljenje treba zadovoljiti uvjete primjenjene zaštitne mjere na niskom naponu, a zaštitno uzemljenje treba ispuniti uvjet:

$$R_{zaš} \leq \frac{1200}{r \cdot I_{1p}}. \qquad (5)$$

Ako mreža 10(20) kV radi s izoliranim zvjezdištem te se zemljospoj isključuje u vremenu kraćem od 2 sata, također se primjenjuju kriteriji (4) ili (5), samo što se umjesto struje jednopolnog kvara (I_{1p}) uvrštava kapacitivna struja zemljospoja (I_c). Međutim, ako trajanje zemljospoja nije ograničeno na 2 sata, propisi dopuštaju isključivo izvedbu odvojenoga zaštitnog uzemljenja od radnog uzemljenja, uz poštivanje uvjeta (5). Osim toga, otpor radnog uzemljenja treba zadovoljiti dodatni kriterij:

$$R_{rad} \leq \frac{65}{I_c} \qquad (6)$$

Iz navedenog pregleda mogu se odrediti granični otpori uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV. Pri tome ćemo se ograničiti na TS 10(20)/0.4 kV priključene na nadzemnu pojnu mrežu. Otpori uzemljenja trafo-stanica priključenih na kabelsku mrežu redovito su relativno niski i ne čine poteškoće pri prelasku 10(20) kV mreže na rad sa zvjezdištem uzemljenim preko otpornika. Budući da nadzemni 10(20) kV vodovi obično nemaju zaštitne vodiče, njihov redukcijski faktor iznosi: $r = 1$.

Granični otpori navedenih transformatorskih stanica prikazani su u tablici 1. (združena uzemljenja) odnosno tablici 2. (odvojena zaštitna od radnih uzemljenja).

Tablica 1. Granični otpori združenog uzemljenja

Primijenjena zaštitna mjera na 0.4 kV	R_{zdr} (Ω) za				
	$I_c = 20$ A	$I_R = 150$ A		$I_R = 300$ A	
	$t \geq 1$s	$t = 0.5$s	$t = 1.0$s	$t = 0.5$s	$t = 1.0$s
nulovanje zašt.	3.25	0.53	0.43	0.27	0.22
uzemljenje	6.50	1.06	0.86	0.54	0.44

Tablica 2. Granični otpori zaštitnog uzemljenja

Nazivni napon kV	$R_{zaš}$ (Ω) za:		
	$I_c = 20$ A	$I_R = 150$ A	$I_R = 300$ A
10	60	10.50	5.25
20	60	9.28	4.64

2.3. Proračuni otpora uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV

Otpor združenog uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV priključene na nadzemnu mrežu ovisi o specifičnom otporu tla, te izvedbi uzemljivača trafo-stanice i broju i dužini uzemljivača niskonaponskih vodova. Pri tome treba upozoriti da su kod takvih mreža vrlo rijetki potrošački objekti s temeljnim uzemljivačima koji bitno smanjuju ukupne otpore uzemljenja. U [2] utvrđeni su neki tipični odnosi koji su prisutni kod navede-

nih TS. Odgovarajuće relacije prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Otpori združenog uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV

ρ (Ωm)	U	R_{zdr} (Ω)
50	3	0.76
	10	0.37
	30	0.15
100	3	1.52
	10	0.74
	30	0.30
200	3	3.04
	10	1.48
	30	0.60

Značenja pojedinih veličina su sljedeća:

ρ — specifični otpor tla;
U — broj uzemljivačkih traka u mreži niskog napona; pretpostavlja se dužina od 15 m po traci;
R_{zdr} — izračunani otpor združenog uzemljenja.

Pretpostavljena je izvedba uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV (stupne ili tornjića) s jednokonturnim uzemljivačem koji ima tri dodatna kratka dužine 25 m (po kraku).

Usporedbom izračunanih otpora iz tablice 3. i graničnih otpora uzemljenja iz tablice 1. vidi se da je na terenima malo višeg specifičnog otpora tla ($\rho > 100$ Ωm) praktički nemoguće ostvariti dovoljno niske otpora združenog uzemljenja ako je zvjezdište pojne 10(20) kV mreže uzemljeno preko maloomskih otpornika.

Ta konstatacija vrijedi i uz ograničenje struje jednopolnog kvara na relativno nizak iznos od **150 A**, te uz uzemljivanje nul-vodiča na čak 30 stupova (što je neuobičajeno, skupo, a ponekad i neprovedivo zbog građevinskih prepreka).

Međutim, ako mreža radi s izoliranim zvjezdištem uz kapacitivnu struju zemljospoja manju od 20 A, moći će se postići zadovoljavajući otpor združenog uzemljenja i na terenima višega specifičnog otpora tla uz uvjet da se nul-vodič uzemlji na dovoljno mjesto.

Otpor **odvojenog zaštitnog uzemljenja** ovisi o specifičnom otporu tla i izvedbi uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV. U [2] su dani rezultati proračuna tipičnih uzemljivača. U tablici 4. prikazane su veličine specifičnog otpora tla do kojih je moguće ispuniti uvjete 5 – 6 za pojedine konfiguracije uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV.

Tablica 4. Granične vrijednosti specifičnog otpora tla

Konfiguracija uzemljivača	Specifični otpor (Ωm)		
	(I_c = 20 A)	(I_R = 150 A)	(I_R = 300 A)
K	470	70	35
K+2×5 m	640	100	50
K+2×25 m	1 670	260	130
K+3×5 m	700	110	55
K+3×25 m	2 140	330	165
K+4×5 m	780	120	60
K+4×25 m	2 500	390	190

Izložene vrijednosti odnose se na TS 20/0.4 kV. Kod TS 10/0.4 kV dobile bi se približno 13% više vrijednosti jer su toliko viši granični otpori. Osim toga, kod TS 10(20)/0.4 kV koje su udaljene od pojne točke, struje jednopolnog kvara su nešto manje od 150 (300 A), pa su zato i maksimalni specifični otpori tla nešto veći od onih u tablici 4.

No unatoč tome nije moguće zadovoljiti tehničke propise o uvjetima neopasnosti (odnosno postići granične otpore zaštitnog uzemljenja) na terenima gdje specifični otpor tla prelazi veličinu $\rho = 250$ Ωm (uz I_R = 300 A), odnosno ρ = 500 Ωm (uz I_R = 150 A).

2.4. Definiranje teških uvjeta uzemljenja

Na temelju navedenih stavova mogu se okvirno definirati »teški« uvjeti za provedbu uzemljenja zvjezdišta, u ovisnosti o sljedećim parametrima:

— specifičnom otporu tla
— vrsti priključene mreže (kabelske, nadzemne, mješovite)
— visini kapacitivne struje zemljospoja.

Dakako, ovdje se misli na provedbu uzemljenja zvjezdišta putem otpornika. Prema tome, »teški« uvjeti za provedbu uzemljenja zvjezdišta nastupaju u sljedećim situacijama:

$I_c \leq$ 20 A; $\rho >$ 2000 Ωm
20 A $\leq I_c \leq$ 50 A; $\rho >$ 600 Ωm
50 A $\leq I_c \leq$ 100 A; $\rho >$ 300 Ωm
100 A $\leq I_c \leq$ 200 A; $\rho >$ 150 Ωm

Teški uvjeti uzemljenja odnose se na mreže s velikim udjelom TS 10(20)/0.4 kV s nadzemnim napajanjem. U kabelskim mrežama redovito nema problema s ispunjavanjem propisanih uvjeta neopasnosti.

Osim toga, specifični otpori tla određeni su uz pretpostavku da su zaštitni i radni uzemljivači TS 10(20)/0.4 kV s nadzemnim napajanjem **razdvojeni**. U slučaju združene izvedbe uzemljenja kod takvih stanica, propisani uvjeti mogu se ispuniti na terenima specifičnog otpora tla do 100 Ωm. Međutim, ako bi se liberalizirali tehnički propisi o naponima dodira na način opisan u toč. 4, tada bi se združeno uzemljenje TS 10(20)/04 kV u nadzemnoj mreži moglo zadržati i na terenima bitno višega specifičnog otpora tla (ovisno o visini struje jednopolnog kvara i podešenju zemljospojne zaštite).

3. SADAŠNJE STANJE S UZEMLJENJEM 10(20) kV MREŽA U HRVATSKOJ

Mreže 35(30) kV u distribucijskoj mreži Hrvatske uglavnom rade sa zvjezdištem uzemljenim preko otpornika nazivne struje 300 A (rjeđe 1000 A). U mrežama 10(20) kV situacija je bitno lošija. Samo 24 TS X-/10(20) kV rade s uzemljenim zvjezdištem preko otpornika. S druge strane, kapacitivne struje zemljospoja veće su od 20 A u **139 TS X/10(20) kV** koje rade s izoliranim zvjezdištima 10(20) kV. Kod 87 TS X-/10(20) kV kapacitivna struja zemljospoja mreža 10(20) kV nalazi se u granicama od 20 A do 40 A, dok

je kod 52 TS X/10(20) kV ta struja veća od 40 A. Očito je da je riječ o vrlo velikom broju TS X/10(20) kV, koje čine 38% ukupnog broja TS X/10(20) kV u Hrvatskoj.

Procjena broja TS X/10(20) kV kod kojih su prisutni »teški« uvjeti za provedbu uzemljenja zvjezdišta obavljena je na temelju:

— podataka o visini kapacitivnih struja zemljospoja
— podataka o broju TS 10(20)/0.4 kV u nadzemnoj mreži
— značajka terena na kojem je TS X/10(20) kV s pripadnom mrežom locirana.

Dobiveni podaci prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Pregled TS X/10(20) kV sa teškim uvjetima uzemljenja

Spec. otpor tla	I_c (A)	N_TS X/10(20)	N_TSN 10(20)/0.4
srednje loš	20 – 40 40 – 60 > 60	12 6 1	437 154 35
loš	20 – 40 40 – 60 > 60	25 6 4	973 234 164
ukupno		54	1 977

Značenja pojedinih veličina iz tablice 5. su sljedeća:

Srednje loš specifični otpor tla — riječ je o 10(20) kV mrežama gdje je većina TS 10(20)/0.4 kV smještena na terenima specifičnog otpora tla 100 – 500 Ωm.

Loš specifični otpor tla riječ je o 10(20) kV mrežama gdje je dosta TS 10(20)/0.4 kV smješteno na terenima specifičnog otpora tla većeg od 500 Ωm.

I_c — kapacitivna struja zemljospoja 10(20) kV mreže

N_TS X/10(20) — broj pojnih TS X/10(20) kV, TS 110/10(20) i TS 35/10(20) kV

N_TSN 10(20)/0.4 — broj TS 10(20)/0.4 kV sa nadzemnim napajanjem, priključenih na razmatrane TS X/10(20) kV.

Osim toga, uz tablicu 5. treba dati ove napomene:

— Kapacitivne struje zemljospoja u budućnosti mogu rasti, zbog polaganja novih kabela
— Uvođenjem napona 20 kV kapacitivne struje se udvostručuju za istu mrežu.

Prema tome, realno je očekivati da će u budućnosti porasti broj TS X/10(20) kV s prisutnim »teškim« uvjetima uzemljenja.

Ako se podaci iz tablice 5. usporede sa sumarnim veličinama koje se odnose na čitavu Hrvatsku, mogu se dobiti realni udjeli trafo-stanica u »teškim« uvjetima uzemljenja u odnosu prema ukupnom broju takvih stanica u Hrvatskoj:

— TS X/10(20) kV — 14% od ukupnog broja
— TS 10(20)/0.4 kV — 10% od ukupnog broja.

Iz razmatranja je očito da su u Hrvatskoj vrlo ozbiljne poteškoće za provedbu uzemljenja zvjezdišta preko otpornika. Ta činjenica opravdava razradu alternativnog načina uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreže u »teškim« uvjetima. Dakako, ako se provede liberalizacija propisa o uzemljivačima TS 10(20)/0.4 kV, broj takvih stanica će se smanjiti.

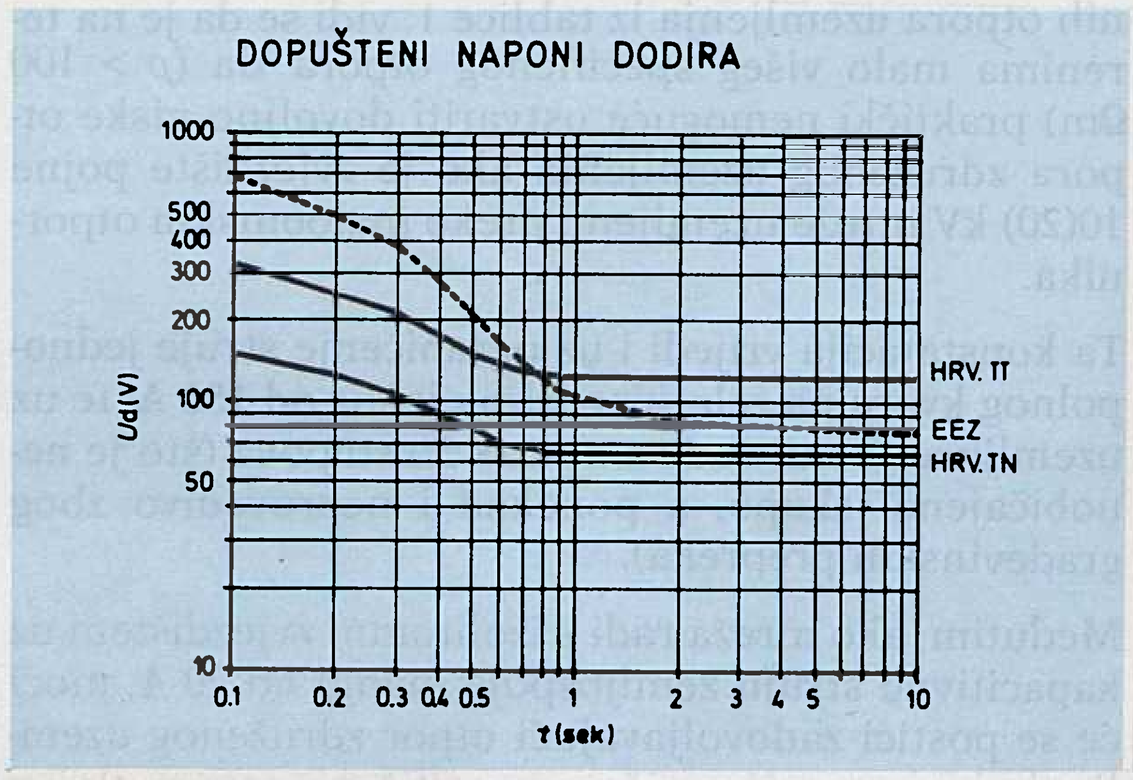
4. NEKI PRIJEDLOZI ZA PROMJENU TEHNIČKIH PROPISA O NAPONIMA DODIRA

U našoj stručnoj javnosti već niz godina raspravlja se o nužnosti promjene tehničkih propisa koji reguliraju probleme opasnih napona dodira. Nažalost, dosadašnje inicijative nisu ostvarene, tako da su još uvijek na snazi vrlo rigorozni propisi [1].

Povoljna okolnost koja je poticaj za liberalizaciju tehničkih propisa u Hrvatskoj jest priprema jedinstvenih propisa u zemljama EEZ o sustavima uzemljenja u elektroenergetskim postrojenjima. U ovoj točki dat će se kratak osvrt na najbitnije tendencije iz nacrta navedenih propisa zemalja EEZ.

Na slici 2. prikazane su vrijednosti dopuštenih napona dodira, i to:

— prema prijedlogu propisa EEZ-a
— prema propisima što vrijede u Hrvatskoj, i to za dimenzioniranje uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV koje napajaju nulovane (TN) mreže, odnosno mreže s primijenjenim pojedinačnim zaštitnim uzemljenjem (TT mreže).



Slika 2.

Kao što se vidi na slici 2, nacrt propisa EEZ sadrži jedinstvenu krivulju ovisnosti dopuštenih napona dodira o trajanju kvara. U području podešenja relejne zaštite u srednjonaponskim i visokonaponskim mrežama, tj. za $t < 1$ sek, dopušteni naponi dodira prema prijedlogu EEZ bitno su viši u odnosu prema tehničkoj regulativi u Hrvatskoj. Na primjer za tipično vremensko podešenje relejne zaštite u 10(20) kV mrežama od $t = 0{,}5$ sek dopušteni naponi dodira iznose:

— prijedlog EEV: $Ud_d = 200$ V
— TT mreže (Hrvatska): $Ud_d = 160$ V
— TN mreže (Hrvatska): $Ud_d = 80$ V.

Prema tome, dopušteni napon dodira prema prijedlogu EEZ-a je 2,5 puta veći u odnosu na dopuštenu vrijednost koja je mjerodavna u slučaju primjene nulovanja (TN sustav) u niskonaposnkim mrežama priključenim na TS 10(20)/0.4 kV.

Očito je da su u tom smislu budući propisi EEZ bitno liberalniji od hrvatskih propisa.
Dimenzioniranje uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV prema prijedlogu propisa EEZ-a također bi bilo olakšano, kao što se vidi iz tablice 6.

Tablica 6. Uvjeti za izvedbu združenog uzemljenja u TS 10(20)/0.4 kV prema prijedlogu EEZ-a

Zaštita u n.n. mreži	Trajanje kvara	Uvjeti na potencijal uzemljivača
TT	$t \leq 5$ s	$U_u \leq 1050$ V
	$t > 5$ s	$U_u \leq 300$V
TN	–	$U_u \leq U_d$(*)
	–	$U_u \leq X \cdot U_d$ (**)

* — nul-vodič mreže n.n. uzemljen je samo u TS 10(20)/10.4 kV
** — nul-vodič mreže n.n. uzemljen je na više mjesta; a to je **uobičajena praksa** u našim TN mrežama.
U_u — potencijal uzemljivača
U_d — dopušteni napon dodira

Faktor X iznosi barem 2. U prijedlogu propisa navodi se čak mogućnost korištenja vrijednosti $X \leq 5$. Pri tome je potrebno uočiti da propisi u Hrvatskoj [1] predviđaju dimenzioniranje uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV na temelju uvjeta:

$$U_u \leq U_d, \tag{7}$$

tj. potencijal uzemljivača mora biti manji od dopuštenog napona dodira (faktor $X = 1$).
Prema tome, otpor združenog uzemljenja TS 10(20)/10.4 kV koje napajaju niskonaponske mreže s primijenjenim nulovanjem prema prijedlogu EEZ-a računao bi se po formuli:

$$R_{zdr} \leq \frac{X \cdot U_d}{r \cdot I_{1p}} \tag{8}$$

$$X = 2 \ldots\ldots 5.$$

Dakako, vrijednost dopuštenog napona dodira U_d određena je odgovarajućom krivuljom na slici 2. Za konzervativni prisutp ($X = 2$), te uz trajanja kvara od 0.5 sek, dobivaju se sljedeće dopuštene vrijednosti otpora združenog uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV priključenih na nadzemnu mrežu (redukcioni faktor voda $r = 1$).

Struja jednopolnog kvara	Propisi EEZ	Propisi u Hrvatskoj
$I_{1p} = 150$ A	$R_{zdr} \leq 2.70\ \Omega$	$R_{zdr} \leq 0.54\ \Omega$
$I_{1p} = 300$ A	$R_{zdr} \leq 1.35\ \Omega$	$R_{zdr} \leq 0.27\ \Omega$

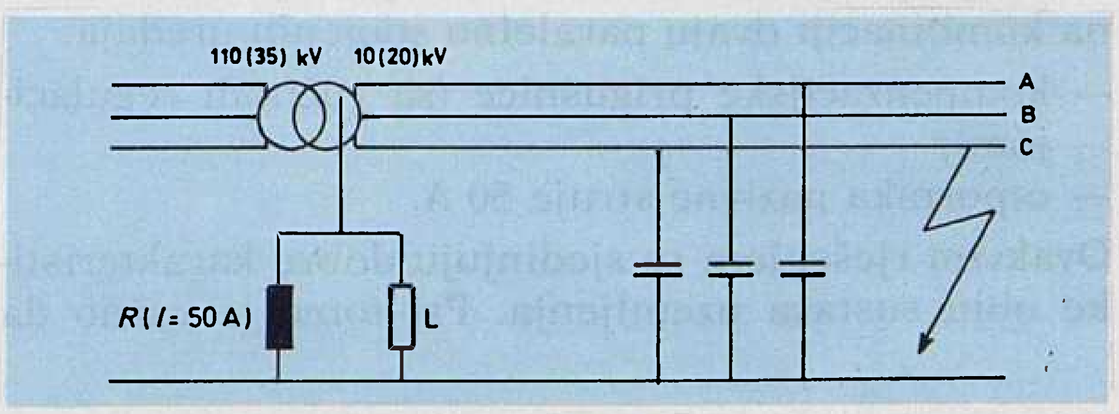
Očito je da se prema nacrtu propisa EEZ dobivaju čak **5 puta veći** granični otpori združenog uzemljenja u odnosu na naše propise. Ako bi se dokazala opravdanost upotrebe faktora $X = 5$ (tabl. 6), tada bi se dobili čak **12 puta veći** otpori združenog uzemljenja. Ne treba posebno tumačiti koliko bi se time olakšala provedba uzemljenja zvjezdišta preko otpornika. S druge strane, nema zapreke da se propisi koje će usvojiti zemlje EEZ-a ne primijene i u Hrvatskoj. Dapače, to je jedini mogući put u budućnost.

5. PRIJEDLOG RJEŠENJA ZA PROVEDBU UZEMLJENJA ZVJEZDIŠTA U »TEŠKIM« UVJETIMA

U toč. 3. utvrđeno je da u Hrvatskoj postoji veći broj TS X/10(20) kV koje napajaju 10(20) kV mreže sa »teškim« uvjetima uzemljenja. U budućnosti će broj takvih stanica postati još veći (zbog većeg kabliranja, te uvođenja napona 20 kV u pogon). Zbog toga je potrebno odabrati alternativna rješenja za te slučajeve. Pri tome je moguće djelovati u tri smisla:

a) liberalizaciji tehničkih propisa o opasnim naponima dodira na uzemljivačima TS 10(20)/0.4 kV, te niskonaponskim mrežama,
b) reduciranju struja jednopolnih kvarova,
c) reduciranju otpora uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV.

U toč. 4. predloženo je određeno ublažavanje vrlo strogih propisa u skladu s prijedlogom zajedničkih propisa EEZ-a. Ako bi se taj prijedlog usvojio, sigurno bi se olakšala provedba uzemljenja zvjezdišta preko otpornika i smanjili troškovi rekonstrukcije uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV. Međutim, ni takva liberalizacija ne bi riješila sve »teške« slučajeve koji danas postoje, a u budućnosti će ih biti još više.
Reduciranje struja jednopolnih kvarova uz primjenu otpornika za uzemljenje zvjezdišta je mjera ograničena visinom kapacitivne struje zemljospoja, koja se može poništiti kompenzacijskim (Petersenovim) prigušnicama.
Smanjivanje vrijednosti otpora uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV uz razumne troškove, vrlo je dvojbena mjera, kao što je dokazano u mnogim dosadašnjim radovima Instituta za elektroprivredu i energetiku, pa i u toč. 2. ovog članka.
Na temelju uvida u svjetsku praksu na tom području zaključeno je da rješenje treba tražiti u sintezi pozitivnih karakteristika danas poznatih sustava za provedbu uzemljenja zvjezdišta. To je moguće postići kombiniranim sustavom koji se sastoji od kompenzacijske prigušnice s ručnom regulacijom, te paralelno uključenog otpornika male nazivne struje. Slično rješenje uvodi se u 20 kV mrežu EDF-a (Francuska), kao zamjena za dosadašnje rezistentno uzemljenje, preko otpornika nazivne struje 300 A i 1 000 A. Razlozi su slični kao i u Hrvatskoj, a to je intenzivno kabliranje 20 kV mreža. Rezultat su vrlo velike kapacitivne struje zemljospoja koje dovode u pitanje koncepciju rezistentnog uzemljenja zvjezdišta.
Dakako, navedena situacija potencirana je upotrebom napona 20 kV, koji uvjetuje visoke jedinične kapacitivne struje.



Slika 3. Kombinirani sustav za uzemljenje zvjezdišta

Prijedlog osnovnih parametara predloženog sustava je sljedeći:

— metalni otpornik nazivne struje 50 A/5 sek., nazivnog napona 6 kV (za 10 kV mreže), odnosno 12 kV (za 20 kV mrže)
— kompenzacijska prigušnica sa ručnom regulacijom stupnja kompenzacije, nazivnog napona 6 kV (za 10 kV mreže), odnosno 12 kV (za 20 kV mreže). Korak kompenzacije mora biti manji od 20 A.

Predloženo rješenje osigurava pretežno **radni karakter struje** jednopolnog kvara, jer će se ostvariti uvjet:

$$I_R \geq 3 \cdot I_c, \qquad (9)$$

gdje je I_c, u ovom slučaju, **preostala** (nekompenzirana) kapacitivna struja zemljospoja, koja će prema prijedlogu biti manja od 20 A.

Sa stajališta unutrašnjih prenapona, zbog jednopolnih kvarova, njihova visina odgovara situaciji kao kod primjene **visokoomskog uzemljenja** zvjezdišta. To znači da će faktori prenapona biti manji od 2.5, a u mnogim slučajevima i od 2.0. Niži unutrašnji prenaponi dobivaju se u slučaju kvarova, preko prijelaznih otpora, kod mreža s visokim opterećenjem i na lokacijama daleko od pojnih TS X/10(20) kV. O tome se više može naći u [4].

Glede relejne zaštite, predloženi sustav za uzemljenje zvjezdišta oslanja se na istu koncepciju kao i rezistentno uzemljenje, po čemu se kompenzacijske prigušnice posebno štite sljedećim zaštitnim uređajima:

— buzholz-relejem
— kontaktnim termometrom (eventualno).

Rješenje sa samoregulacijskim, kompenzacijskim prigušnicama za sada nije aktualno, jer su to vrlo skupi uređaji čija proizvodnja nije usvojena u Hrvatskoj.

6. ZAKLJUČCI

U članku su definirani »teški uvjeti« za provedbu uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža, koji ovise o:

— specifičnom otporu tla
— vrsti mreže (nadzemna ili kabelska)
— kapacitivnoj struji zemljospoja
— tehničkoj regulativi o opasnim naponima dodira.

Sadašnja koncepcija uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža zasnovanja je na uzemljenju preko otpornika nazivne struje 150 A ili 300 A. Međutim, u »teškim uvjetima« uzemljenja neće biti moguće provesti takva rješenja uz razumne troškove. Zbog toga se za takve situacije predlože alternativno rješenje zasnovano na kombinaciji dvaju paralelno spojenih uređaja:

— kompenzacijske prigušnice (sa ručnom regulacijom);
— otpornika nazivne struje 50 A.

Ovakvim rješenjem se sjedinjuju dobre karakteristike obju sustava uzemljenja. Pri tome je važno da francuska elektroprivreda (EDF), od koje je preuzeta koncepcija uzemljenja preko otpornika, također uvodi opisani alternativni sustav.

Sigurno je da bi bilo poželjno prije stavljanja u eksploataciju izvršiti probnu ugradnju kombiniranog sustava za uzemljenje zvjezdišta u jednu TS 35/10(20) kV ili 110/10(20) kV. Nakon toga bi trebalo ispitati rad relejne zaštite, visine unutrašnjih prenapona zbog jednopolnih kvarova itd., te dobiti početna iskustva o predloženom sustavu uzemljanja.

Na kraju treba još jednom upozoriti na nužnost donošenja suvremenijih,. liberalnijih propisa o opasnim naponima dodira. Usvajanjem načela koja će se usvojiti u zemljama EEZ-a znatno bi se olakšala provedba uzemljenja zvjezdišta, a ne bi bila narušena sigurnost ljudi.

LITERATURA

[1] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transpormatorskih stanica, Sl. list SFRJ 13/1978. (preuzeto)

[2] S. ŽUTOBRADIĆ »Doprinos tipizaciji uzemljivača TS 10(20)/0.4 kV«, »Energija« 4/1985.

[3] J. NAHMAN: »Uzemljenje neutralne točke distributivnih mreža«, Naučna knjiga, Beograd, 1980.

[4] S. ŽUTOBRADIĆ G. MANENICA: »Numerička analiza unutrašnjih prenapona u srednjenaponskim mrežama«, 1. savjetovanje HK CIGRE, Opatija, 1993.

[5] W. MATTHES, K. SCHILLING: »Resonant Earthing«, EV Report, 2/1992 (Siemens)

[6] S. ŽUTOBRADIĆ, J. HRS, V. ŠIMUNOVIĆ: »Alternativni način uzemljenja zvjezdišta u uvjetima visokog specifičnog otpora tla«, studija IE, Zagreb 1993.

CURRENT STATE OF NEUTRAL POINT GROUNDING REALIZATION OF MEDIUM VOLTAGE NETWORKS

The definition is given of »difficult grounding conditions«, that appear by realization of neutral point grounding of a 10(20) kV network. Possible manners of making that task easier are also given: the liberalisation of technical regulation considering dangerous touch voltage and applicatian of combined system for neutral point grounding.

AKTUELLE SITUATION BEZÜGLICH DER DURCHFÜHRUNG DER ERDUNG DES STERNES BEI NETZEN DER MITTLEREN SPANNUNG

Hier werden die »schweren Bedingungen der Erdung«, die sich bei der Durchführung der Erdung des Sternes 10(20) Kv Netze zeigen. Man spricht über die Möglichkeiten der Erleichterung bei der Verwirklichung dieser Aufgabe. Das sind die Liberalisierung der technischen Vorschriften über gefährliche Spannungen und die Einführung des kombinierten Systems für die Erdung des Sternes.

Naslov pisca:

Dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d. Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis: 1993-5-12.

PRORAČUN POUZDANOSTI PROIZVODNO-PRIJENOSNOG SUSTAVA TABLIČNO-LOGIČKOM METODOM

Mr. Srete Nikolovski, Osijek — Ivan Mravak, Zagreb

UDK 621.316.99
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazana je tablično-logička metoda za proračun pokazatelja pouzdanosti proizvodno-prijenosnog sustava manje složenosti. Elektrane se modeliraju pomoću tablica raspoloživosti snaga generatora u njima. Generatori se mogu modelirati s dva ili tri stanja, a potrošači se predstavljaju s uređenim godišnjim dijagramom potrošnje. Prijenosni vodovi se predstavljaju zajedno sa vodnim poljima i komponentama na njima. Prikazana metoda je pogodna za analizu pouzdanosti industrijskih i gradskih TE-TO, te je za takav slučaj provjerena na konkretnom primjeru.

Ključne riječi: pouzdanost, pokazatelj pouzdanosti, proizvodno-prijenosni sustav.

1. UVOD

Za analizu pouzdanosti manjih proizvodno-prijenosnih elektroenergetskih sustava dovoljno točna i prihvatljiva je tablično-logička metoda kojom se izračunavaju pokazatelji pouzdanosti tog sustava. Veći broj velikih industrijskih potrošača ima svoje lokalne izvore, elektrane, kao i gradovi koji imaju svoje toplane-termoelektrane povezane za EES manje složenom prijenosnom mrežom.

Za analizu i proračun pouzdanosti tih sustava pogodna je tablično-logička metoda jer je pregledna, jednostavna i razumljiva te može koristiti inženjerima i stručnjacima u praksi.

Metoda nam daje osnovne pokazatelje pouzdanosti i raspoloživosti proizvodno prijenosnog sustava a to su:

— vjerojatnost deficita snage (energije) P_D
— učestalost deficita snage (energije) f_D
— trajanje deficita snage (energije) r_D
— iznos vjerojatno neisporučene energije potrošačima ΔW_D.

Da bismo mogli izračunati pokazatelje pouzdanosti i raspoloživosti danog EES, moramo poznavati statističke podatke o kvarovima i planskim remontima elemenata i opreme. Iz statističkih podataka o kvarovima na opremi izračunavaju se srednja vremena trajanja kvara r i planskih popravaka r'', na osnovi kojih izračunavamo sljedeće podatke potrebne za proračun:

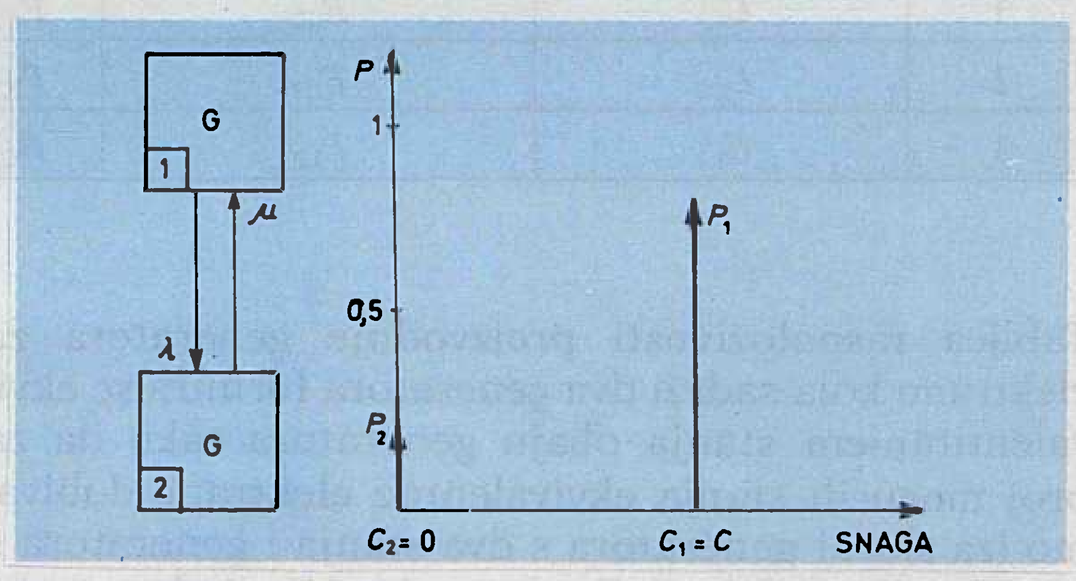
— inteniztet kvara komponente $\lambda = 1/m$
— intenzitet popravka komponente $\mu = 1/r$
— intenzitet ulaska u planski remont λ''
— inteniztet izlaska iz planskog remonta $\mu'' = 1/r''$.

Proizvodno-prijenosni sustav sastoji se od elektrana, prijenosne mreže i potrošnje koji se na odgovarajući način modeliraju da bi se mogli koristiti u analizama pouzdanosti.

2. MODEL ELEKTRANE

Osnovni elementi elektrane su njezini generatori koji su izloženi kvarovima, planskim remontima ili radu sa smanjenim kapacitetom. Generator se u modelu pouzdanosti može predstaviti s dva stanja ili, preciznije, s tri stanja, a pretpostavke su da su pojedinačna stanja generatora u elektranama neovisna o stanjima drugih generatora.

Na slici 1. prikazan je model generatora s dva stanja i odgovarajuća funkcije gustoće vjerojatnosti raspoloživog kapaciteta generatora.



Slika 1. Model generatora i funkcija gustoće vjerojatnosti raspoloživog kapaciteta

Najvažniji ulazni podatak o generatoru jest vjerojatnost kvara ili neraspoloživost generatora:

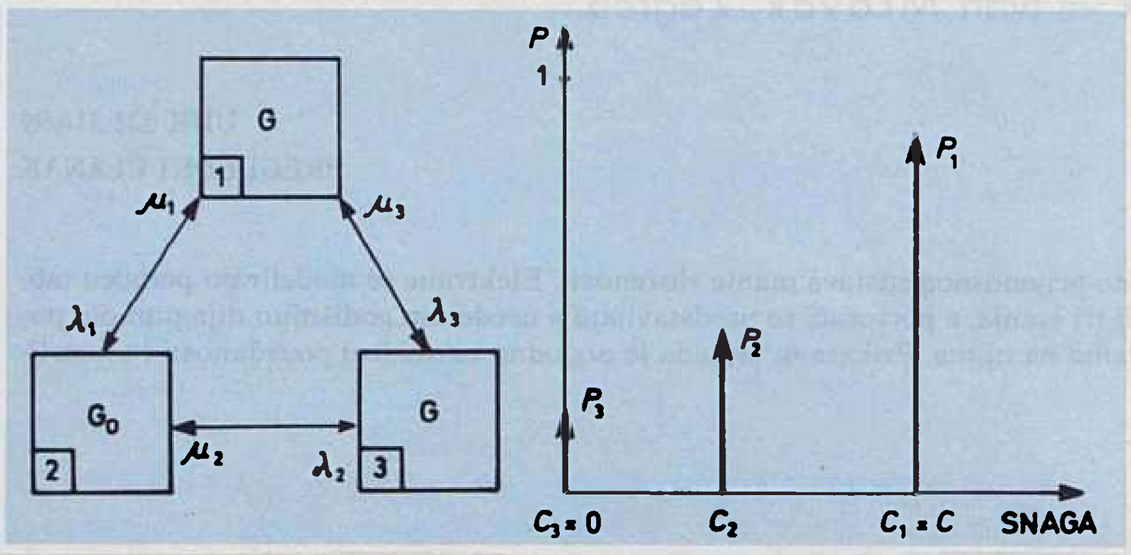
$$N = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \tag{1}$$

Vjerojatnost ispravnog rada generatora ili raspoloživost dana je izrazom:

$$R = 1 - N = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \tag{2}$$

Poznavajući te veličine, možemo za veći broj generatora u elektrani formirati tablicu raspoloživosti generatora (COPT — capacity outage probability table) [1]

Želimo li modelirati preciznije stanje generatora, možemo se koristiti modelom s tri stanja [2]. Za dani model na slici 2, korištenjem Markovljeva modela prostora stanja, mogu se napisati jednadžbe za vjerojatnosti pojedinih stanja:



Slika 2. Model generatora s tri stanja

1. ispravan rad generatora,
2. oslabljeno stanje (rad sa smanjenim kapacitetom),
3. stanje kvara generatora.

Vjerojatnost ispravnog rada, raspoloživost jest:

$$R = \frac{d_1}{d} = \frac{\lambda_2\mu_3 + \mu_1\mu_3 + \mu_1\mu_2}{d}. \tag{3}$$

Vjerojatnost rada sa smanjenim kapacitetom jest:

$$P_s = \frac{d_2}{d} = \frac{\lambda_1\mu_3 + \lambda_1\mu_2 + \lambda_3\mu_2}{d}. \tag{4}$$

Vjerojatnost kvara, neraspoloživost jest:

$$N = \frac{d_3}{d} = \frac{\lambda_1\lambda_2 + \lambda_2\lambda_3 + \lambda_3\mu_1}{d}, \tag{5}$$

gdje je $d = d_1 + d_2 + d_3$.

Tablica raspoloživosti snage izvora formira se za svaku elektranu i ovisi o broju gneratora u elektrani i o broju usvojenih stanja generatora. Vjerojatnosti i učestalost pojedinih stanja dani su u tablici 1. za generator s dva stanja i tablici 2. za generator s tri stanja.

Tablica 1. Tablica raspoloživosti snage generatora s dva stanja

R. Broj stanja j	Raspoloživi kapacitet C_j(MW)	Vjerojatnost stanja $P_j = P(X = C_j)$	Kumulativna vjerojatnost $P_j^{\downarrow} = P(X \leq C_j)$	Intenzitet prijelaza (1/god) λ_{j+}	λ_{j-}	Učestalost f(1/god)
1	$C_{1.1}$	$P_{1.1}$	$P_{1.1} + P_{2.1} = 1$	0	λ	$P_{1.1}(\lambda_{j+} + \lambda_{j-})$
2	$C_{2.1}$	$P_{2.1}$	$P_{2.1}$	μ	0	$P_{2.1}(\lambda_{j+} + \lambda_{j-})$

Tablica 2. Tablica raspoloživosti snage generatora s tri stanja

R. Broj stanja j	Raspoloživi kapacitet C_j(MW)	Vjerojatnost stanja $P_j = P(X = C_j)$	Kumulativna vjerojatnost $P_j^{\downarrow} = P(X \leq C_j)$	Intenzitet prijelaza (1/god) λ_{j+}	λ_{j-}	Učestalost f(1/god)
1	$C_{1.2}$	$P_{1.2}$	$P_{1.2} + P_{2.2} + P_{3.2} = 1$	0	$\lambda_1 + \lambda_2$	$P_{1.2}(\lambda_1 + \lambda_2)$
2	$C_{2.2}$	$P_{2.2}$	$P_{2.2} + P_{3.2}$	μ_1	λ_2	$P_{2.2}(\mu_1 + \lambda_2)$
3	$C_{3.2}$	$P_{3.2}$	$P_{3.2}$	$\mu_2 + \mu_3$	0	$P_{3.2}(\mu_2 + \mu_3)$

Tablica raspoloživosti proizvodnje generatora za elektranu koja sadrži dva generatora formira se ekvivalentiranjem stanja obaju generatora tako da za broj mogućih stanja ekvivalentne elektrane dobivamo (za slučaj generatora s dva stanja i generatora s tri stanja) $n \leq 2 \cdot 3 = 6$. Znak manje vrijedi ako u pojedinim stanjima dobijemo iste raspoložive kapacitete. Tada je kapacitet objedinjenoga k-tog stanja jednak

$$C_k = C_i = C_j. \tag{6}$$

A vjerojatnost k-tog stanja iznosi:

$$P_k = P_i + P_j. \tag{7}$$

Ekvivalentno stanje za dva generatora iz tablice 1. i 2. dano je u tablici 3. Kapaciteti objedinjenih stanja dobivaju se zbrajanjem kapaciteta, a vjerojatnosti

Tablica 3. Tablica ekvivalentnog stanja dvaju generatora

R. br. stanja j	Raspoloživi kapaciteti C_j (MW)	Vjerojatnost stanja $P_j = P(X = C_j)$	Kumulativna vjerojatnost $P_j^{\downarrow} = P(X \leq C_j)$
1	$C_{1.1} + C_{1.2}$	$P_{1.1}\,P_{1.2}$	$\sum_{K=1}^{6} P_K = 1$
2	$C_{2.1} + C_{1.2}$	$P_{2.1}\,P_{1.2}$	$\sum_{K=2}^{6} P_K$
3	$C_{1.1} + C_{2.2}$	$P_{1.1}\,P_{2.2}$	$\sum_{K=3}^{6} P_K$
4	$C_{2.1} + C_{2.2}$	$P_{2.1}\,P_{2.2}$	$\sum_{K=4}^{6} P_K$
5	$C_{1.1} + C_{3.2}$	$P_{1.1}\,P_{3.2}$	$\sum_{K=5}^{6} P_K$
6	$C_{2.1} + C_{3.2}$	$P_{2.1}\,P_{3.2}$	P_G

ekvivalentnih stanja Kronecerovim produktom vjerojatnosti

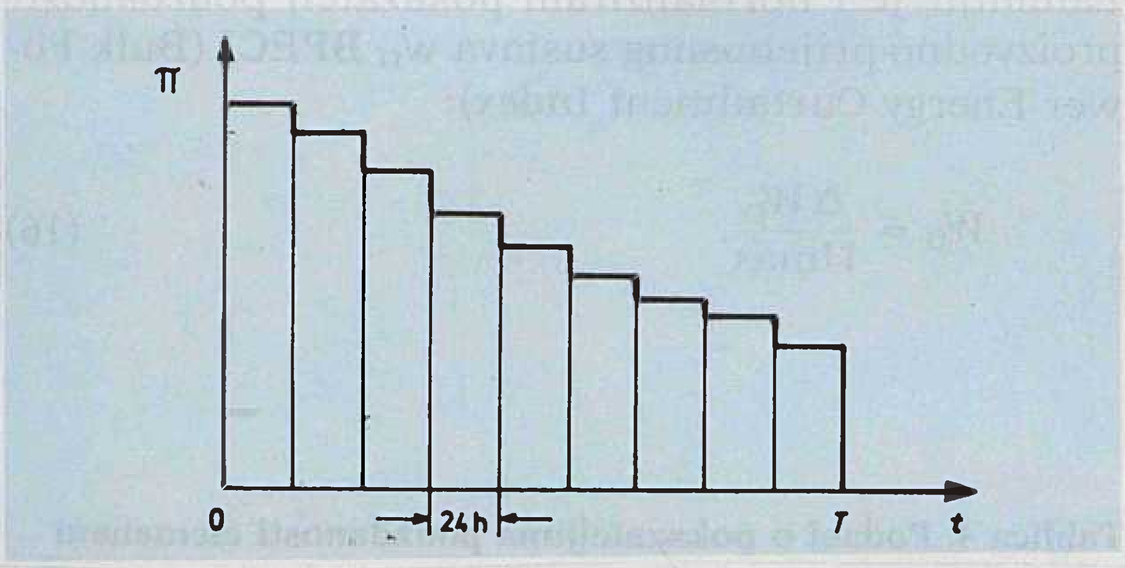
$$P_k = \bigotimes_{j=1}^{n} P_j. \quad (8)$$

Za slučaj generatora s dva stanja $P_1 = [P_{1.1}, P_{2.1}]$ i generatora s tri stanja $P_2 = [P_{1.2}, P_{2.2}, P_{3.2}]$ vjerojatnosti ekvivalentnih stanja jesu:

$$P = P_1 \otimes P_2 = [P_{11} \cdot P_{12}, \cdot P_{2.1} \cdot P_{1.2}, \cdot P_{11} \cdot P_{22}, \cdot P_{21} \cdot P_{1.1} \cdot P_{32}, \cdot P_{2.1} \cdot P_{3.2}] \quad (9)$$

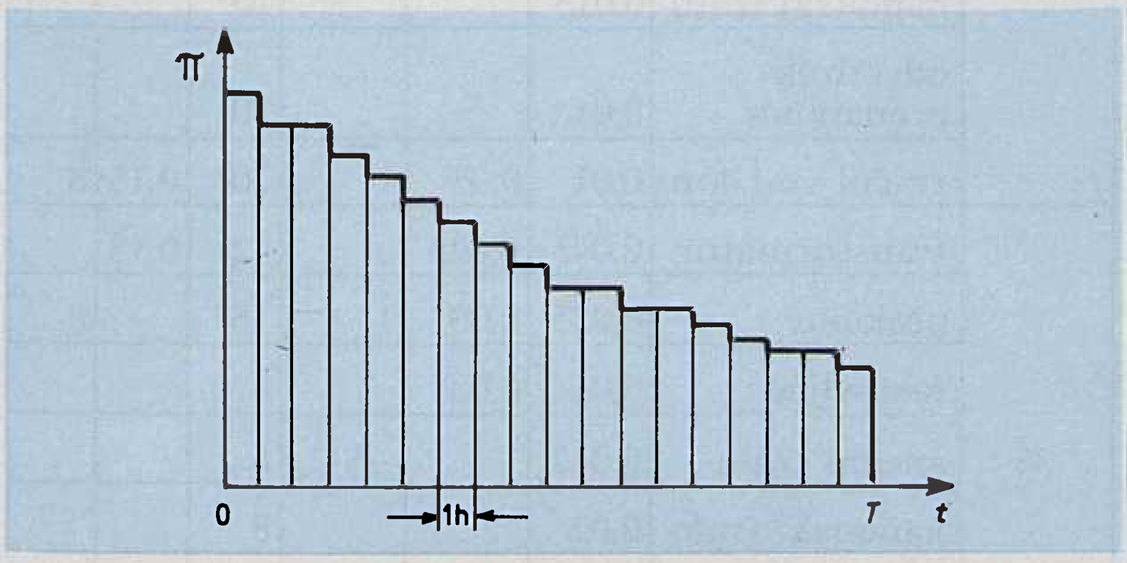
3. MODEL OPTEREĆENJA

U analizama pouzdanosti opterećenje se modelira na nekoliko različitih načina. Prvi način je da se uzme da vršno opterećenje potrošača traje tijekom cijeloga dana. Takav kronološki dijagram opterećenja s trajanjem vršne snage cijeli dan uredimo po veličini vršne snage i dobijemo uređeni dijagram potrošnje na bazi vršnih opterećenja za promatrano razdoblje.



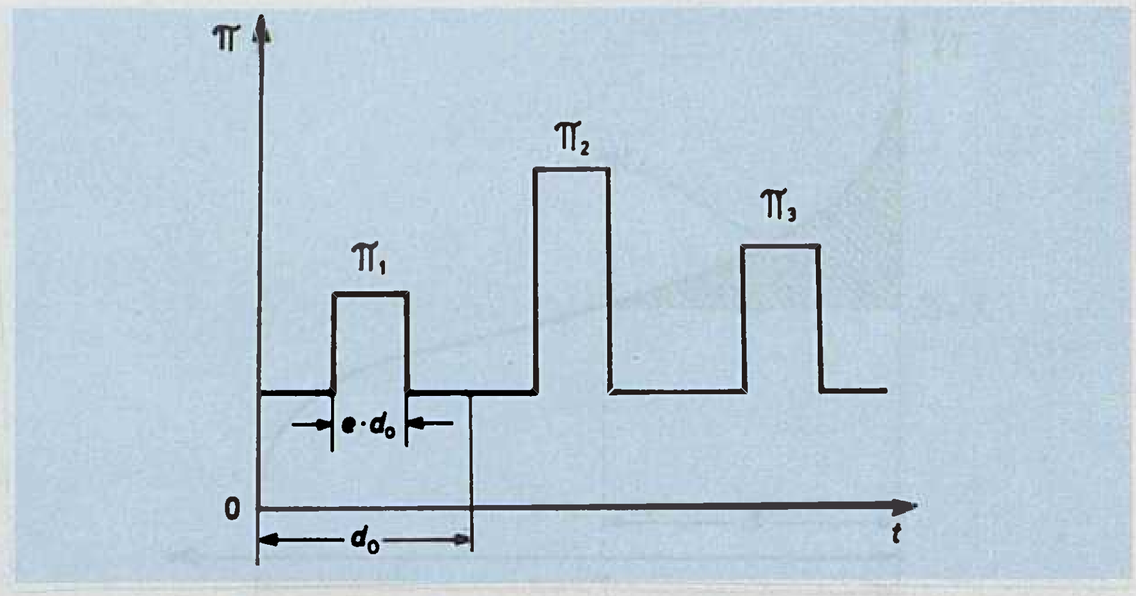
Slika 3. Uređeni dijagram potrošnje na bazi vršnih opterećenja

Drugi način je precizniji i točniji, a dobije se na bazi satnih opterećenja. Svi se dnevni dijagrami slože u kronološki dijagram potrošnje na osnovi kojeg se crta uređeni dijagram potrošnje ne bazi satnih opterećenja čiji je izgled dan na slici 4.



Slika 4. Uređeni dijagram potrošnje na bazi satnih opterećenja

Treći način je da se dnevno opterećenje predstavi u dvije razine [3], i koristi se u metodi učestalosti i trajanja. Razina nižeg opterećenja je ista za cijelo razdoblje promatranja dok viša razina dnevnog opterećenja može imati različite vrijednosti, a trajanje joj je određeno relativnim trajanjem vršne snage (exposure faktor) $e = t/d_0$. To je dano na slici 5.



Slika 5. Dnevni dijagram potrošnje s dva nivoa

Istraživanja u svijetu pokazuju da je model opterećenja s dvije razine vrlo pogodan za analize pouzdanosti proizvodno-prijenosnih sustava i vrlo dobri i točni rezultati dobivaju se pri vrijednosti relativnog trajanja vršne snage $e = 0{,}25$ [3].

U primjeru proračuna koristit će se uređeni godišnji dijagram opterećenja na bazi satnih opterećenja za objekte TS A i TS B koji napajaju konzumna područja A i B.

4. ODREĐIVANJE POKAZATELJA POUZDANOSTI

Pokazatelji pouzdanosti mjera su pouzdanosti i raspoloživosti EES i kvantitativne su veličine koje dijelimo u nekoliko kategorija:

- vjerojatnosti (vjerojatnost kvara, vjerojatnost deficita i dr.)
- učestalosti (učestalost kvara, učestalost prekapčanja, učestalost remonta i dr.)
- srednja vremena (srednje vrijeme između kvarova, srednje vrijeme popravka)
- matematička očekivanja (očekivani broj dana u godini kada nastupa deficit snage, očekivana neisporučena električna energija).

Osnovni pokazatelji proizvodno-prijenosnog EES mogu se izračunati na osnovi sljedećih relacija. Vjerojatnost da snaga proizvodnih kapaciteta (generatora) nije dovoljna da pokrije potrošnju u sustavu zove se vjerojatnost deficita snage.

$$P_D = \sum_{i \in n} P_i (X = C_i)\, P(\Pi > C_i), \quad (10)$$

gdje je

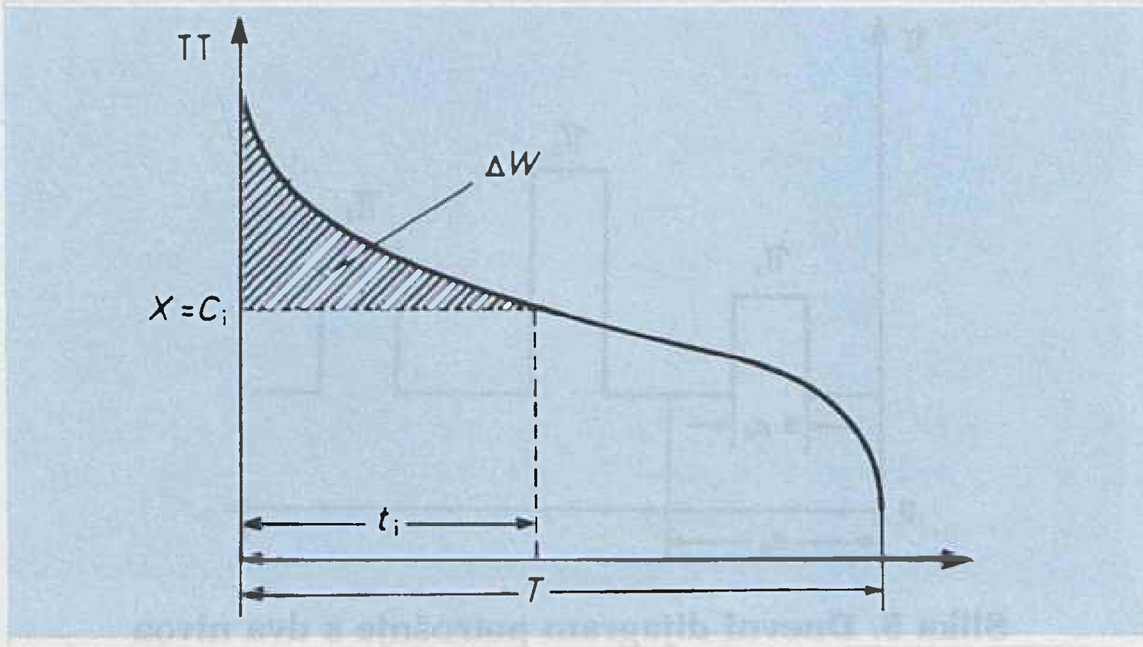
$P_i (X = C_i)$ — vjerojatnost da je ekvivalentna elektrana u stanju »i« sa snagom generatora C_i

$P(\Pi > C_i)$ — vjerojatnost da je snaga potrošnje veća od raspoloživog kapaciteta C_i.

S uređenog dijagrama potrošnje na slici 6. vidi se da je vjerojatnost da je opterećenje veće od snage proizvodnje jednako $P(\Pi > C_i) = t_i/T$.

Neisporučena energija za taj slučaj dana je šrafiranom površinom iznad snage $X = C_i$ i iznosi:

$$\Delta W_i = \int_0^{t_i} (\Pi(t) - C_i)\,dt = \int_0^{t_i} \Pi(t)\,dt - C_i\, t_i. \quad (11)$$



Slika 6. Količina neisporučene električne energije pri potrošnji $\Pi > C_i$

Ukupna očekivana neisporučena energija potrošačima za sva deficitarna stanja iznosi:

$$\Delta W_p = \sum_{i \in n} P_i(X = C_i)\,\Delta W_i. \tag{12}$$

Ukupna učestalost kvarova sustava dana je izrazom

$$f_k = \sum_{i \in n} (P_i \Sigma \mu_{ij}), \tag{13}$$

gdje je

$\Sigma\mu_{ij}$ — zbroj intenziteta popravka onih komponenti koje sustav prevode iz stanja kvara u ispravno stanje svojim pojedinačnim popravkom.

P_i — vjerojatnost kvara sustava.

Za prijenosne vodove s vodnim poljima izračunavamo raspoloživost i učestalost kvara prema relacijama:

$$R_v = \prod_{i=1}^{m} R_i \tag{14}$$

$$f_v = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i R_i, \tag{15}$$

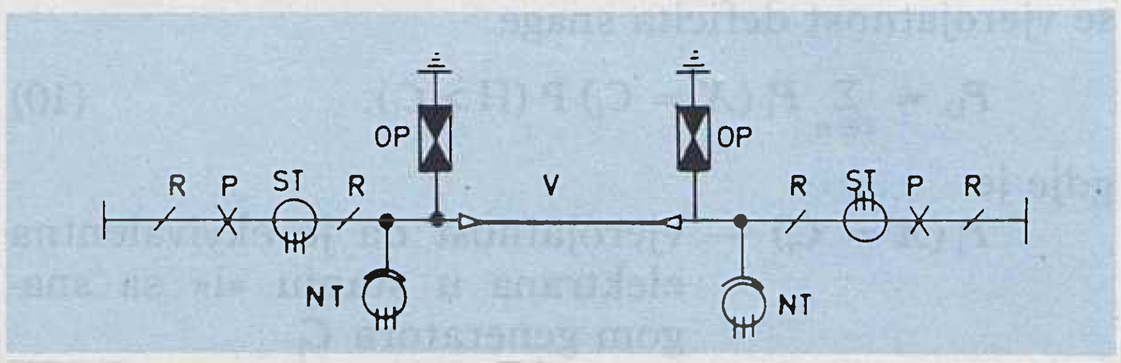
gdje je

m — broj komponenti voda i vodnog polja

λ — inteniztet kvara i-te komponente

R_i — $\mu_i\,(\lambda_i + \mu_i)$ — raspoloživost i-te komponente.

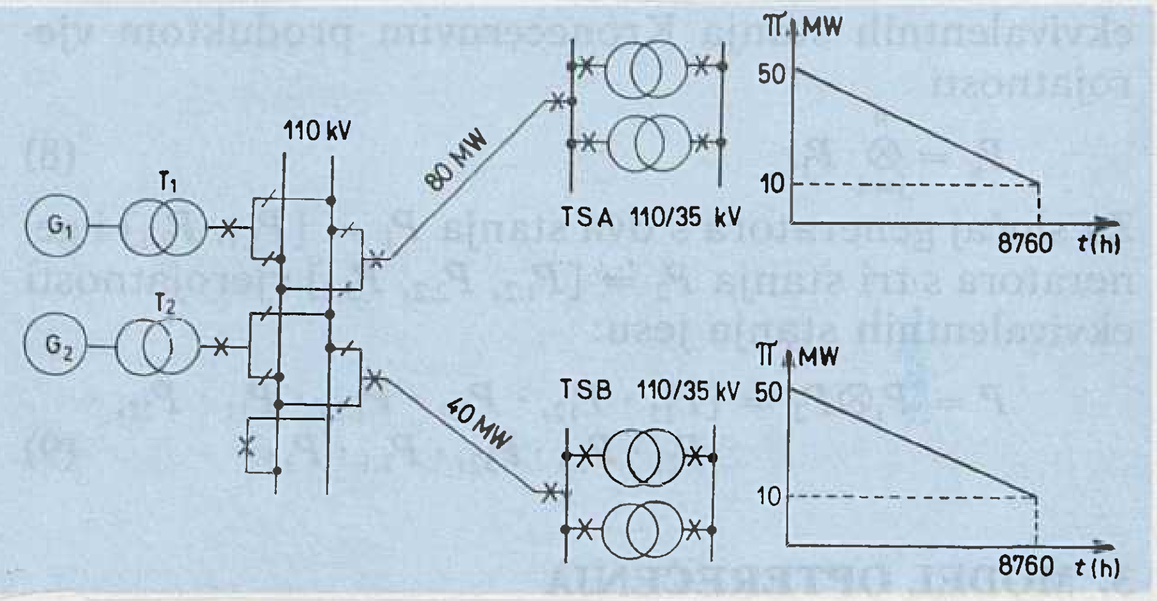
Slika elemenata voda s vodnim poljem dana je na slici 7.



Slika 7. Elementi voda s vodnim poljima

5. PRIMJER PRORAČUNA

Za dani proizvodno-prijenosni sustav termoelektrane na slici 8. izračunani su pokazatelji pouzdanosti na osnovi statistički praćenih podataka o kvarovima opreme i poznatim dijagramima potrošnje TSA i TSB.



Slika 8. Shema EES-Termoelektrane s dijagramima potrošnje

Podaci o kvarovima opreme i planskim popravcima dani su u tablici 4. za elektranu, vodove i transformatorske stanice TSA i TSB.

Rezultati analize dani su u tablici 5.

Zanimljiv je i normalizirani pokazatelj pouzdanosti proizvodno-prijenosnog sustava w_D BPECI (Bulk Power Energy Curtailment Index):

$$W_D = \frac{\Delta W_D}{\Pi max}. \tag{16}$$

Tablica 4. Podaci o pokazateljima pouzdanosti elemenata

Naponski nivo [KV]	Naziv elementa postrojenja	λ_i	λ'_i	λ''_i	r_i	r'_i	r''_i
		1/god.	1/god.	1/god.	h	h	h
110	transformator	0,02	0,02		150	0,15	
	prekidač	0,03	0,025	1	15	0,15	8
	rastavljač	0,008	0,005		5	0,15	
	strujni trafo	0,01			10		
	naponski trafo	0,015			10		
	odvodnik prenapona	0,01			10		
	zračni vod/km	0,01	0,05	1	10	0,15	8
35	transformator	0,045	0,045		12	0,15	
	prekidač	0,035	0,03	1	15		8
	rastavljač	0,01	0,08		4		
	strujni trafo	0,012			8		
	naponski trafo	0,02			8		
	odvodnik prenapona	0,007			8		
	zračni vod/km	0,01	0,05	1	7	0,15	8

Izvor	Kapacitet [MW]	$\lambda_G + T$[1/god.]	$r_G + T$[h]	λ''[1/god.]	r''[h]
1(G_1 + T_1 + polja)	100	0,894	200	1	100
2(G_2 + T_2 + polja)	100	0,894	200	1	100

Tablica 5. Rezultati proračuna

Neraspoloživost $N(10^{-4})$			Učestalost kvara f(1/god.)			Srednje trajanje kvara r(h)			Neisporučena energija ΔW(MWh/god.)		
A + B	A	B	A + B	A	B	A + B	A	B	A + B	A	B
8,25	16,29	20,32	0,095	0,776	0,980	78,06	18,39	18,16	15 269,1	214,16	1 505.1

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana tablično-logična metoda za procjenu pouzdanosti manje složenih proizvodno-prijenosnih sustava. Za elektrane se formiraju tablice raspoloživosti kapaciteta elektrane, a potrošačko područje prikazuje se uređenim godišnjim dijagramom opterećenja. Model kvara generatora može se prikazati s dva ili tri stanja, dok se prijenosni sustav prikazuje spojem svojim komponenti. Za njega se koriste relacije za izračunavanje vjerojatnosti, učestalosti i trajanja kvara serijskim spojem komponenti ili se traže minimalni putovi do potrošačkog čvora. Ovom metodom se izračunavaju pokazatelji pouzdanosti predloženi u radu, a moguće je izračunati i druge dodatne pokazatelje pouzdanosti EES prema [4]. Metoda je testirana na konkretnom proizvodno-prijenosnom sustavu termoelektrane (sl. 8).

LITERATURA

[1] J. ENDRENY: »Reliability Modeling in Electric Power Systems«, John Wiley, Chichester, 1978.

[2] L. WANG, J. ENDRENY: »Reliability Techniques in Large Electric Power Systems«, Academic Press, Toronto, 1991.

[3] J. NAHMAN, M. GRAOVAC: »Load Modelling for Generating Capacity Reliability Evalution Using the Frequency and Duration Method«, IEE Prociding C, Vol 139, No 6, 1992.

[4] Power System Reliability Analysis, CIGRE WG 03 of SC 38 – 1987.

[5] Transmission System Reliability Methods, EPRI EL--2526 — Volume 1, Project 1530-1, July 1982

[6] V. MIKULIČIĆ, M. URBINA-FEUERBACH: »Pouzdanost distributivnog sustava« knjige II, III, IV ETF Zagreb 1977.

RELIABILITY CALCULATION OF PRODUCTION-TRANSMISSION SYSTEM USING TABLED – LOGICAL METHOD

Tabled-logical method for the calculation of lower complexity production — transmission system reliability parameters is presented. Power plants are modeled using tables of generator power reliability. Generators can be modeled by two or three states, and the consumers are presented by arranged yearly load diagram. Transmission lines are presented together with line bays of substations and their components. The method presented is suitable for reliability analysis of industrial and public heating plants and it has been checked in a real situation.

BERECHNUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT DES HERSTELLUNGS – ÜBERTRAGUNGSSYSTEMS DURCH DIE TABELLARISCH-LOGISCHE METHODE

Hier schildert man die tabellarisch-logische Methode für die Berechnung der Anzeiger der Zuverlässigkeit des Herstellungs — Übertragungssystems das weniger kompliziert ist. Die Kraftwerke werden mit Hilfe der Angaben über die verfügbaren Kräfte der Generatoren in ihnen modelliert. Die Generatoren können mit zwei oder drei Lagen modelliert werden, die Verbraucher werden durch das Jahresverbrauchsdiagram vertreten. Die Übertragungsleitungen werden gemeinsam mit Leitungsfeldern und den Komponenten in ihnen dargestellt. Die geschilderte Methode ist für die Analyse der Zuverlässigkeit der Industrie und der städtischen Kraftwerke. Für diesen Fall wurde sie an einem konkreten Beispiel überprüft.

Naslov pisaca:

Mr. Srete Nikolovski, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet, Osijek
Istarska 3, 54000 Osijek,
Hrvatska
Ivan Mravak, dipl. ing.
HEP — DP »Elektra Vinkovci«,
Pogon Vukovar
Avenija Vukovar 37,
41000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-3-29.

Novi proizvodi »TEHNOMEHANIKE« za elektroprivredu

U svome proizvodnom programu proizvoda za elektroprivredu (prikolične ljestve, hidrauličke dizalice, radne platforme, rovokopači, automobilske ljestve, podizne platforme, itd.) »TEHNOMEHANIKA« je proizvela i ispitala nekoliko novih proizvoda koje ćemo Vam predstaviti.

1. **DIZALICA HAK-2S (2 tm)**

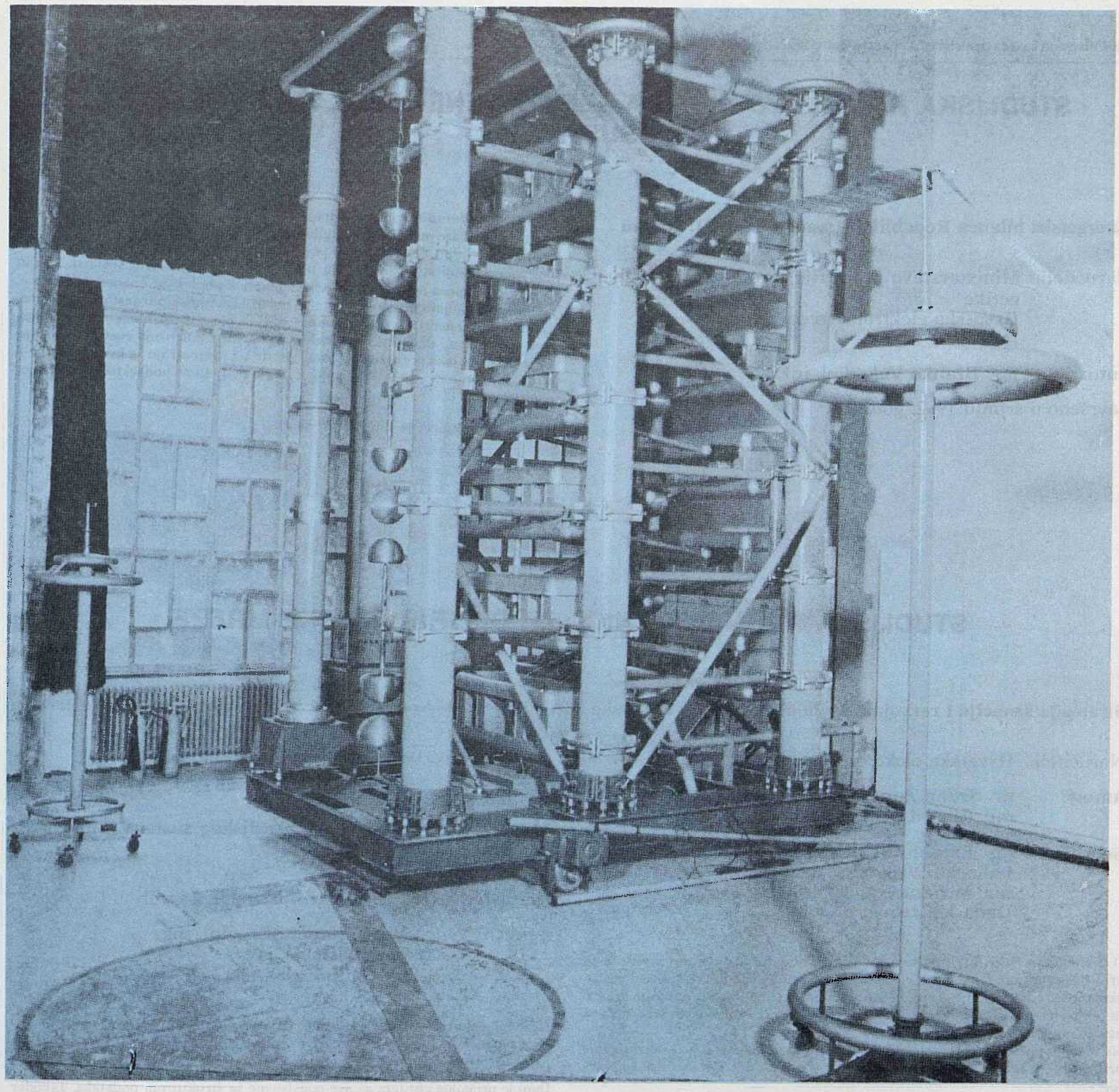
Univerzalna mala dizalica, nosivosti 1200 kg na 1,8 m, odnosno 600 kg na 3 m, omogućuje utovare, istovare i montaže, montirana na vozila »B« kategorije.
To je postignuto primjenom suvremenih konstrukcijskih čelika velike čvrstoće.

2. **DIZALICA HAK-12**

Koncepcija dizalice je klasična, a dodaci su prilagođeni tehnologiji betonskih stupova.
Tako se na vozilo (kamion bruto mase 15 t, npr. TAM-190 T 15, 4 × 4) postavi konstrukcija za nošenje betonskog stupa od ceste do rupe.
Bušaća garnitura na dizalici iskopa rupu (od ∅ 200 do ∅ 800 — po potrebi i od 2–6 m dubine).
Dizalica potom postavi stup, a da se garnitura NE skida. Posebni alat može se nakon toga postaviti na dizalicu i iskopati kanal za uzemljenje oko stupa.

3. **NOVA GENERACIJA TELESKOPSKIH PLATFORMI**

Suradnjom sa švicarskom firmom, »TEHNOMEHANIKA« je omogućila Elektroprivredi ugradnju platformi na vozila »B« kategorije čak do 16 m radne visine.
Da podsjetimo, klasično rješenje 17 m platforme zahtijevalo je vozilo bruto mase otprilike 11 tona.
Na zahtjev elektroprivrede usvojene su i izvedbe za rad pod NAPONOM.



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU I ENERGETIKU U 1992. GODINI

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je da bi znanstveno obrađivao probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već četrdeset godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nositeljem obrade važnih problema hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Posebno valja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetskih sustava uspoređivanjem vrijednosti elektrana, stalan rad na studiji perspektivnog razvoja mreže visokog i najvišeg napona, te rad na analizi potrošnje i drugim problemima razvoja razdjelnih mreža.

Osim rada na užoj problematici razvoja elektroenergetskog sustava, razvio se rad na tehnološkim elementima termoenergetike i u tehnici visokog napona. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u Hrvatskoj. Posljednjih godina ubrzano se razvija i studij nuklearne energetike.

Suradnici Instituta također su i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima je i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstvenoistraživački rad se obavlja, prema unutarnjoj organizaciji, u nekoliko posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokružen djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske i energetske sustave

Studijska radna jedinica za distribucijske mreže

Studijska radna jedinica za hidrotehničke sustave.

Zavod za visoki napon i prijenosne mreže.

U daljem tekstu prikazani su važniji radovi iz djelovanja tih grupa u 1992. godini.

STUDIJSKA RADNA JEDINICA ZA ELEKTROENERGETSKE I ENERGETSKE SUSTAVE

Energetska bilanca Republike Hrvatske za 1991. godinu

Naručitelji: Ministarstavo industrije, brodogradnje i energetike
Hrvatska elektroprivreda
INA

Autor: mr. Branko Vuk, dipl. inž.

Završeno u srpnju 1992. godine.

Energetska bilanca Republike Hrvatske za 1991. godinu izrađena je korištenjem vlastite baze podataka i drugih podataka prikupljenih iz većeg broja različitih izvora. Najprije se prikazuju pojedinačne energetske bilance svakog od oblika energije koji se iskorištavaju u hrvatskom energetskom sustavu. Nakon toga slijedi analiza energetskih tijekova putem kompleksne energetske bilance. Polazi se od ukupno utrošene energije, analize energetskih transformacija, analize potrošnje energije u sektoru energetike, da bi se, uzimanjem u obzir gubitaka u transportu i distribuciji, utvrdila neposredna potrošnja energije. Izdvojena je neenergetska potrošnja, a ostali potrošači promatraju se kroz tri grupe — industriju, promet i opću potrošnju, uz dalju podjelu na podsektore unutar svake grupe.

Opseg: 104 stranice, 51 tablica i 43 slike.

STUDIJSKA RADNA JEDINICA ZA DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Strategija sanacije i razvoja distribucijske mreže Hrvatske

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
mr. Rihard Schenner, dipl. ing.

Suradnici: mr. Ernest Mihalek, dipl. ing.
Lahorko Wagmann, dipl. ing.
mr. Mirjana Rimac, dipl. ing.
Duda Meštrović, el. teh.

U prethodnim radovima Instituta za elektroprivredu i energetiku utvrđena su vrlo visoka potrebna ulaganja za sanaciju i razvoj distribucijske mreže u Hrvatskoj. Zbog toga je inicirana izrada ove studije, čiji je cilj bio određivanje kriterija prioriteta pri sanaciji i razvoju mreže, te potrebnih financijskih sredstava za ostvarivanje tih prioriteta.
Na temelju predloženih kriterija dobivena su potebna ulaganja za ostvarivanje prvog, drugog i trećeg prioriteta sanacije i razvoja mreže. Rezultati su iskazani po:

— distribucijskim područjima
— petogodišnjim razdobljima (do 2005. g.)
— elementima mreže
— predloženim prioritetima.

Potvrđen je zaključak da raspoloživa financijska sredstva u distribucijskoj djelatnosti HEP-a nisu dostatna čak ni za realizaciju minimalnog opsega sanacije i razvoja mreže definiranoga prvim prioritetom.

Opseg: 140 stranica sa slikama i tablicama.

Programski paket za tehnoekonomsku analizu konfiguracija srednjonaponskih distribucijskih mreža (PRM)

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr. Željko Rajić, dipl. ing.
Lahorko Wagmann, dipl. ing.

Opisana je metodologija i razvijen programski paket PRM za određivanje tehnoekonomskih karakteristika konfiguracija srednjonaponskih razdjelnih mreža s odgovarajućim uputama za korištenje. Za zadane lokacije i nazivne snage napojnih transformatorskih stanica, trase i vrste srednjonaponskih vodova te mjesta i iznose opterećenja računaju se tokovi snaga i padovi napona te troškovi investicija, održavanja i gubitaka za svaki element analizirane konfiguracije i ukupno. PRM sadrži odgovarajuću bazu podataka na temelju koje se mogu raditi pregledi i izvještaji o karakteristikama i rezultatima proračuna razmatrane mreže. Pri tome se koristi ekranski unos podataka i prikaz rezultata razrađen u CLIPPER-u. Također je razvijena i odgovarajuća grafička podrška realizirana u AUTOCAD-u 11.

Opseg: 60 stranica sa 25 slika i 10 tablica, softverski paket PRM.

Idejni projekt tehničko-informacijskog sustava (TIS) distribucijske djelatnosti Hrvatske

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Krešimir Mehičić, ing.
Rudolf Šimunec, el. teh.

Izrađeni elaborat sadrži idejno rješenje baze tehničkih podataka (BTP) distribucijske djelatnosti, i to po sljedećim podsistemima:

Objekti, vodovi, pogonski događaji, održavanja, mjerenja.

Dani je prijedlog entiteta za sve podsisteme sa strukturom podataka. Također su izrađene tablice s kataloškim podacima. Obavljena je procjena opsega podataka po distribucijskim područjima.
Nakon usvajanja idejnog rješenja izrađena je programska podrška za rad sa BTP, sa svim potrebnim formama i izbornicima. Obuhvaćeni su osnovni entiteti poput distribucijskih objekata, energetskih transformatora, sabirnica, polja, rastavnih uređaja u objektima i mreži te vodova. Kompletna aplikacija zasnovana je na softveru ORACLE 6, a može se instalirati na praktički svim računalima, uključujući PC-računala.

Opseg elaborata: 72 stranice.

Tehnoekonomska opravdanost uvođenja metaloksidnih odvodnika prenapona u distributivne mreže

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr. Ivo Hrs, dipl. ing.
Vitomir Komen, dipl. ing.
mr. Velimir Ilijanić, dipl. ing.

Analizirana je opravdanost postupne primjene metaloksidnih (MO) odvodnika za prenaponsku zaštitu distribucijskih mreža, te je razrađena metodologija izbora MO odvodnika prenapona i sistema prenaponske zaštite. Objašnjene su osnovne $U-I$ i $U(t)$ karakteristike, termička stabilnost i energetske karakteristike MO odvodnika, te su dane precizne upute za izbor MO odvodnika u ovisnosti o karakteristikama srednjonaponskih distribucijskih mreža. Ispitivana je nadalje djelotvornost zaštite MO odvodnicima odabranih karakteristika, postavljenima na uobičajena mjesta u postrojenjima, modeliranjem i proračunom uz pomoć programa EMTP. Na temelju provedenih analiza određena su

rješenja prenaponske zaštite tipičnih distribucijskih postrojenja. Na kraju su provedene ekonomske analize primjene MO odvodnika, u sklopu čega su prikupljeni i analizirani podaci o štetama u postrojenjima zbog prenapona, prikazani odnosi troškova za prenaponsku zaštitu i vrijednosti štićene opreme i, konačno, predloženi kriteriji za primjenu MO odvodnika u distribucijskim mrežama.

Opseg: 80 stranica, 35 slika i 12 tablica.

Izbor i tipizacija optimalnih parametara distribucijskih energetskih transformatora

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr. Ernest Mihalek, dipl. ing.
mr. Mirjana Rimac, dipl. ing.

Medu metodama gospodarstvenog izbora i tipizacije transformatora najinteresantnija je metoda kapitalizacije troškova transformatora.
Optimiranjem formule kapitalizacije (u suradnji s proizvodačem) dolazi se do jedinice transformatora s minimalnim troškovima za zadane uvjete (cijene gubitaka, tip potrošnje, veličine porasta potrošnje, mogućnosti održavanja, transporta, ekološke zahtjeve, sigurnost itd.).
Sveukupni troškovi optimiranih i »kataloških« transformatora usporedeni su:

1. metodom kapitaliziranih troškova i
2. metodom kumultivnih godišnjih aktualiziranih troškova.

Vrijednost rješenja provjerena je i pomoću analize osjetljivosti.
Kao posebne cjeline priložene su tipske »Specifikacije zahtjeva za distributivne uljne transformatore« (u obliku tender-dokumentacije).

Opseg: 94 stranice, 42 dijagrama, »Specifikacija zahtjeva...« za transformatore 10 do 1 000 kVA i 4 do 16 MVA (tenderi — 13 stranica).

STUDIJSKA RADNA JEDINICA ZA HIDROTEHNIČKE SUSTAVE

HE Varaždin — tehničko promatranje za 1991.

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: M. Zelić, dipl. ing.
M. Martinović, ing.
Đ. Cahun, tehn.

Završeno: u rujnu 1992.

U elaboratu su sadržane i obrađene aktivnosti tehničkih promatranja HE Varaždin u razdoblju jedne godine.
Analizirano je stanje podzemnih voda na užem i širem području objekata, vertikalna i horizontalna pomicanja objekata, oštećenja i sanacije te nanos u akumulaciji.
Na temelju analize i zaključaka dana su mišljenja i prijedlozi za poboljšanje sigurnosti i trajnosti objekta.

Opseg: 54 stranice teksta, 12 priloga, 19 tabli, 32 slike.

HE Dubrava — izvještaj o tehničkom promatranju u 1991.

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: M. Zelić, dipl. ing.
M. Martinović, ing.
Đ. Cahun, tehn.

Završeno u prosincu 1992.

U elaboratu su sadržane i obrađene aktivnosti tehničkih promatranja HE Dubrava u razdoblju jedne godine.
Analizirano je stanje podzemnih voda na užem i širem području objekata, vertikalna i horizontalna pomicanja objekata, oštećenja i sanacije.
Na temelju analize i zaključaka dana su mišljenja i prijedlozi za poboljšanje sigurnosti i trajnosti objekta.

Opseg: 80 stranica teksta, 1 prilog, 38 tablice, 293 slike.

Izvještaj o pregledu dovodnog tunela HE Gojak na dionici Sabljaki — Bukovnik

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: D. Biondić, dipl. ing.
S. Hršak, ing.

Završeno u rujnu 1992.

Dan je pregled dovodnog tunela HE Gojak koji se obavlja redovno jedanput godišnje pri remontu postrojenja.

Opseg: 10 stranica teksta, 1 crtani profil, fototeka.

Zbrinjavanje šljake i prepela iz TE loženih ugljenom na području grada Zagreba — analitičko dokumentacijska osnova za valorizaciju dosadašnjih istraživanja s planom nastavka kompleksnih istraživanja

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: B. Štajer, dipl. ing.
mr. Mladen Petričec, dipl. ing.

Završeno u srpnju 1992.

Uz respektiranje novih spoznaja, okolnosti i odnosa dan je pregled i ocjena dosadašnjih istraživanja, te predložen plan nastavka kompleksnih istraživanja problematike zbrinjavanja šljake i pepela iz TE loženih ugljenom na području grada Zagreba.

Opseg: 65 stranica teksta, 1 karta potencijalnih odlagališta gradskog otpada i šljake i pepela.

Vodoprivredno-energetski aspekti izgradnje i izbor najpovoljnijih parametara, te tipova agregata VES Lučica i HE Barilović

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: M. Đokić, dipl. ing.
I. Pavić, dipl. ing.
D. Biondić, dipl. ing.

Završeno u siječnju 1992.

Simulacijama na razvijenom općem matematičkom modelu HEC-5, planiranog hidroenergetskog sustava VES Lučica — HE Barilović na rijeci Korani za razdoblje od 1952. do 1987. godine utvrđeni su utjecaji pojedinih vodoprivrednih ograničenja na mogućnost proizvodnje varijabilne i konstantne električne energije. U elaboratu su potanko obradene i hidrološke podloge, te je učinjen odabir najpovoljnijih tipova agregata s aspekta energetske proizvodnje.

Opseg: 103 stranice teksta, 30 tablica, 31 slika.

Dokumentacija za određivanje posljedica zbog iznenadnog rušenja ili prelijevanja brane i nasipa HE Drenje; istraživanja na matematičkim simulacijskim modelima

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: D. Biondić, dipl. ing.

Završeno u srpnju 1992.

U elaboratu su prikazani rezultati istraživanja provedeni na verificiranim općim matematičkim modelima MIKE-11 planiranog hidroenergetskog sustava na rijeci Savi i širem području grada Zagreba za različite stupnjeve njegove izgrađenosti. Modeliranim područjem obuhvaćeno je 115,76 km riječnog toka na dionici od pregradnog presjeka planirane HE Podsused od VP Crnac, locirane neposredno nizvodno od grada Siska. Osim planiranih hidroenergetskih objekata, u model su uključeni i svi postojeći i planirani objekti za rasterećenje glavnog toka Save pri nailasku velikih voda.

Opseg: 210 stranica teksta, 61 slika, 17 tablica, 1 prilog.

Hidrološko prognoziranje dotoka sa slivnog područja rijeke Dravinje; razvoj, kalibracija i verifikacija determinističkog hidrološkog konceptualnog modela »NAM«

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: D. Biondić, dipl. ing.

Završeno u studenom 1992.

U sklopu aktivnosti na razvoju upravljačkog modela dravskog hidroenergetskog sustava za postojeći stupanj njegove izgrađenosti (HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava) provedeno je matematičko modeliranje otjecanja sa slivnog područja rijeke Dravinje (Republika Slovenija), koje predstavlja jedan od nekontroliranih doprinosa ukupnom dotoku vode u sustav. Osnovu za modeliranje predstavljao je opći deterministički konceptualni hidrološki model »NAM«, a ulaznim podacima su obuhvaćeni meteorološki podaci zabilježeni na slivu. Rezultat simulacije je hidrogram na izlaznom presjeku sliva, VP Videm I. Model je kalibriran i verificiran postupkom usporedbe simuliranih hidrograma s hidrogramima zabilježenim tijekom visokovodnih hidroloških događaja u 1989. i 1990. godini.

Opseg: 92 stranice teksta, 10 slika, 7 tablica, 11 priloga.

Hidrološko.hidraulička istraživanja režima rijeke Save od ušća Save Dolinke i Save Bohinjke do ušća Kupe — I. faza prethodna istraživanja (Knjiga 1, 2. i Knjiga priloga)

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: Institut za elektroprivredu
Lj. Aleksić, dipl. ing.
I. Pavić, dipl. ing.
M. Martinović, ing.

JVP »Hrvatska vodoprivreda«, Radna jedinica Zagreb
L. Kratofil, dipl. ing.
B. Brunović, teh.

Završeno u lipnju 1991.

U ovoj studiji, koja čini I. fazu istraživanja, provedena su prethodna istraživanja čiji će rezultati omogućiti simulaciju velikih voda u postojećem stanju, kao i u uvjetima realizacije planiranih objekata.
U Knjizi 1. opisan je problem i cilj istraživanja uz prikaz dosadašnjih izvedenih radova na području rijeke Save. Osim toga, pregledno su prikazane korištene podloge i podaci, a koji se odnose na topografiju postojeće i planirane vodoprivrede i energetske objekte, te hidrološke podloge.
U Knjizi 2. dane su hidrološke obrade prikazom metodologije i rezultata obrada i analiza hidroloških parametara Save i pritoka Sutle, Krapine i Kupe za razdoblje 1926–1987. godine. Hidrološke obrade obuhvatile su osnovne statističke obrade raspoloživih dnevnih protoka na vodomjernim stanicama Jesenice, Zagreb, Rugvica i Crnac (Sava), Zelenjak (Sutla), Kupljenovo (Krapina) i Šišinec (Kupa), zatim analize nezavisnosti, homogenosti, disperzije i cikličnosti serija srednjih godišnjih protoka, analize trenda trajanja i učestalosti, kao i vjerojatnosti pojave karakterističnih godišnjih protoka. Pri analizi velikih vodnih valova provedene su analize maksimalnih godišnjih volumena po trajanju i baznom protoku, koincidencije velikih voda Save i pritoka Sutle,Krapine i Kupe, te računskih hidrograma. Zbog velikoga broja priloga i tabličnih prikaza rezultata Knjiga 2. se sastoji od dvije zasebne knjige: Knjiga 2 i Knjiga 2 — Prilozi.

Opseg: Knjiga 1 — 48 stranica teksta i 9 grafičkih (situacijskih) priloga
Knjiga 2 — 90 stranica teksta
Knjiga 2 — Prilozi: 210 tabeličnih i grafičkih priloga.

Izvještaj — stanje monitoringa kvalitete vode na postojećim i planiranim energetskim objektima Hrvatske elektroprivrede

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: Lj. Aleksić, dipl. ing.

Završeno u veljači 1992.

U sklopu snimanja stanja monitoringa kvalitete vode na postojećim i planiranim energetskim objektima Hrvatske elektroprivrede sistematizirana su mjerenja kvalitete vode po objektima, po vrstama istraživanja, parametrima istraživanja učestalosti mjerenja i lokacijama praćenja parametara kvalitete vode. Sistematizacija je provedena na temelju dokumentacije vezane za obveze korisnika energetskih objekata prema očuvanju kvalitete voda i zakonskih propisa, te ugovora za mjerenje kvalitete vode u 1991. godini. Uz to provedena je i sistematizacija parametara kvalitete vode na mjernim profilima u užem i širem utjecajnom području energetskih objekata, a koji su u nadležnosti Hrvatske vodoprivrede.

Opseg: 35 stranica teksta, 16 tabličnih priloga i 12 grafičkih (situacijskih) priloga

Projekt sanacije podvodnih regulacijskih pragova kod TE-TO Zagreb

Naručielj: JVP Hrvatska vodoprivreda

Autori: I. Pavić, dipl. ing.
A. Russo, dipl. ing.
Đ. Cahun, teh.

Stručni suradnici: prof. dr. Vladimir Andročec
doc. dr. Josip Petraš

Završeno u lipnju 1992.

Dano je rješenje sanacije primarnog i sekundarnog praga na lokaciji zahvata crpne stanice TE-TO Zagreb. Razrađena je tehnologija izvedbe sanacijskih radova, te predložen kriterij i način održavanja gradnje. U sklopu analiza mogućih uzroka smanjenja funkcionalnosti praga provedena su istraživanja hidrološko morfoloških prarametara rijeke Save.

Opseg: 30 stranica teksta, 28 slika, 6 priloga, 7 tablica.

Hidrološke analize za slivno područje Zagorske Mrežnice

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: K. Plantić, dipl. ing.
D. Biondić, dipl. ing.
M. Martinović, dipl. ing.

Završeno u lipnju 1992.

Studija je nastavak istraživanja na slivnom području Zagorske Mrežnice primjenom modernije metodologije — proračun otjecanja sa sliva matematičkim modeliranjem. Cilj istraživanja je pronalaženje mogućnosti (i količina) zadržavanja voda na gornjim horizontima sliva kako bi se spriječili prelijevi na akumulaciji Sabljaki i time postigao energetski doprinos HE Gojak i buduće HE Lešće. U tu svrhu izrađen je matematički model sliva Zagorske Mrežnice, gdje je Drežničko polje jedan od 3 podsliva modela. Primjenom konceptualnog hidrološkog modela SSARR obavljen je proračun srednjih dnevnih dotoka u Drežničko polje za razdoblje od 1963. do 1988. godine. Proračun je učinjen na temelju izmjerenih podataka o oborinama, temperaturi zraka, isparavanja, topljenja snijega. Kalibracija modela obavljena je pomoću identificiranih dotoka u Sabljake, koji su dobiveni bilanciranjem voda na temelju zabilježene energije HE Gojak. preljeva na Sabljakima i Bukovniku, te vodomjerenja Gornje Dobre na V. S. Turkovići u tom razdoblju.

Opseg: 61 stranica teksta, 14 slika, 45 tablica, situacija MJ 1:100 000.

ZAVOD ZA VISOKI NAPON I PRIJENOSNE MREŽE

Pitanje kompenzacije u TS 380/110 kV »405«

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u listopadu 1992.

U studiji se ispituje potreba prigušnice u novoj TS 380/110 kV u Slavoniji (supstituciji za TS Ernestinovo). Modelirano je aktualno stanje mreže (radijalno napajanje Slavonije), a potrošnja je varirana u dvije razine: maksimalnoj i minimalnoj. Pokazuje se u oba stanja da je uredan pogon moguć i bez prigušnice.

Opseg: 12 stranica teksta, slike, protokoli s računskog stroja.

Stavljanje u pogon voda 400 kV Melina — Tumbri i očekivana nova situacija u elektroenergetskom sistemu »Zapada«

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u svibnju 1992.

Uvodno je u studiji dana povijest DV Melina — Tumbri. Zatim je dan pristup problemu uključivanja ovog voda, koji je posebno izražen s obzirom na slabu mrežu. Najprije je testirano jedno realno stanje usporedbom rezultata na modelu i onih snimljenih u sistemu, a na bazi tih spoznaja simulirana je očekivana elektroenergetska situacija pri uključivanju voda. Iz različitih ispitivanja predložena je procedura uklapanja i dano novo stanje sistema.
Metodologijski pristup, rezultati ispitivanja na modelu i oni snimljeni pri puštanju voda Melina — Tumbri u pogon prikazani su u članku »Puštanje u pogon voda 380 kV Melina — Tumbri i njegova uloga u SUDEL-u, »Energija« br. 5, listopad 1992. str. 287 – 293.

Opseg: 49 stranica, slike, tablice, protokoli s računskog stroja.

Mreža 220 – 110 kV Dubrovnik. Incidencija sa strojarnicom HE »Dubrovnik«

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u svibnju 1992.

Predloženo je i argumentirano jedno »autorsko« viđenje rješenja povezivanja HE »Dubrovnik« s mrežom Hrvatske. Riječ je o oklopljenom, plinom izoliranom postrojenju i njegovim smještavanjem u prostor postojeće strojarnice elektrane. Analizirani su glavni elementi postrojenja, od generatorskog blok-transformatora do izlaznih kabela, i to ne samo kao idejno rješenje, nego do gotovo izvedbenoga.
Ovaj prijedlog sa širim kontekstom, dopunjen njegovim daljim razvojem poslije stručnog skupa na kojem je recenziran, objavljen je u »Energiji« br. 6, prosinac 1992, str. 337 – 350, pod naslovom »Napajanje južne Hrvatske i što učiniti«.

Opseg: 44 stranice, slike, protokoli s računskog stroja.

Osnovno rješenje prijenosne mreže šireg područja Dubrovnika, studeni 1992.

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u studenom 1992.

S obzirom na novu incidenciju HE »Dubrovnik« i mreže Hrvatske, konkretno u njezinu južnom dijelu, ispitane su mogućnosti evakuacije snage u različitim režimima. Potvrđen je dvosistemski vod: jedna trojka pod 110 kV završava u Stonu, druga pod 220 kV na trasi voda Zakučac-Mostar.

Opseg: 43 stranice, slike, protokoli s računskog stroja.

Priključak TE Plomin 3 na mrežu. Provjera predložene varijante

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr. Z. Tonković, dipl. ing.
mr. D. Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u lipnju 1992.

U prvom dijelu studije ispitivane su mogućnosti priključka bloka 3 u TE Plomin (500 MW) i provjeravano je idejno rješenje Sektora za razvoj Direkcije za razvoj, inžinjering i informatiku HEP-a: dvosistemskim vodom na DV 380 kV Melina — Divača i TS 380/220 kV s TE Plomin 2.
Za razmatranu varijantu određene su najveće struje početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na sabirnicama 400 kV postrojenja TE Plomin 3. One iznose:

I_{k3}/I_{k1} = 14 246/14 638 A (maksimalna varijanta)
I_{k3}/I_{k1} = 12 796/12 896 A (bez Tr. 400/220 kV 1 × 400 MVA),

tj. zadovoljava rasklopna oprema nazivne moći prekidanja 20 kA.
Kontrolni proračun porasta kratkospojnog nivoa u postrojenju 220 kV TE Plomin 2 nastalog uvođenjem transformacije 400/220 kV, 1 × 400 MVA, u TE Plomin daje sljedeće rezultate:

I_{k3}/I_{k1} = 17 005/18 342 A,

tj. u tom slučaju zadovoljava rasklopna oprema nazivne moći prekidanja 25 kA.

Opseg: 45 stranica, slike, protokoli s računskog stroja.

Studije kratkog spoja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede za godine 1995. i 2000.

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.
D. Nemec, dipl. ing.

Završeno u srpnju 1992.

U studiji je proveden proračun najvećih struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja za mrežu Hrvatske nazivne 1995. i 2000. godine. Rezultati proračuna prikazani su na uobičajeni način, po mrežama pojedinih područja (Osijek, Opatija, Split i Zagreb) za 1995. i 2000. godinu, ukupno 8 proračuna tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na naponskim nivoima 400, 220 i 110 kV.
Mreža Hrvatske nazivne 1995. godine karakterizirana je s ukupno 6 postrojenja 400 kV, 16 postrojenja 220 kV i 152 postrojenja 110 kV, tj. s ukupno 174 postrojenja 110 – 400 kV. Pretpostavljena mreža Hrvatske za nazivnu 2000. godinu karakterizirana je s 8 postrojenja 400 kV (nova u odnosu na 1995. godinu su RP Prevlaka i TE Plomin 3), 17 postrojenja 220 kV (novo je TS Vodnjan) i 185 postrojenja 110 kV, tj. s ukupno 210 postrojenja 110 – 400 kV (povećanje 20%). To svjedoči i dalje o ambicioznim planovima razvoja na području elektroprivrednih djelatnosti, uz napomenu da je danas polazno stanje mreže potpuno različito (ratna razaranja).
Na temelju analize rezultata proračuna ukupnih struja sabirničkog kratkog spoja u mreži Hrvatske za nazivne 1995. i 2000. godinu, slijede zaključci:

Mreža 400 kV

Evidentan je znatan porast nivoa struja kratkog spoja u 400 kV mreži područja Zagreba, što je rezultat jačeg učvorenja 400 kV čvorišta (nova veza 400 kV mreža Hrvatske i BiH Tumbri – Bihać, udvostručenja 400 kV veze za RP Prevlaku i novo učvorenje TS Žerjavinec s 2 × 400 kV vezom Mađarska – Italija (čvorišta Žerjavinec i Beričevo u susjednoj Sloveniji). Važnost za porast nivoa struja kratkog spoja također ima i učvorenje u RP Prevlaka, čime se znatno skraćuju električne veze u sistemu. Sve to razultira prelaskom TS Žerjavinec iz grupe 10 – 12,5 čak u grupu 20 – 31,5 u 2000. godini i TS Tumbri iz grupe 12,5 – 16 u grupu 20 – 31,5. TS Ernestinovo također prelazi iz grupe 10 – 12,5 u višu grupu 12,5 – 16, jer je već bilo na granici u mreži za 1995. godinu.
TS Melina, Konjsko i RHE Obrovac ostaju u svojim grupama i u nazivnoj 2000. godini, gdje se u slučaju TS Melina zbog velikog produžavanja električnog puta do TS Divače nivo struja kratkog spoja čak neznatno smanjuje.
Novo postrojenje TE Plomin 3 ulaskom u pogon u 2000. godini ulazi u grupu 10 – 12,5 kV.

Mreža 220 kV

Mrežu 220 kV ne karakterizira nikakav razvoj, tako da i nivo struja kratkog spoja stagnira, s tek neznatnim porastom u 2000. godini. Unatoč tome konstatirani su stanoviti prelasci postrojenja 220 kV u više grupe, jer su se ona već nalazila

na graničnim nivoima kratkog spoja pojedinih grupa. Novim prespajanjem 220 kV vodova nivo kratkog spoja se u TE Plomin 2 i TS Pehlin čak i nešto smanjuje.
Jedini znatniji porast struja kratkog spoja uočavamo u postrojenja TS Plat i HE Dubrovnik zbog jačeg učvorenja 220 kV vodova.

Mreža 110 kV

Najveći porast, kvalitativno i kvantitativno, pokazuje mreža 110 kV, to znatnijim porastom broja postrojenja (20% porasta odnosi se uglavnom 110 kV postrojenja) i nivoa struja kratkog spoja. Tako jedno postrojenje u nazivnoj 2000. godini čak prelazi graničnih 40 kA (TS Tumbri 110 kV), u grupi 31,5–40 prelazi postrojenja Žerjavinec, Resnik i TE-TO (utjecaj interkonekcije 400 kV veza Mađarska–Italija i jače učvorenje 400 kV postrojenja na području Zagreba), broj postrojenja u grupi 20–31,5 gotovo se udvostručuje (s 13 na 24), respektirajući da se u toj grupi pojavljuju nova postrojenja 110 kV (Trnje 2, Turnić, Maksimir, HE Podsused). Interesantno je da se srednje grupe 12,5–16 i 16–20 kA ne povećavaju brojčano, dok se grupe nižeg nivoa struja kratkog spoja 10–12,5, 8–10 i 6,3–8 povećavaju, ali na račun velike grupe 0–6,3 kA u 1995. godini.
Istaknimo ovdje da se u području Zagreba pojavljuju najveće struje kratkog spoja, unatoč poprečnom sekcioniranju 110 kV mreže na području Zagreb-makro u TS Botinec i na potezu Tumbri — Mraclin, kao i otvorenoj kabelskoj petlji u TS Trpimirova. To je rezultat pretpostavke proračuna o paralelnom radu svih interkonektivnih transformatora, kao i znatnog porasta kratkog spoja na 400 kV nivou.
Postrojenje 110 kV TS Tumbri pokazuje uz gornje uvjete iznose struja kratkog spoja preko graničnih 40 kA u mreži nazivne 2000. godine, tako da treba ozbiljno analizirati razdvojen rad interkonektivnih transformatora 400/110 kV na 110 kV nivou (sjetimo se preporuka bivšeg JUGEL-a još iz prve faze ulaska 400 kV mreže u pogon).
Također treba upozoriti da postrojenja 110 kV Resnik i TE-TO Zagreb prelaze prag od 31,5 kA, koji je za postrojenje TE-TO Zagreb bio dogovoren u Zaključku radne grupe za termoelektrane i termoelektrane-toplane od 28. 2. 1989. u točki 3. izvještaja o recenziji studije »Pogonska sigurnost 110 kV postrojenja i stanje 110 kV prekidača u postrojenju TE-TO Zagreb«, IE Zagreb, 1988.
Usporedbom rezultata proračuna ukupnih struja tropolnog i jednopolnog kratkog spoja može se općenito konstatirati da su struje jednopolnog kratkog spoja veće od struja tropolnog kratkog spoja u dva slučaja: u velikih proizvodnih postrojenja (pojedine TE i HE) i transformatorskih stanica koje predstavljaju interkonekciju 400 i 220 kV mreže sa 110 kV mrežom. Ovdje treba naglasiti da je proračun jednopolnog kratkog spoja računat za mrežu uz pretpostavku krutog uzemljenja svih transformatora na 400, 220 i 110 kV strani. Napomenimo ovdje da prije provedena istraživanja ograničenja uzemljenja izoliranjem pojedinih (auto)transformatora nisu dala neka bitnija poboljašnja.
U drugom dijelu studije proveden je proračun raspodjele najvećih struja početnog jednopolnog kratkog spoja duž svih vodova 110, 220 i 400 kV mreže Hrvatske za nazivne godine 1995. i 2000. Budući da je opseg rezultata vrlo opsežan, rezultati su prikazani na magnetskom mediju (disketi 5,25") s priloženim programom LANCAN za prikaz rezultata na monitoru PC-a ili na printeru.

Opseg: 361 stranica teksta, 39 slika, 8 tablica, disketa s rezultatima proračuna lančanica.

Analiza kratkog spoja autotransformatora 200 MVA u TE Sisak

Naručitelj: Elektroprivreda, Zagreb
OOUR »Termoelektrana«, Sisak

Autor: mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u srpnju 1992.

11. 6. 1992. godine zbog topničkog napada na termoelektranu TE Sisak dogodio se kvar na autotransformatoru 220/200/80 MVA, 231/121/6,3 kV. Budući da se radilo o specifičnom kvaru koji je trajao duže vrijeme, sve dok nije bio iskopčan ručno, proveden je proračun nastalog kratkog spoja na autotransformatoru da bi se dobili korisni podaci za dalje analize rada relejne zaštite, kao i slika o eventualnim oštećenjima razmatranog autotransformatora.
Rezultati proračuna kratkog spoja (jednopolni kratki spoj uz istovremeni prekid faze u kvaru) pokazuju kretanje struje kvara u rasponu od $I_k = 0{,}559$ kA (početak kvara, početni kratki spoj), preko 0,494 kA (trajni kratki spoj, trajanja 22 s) sve do 0,404 kA (trajni kratki spoj u trajanju otprilike 22 min do trenutka ručnog iskapčanja kvara).

Opseg: 21 stranica teksta, sa slikama i prilozima.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

HE PERUČA — OSPOSOBLJEN PRVI AGREGAT

Ratnim razaranjem i uništenjem HE Peruča pretrpjela je velike štete od agresorskih napadača. Velikim zalaganjem djelatnika Hrvatske elektroprivrede početkom 1993. godine počeli su radovi obnove prvog agregata u HE Peruča, instalirane snage 22 MW. Radovi su završeni i 1. srpnja agregat je pušten u pogon. Na ovom poslu uz djelatnike elektroprivrede sudjelovali su i stručnjaci poduzeća »Rade Končar«, Litostroj i dr. Predviđa se da će drugi agregat biti osposobljen sredinom rujna. U kolovozu će početi radovi na obnovi betonske brane HE Peruča. Radovi će trajati 12 do 13 mjeseci, za radove će se utrošiti oko 12,5 milijuna DEM. Obnova betonske brane izvest će se prema projektima sveuč. profesora ing. Ervina Nonveillera iz Zagreba.

I. R.

NAFTAPLIN — NOVI POSLOVI U INOZEMSTVU

Naftaplin nastavlja proširiti svoju istraživačku djelatnost u drugim zemljama. Novi ugovoreni istraživački poslovi izvode se u Egiptu na području Ras Cattara, zapadnoga dijela pustinje, gdje Naftaplin sudjeluje zajedno s talijanskom tvrtkom Agipom i gdje su otkrivena dva nalazišta. Tijekom ispitivanja jedna je bušotina davala 70 000 a druga oko 150 000 kubika nafte na dan.
Ohrabreni tim rezultatima Agip i Naftaplin su podnijeli zahtjev egipatskoj vladi za istraživanje dvaju novih blokova.
Naftaplin je zainteresiran za istraživanja na kopnu Albanije s albanskom nacionalnom tvrtkom Alb Petrol. Naftaplin je već predao ugovorene uvjete za zajedničko istraživanje. U tijeku je međunarodni natječaj za istraživanje na ostalom dijelu kopna u Albaniji za koje je Naftaplin također zainteresiran. U podmorskom dijele Albanije već se provode istraživanja. INA-Naftaplin razmatra prijedlog talijanske tvrke Agip da se i naša poduzeća uključe u istraživanje nafte i plina u Alžiru.
Predstavnici francuske tvrtke »Total« nedavno su boravili u Hrvatskoj i razgovarali o mogućnosti zajedničke suradnje glede razrade i privođenja proizvodnji plinskog polja Ivana u sjevernom Jadranu. Razmatrala se mogućnost zajedničkog pristupa izgradnji termoelektrane na području Istre koja bi trošila za rad taj plin.

I. R.

OPSKRBA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U DALMACIJI

Sredinom svibnja ove godine održana je konferencija o osiguranje novih izvora energije za Dalmaciju. Sastanku su prisustvovali glavni predstavnici elektroprivrede, ministarstva energetike, korisnici električne energije i dr. Za područje Dalmacije moraju se osigurati novi izvori električne energije. Vjerojatno će do kraja godine u pogonu biti plinska elektrana.
Ona bi mogla prerasti u središnju elektranu Splitsko-dalmatinske županije, a razmišlja se o sekundarnoj plinskoj mreži za Split. Istodobno, »Dalmacijacement« unajmljuje dizelske agregate koji će imati instaliranu snagu 28 megavati, a plinska elektrana dodatna 52 megavata.
Ove sezone dalmatinski otoci opskrbljavat će se strujom iz rezervnih izvora energije, a nakon puštanja u pogon trafo-stanice na Rabu bit će na raspolaganju dva agregata od po 1 100 kVA. Čelnici HEP-a najavljuju i skoro priključenje Inine platforme »Zagreb«. Istaknuto je da će, uglavnom iz Zagreba, stići 70-ak agregata ukupne snage 20 megavata. Elektroenergetsku situaciju poboljšat će i hidroelektrana »Dubrovnik«.

I. R.

TROMJESEČNA PROIZVODNJA NAFTE I PLINA

Na domaćim naftnim poljima Naftaplin je u tromjesečnom razdoblju od siječnja do ožujka 1993. proizveo oko 337.800 tona nafte i time je potpuno ostvario zadani plan za to razdoblje. Tome još treba pridodati proizvodnju kondenzata (otprilike 83 400 tona) koji je jedan posto veći od plana. Uz 945 tona nafte iz Angole u tri mjeseca proizvedeno je ukupno 431 190 tona nafte i kondenzata.
Proizvodnja prirodnog plina nešto je manja od planirane. Umjesto 498 milijuna kubika proizvedeno je tri posto manje, ili 480,0 milijuna. Manje je plina također uvezeno iz Rusije, i to nešto više od 13 milijuna kubika. Unatoč manjoj domaćoj proizvodnji i smanjenom uvozu, svi potrošači su raspolagali dovoljnim količinama toga energenta, a tome je, uz ostalo, pridonijelo i skladište u Okolima iz kojeg je izvađeno otprilike 168 milijuna kubika ili čak 80 posto više od plana.
Tekućih plinova je u tri mjeseca proizvedeno 38 600 tona ili tri posto više.

I. R.

IZLOŽBA TEHNIČKIH UNAPREĐENJA

Na Zagrebačkom velesajmu 20. travnja ove godine otvorena je i jedna od najuglednijih velesajamskih priredbi: 21. izložba izuma, tehničkih unapređenja i noviteta »INOVA« 93« koja se održava drugi put, kao i Hrvatski salon inovacija. Danas Hrvatska ima sedam tisuća registriranih inovatora registriranih u brojnim društvima.
Na »INOVI 93« izloženo je 116 izuma, tehnoloških unapređenja, i novih proizvoda ili čak 39 više nego 1992. godine.
Autori izložaka su pojedinci ili skupine iz INE, Končara, Chromosa, Plive, Saponije, Željezare Sisak, MIO Osijek, Tehnološkog centra Rijeka, Društva izumitelja Ogulin i dr.
Od programskih sadržaja treba zabilježiti salon odabranih hrvatskih inovacija, pravno savjetovalište za zaštitu industrijskog vlasništva i plasman inovacija, prodaju noviteta, izbor najuspjelijih hrvatskih izložaka za međunarodnu promociju itd.
Svečana predaja nagrada i priznanje obavljeno je u svibnju u Zagrebu.

I. R.

NEISKORIŠTENI HIDROENERGETSKI POTENCIJAL U HRVATSKOJ

Do kraja 1990. godine na području Hrvatske izgrađeno je 17 hidroelektrana instalirane snage 2032,0 MW i prosječne godišnje proizvodnje od 6 620,0 GWh. To je samo jedan dio hidroenergetskog potencijala. Više od 50 posto ostalo je neiskorišteno.

Kratak prikaz neiskorištenih vodnih snaga u Hrvatskoj.

Prema osnovnim energetskim značajkama preostali hidroenergetski potencijal Hrvatske može se podijeliti u dvije skupine: potencijal srednjih i većih vodnih snaga sa 60 objekata na 15 vodotoka i potencijal malih vodnih snaga koji obuhvaća 699 lokacija ukupne instalirane snage 177 MW i moguće godišnje proizvodnje 567,7 GWh. Prosječno po lokaciji instalirana snaga malih hidroelektrana iznosi 253 kW i 812 000 kWh. Ukupan preostali hidroenergetski potencijal srednjih i većih vodnih snaga vodotoka na kojima postoje mogućnosti izgradnje 60 hidroelektrana iznosi: u instaliranoj snazi 1 287,8 MW i prosječnoj godišnjoj proizvodnji 5 816,1 GWh.

Dio preostaloga hidroenergetskog potencijala odnosi se na granične rijeke s Mađarskom (6 hidroelektrana), Slovenijom (9 hidroelektrana) i BiH (2 hidroelektrane), pa hidroenergetski potencijal koji pripada Hrvatskoj iznosi: u instaliranoj snazi 1 027,5 MW i u prosječnoj godišnjoj proizvodnji 4 614,5 GWh. Od ukupno neiskorištenoga hidroenergetskog potencijala koji se može iskoristiti izgradnjom 60 hidroelektrana na Hrvatsku otpada 81,3 posto u instaliranoj snazi i 80,7 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji, na Mađarsku 9,3 posto u instaliranoj snazi i 10 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji, na Sloveniju 6,9 posto u instaliranoj snazi i 5,4 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji i na BiH 2,5 posto u instaliranoj snazi i 3,9 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji. U hidroenergetski potencijal Hrvatske nisu uračunati objekti koji se mogu izgraditi na postojećim lokacijama i primarno pridonose povećanju instalirane snage i kvalitete proizvodnje hidroelektrana (HE Senj 2, HE Dubrovnik 2 itd.). Hidroenergetski potencijal Hrvatske moći će se povećati i boljim iskorištenjem postojećih objekata, bilo da se radi o nadvišenju brana (HE Peruča), ili o zamjeni turbinskih kola (HE Tribalj), gdje je zamjena u toku, HE Dubrovnik, gdje je zamjena moguća i opravdana), ili nekim drugim zahvatom kojim se povećava učinkovitost korištenja vode.

Dio hidroenergetskog potencijala Hrvatske koji je vezan na interese i planove razvoja drugih, značajan je i iznosi 37,8 posto u instaliranoj snazi i 41,3 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji od ukupnoga neiskorištenog hidropotencijala koji pripada Hrvatskoj. Najveći dio preostaloga hidroenergetskog potencijala vezan je za Mađrsku: 26,2 posto u instaliranoj snazi i 29,8 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji. Sa Slovenijom moguće je izgraditi 9 hidroelektrana (na Muri i Kupi) s hrvatskim dijelom hidroenergetskog potencijala od 8,5 posto u instaliranoj snazi i 6,7 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji. Najmanji dio hidroenergetskog potencijala vezan je za BiH: dvije hidroelektrane na Savi s potecijalom 3,1 posto u instaliranoj snazi i 4,8 posto u mogućoj godišnjoj proizvodnji.

Neiskorišteni hidroenergetski potencijal iz Hrvatske iz grupe srednjih i većih vodnih snaga koji se prostorno nalazi samo na području Hrvatske i čije iskorištenje ovisi o ciljevima gospodarske politike, kriterijima zaštite okoline, interesima i razvojnim planovima Republike iznosi u instaliranoj snazi 639,0 MW i 2707,7 GWh.

Osnovna značajka neiskorištenoga hidroenergetskog potencijala Hrvatske jest velik broj objekata s malom instaliranom snagom i mogućom godišnjom proizvodnjom. Prosjek instalirane snage od 17,1 MW i godišnje moguće proizvodnje od 76,9 GWh najbolje pokazuje usitnjenost preostaloga hidroenergetskog potencijala Hrvatske. Više od 50 posto hrvatskoga dijela hidroelektrana ima instaliranu snagu manju od 15 MW. Mala proizvodnja i mala instalirana snaga posljedica su karakteristika potencijalnih lokacija izvedbe hidroelektrana: do 10 metara pada su 23 hidroelektrane, a do 7,5 metara 14 hidroelektrana.

Preostali hidroenergetski potencijal Hrvatske podijeljen je na 15 vodotoka i područja. Najveći dio neiskorištenoga hidroenergetskog potencijala odnosi se na Dravu, Savu i Kupu. Tri spomenute rijeke čine zajedno otprilike 50 posto neiskorištenog hidropotencijala Hrvatske.

Cijeli neiskorišteni hidropotencijal malih vodnih snaga podijeljen je u pet skupina prema instaliranim snagama.

I. R.

PROGRAM IZGRADNJE ENERGETSKIH OBJEKATA

Hrvatska vlada usvojila je plan prioritetne izgradnje objekata u iduće četiri godine. Javni investicijski radovi obuhvaćaju gradnju auto-cesta, modernizaciju željezničkih pruga i pratećih objekata. Planom su predviđeni obnova HE Peruča, HE Lešće i osposobljavanje Jadranskog naftovoda.

Radovi na energetskim objektima su sljedeći:

Hidroelektrana Peruča u pogonu je od 1960. godine, ali ratnim razaranjem okupator je uništio glavne i temeljne građevinske objekte i hidromehaničku opremu. Na HE Peruča treba se izvesti obnova brane, zamjena turbinskih kola, nabava nove elektrostrojarske opreme i dr.

Projekt HE Lešće druga je stepenica u iskorištavanju vodnog potencijala Gojačke Dobre. Uloga HE Lešće je proizvodnja električne energije u varijabilnom dijelu dnevnoga dijagrama potrošnje, čime se znatno povećava vrijednost hidroelektrane.

HE Lešće je pribransko postrojenje s dvije glavne proizvodne grupe i jednom pomoćnom.

Energetski podaci o HE Lešće:

snaga izgradnje; 2 × 21MVA cos ρ 0,85; godišnja proizvodnja 92,64 GWh

Izrada glavnog projekta HE Lešće povjerena je stručnjacima Elektroprojekta iz Zagreba.

Jadranski naftovod, koji je služio za transport nafte za potrebe energetike Hrvatske i srednjoeuropskih zemalja, posve je uništen i upropašten. Obnova naftovoda trajat će duže.

Hrvatska vlada je najavila osnivanje direkcije koja bi u ime Vlade vodila i koordinirala poslovima na tim strateškim projektima koji su predviđeni utvrđenim programom.

I. R.

BRITANSKI ELEKTROPRIVREDNI POKUS

1. UVOD

Privatizacija elektroprivrede u Britaniji započela je 1990. godine. Program privatizacije u Britaniji koristio se iskustvom iz 1984. kada je privatiziran British Telecom. Ono što je važno u najnovijoj politici prema elektroprivredi jest korjenitost reforma koje prate privatizaciju.
Udružene po vertikali, proizvodnja i prijenos su preko noći (31. 3. 1990) organizirani prema novoj upravljačkoj strukturi: proizvodnja je razdvojena od prijenosa.
Mnoge zemlje krenule su u pravcu poticanja konkurencije, ali nigdje drugdje nije u tako kratkom roku bilo tako velikih promjena. Dajući značenje elektroprivredi, ove reforme su osobito važne za elektroprivredu i za društvo u cjelini. Iako podložna brojnim tržišnim oscilacijama, od prirodnog monopola do problema okoliša, primjer elektroprivrede omogućuje donošenje iskustvenih zaključaka na relaciji državna politika — elektroprivreda.
Radikalizam britanske reforme objedinjuje pitanja vlasništva, konkurencije, vertikalne integracije, ugovaranja, oblika ulaganja, regulacije cijena, zaštite okoliša. Ovdje se daje kratak pregled novoga (konkurentskoga i regulatornoga) sustava (režima) uvedenog u Britanskoj elektroprivredi. Uz to se ukratko analiziraju pitanja koja se dotiču europske energetske politike u globalu.
Točka 2. ovog materijala sadrži kratak pregled bitnih ekonomskih pojmova u svezi s ponudom električne energije; točka 3. opisuje najnovija dostignuća politike u odnosu prema elektroprivredi. U sljedećih pet točaka govori se o vertikalnim aranžmanima glede isporuke električne energije (točka 4), konkurenciji oligopola i sporazumima (točka 5), uvjetima pristupa tržištu (točka 6), regulaciji cijena (točka 7) i regulaciji zaštite okoliša (točka 8).

2. ZNAČAJKE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Značajke proizvodnje električne energije mogle bi se objediniti u sljedećem:

(1) Električna energija se ne može uskladištiti; potražnja za električnom energijom oscilira znatno u toku dana.
(2) Proizvodnja se pojavljuje u obliku različitih vertikalnih razina: gorivo-input, pogon, prijenos kroz visokonaponsku mrežu, distribucija električne energije kroz regionalnu i lokalnu mrežu i isporuka potrošačima[1]. U tablici 1. daje se pregled udjela pojedinih elemenata u prodajnoj cijeni električne energije potkraj osamdesetih.

Tablica 1. Udjeli pojedinih elemenata prodajne cijene električne energije u V. Britaniji potkraj osamdesetih u postocima

Gorivo	Proizvodnja	Prijenos	Distribucija	Isporuka
42,0	29,0	6,0	19,0	4,0

Izvor: Procjene na temelju korporacijskih izvješća

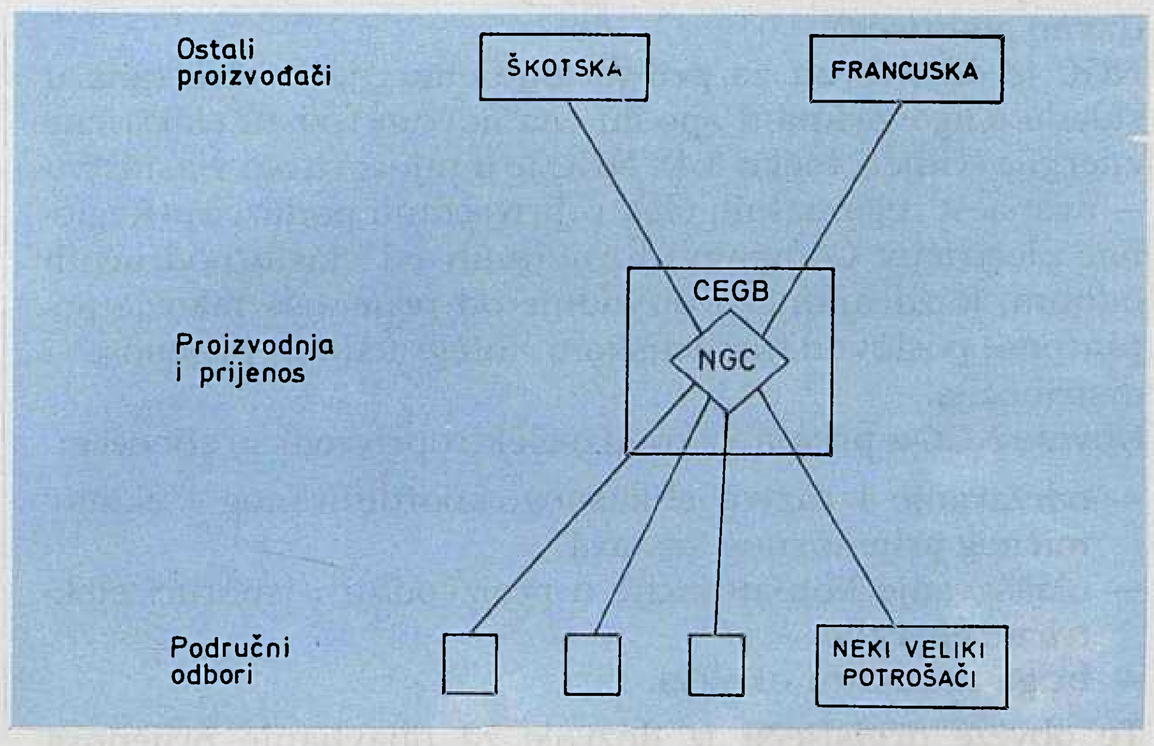
[1] Funkcija isporuke odvojena je od funkcije distribucije koja se odnosi samo na korištenje distributivne mreže.

(3) Proizvodnja električne energije rezultira utjecajima na okoliš: emisija čestica ugljičnog dioksida, sumpor-dioksida, ekološki utjecaji izgradnjom hidroelektrana, radioaktivne materije iz nuklearnih elektrana.
(4) Kapitalno je intenzivna djelatnost s visokim troškovima ulaganja, ali i dugim životnim vijekom postrojenja za proizvodnju električne energije.
(5) Da bi se osigurala odgovarajuća sigurnost isporuke električne energije, elektroprivredna postrojenja u pojedinim razdobljima rade maksimalnim kapacitetom.
(6) Koordinacija između proizvodnje i prijenosa je nužna radi osiguranja cjelovitosti mreže. U svakom čvoru mreže potrebno je osigurati ravnotežu između ponude i potražnje električne energije.
(7) Troškove prijenosa i distribucije karakterizira prirodni monopol
(8) Na temelju gubitaka električne energije u mreži proistječe da su troškovi prijenosa izuzetno osjetljivi na mjesto gdje se energija preuzima u sustav.

3. RAZVOJ POLITIKE PREMA ELEKTROPRIVREDI

3.1. Struktura britanske elektroprivrede prije privatizacije

Prije privatizacije, elektroprivreda u Engleskoj i Walesu sastojala se od dva dijela (slika 1).



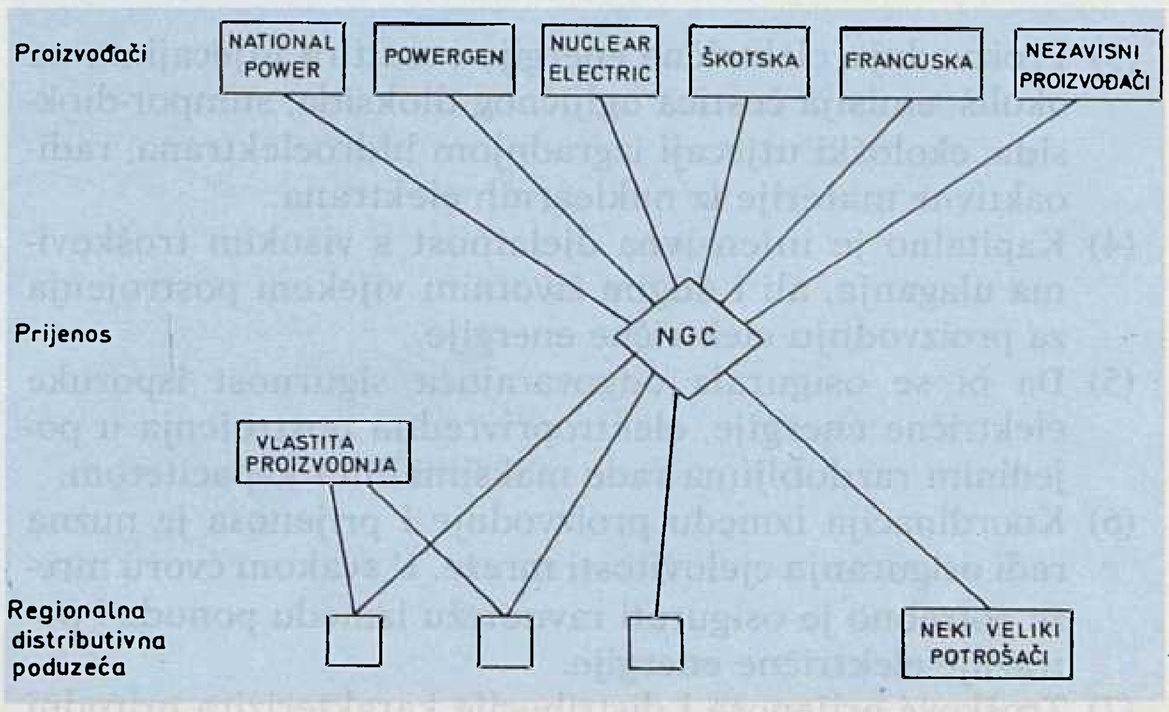
Slika 1. Stara struktura elektroprivrede Engleske i Walesa

Poduzeće za proizvodnju i prijenos električne energije — CEGB (Central Elecrticity Generating Board) dodilo je proizvodnju i visokonaponski prijenosni sustav — National Grid. Dvanaest područnih odbora (Area Boards) distribuiralo je energiju do potrošača u pojedinim regijama. Tako je CEGB imao monopol na cijelom tržištu, a područni odbori regionalne monopole u maloprodaji.

Godine 1983. Zakonom o energetici (Energy Act) pokušala se uvesti konkurencija u proizvodnju, što je omogućilo trećoj strani pristup prijenosnoj i distributivnoj mreži i tražilo od područnih odbora da kupuju izvan CEGB po nižim cijenama. Ali Zakon nije imao utjecaja jer nije pružao jamstvo novim isporučiocima energije od nekonkurentskog ponašanja CEGB-a.

3.2. Nova struktura elektroprivrede Engleske i Walesa

Nova struktura uspostavljena 31. 3. 1990. prikazana je na slici 2.



Slika 2. Nova struktura elektroprivrede Engleske i Walesa

CEGB je razdijeljen po vertikali i horizontali. Prijenos je odvojen od proizvodnje i ostvaruje se preko novog poduzeća za prijenos — National Grid Company (NGC).
Proizvodnja CEGB-a podijeljena je na tri poduzeća. Dva od njih su privatizirana: National Power, koji ima približno 52% CEGB-ovih proizvodnih kapaciteta u Engleskoj i Walesu, i PowerGen s otprilike 33%. PowerGen objedinjuje uglavnom termoelektrane i nekoliko hidroelektrana. Sva nuklearna energija, približno 15% od ukupnog iznosa, danas je u sklopu Nuclear Electric, koji je u državnom vlasništvu (javno poduzeće).
NGC je odgovoran za prihvaćanje energije iz elektrana u skladu s ugovorima u »poolu« na novom tržištu električne energije (vidjeti točku 3.4). NGC je u mješovitom vlasništvu — dvanaest regionalnih elektroprivrednih poduzeća (Regional Electricity Company) formiranih od starih područnih odbora. Razdvajanje proizvodnje od prijenosa tako je popraćeno poslovno-financijskom integracijom prijenosa i distribucije.
Obveze NGC-a prema Zakonu o elektroprivredi su sljedeće:

— održavanje i razvoj efikasnog, koordiniranog i ekonomičnog prijenosnog sustava
— olakšavanje konkurencije u proizvodnji i isporuci električne energije
— briga za zaštitu okoliša.

Te obveze proistječu iz dozvole za obavljanje prijenosa (transmission licence), koja od NGC-a također zahtijeva da:

— planira i dispečira raspoloživu proizvodnju po vrijednosnom kriteriju
— planira i upravlja prijenosnim sustavom u skladu s utvrđenim standardima i zakonskim razinama frekvencije i napona sustava
— vodi sustav praćenja dnevnog prometa na tržištu električne energije.

Na području distribucije dvanaest područnih odbora (Area Boards) preimenovano je u regionalna elektroprivredna poduzeća (Regional Electricity Company — REC) i privatizirano u prosincu 1990.

3.2.1. *Kontrola troškova prijenosa*

NGC operativno mora biti neovisan kako o proizvođaču tako i o isporučitelju električne energije. NGC bi trebao zaraditi od eksploatacije svog prijenosnog sustava, kako bi mogao investirati u nove priključke i pojačanja, održavati postojeću imovinu u skladu s potrebnim standardima i zaraditi dobit za svoje dioničare. Svim svojim korisnicima (sadašnjim i potencijalnim) NGC pruža sljedeće informacije:

— pregled iznosa naknada za priključenje i korištenje mreže prijenosa (godišnja razina)
— pregled razvoja sustava za razdoblje od sedam godina
— mrežni kod — tehnički i operativni zahtjevi za korisnike NGC mreže (sustava).

NGC ne može kupovati i prodavati električnu energiju za svoj račun, osim za poslove pumpanja i spremanja vode (pumped storage business).

3.2.2. *Kontrola troškova distribucije*

Prema podacima dobivenim iz regionalnih elektroprivrednih poduzeća, godišnje oscilacije u troškovima distribucije (u postocima) za korištenje njihove distributivne mreže u tijeku 1990. godine bile su slijedeće:

Tablica 2. Godišnje promjene u troškovima distribucije — u postocima

Poduzeće	Prijenos	Distribucija	Isporuka
NGC	0	—	—
Eastern	—	0.25	0
East Midlans	—	1.25	0
London	—	0.00	—
Manweb	—	2.50	0
Mindlands	—	1.15	0
Northern	0	1.55	0
Norweb	—	1.40	0
South East	—	0.75	0
Southern	—	0.65	0
South Wales	—	2.50	0
South West	—	2.25	0
Yorkshire	—	1.30	0

Izvor: Podaci iz regionalnih elektroprivrednih poduzeća

Oscilacije su u rasponu od 0.00 do 2.25%.

3.3. Pravila ponašanja

Uz omogućavanje konkurencije proizvođača potrošači moraju imati slobodan pristup prijenosnoj i distributivnoj mreži, ali moraju biti istodobno zaštićeni od prirodnog monopola obiju mreža.

3.3.1. *Prodajne cijene električne energije manjim potrošačima*

Potrošači s potrošnjom manjom od 10 MW su tzv. potrošači »po mjeri tarife«. To znači da njihovo regionalno elektroprivredno poduzeće nastoji zadovoljiti njihovu potrošnju po objavljenim cijenama. Te cijene su ipak podložne stanovitim promjenama. Do 1993. neće se mijenjati prodajne cijene potrošačima s potrošnjom manjom od 1 MW.

3.3.2. *Prodajne cijene električne energije za velike potrošače*

Potrošači s potrošnjom većom od 10 MW su tzv. ugovorni potrošači. Cijena koju ti potrošači plaćaju se ne regulira, već se određuje konkurencijom.

3.3.3. *Konkurencija pri prodaji na malo i monopol*

Potrošači »po mjeri tarifa« bit će slobodni potražiti opskrbu i iz drugih izvora (izvan njihova lokalnog poduzeća). (To se razlikuje od tržišta plinom, gdje British Gas uživa monopol kod »tarifnih« potrošača.) Svi potrošači će imati tu slobodu nakon 31. 3. 1998, ali će zato u razdoblju do 1998. regionalna elektroprivredna poduzeća (REC) uživati monopol kako slijedi. Do 31. 3. 1994. potrošači s gornjom potrošnjom manjom od 1 MW neće biti slobodni tražiti konkurentske ponuđače — oni mogu kupiti jedino od REC-a. Od 1994. do 1998. potrošači s gornjom potrošnjom manjom od 100 kW bit će ograničeni na njihovo lokalno poduzeće. Tako će se monopolske povlastice tijekom vremena smanjiti, a sve više uvoditi konkurencija putem tržišta energije.

3.3.4. *Porez na kruto gorivo*

Regionalno elektroprivredno poduzeće je dužno kupovati određene količine električne energije iz izvora koji su nefosilni (što znači uglavnom nuklearni). Dodatni troškovi će se nadoknaditi porezom na prodaju električne energije proizvedene iz fosilnih izvora. Od ove odluke očekuje se zaštita nuklearne energije u prijelaznom razdoblju, dok se ne riješe visokih anuiteta.

3.4. »Pool« i tržište ugovora

Razmjena električne energije ostvaruje se preko »poola« (90% transakcija pokriveno je ugovorima između proizvođača koji prodaju električnu energiju u »pool« i isporučilaca i direktnih potrošača koji od njih kupuju). To su posve komercijalni ugovori, s namjerom da štite ugovorne strane od varijacija cijena električne energije u »poolu«. Cijene se računaju za dan unaprijed, za svakih pola sata u toku sljedećega dana, a objavljuju se u Financial Timesu. Raspodjela se obavlja po vrijednosnom redoslijedu radi zadovoljenja porasta potrošnje. Prema starom sustavu kontrolor mreže je davao naredbe elektranama za isporuku na temelju informacija o njihovim troškovima proizvodnje. Po novom, NGC operator će donositi odluke o isporuci električne energije na temelju ponuda dobivenih od proizvođača električne energije. Svakoga dana proizvođači informiraju NGC o svojoj raspoloživosti i nude cijene (cijene po kojima su spremni prodati električnu energiju, za svaku od svojih proizvodnih jedinica, za svakih pola sata tijekom sljedećega dana (48 polusatnih razdoblja). Na temelju tih ponuda NGC rangira elektrane. Zajedno s procjenom potražnje, spoznajama o ponudi prijenosne mreže i ostalim činiteljima NGC izrađuje plan za najmanji trošak proizvodnje u sustavu. Ta procjena također uključuje proviziju za rezerve, itd.

Cijena KWh koja se plaća proizvođaču električne energije ponuđene u »pool« u navedenih pola sata jest »ulazna cijena« u »pool« (pool input price — PIP). Ta cijena je suma dvaju uvjeta. Prvi je sustav marginalne cijene (system marginal price) koja predstavlja ponuđenu cijenu marginalne proizvodne jedinice u navedenih pola sata (zanemarujući prijenosna ograničenja). Drugi uvjet je kapacitet i plaća se za svaki raspoloživi kapacitet bez obzira na to jesu li odgovarajući zahtjevi za isporukom električne energije upućeni u sustav. Djelatnost proizvodnje električne energije naplaćuje trošak za spremnost. Električna energija se kupuje na tržištu po tržišnoj cijeni (pool output price-POP), koja odgovara »ulaznoj cijeni« (PIP) osim onda kada je potražnja relativno velika, pa se povećava cijena kako bi se pokrio trošak prijenosa, rezerve. Tako je, dakle, »pool« zapravo vrsta spot. tržišta za prodaju električne energije potrošačima. Budući da su cijene električne energije u »poolu« često neizvjesne i promjenljive, valja očekivati da će proizvođači i distributeri sklapati dugoročnije aranžmane.

3.5. Kretanja u pravcu tržišta energije u drugim europskim zemljama

Francuska, Grčka, Irska, Italija i Portugal su nacionalizirali monopole za proizvodnju i prijenos električne energije. U mnogim pak zemljama elektroprivreda funkcionira kao javno poduzeće na razini provincije ili općine. Tako npr. Austrija, Nizozemska i Njemačka imaju regionalne proizvodne kompanije i regionalno vlasništvo u distribuciji. Prijenosna mreža je uglavnom ili nacionalizirana ili pod kontrolom proizvođačkih asocijacija. U Belgiji, Danskoj, Španjolskoj, proizvodnja je uglavnom u privatnom vlasništvu, a u Njemačkoj postoji miješano — javno i privatno — vlasništvo. Razvoj regulatorne politike prema elektroprivredi odražava ujedno i različite interese. Postoje primjeri privatizacije elektroprivreda (Austrija, Norveška, Portugal), zatim odvajanja proizvodnje od prijenosa (Austrija, Norveška, Portugal), zatim odvajanja proizvodnje od prijenosa (Norveška) i tzv. ugovorne reforme (Njemačka). U gotovo svim slučajevima vlasništva i strukturnih reformi, s uvođenjem novih mjera postupalo se mnogo opreznije nego u Velikoj Britaniji, iako je Nizozemska izuzetak. Plan za restrukturiranje u Nizozemskoj je uveo odvajanje distribucije od proizvodnje, konsolidaciju proizvodnih poduzeća i smanjenje kontrole koju su provodili proizvođači nad operaterima mreže.

3.6. Politika EZ-a prema konkurenciji

Iako ekonomske karakteristike opskrbe električnom energijom i uvođenje državnog intervencionizma u pojedine nacionalne elektroprivrede donekle otežavaju provođenje ciljeva Jedinstvenog europskog akta (dokumenta) u smislu jedinstvenoga unutarnjega energetskog tržišta, usprkos svemu, ono danas ipak funkcionira (tablica 3).

Tablica 3. Izvoz, uvoz i neto-izvoz (postotak od bruto-proizvodnje), 1989.

Zemlja	Izvoz	Uvoz	Neto-izvoz
Belgija	11.7	7.8	3.9
Danska	6.7	35.9	−29.2
Njemačka	4.9	4.8	0.1
Francuska	14.1	2.6	11.5
Grčka	1.8	2.9	−1.1
Irska	0.0	0.0	0.0
Italija	0.3	14.1	−13.8
Luksemburg	0.0	78.0	−78.0
Nizozemska	0.5	6.9	−6.4
Portugal	4.8	9.1	−4.3
Španjolska	3.2	1.9	1.3

Izvor: Eurostsat

Tijekom 1989. Europska komisija publicirala je četiri nacrta o mjerama u domeni električne energije: (1) cijene električne energije u netarifnoj prodaji; (2) evidencije Komisije o planiranim ulaganjima; (3) usklađeno planiranje izgradnje novih kapaciteta; i (4) tranzitna prava kod velikih, integriranih visokonaponskih mreža. Posljednja od tih mjera (tranzit) je usuglašena u Ministarskom vijeću za energetiku u jesen 1990, pa će se dozvole davati samo postojećim operaterima visokonaponske mreže.

Zbog same prirode električne energije (ne može se uskladištiti, potreba za ravnotežom u proizvodnji i isporuci) nužno je stalno koordiniranje sustava. Ti problemi vezani su za potrebu postojanja nacionalne energetske politike. Tako će

npr. subvencioniranje njemačke industrije ugljena biti potkopano uvozom jeftinije električne energije iz Francuske.

Tablica 4. Francuska i njemačka interkonekcija

Isporuka Francuske u:	Kapacitet (MVA)	Isporuka Njemačke u:	Kapacitet (MVA)
Belgija	3,170	Austrija	9,799
V. Britanija	2,000	Danska	2,040
Njemačka	5,075	Francuska	5,075
Italija	4,350	Luksemburg	3,460
Španjolska	3,030	Nizozemska	4,320
Švicarska	5,520	Švicarska	10,943
Ukupno	23,145	Ukupno	35,637

Izvor: Holmes (1990).

3.7. Politika okoliša i njezine posljedice

Sve je prisutniji politički pritisak za jačom regulacijom zaštite okoliša kako na domaćoj, tako i na međunarodnoj razini. Sve donedavno nuklearna opcija bila je u središtu interesa javnog mišljenja — nuklearni programi su bili zaustavljeni u mnogim zemljama. Još 1988. godine donesena je Direktiva pri Europskoj komisiji za velika postrojenja s gorivim ciklusima (the European Commission's Large Combustion Plant Directive). U njoj se navode redukcije u emisiji SO_2, NO_x. Tako Velika Britanija mora smanjiti emisiju SO_2 u odnosu prema 1980. za 20% do 1993, za 40% do 1988. i za 60% do 2003. godine. Slična ograničenja na emisiju ugljičnog dioksida do sada još nisu uvedena. Proizvođači električne energije se stoga suočavaju s mogućnošću porasta troškova kako bi zadovoljili sve stože ekološke standarde. Stoga će ekologija odigrati važnu ulogu u određivanju redoslijeda izgradnje (ugljen, plin, nuklearno gorivo, voda, vjetar). Štoviše, mjere štednje su promovirane u više zemalja, npr. program Thermie u sklopu EZ-a i Save inicijative za racionalno korištenje energije.

4. VERTIKALNI DOBAVNI ARANŽMANI

Najveće promjene nastale reformom britanske elektroprivrede očituju se u vertikalnom odvajanju proizvodnje od prijenosa, osnivanju tržišta za prodaju energije, kao i (djelomično) vertikalnom razdvajanju distribucije od proizvodnje. Te struktrne reforme su provedene ponajviše radi uvođenja konkurencije tamo gdje je moguća.

4.1. Vertikalna organizacija

4.1.1. *Problemi ulaganja*

Glede odnosa na relaciji isporučitelj — kupac razmatra se pitanje zbog kojih bi razloga dobavljač i kupac željeli sklopiti dugoročni aranžman ili se pak potpuno udružiti, a ne poslovati po sistemu spot-tržišta.
Kod državnog vlasništva funkcije ulaganja i utvrđivanja cijena su objedinjene. Nakon privatizacije investicijske odluke donose privatni agenti, ali država zadržava stanovitu regulatornu snagu, osobito glede utvrđivanja cijena. Opasnost da bi država ili vlada mogle stegnuti cijene pošto se uloži kapital mogla bi biti obeshrabrujuća za dalja ulaganja, te će stoga privatni sektor u troškove nastojati uključiti i premiju za pokruće ovog rizika.

4.1.2. *Podjela rizika*

Još jedan razlog za dugoročnije aranžmane, uključujući i integraciju, između visokog i niskog napona u okviru Britanske elektroprivrede jest podjela rizika. Proizvođač koji se oslanja na spot-prodaju snosi rizik gubitka u poslovanju ako se npr. potrošnja iznenada smanji. Ako pak poduzeća za isporuku imaju ugovore s potrošačima po fiksnim cijenama, izbjegavaju rizik spot-tržišta ugovarajući dugoročne aranžmane s proizvođačima ili, jednostavnije, udružujući se s njima.

4.2. Mreža prijenosa

Što je mreža kvalitetnija, to su i gubici manji. Četiri značajke opskrbe električnom energijom jesu: (1) gubici u prijenosu; (2) ograničenja kapaciteta mreže; (3) potreba za kontinuiranom ravnotežom u isporuci električne energije u svakom čvoru mreže; (4) činjenica da se električna energija ne može usmjeriti u određene smjerove — električna energija se alocira po prirodnim zakonima (Kirchoffovi zakoni).
Optimalna spot-cijena u mreži prijenosa sadrži tri komponente: trošak marginalne proizvodne jedinice u sustavu, gubitke i ograničenja u prijenosu.

5. KONKURENCIJA OLIGOPOLA

Postojanje oligopola predstavlja tržišnu situaciju u kojoj nekolicina prodavalaca vlada tržištem u tolikoj mjeri da svaki od njih svojim poslovanjem utječe na ponudu i cijene. Horizontalno restrukturiranje može se utvrditi kao način uspostavljanja konkurencije, a vertikalno, pak, razdvajanje, kao pokušaj smanjivanja ulaznih barijera. Ovo razmatranje je stoga podijeljeno na analizu konkurecije između proizvođača (točka 5) i na analizu konkurencije (postojećih i budućih) sudionika (točka 6).

5.1. Ugovori, pristup tržištu i regulatorna intervencija

Profit na isporučenu električnu energiju po ugovoru čini količina isporučene energije pomnožena razlikom između ugovorene i »pool« cijene. Bilo koji pokušaj proizvođača da poveća cijene u »poolu« smanjuje profit na osnovi dugoročnih ugovora.
Uspostavljanjem nove organizacijske strukture tijekom 1990. vlada je uvela setove ugovora (nazvani »ugovori za različitosti«) između regionalnih elektroprivrednih poduzeća i proizvođača s rokom od tri godine, koji namjere National Powera i PowerGena za povećanjem cijena u »poolu« svode na minimum. Iz činjenice da se takvim ugovorima namjerava osloboditi snaga tržišta, proistječe da, kad jednom tako sklopljeni ugovori isteknu, proizvođači mogu odlučiti smanjiti prodaju putem ugovora. Postoje, dakako, pritisci u drugom pravcu, koji uključuju strateški motiv prodaje putem ugovora, a radi poticanja sklapanja ugovora s konkurencijom.
Pristup na tržište obrađuje se u točki 6.
Treći faktor je bojazan da će korištenje tržišta energije na kratki rok ojačati regulatornu intervenciju. To bi moglo biti nepovoljno za proizvođače putem ugovore — gubitak dugoročnih aranžmana zbog minimalne zarade na kratkoročnim aranžmanima (reforme vlade se temelje upravo na ideji zamjene regulacije u proizvodnji konkurencijom). Proizvođači bi trebali postići ravnotežu između kratkoročnog profita i želje da se izbjegne rizik.
Postoji stanovita evidencija o cijenama u prvim mjesecima rada sustava (tablica 5).
Podatke treba uzeti s rezervom jer razdoblje prelaska na privatizaciju ne mora biti reprezentativno za ono što bi se eventualno moglo kasnije dogoditi.

Tablica 5. Prodajne cijene u »poolu«: usporedba sa standardnom tarifom za isporuku električne energije na visokom naponu (Bulk Supply Tariff — BST)

	Najniža cijena tokom dana L/MWh	Najviša cijena tokom dana l/MWh
Pool, 22/8/90	11,31	24,53
Pool, 29/8/90	11,35	23,86
BST, 1988/89	16,00	26,20

Izvor: Daily Telegraph; Handbook of Electricity statistycs (1989).

6. ULAZ I PRISTUP TRŽIŠTU

Postavlja se pitanje hoće li reforma Britanske elektroprivrede dovesti do znatnijeg porasta konkurencije što bi bio rezultat smanjivanja ulaznih barijera. S obzirom na teškoće oko ulaska u mrežu prijenosa i distribucije koje su znatne zbog prirodnih monopolskih uvjeta u kombinaciji s njihovim visokim troškovima, pozornost će se skrenuti na proizvodnju i isporuku energije.

Proizvodnja je djelatnost gdje postoji najveća mogućnost za smanjenje troškova zato što je strukturna reforma (vertikalno odvajanje proizvodnje od prijenosa) ovdje bila usmjerena na promociju konkurencije u proizvodnji.

6.1. Ulaz u proizvodnju

Danas Britanska elektroprivreda raspolaže znatnom snagom, ali i nezadovoljavajućom strukturom proizvodnje. Nuklearni program je stao zbog visokih realnih kamatnih stopa i troškova odlaganja otpada i dekomisije. Mjere zaštite okoliša također će povećati relativne troškove termoelektrana. Tehnološki napredak je omogućio da kombinirane plinske termoelektrane rade efikasnije, te će nova generacija proizvodnih kapaciteta biti najvjerojatnije upravo ovaj tip elektrana. U budućem će razdoblju potrebe za novim kapacitetima ovisiti o količini potražnje električne energije i o gašenju proizvodnih postrojenja. Uspoređujući postojeće elektrane s budućim novim postrojenjima, kapitalni troškovi su nesumnjivo veći u drugom slučaju. No postojeće termoelektrane mogu zatražiti dodatno ulaganje u izgradnju dimnjaka za odsumporavanje. Štoviše, mnoge od postojećih termoelektrana imaju visoke troškove proizvodnje upravo zbog svoje starosti i strukture. Mjere zaštite okoliša još će dodatno povećati ove troškove. K tome, cijene ugljena koje je plaćala britanska elektroprivreda su u prošlosti bile umjetno visoke.

Svi budući, novi projekti odnose se na kombinirane plinske termoelektrane zahvaljujući promjenama u cijenama plina u odnosu na cijene ugljena (tablica 6).

Tablica 6. Novi projekti za elektrane objavljeni u listopadu 1990.

Lokacija	Snaga/tip elektrane	Poduzeće
Killingholme	900 MW CCGT	National Power
Rye House	680 MW CCGT	National Power
Killingholme	1000 MW CCGT	PowerGen
Little Barford	680 MW CCGT	PowerGen
Roosecote	220 MW CCGT	ABB
Wilton	1750 MW CCGT	Enron

Izvor: Power in Europe (1990)

6.2. Ulaz na tržište

Problem ulaska na tržište električne energije — ponuda i prodaja krajnjim potrošačima, ovisi o konkurenciji. U vrijeme uvođenja konkurencije National Power i PowerGen su postigli visoku stopu glede opskrbe električnom energijom, uglavnom industrije.

U kratkom razdoblju funkcioniranja ovoga reformiranog sustava evidentiran je znatan broj novih pristupa tržištu kako u djelatnosti proizvodnje, tako i u isporuci električne energije. To odstupa od razočaravajućih rezultata pokušaja liberalizacije proizvodnje 1983. godine donošenjem Zakona o energetici. Djelomični je odgovor na tu konstataciju u tome što se, zahvaljujući tehnološkom napretku, faktoru promjene cijena i politici zaštite okoliša pokazalo da su kombinirane plinske termoelektrane (CCGT) postale prihvatljive za investiranje postojećih i novih članova.

7. REGULACIJA CIJENA

7.1. Troškovi prijenosa

Analiza regulacije cijena obično pretpostavlja da poduzeće maksimira profit u skladu sa zakonskim mogućnostima. U slučaju NGC-a treba razlikovati djelatnost NGC-a od profita koji pripada vlasnicima NGC-a[2].

Tarifna struktura za NGC kombinacija je više elemenata (tablica 7). Glavna razlika je u troškovima pristupa mreži i u troškovima korištenja mreže. Troškovi pristupa mreži trebali bi pokriti troškove nastale pri osiguravanju pristupa mreži (uglavnom trošak kapitala), gdje se proizvođači priključuju na režu mrežu i, također, troškove izlaza iz mreže, gdje regionalna elektroprivreda poduzeća preuzimaju energiju iz mreže. Troškovi korištenja mreže uključuju: trošak kapaciteta kod isporučioca električne energije zbog postojanja izgrađenog sustava mreže (taj trošak se razlikuje po pojedinim zonama odnosno regijama); trošak proizvođača temeljen na snazi (po KW) i energiji (po KWh),

Tablica 7. Inicijalna tarifna struktura za NGC

	Britanska funta (L)
a) Troškovi pristupa mreži	
prosječna godišnja ulazna dozvola	1,25 / KW
prosječna godišnja izlazna dozvola	4,00 / KW
b) Troškovi korištenja mreže	
predložena cijena za uslugu prijenosa	3,37 / KW
trošak kapaciteta kod isporučioca	5,96 do 8,50 / KW
trošak kapaciteta kod proizvođača — snaga	0,00 do 3,10 / KW
trošak kapaciteta kod proizvođača — energija	0,00025 / KWh

Izvor: Holmes (1990), od NGC

U tablici je prikazan način participacije proizvođača i velikih potrošača u troškovima prijenosne mreže.

7.2. Distribucija i isporuka

Značajna novost pri privatizaciji elektroprivrede jest razlikovanje distribucije i isporuke. Budući da je distribucija električne energije slična djelatnosti prijenosa utoliko što je i ona u neku ruku »prijenosna« aktivnost, stavovi o regu-

[2] NGC je preko holding-kompanije postalo podružnica u potpunom vlasništvu regionalnih elektroprivrednih poduzeća

laciji prijenosa mogu poslužiti kao podloga i u djelatnosti distribucije.

Cijene za isporučenu energiju malim potrošačima (niski napon) u sebi sadrže: trošak isporuke električne energije velikim potrošačima (bulk supply tariff), zatim porez na korišteno gorivo, troškove prijenosa i troškove distribucije. Te su cijene uvelike pod kontrolom regionalnih elektroprivrednih poduzeća.

Regionalna elektroprivredna poduzeća mogu proizvesti dio vlastite električne energije u iznosu 15% od svojih ukupnih potreba.

8. REGULACIJA ZAŠTITE OKOLIŠA

Regulacija zaštite okoliša odnosi se na pitanje mogućih ulaganja, osobito u nuklearnoj energiji, kao i na pitanje poreza na fosilna goriva i njegovu vezu s problemom emisije karbon-dioksida i efektom staklenika.

Sve veća važnost zaštite okoliša rezultira pitanjima kako će se novi režim (sustav) postaviti, u tom pogledu. Odgovori moraju pričekati da se utvrdi kako će eksperiment funkcionirati u praksi. U međuvremenu je nužno zaključiti da još mnogo toga treba napraviti kako bi se spoznala veza između regulacije tržišta energije i regulacije glede zaštite okoliša.

Napomena

Ova informacija koristi se dvama izvorima, jednim iz 1991. godine i drugim iz 1992. godine. Kako su promjene na tom području stalne, bila bi korisna mala nova informacija iz te domene.

The British Electricity Experiment (John Vickers and George Yarrow) Economic Policy: a European Forum, Vol. 6, no. 1 (April 1991)

Nada Jandrilović

Energija

Godište 42 (1993) Br. 4

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1072 UDK 621.039.5
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/4, 185 – 197

SIGURNOST NUKLEARNIH ELEKTRANA

Prof. dr. Danilo Feretić, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 3, Hrvatska

Pitanje sigurnosti nuklearnih elektrana izaziva kontinuiranu pozornost i laika i stručne javnosti. Razmotren je odnos rizika stanovništva od rada nuklearnih postrojenja i rizika iz drugih razloga, jer jedino takav pokazatelj može biti upotrijebljen za kvantifikaciju sigurnosti nuklearnog postrojenja.
Analizirane su zaštitne barijere i njihovo osiguranje u fazi projektiranja i pogona nuklearne elektrane. Upozoreno je na najbitnije elemente sigurnosnih zahvata koji pridonose zaštiti fizičkih barijera.
Razmotrena su i neka pitanja vezana za poboljšane izvedbe lakovodnih i teškovodnih reaktora.
(Lit. 35, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/185 – 197/1993

ENERGIJA 1074 UDK 621.316.99
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 42/1993/4, 203 – 208

AKTUALNO STANJE PROVEDBE UZEMLJENJA ZVJEZDIŠTA SREDNJONAPONSKIH MREŽA

Dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Dana je definicija »teških uvjeta uzemljenja« koji se pojavljuju pri provedbi uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža. Dani su mogući putovi za lakše ostvarenje te zadaće, a to su liberalizacija tehničkih propisa o opasnim naponima dodira i uvođenje kombiniranog sustava za uzemljenje zvjezdišta.
(Lit. 17, sl. 3 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/4/203 – 208/1993

ENERGIJA 1075 UDK 697.34:621.311.22
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/4, 199 – 201

POTENCIJAL KOGENERACIJE U HRVATSKOJ

Mr. Vladimir Potočnik, dipl. ing.

Elektroprojekt, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Zajednička proizvodnja električne i toplinske energije ili kogeneracija jedan je od ključnih elemenata racionalnoga gospodarenja energijom, jer u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u termoelektranama i toplinske energije u kotlovnicama daje znatno bolju energetsku učinkovitost, odnosno uštedu fosilnih goriva, čime se ujedno smanjuje zagađivanje okoliša.
Prednost kogeneracije na osnovi termomotora te plinskih i parnih turbina posebno dolazi do izražaja kod malih sustava u industriji i općem sektoru, zbog čega u novije vrijeme bilježe brzu ekspanziju u razvijenim državama. U Hrvatskoj postoje velike mogućnosti primjene kogeneracije. Danas je realni potencijal kogeneracije u Hrvatskoj iskorišten vrlo malo, i to uglavnom u velikim sustavima. Korištenje realnog potencijala kogeneracije omogućilo bi Hrvatskoj uštedu fosilnih goriva od otprilike 275 000 tona ekvivalenta nafte godišnje.
(Lit. 6, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/199 – 201/1993

ENERGIJA 1075 UDK 697.34:621.311.22

1. Potencijal kogeneracije u Hrvatskoj
I. Potočnik V.
II. Elektroprojekt, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Energetika
Kogeneracija
Proizvodnja električne energije
Proizvodnja topline

ENERGIJA 1074 UDK 621.316.99

1. Aktualno stanje provedbe uzemljenja zvjezdišta srednjonaponskih mreža
I. Žutobradić S.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Srednjonaponske mreže
Uzemljenje zvjezdišta

ENERGIJA 1072 UDK 621.039.5

1. Sigurnost nuklearnih elektrana
I. Feretić D.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 3, Hrvatska

Nuklearna elektrana
Sigurnost
Ekologija

Energija

Godište 42 (1993) Br. 4

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1073

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/4, 209 – 213

PRORAČUN POUZDANOSTI PROIZVODNO-PRIJENOSNOG SUSTAVA TABLIČNO-LOGIČKOM METODOM

Mr. Srete Nikolovski, dipl. ing. — Ivan Mravak, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Hrvatska
HEP, DP »Elektra« Vinkovci, Vukovar, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazana je tablično-logička metoda za proračun pokazatelja pouzdanosti proizvodno-prijenosnog sustava manje složenosti. Elektrane se modeliraju pomoću tablica raspoloživosti snaga generatora u njima. Generatori se mogu modelirati s dva ili tri stanja, a potrošači se predstavljaju s uređenim godišnjim dijagramom potrošnje. Prijenosni vodovi se predstavljaju zajedno sa vodnim poljima i komponentama na njima. Prikazana metoda je pogodna za analizu pouzdanosti industrijskih i gradskih TE-TO, te je za takav slučaj provjerena na konkretnom primjeru.

(Lit. 11, sl. 8 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/209 – 213/1993

ENERGIJA 1071

UDK 577.4:621.039.5
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/4, 175 – 184

PROCJENA EKOLOŠKIH POSLJEDICA I RIZIKA OD PRIJEVREMENOG ZATVARANJA NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO

Mr. Dejan Škanata, dipl. ing. — dr. Dubravko Pevec, dipl. ing.

Javno poduzeće za zbrinjavanje RAO, 41000 Zagreb, Savska 41, Hrvatska
Elektrotehnički fakultet, Zavod za fiziku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Hrvatska

Definirani su osnovni preduvjeti dekomisije nuklearne elektrane, opisani su danas primjenljivi dekomisijski scenariji, te pretpostavljene osnovne strateške smjernice eventualne dekomisije NE Krško. Analizirani su radiološki i toplinski utjecaji na zdravlje ljudi i okoliš što ih je prouzročila NE Krško u dosadašnjem pogonu. Procijenjeni su radiološki i toplinski utjecaji što bi ih NE Krško generirala tijekom svoga daljnjega redovitog pogona, kao i u slučaju mogućih nezgoda. Isti pristup primijenjen je i u analizi utjecaja dekomisije na zdravlje ljudi i okoliš. Prezentirana je ocjena utjecaja nadomjesnih (termoenergetskih) izvora energije na zdravlje ljudi i okoliš. U kvantitativnom dijelu analize pokazano je da bi odgođeni SAFESTOR dekomisijski scenarij s aspekta zaštite zdravlja ljudi i zaštite okoliša bio najprimjereniji za eventualnu dekomisiju NE Krško. Rizici zatvaranja NE Krško podrazumijevaju kombinaciju rizika što se javljaju pri dekomisiji nuklearne elektrane i pogona zamjenskog termoenergetskog objekta. S aspekta rizika pokazuje se da je prijevremeno zatvaranje NE Krško uz nadomjestak proizvodnje energije klasičnim elektranama neopravdano nepovoljnije u odnosu prema nastavku pogona NE Krško.

(Lit. 30 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/175 – 184/1993

ENERGIJA 1076

UDK 621.311.1:621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/4, 171 – 174

JAVNO PODUZEĆE ZA PRIJENOS I VOĐENJE — POGLED U BUDUĆNOST

Dr. Zorko Cvetković, dipl. ing.

HK CIGRE, 41000 Zagreb, Berislavićeva 6, Hrvatska

Predviđa se da će restrukturiranje i privatizacija elektroprivrede u Hrvatskoj biti završeno do 2.000 god. Daju se osnovni parametri budućeg javnog poduzeća za prijenos električne energije. Procijenjeni su godišnji troškovi tog poduzeća.

(Lit. 7, sl. 1 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/171 – 174/1993

ENERGIJA 1076 UDK 621.311.1:621.316.1

1. Javno poduzeće za prijenos i vođenje — pogled u budućnost
I. Cvetković Z.
II. HK CIGRE, 41000 Zagreb, Berislavićeva 6, Hrvatska

Restrukturiranje
Privatizacija
Prijenos
Vođenje
Organizacija
Trošak prijenosa i gubici prijenosa

ENERGIJA 1071 UDK 577.4:621.039.5

1. Procjena ekoloških posljedica i rizika od prijevremenog zatvaranja nuklearne elektrane Krško
I. Škanata D. — Pevec D.
II. Javno poduzeće za zbrinjavanje RAO, 41000 Zagreb, Savska 41, Hrvatska
Elektrotehnički fakultet, Zavod za fiziku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Hrvatska

Dekomisija
Radiološki utjecaj
Toplinski utjecaj
Nezgoda
Zaštita zdravlja ljudi
Zaštita okoliša
Rizik

ENERGIJA 1073 UDK 621.316.1

1. Proračun pouzdanosti proizvodno-prijenosnog sustava tablično-logičkom metodom
I. Nikolovski S. — Mravak I.
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Hrvatska
HEP, DP »Elektra« Vinkovci, Vukovar, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Pouzdanost
Pokazatelj pouzdanosti
Proizvodno-prijenosni sustav

Energija

Volume 42 (1993) № 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1072 UDK 621.039.5
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/4, 185 – 197

NUCLEAR POWER PLANT SECURITY

Danilo Feretić, Prof. Ph. D.

Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 3, Croatia

The question of nuclear power plant security causes continuous attention of both professional and non-professional public. The relation between a population risk because of nuclear plant operation and because of other reasons is considered, because only such a parameter could be used for the nuclear power plant security quantification.
Protection barriers and their insurance in the phase of design and nuclear plant operation are analysed. Special attention is drawn to the most important elements of security measures that help the protection of physical barriers.
Some questions related to improvements of pressurized-water and heavy-water reactor construction are also considered.
(No. of References: 35, Fig. 2 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/185 – 197/1993

ENERGIJA 1074 UDK 621.316.99
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 42/1993/4, 203 – 208

CURRENT STATE OF NEUTRAL POINT GROUNDING REALIZATION OF MEDIUM VOLTAGE NETWORKS

Srđan Žutobradić, Ph. D.

Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The definition is given of »difficult grounding conditions«, that appear by realization of neutral point grounding of a 10(20) kV network. Possible manners of making that task easier are also given: the liberalisation of technical regulation considering dangerous touch voltage and applicatian of combined system for neutral point grounding.
(No. of References 17, Fig. 3 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/203 – 208/1993

ENERGIJA 1075 UDK 697.34:621.311.22
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/4, 199 – 201

COGENERATION POTENTIAL IN CROATIA

Vladimir Potočnik, M. Sc.

Elektroprojekt, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Combined production of electrical and thermal energy or cogeneration is one of the key elements of rational energy management, because related to separate production of electric energy in thermo power plants and thermal energy in boilers, it gives much better energy efficiency, that is savings of fossil fuels, whereby environmental pollution is diminished as well.
The advantage of cogeneration based on thermal motors, gas and steam turbines, comes particularly to expression by little industry systems and in the public sector, and because of it there is a fast expansion of cogeneration in developed countries recently. In Croatia there is a large possibility of cogeneration application. Today the cogeneration potential of Croatia is poorly used, mainly in large systems. The use of realistic cogeneration potential would enable Croatia to save fossil fuels at the level of 275 000 tons of equivalent oil yearly.
(No. of References 6, Fig. 2 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/199 – 201/1993

ENERGIJA 1075 UDK 697.34:621.311.22

1. Cogeneration Potential in Croatia
I. Potočnik V.
II. Elektroprojekt, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Energetics
Cogeneration
Electric Energy Production
Heat Production

ENERGIJA 1066 UDK 621.316.99

1. Current State of Neutral Point Grounding Realization of Medium Voltage Networks
I. Žutobradić S.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Medium-Voltage Network
Neutral Point Grounding

ENERGIJA 1072 UDK 621.039.5

1. Nuclear Power Plant Security
I. Feretić D.
II. Elektrotehnički fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Unska 3, Croatia

Nuclear Power Plant
Security
Ecology

Energija

Volume 42 (1993) № 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1073

UDK 621.316.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/4, 209–213

RELIABILITY CALCULATION OF PRODUCTION-TRANSMISSION SYSTEM USING TABLED — LOGICAL METHOD

Srete Nikolovski, M. Sc. — Ivan Mravak, B. Sc

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Croatia
HEP, DP »Elektra« Vinkovci, Vukovar, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Tabled-logical method for the calculation of lower complexity production — transmission system reliability parameters is presented. Power plants are modeled using tables of generator power reliability. Generators can be modeled by two or three states, and the consumers are presented by arranged yearly load diagram. Transmission lines are presented together with line bays of substations and their components. The method presented is suitable for reliability analysis of industrial and public heating plants and it has been checked in a real situation.

(No. of References 11, Fig. 8 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/209–213/1993

ENERGIJA 1071

UDK 577.4:621.039.5
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/4, 175–184

EVALUATION OF ECOLOGICAL RESULTS AND RISK FROM EARLIER SHUT-DOWN OF NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO

Dejan Škanata, M. Sc. — Dubravko Pevec, Ph. D.

Javno poduzeće za zbrinjavanje RAO, 41000 Zagreb, Savska 41, Croatia
Elektrotehnički fakultet, Zavod za fiziku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Croatia

Basic assumptions of nuclear plant decomission are defined, described are current decomission scenarios and assumed are basic strategic guidelines of eventual decomission of NPP Krško. Analysed are the radiological and thermal influences on the people's health and the environment that are caused by NPP Krško operation until now. Assumed are radiological and thermal influences, that NPP Krško would generate during its future regular operation as well as in the case of a possible accident. The same approach is applied to the analysis of decomission influence on people's health and environment. The judgment of influence of substitute (thermal) sources on people's health and environment is also presented. The quantitative part of the analysis shows that postponed SAFESTOR decomission scenario from the aspects of people's health protection and environmental protection would be the most suitable for the eventual NPP Krško decomission. The risks of NPP Krško shut-down include the combination of risks that appear by nuclear plant decomission and substitute thermal plant operation. From the risk aspect it is shown that the earlier shut-down of NPP Krško together with the substitute production from classical plants is unjustifiedly unfavourable related to continuation of NPP Krško operation.

(No. of References 30 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/175–184/1993

ENERGIJA 1076

UDK 621.311.1:621.316.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/4, 171–174

PUBLIC GRID AND CONTROL COMPANY — A VIEW OF A FUTURE

Zorko Cvetković, Ph. D.

HK CIGRE, 41000 Zagreb, Berislavićeva 6, Croatia

It is envisaged that restructuring and privatization of the electricity supply company in Croatia will be finished by the year 2000. Basic information about the future Public Grid Company are given. Yearly costs of that company are also estimated.

(No. of References 7, Fig. 1 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 42/4/171–174/1993

ENERGIJA 1076 UDK 621.311.1.621.316.1

1. Public Grid and Control Company — A view of a future
I. Cvetković Z.
II. HK CIGRE, 41000 Zagreb, Berislavićeva 6, Croatia

Restructuring
Privatization
Transmission
Control
Organization
Transmission Costs and Transmission Losses

ENERGIJA 1071 UDK 577.4:621.039.5

1. Evaluation of Ecological Results and Risk from Earlier Shut-Down of Nuclear Power Plant Krško
I. Škanata D. — Pevec D.
II. Javno poduzeće za zbrinjavanje RAO, 41000 Zagreb, Savska 41, Croatia Elektrotehnički fakultet, Zavod za fiziku, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 39, Croatia

Decomission
Radiological Influence
Thermal Influence
Accident
People Health Protection
Evironmental Protection
Risk

ENERGIJA 1073 UDK 621.316.1

1. Reliability Calculation of Production-Transmission System Using Tabled — Logical Method
I. Nikolovski S. — Mravak I.
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Croatia HEP, DP »Elektra« Vinkovci, Vukovar, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Reliability
Reliability Parameters
Production-Transmission System

UDK 621.31 ENJAAC 42 (5) — (1993) 229 – 330 ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 42 (1993) Zagreb 1993 Br. 5

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

Redakcija završena 1993 — 09 — 10

SADRŽAJ

Fotografija na omotnoj strani A. FAGARAZZI

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, Avenija Vukovar 37
Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328, telefax: 041/530-604
Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 40 DEM, a za poduzeća i ustanove 80 DEM (za studente 20 DEM). Cijena pojedinog broja u prodaji 8 DEM.
Pretplata je iskazana u DEM, a uplaćuje se u dinarskoj protuvrijednosti na dan uplate.
Za inozemstvo $ 95 godišnje.
Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565
Tisak i klišeji — Print: TIZ 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 A—4 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 članaka 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, originaljnaja 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 saopštenje, 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, profesional paper, profesionaljnaja 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.

Četrdeset godina zajedno

U povodu četrdesete obljetnice osnutka **Instituta za elektroprivredu i energetiku,** te njegova plodonosnog znanstveno-istraživačkog rada u ime Hrvatske elektroprivrede i u svoje osobno ime upućujem najsrdačnije čestitke.
Održanje i razvoj cjelokupnih potencijala ove institucije tijekom dugog niza godina opravdao je zadaću i ciljeve njezina utemeljenja i djelovanja, ne samo u elektroenergetskome, već šire — u ukupnome energetskom sektoru i gospodarstvu Republike Hrvatske.
O iznimnom značenju **Instituta** za hrvatsku elektroprivredu govore mnoga izdanja vrijednih energetsko-ekonomskih studija i stručnih elaborata na temelju kojih su se utvrđivale i donosile strateške odluke glede razvoja hrvatskoga elektroenergetskog sustava.
Studija »Mogući scenariji razvoja hrvatske elektroprivrede« završena je u vrijeme domovinskog rata, što samo za sebe govori o bezrezervnom pregalaštvu i iskazanom domoljublju širokog kruga angažiranih znanstvenika **Instituta**, a oni koji su se susretali s ovim projektom morat će se bezuvjetno složiti s najvišom ocjenom razine ugrađenoga znanstveno-istraživačkog standarda.
Problemi razvoja i iskorištavanja, ekologije, gospodarske valorizacije, racionalizacije izgradnje i optimalnog dimenzioniranja elektroenergetskog sustava zasigurno su *vječne teme* istraživačkih projekata na kojima **Institut** ne može i ne smije prestati raditi, koristeći se pritom svjetskim iskustvima i standardom obrade.
U sadašnjim nepovoljnim gospodarskim okolnostima u kakvima se nalazi naša Hrvatska, koju čeka obnova i izgradnja ratom uništenoga i razrušenog, jedini je izlaz poticanje svekolikog razvoja, posebice u području energetike.
Velika je odgovornost svih nas energetičara pred budućim naraštajima za energetsku budućnost jedine nam domovine.

Naš zajednički cilj — stjecanje energetske neovisnosti Hrvatske, obvezatni smo promicati doslovce na svakom koraku, te ujedno poticati pronalaženje najkvalitetnijih razvojnih rješenja za tako iznimno važnu infrastrukturnu gospodarsku granu kao što je to elektroprivreda.
Dio te zajedničke zadaće **Institut** može i treba kontinuirano rješavati jer je za to kadrovski i materijalno osposobljen.
Institut za elektroprivredu i energetiku od svog utemeljenja rastao je i razvijao se sukladno razvoju i potrebama elektroprivrede, brinući o odgoju mladih stručnjaka, primjeni aktualnih strukovnih promišljanja i znanstvenih metoda rješavanja energetskih problema.
Želeći **Institutu** i u budućem radu i nastojanjima mnogo uspjeha, srdačne čestitke u povodu četrdesetdruge obljetnice izlaženja upućujem i redakciji vašega i našega znanstveno-stručnog časopisa »Energija«.

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA
Generalni direktor
Damir Begović, dipl. ing.

40 godina Instituta za elektroprivredu i energetiku

Ova publikacija priređena je u povodu 40-godišnjice znanstvenoistraživačkog i stručnog rada **Instituta za elektroprivredu i energetiku d.d.** Tako dugo razdoblje djelovanja nalaže potrebu sumiranja i prezentiranja rezultata rada. Uzimajući u obzir postojeću gospodarsku situaciju, odlučili smo da u ovom broju »Energije« objavimo članke iz pojedinih područja koji će predočiti sadašnje aktivnosti, a popisom u prilogu želimo podsjetiti naše čitatelje na najznačajnije naslove studija i elaborata tijekom proteklih 40 godina. Uvjereni smo da ćemo na taj način dati uvid u djelovanje **Instituta** u proteklom razdoblju.

Institut je osnovan u svibnju 1953. godine, a razvijao se i rastao usporedo s razvojem gospodarstva, odnosno razvojem elektroprivrede. Napravljen je kvalitetan napredak tako da su u radnim timovima, često na istim zadacima, angažirani znanstveni radnici s visokim teorijskim znanjem i stručnjaci s bogatim iskustvom i poznavanjem problematike planiranja, izgradnje te razvoja i vođenja energetskih objekata. Oprema kojom raspolažemo suvremena je, pa nam omogućuje brzu i kvalitetnu obradu pojedinih znanstvenih problema i ispitivanja elektroenergetskih objekata, pa se s pravom može reći da smo vodeća institucija u Republici Hrvatskoj za znanstveno istraživanje energetskog i elektroenergetskog razvoja i rješavanje stručnih problema u elektroenergetskom sustavu.

Za postignut stupanj razvoja zaslužni su svi oni radnici **Instituta** koji su u proteklih 40 godina svojim predanim radom pridonijeli znanstvenoj i stručnoj afirmaciji — vlastitoj i **Institutovoj.** Svima koji su tako radili, a takvih je mnogo, i ovom prilikom izražavamo duboku zahvalnost, a isto tako i našim poslovnim partnerima koji su angažiranjem **Instituta** na velikom broju znanstveno-razvojnih zadataka omogućili stručno usavršavanje.

U današnjoj situaciji, kada je Republika Hrvatska međunarodno priznata država, i kada smo u privređivanju suočeni sa znatnim ekonomskim problemima, izlaz se ne može naći u stagnaciji ili zaustavljanju razvoja, nego samo u kvalitetnijem i djelotvornijem radu i razvoju. To posebno vrijedi za područje energetike, gdje se, prema svjetskim iskustvima i našim spoznajama, moraju trajno ulagati znatna financijska sredstva. Tržišno ponašanje (slobodno i otvoreno) u gospodarstvu, pa tako i u energetici, postavlja pred Vladu Republike Hrvatske vrlo odgovornu i tešku zadaću da osigura dovoljne količine čiste i što jeftinije energije, pa je logično očekivati da će se prije donošenja odluke tražiti znanstveno i stručno mišljenje, kao i mišljenje javnosti.

Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. sa svojim kadrovskim potencijalom, iskustvom i materijalnom osnovom kojom raspolaže može i treba dati znanstveno i stručno mišljenje o svim pitanjima iz područja energetike.

Stalan stručno-znanstveni napredak u proteklih 40 godina postojanja **Instituta** samo potvrđuje da jesmo i da ćemo ostati vodeća institucija u području energetike, a stručnjaci **Instituta,** koji su stekli afirmaciju i izvan granica naše domovine, spremni su riješiti sve stručne probleme postavljene razvojem energetike u gospodarstvu Republike Hrvatske.

Direktor
Đuro Stanković, dipl. ing.

ENERGIJA U HRVATSKOJ 1988 – 1992.

Mr. Branko Vuk — mr. Damir Pešut — Franjo Klečina, Zagreb

UDK 620.92:621.31
STRUČNI ČLANAK

Analiza kretanja u hrvatskom energetskom sustavu tijekom proteklih pet godina polazi od proizvodnje primarne energije na području Republike Hrvatske. Ta proizvodnja nije dovoljna za zadovoljenje ukupnih energetskih potreba, pa se nedostatne količine energije osiguravaju iz uvoza, pri čemu se govori o ukupnoj potrošnji energije. Ukupno utrošena energija dovoljna je količinski, ali ne i strukturom za opskrbu neposrednih potrošača zbog čega sektor energetike provodi energetske transformacije. Energetske transformacije analizirane su po ulaznoj energiji, po proizvedenoj energiji i po postrojenjima. Ako se od ukupno utrošene energije oduzmu gubici energetskih transformacija, energija za pogon svih energetskih postrojenja, neenergetska potrošnja energije i gubici transporta i distribucije energije, dolazi se do neposredne potrošnje energije koja se opet prati kroz tri sektora potrošnje — industriju, promet i opću potrošnju. Takav tijek energije podrobno je analiziran na svim razinama kako po strukturi oblika energije, tako i po strukturi korisnika.

Ključne riječi: **energija, proizvodnja primarne energije, ukupna potrošnja energije, energetske transformacije, gubici energetskih transformacija, energija u industriji, energija u prometu, energija u općoj potrošnji**

Potrošnja energije u Hrvatskoj u nekoliko zadnjih godina je u opadanju. Tako je ukupno utrošena energija u 1992. godini za oko 10 % manja u odnosu prema ostvarenju u 1991. godini, odnosno za 26 % je manja u odnosu prema 1990. godini. Da bi se dobio uvid u svekolika kretanja u hrvatskom energetskom sustavu, analizirat će se proteklo petogodišnje razdoblje.

1. PROIZVODNJA PRIMARNE ENERGIJE

Od primarnih oblika energije u Hrvatskoj se proizvodi ugljen, ogrjevno drvo, sirova nafta, prirodni plin i iskorištavaju se vodne snage. Kretanje proizvodnje pojedinih oblika energije prikazuje se tablicom 1. Može se uočiti da proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj tijekom 5 promatranih godina kontinuirano opada. Smanjivala se proizvodnja svih primarnih oblika energije, pri čemu je iskorištavanje vodnih snaga određeno s izgrađenim hidroelektranama, i s vlažnošću u pojedinim godinama pa tu dolazi do većih varijacija. U odnosu prema 1988. godini, kada je ostvarena maksimalna proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj, proizvodnja u 1992. manja je za 27,6 %. Pri tome je proizvodnja ugljena manja za 45,8 %, ogrjevnog drva za 42,4 %, sirove nafte za 37,0 % i prirodnog plina za 14,2 %.

U strukturi proizvedene primarne energije s najvećim udjelom sudjeluje sirova nafta i taj se udio kretao na razini otprilike 45 %, da bi se u zadnje dvije godine smanjio na iznos nešto manji od 40 %. Zatim slijedi prirodni plin s porastom udjela na više od 30 % u 1992. godini. Udio vodnih snaga mijenja se u rasponu 15 – 24 %, a udjeli ogrjevnog drva i ugljena se smanjuju, pri čemu je udio proizvedenog ugljena postigao vrlo nisku vrijednost od tek 1,5 %.

Tablica 1. Proizvodnja primarne energije
Table 1. Primary Energy Production

	1988.		*1989.*		*1990.*		*1991.*		*1992.*	
	PJ	*%*	*PJ*	*%*	*PJ*	*%*	*PJ*	*%*	*PJ*	*%*
Ugljen *Coal*	5.57	2.0	4.58	1.7	4.21	1.7	3.81	1.6	3.02	1.5
Ogrjevno drvo *Fuel Wood*	23.59	8.4	23.11	8.5	22.68	9.0	15.64	6.8	13.58	6.6
Sirova nafta *Crude Oil*	127.43	45.1	121.58	44.9	112.89	44.7	91.16	39.5	80.24	39.3
Prirodni plin *Natural Gas*	74.77	26.5	79.38	29.3	74.27	29.4	65.25	28.3	64.15	31.4
Vodne snage *Hydro Power*	50.94	18.0	42.12	15.6	38.55	15.3	55.07	23.8	43.34	21.2
UKUPNO ***TOTAL***	**282.30**	**100.0**	**270.77**	**100.0**	**252.60**	**100.0**	**230.93**	**100.0**	**204.33**	**100.0**

2. UKUPNA POTROŠNJA ENERGIJE

Proizvedena primarna energija nije dovoljna za opskrbu potrošača energijom, pa se određene količine energije moraju osigurati iz uvoza, odnosno u određenim slučajevima pojavljuju se viškovi nekih oblika energije koji se izvoze. Ako se na proizvedenu primarnu energiju pribroji uvoz, a oduzme izvoz svih primarnih i svih transformiranih oblika energije, dolazi se do ukupno potrebne energije kojom se zadovoljavaju sve potrebe potrošača u hrvatskom energetskom sustavu. Struktura ukupno utrošene energije u Hrvatskoj prikazuje se tablicom 2.

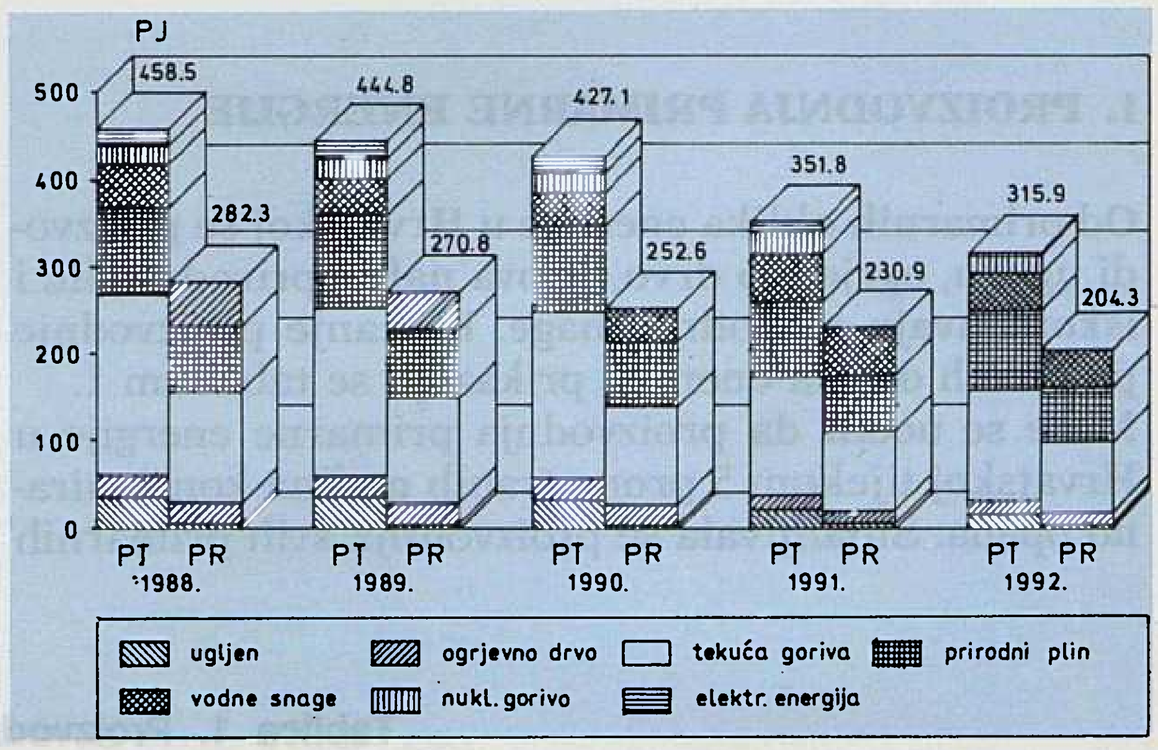
Tablica 2. Ukupna potrošnja energije
Table 2. Total Primary Energy Supply

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Ugljen *Coal*	36.86	8.0	36.13	8.1	34.07	8.0	22.03	6.3	17.80	5.6
Ogrjevno drvo *Fuel Wood*	23.59	5.1	23.11	5.2	22.68	5.3	15.64	4.4	13.58	4.3
Tekuća goriva *Liquid Fuels*	206.80	45.1	193.82	43.6	192.60	45.1	135.40	38.5	127.29	40.3
Prirodni plin *Natural Gas*	100.52	21.9	105.90	23.8	98.22	23.0	87.80	25.0	90.53	28.7
Vodne snage *Hydro Power*	50.94	11.1	42.12	9.5	38.55	9.0	55.07	15.7	43.34	13.7
Nuklearno gorivo *Nuclear Power*	21.07	4.6	23.88	5.4	23.49	5.5	25.23	7.2	20.13	6.4
Električna energija *Electricity*	18.76	4.1	19.82	4.5	17.53	4.1	10.61	3.0	3.27	1.0
UKUPNO ***TOTAL***	**458.54**	**100.0**	**444.78**	**100.0**	**427.14**	**100.0**	**351.78**	**100.0**	**315.94**	**100.0**

Ukupno utrošena energija u Hrvatskoj, jednako kao i proizvedena primarna energija, također se u promatranom razdoblju smanjivala. Maksimalna potrošnja ostvarena je u 1988. godini, a u 1992. ona je manja za otprilike 31 %. Može se reći da se smanjivala potrošnja svih oblika energije, a razlike su u brzini smanjenja. Tako je potrošnja ugljena opadala prosječno s – 16,6 %, ogrjevnog drva s – 12,9 %, tekućih goriva s – 11,4 % i prirodnog plina s – 2,6 % godišnje. Zbog kudikamo najumjerenijeg pada potrošnje prirodnog plina njegov udio je postupno bio u porastu i u 1992. godini iznosio je 28,7 %.

Inače, s najvećim udjelom u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj sudjeluju tekuća goriva i taj se udio na početku promatranog razdoblja kretao na razini od 45 %, da bi u 1992. godini postigao vrijednost približno 40 %. Udio utrošenog ogrjevnog drva smanjio se za otprilike 1 %, a udio ugljena od 8 % na 5,6 %. Udio energije iskorištenih vodnih snaga varira u intervalu od 9 % do 15,7 %, ovisno o vlažnosti u pojedinim godinama, a jednako tako je i energija nuklearnog goriva određena na temelju proizvodnje u NE Krško, također varirala u rasponu od 4,6 % do 7,2 %. Električna energija koja se pojavljuje u tablici 2. samo je ona električna energija koja je na područje Republike Hrvatske uvezena iz drugih država i ona je izrazito smanjena u 1992. godini, tako da joj je udio iznosio tek 1 % od ukupnih energetskih potreba.

Razlika ukupno utrošene energije iz tablice 2. i ukupne proizvodnje primarne energije iz tablice 1. osigurava se iz uvoza ili, preciznije rečeno, predstavlja saldo uvoza i izvoza energije, odnosno odnos tih dviju veličina predstavlja vlastitu opskrbljenost energijom Hrvatske. Struktura proizvodnje primarne energije i struktura ukupno utrošene energije prikazuje se i na slici 1, koja ponajbolje ukazuje na razinu vlastite opskrbljenosti energijom. U 1988. godini Hrvatska je vlastitom proizvodnjom osiguravala 61,6 % od ukupnih potreba, a u sljedećim godinama taj se udio umjereno smanjivao, da bi u zadnje dvije godine, zbog umjerenijeg pada proizvodnje u odnosu prema ukupnoj potrošnji energije, porastao na 65 %.



Slika 1. Ukupna potrošnja (PT) i proizvodnja (PR) energije

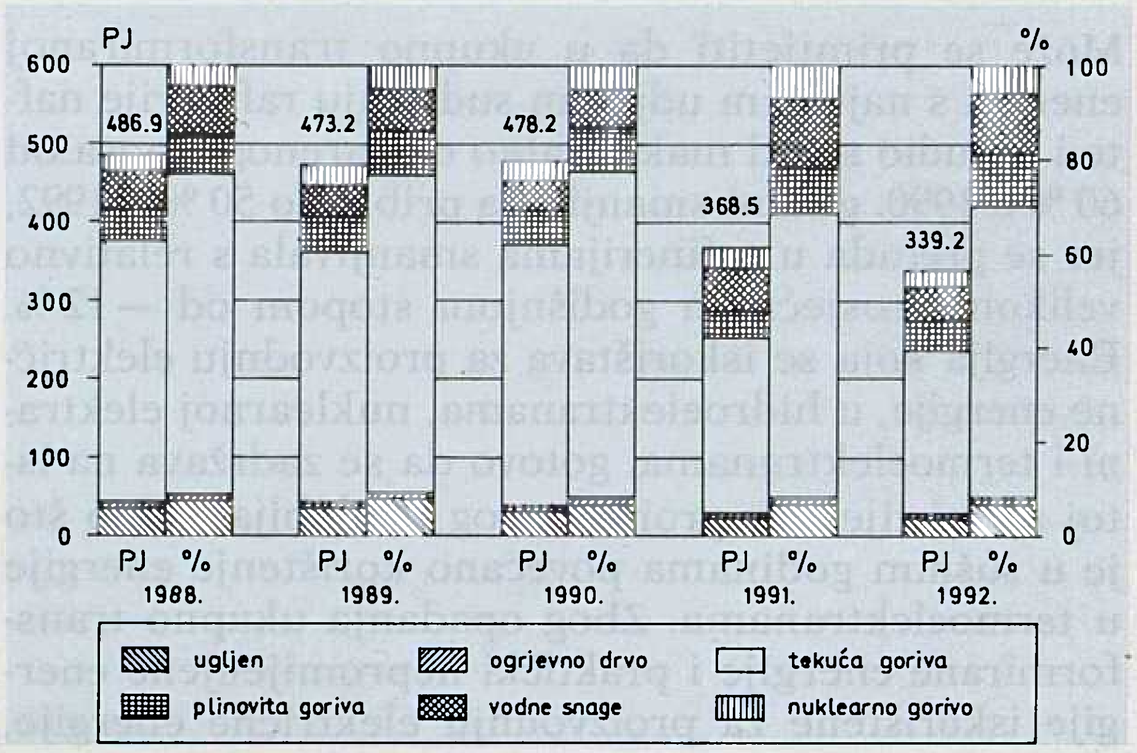
Na isti način može se promatrati i vlastita opskrbljenost pojedinim oblicima energije. Potrebne količine ogrjevnog drva i energija iskorištenih vodnih snaga u ukupnom iznosu osiguravaju se proizvodnjom na području Hrvatske. Vlastita opskrbljenost prirodnim plinom kretala se na razini 75 %, uz pad na 70 % u 1992. godini, a udio proizvedene sirove nafte u ukupnim potrebama kretao se u rasponu od 59 % do 67 %, pri čemu je u zadnjim godinama postizao više vrijednosti zbog bržeg opadanja potrošnje u odnosu prema proizvodnji. Nuklearno gorivo se u stopostotnom iznosu osigurava iz uvoza.

3. ENERGIJA ZA ENERGETSKE TRANSFORMACIJE

Energijom prikazanom u tablici 2. zadovoljavaju se ukupne energetske potrebe na području Republike Hrvatske. Te količine su dovoljne iznosom, ali neodgovarajuće strukturom, pa se zbog toga provode energetske transformacije kako bi se potrošači energije u potpunosti mogli zadovoljiti. U procesu energetskih transformacija iz ulazne energije u proces proizvode se tzv. transformirani oblici energije, a u ovoj točki analizirat će se energija koja se u Hrvatskoj iskorištava za proizvodnju transformirane energije.

Transformacija se ponajprije provodi na primarnim oblicima energije, ali isto tako se i neki transformirani oblici energije ponovno transformiraju u druge transformirane oblike. U hrvatskom energetskom sustavu postrojenja za energetske transformacije su termoelektrane, nuklearna elektrana, hidroelektrane, toplane, kotlovnice, rafinerije nafte, degazolinaža, koksara, gradske plinare i visoke peći. Slikom 2. prikazuje se struktura svih oblika energije koji se u nabrojenim postrojenjima pretvaraju u transformirane energetske oblike.

S najvećim udjelom u energiji za energetske transformacije sudjeluju tekuća goriva i taj udio kreće se u intervalu od 61 % do 70 %, a u tekuća goriva uvrštena je sirova nafta koja se prerađuje u rafinerijama, ali i loživa ulja koja se koriste u termoelektranama, toplanama i kotlovnicama. Ugljen koji se koristi u koksari za proizvodnju koksa, u termoelektrani Plomin i u industrijskim kotlovnicama sudjeluje sa 7 – 8 %, a plinovita goriva s daljih 8 – 11 %. Potrošnja prirodnog plina obuhvaća potrošnju u termoelektranama, toplanama, industrijskim kotlovnicama, gradskoj plinari u Zagrebu i u degazolinaži u Ivanić-Gradu. Vodne snage iskorištavaju se isključivo u hidroelektranama za proizvodnju električne energije, odnosno nuklearno gorivo u nuklearnoj elektrani Krško. Podaci koji su prikazani za ogrjevno drvo uglavnom su drvni otpaci koji se iskorištavaju za loženje pod kotlovima u industrijskim kotlovnicama.



Slika 2. Energija za energetske transformacije

Energija iskorištena za energetske transformacije također se u razdoblju od 5 promatranih godina smanjivala, tako da je najniža razina ostvarena upravo 1992. godine i ona je za približno 30 % manja u odnosu prema maksimumu iz 1988. godine. Pri tome se potrošnja ugljena smanjivala prosječno s – 11,5 %, drvnih otpadaka s – 8,1 %, tekućeg goriva s – 10,8 % i prirodnog plina tek s – 0,7 % godišnje, tako da se može reći da se potrošnja prirodnog plina u svrhu transformacije zadržala na približno istoj razini.

Struktura energije korištene za energetske transformacije može se promatrati i prema postrojenjima koja vrše transformaciju, pa se takav prikaz daje tablicom 3.

Tablica 3. Energija za energetske transformacije po postrojenjima

Table 3. Energy Transformation Inputs by Plants

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Hidroelektrane *Hydro Power Plants*	50.94	10.5	42.12	8.9	38.55	8.1	55.07	14.9	43.34	12.8
Nuklearna elektrana *Nuclear Power Plant*	21.07	4.3	23.88	5.0	23.49	4.9	25.23	6.8	20.13	5.9
Termoelektrane *Thermal Power Plants*	23.95	4.9	29.61	6.3	36.61	7.7	19.00	5.2	31.71	9.3
Javne toplane *Public Cogeneration Plants*	16.78	3.4	16.29	3.4	15.47	3.2	16.02	4.3	17.59	5.2
Indistrijske toplane *Industrial Cogeneration Plants*	30.32	6.2	29.88	6.3	28.36	5.9	21.36	5.8	18.29	5.4
Industrijske kotlovnice *Industrial Heating Plants*	17.44	3.6	15.15	3.2	13.89	2.9	13.74	3.7	11.33	3.3
Rafinerije *Petroleum Refineries*	286.29	58.8	273.87	57.9	287.89	60.2	189.88	51.5	171.80	50.6
Degazolinaža *NGL Plant*	8.57	1.8	8.81	1.9	9.31	1.9	8.60	2.3	8.39	2.5
Koksara *Coke-oven Plant*	28.80	5.9	30.83	6.5	21.89	4.6	17.88	4.9	15.54	4.6
Visoke peći *Blast furnaces*	1.36	0.3	1.49	0.3	1.51	0.3	0.51	0.1	0.00	0.0
Gradske plinare *Gasworks*	1.39	0.3	1.30	0.3	1.26	0.3	1.23	0.3	1.13	0.3
UKUPNO ***TOTAL***	**486.91**	**100.0**	**473.23**	**100.0**	**478.23**	**100.0**	**368.52**	**100.0**	**339.25**	**100.0**

Može se primijetiti da u ukupno transformiranoj energiji s najvećim udjelom sudjeluju rafinerije nafte i taj udio se od maksimalno ostvarenog iznosa od 60 % u 1990. godini smanjio na približno 50 % u 1992, jer se prerada u rafinerijama smanjivala s relativno velikom prosječnom godišnjom stopom od – 12 %. Energija koja se iskorištava za proizvodnju električne energije, u hidroelektranama, nuklearnoj elektrani i termoelektranama, gotovo da se zadržava na istoj razini tijekom promatranog razdoblja, samo što je u sušnim godinama povećano korištenje energije u termoelektranama. Zbog opadanja ukupno transformirane energije i praktički nepromijenjene energije iskorištene za proizvodnju električne energije, njezin udio je bio u porastu i od približno 20 % postigao je vrijednost 28 % u 1992. godini.

Osim u nabrojenim postrojenjima, električna energija se proizvodi i u javnim i industrijskim toplanama, ali u kombinaciji s parom i vrelom vodom. Energija iskorištena u javnim toplanama, TE-TO Zagreb, EL-TO Zagreb i TE-TO Osijek, ostvarila je porast uz prosječnu godišnju stopu od 1,2 %, i porast udjela od 3,4 % na 5,3 %, dok je energija iskorištena u industrijskim toplanama kontinuirano opadala prosječno s – 11,9 % godišnje. Kontinuirano opadanje događalo se i u korištenju energije u industrijskim kotlovnicama, postrojenjima koja proizvode paru i vrelu vodu u industriji, uz godišnju stopu – 10,2 %.

Od ostalih postrojenja za energetske transformacije sa znatnim udjelom sudjeluje još koksara, u kojoj se energija ugljena za koksiranje također smanjivala tako da je u 1992. godini iznosila tek oko 50 % od maksimalnog iznosa ostvarenog 1989. godine. Energija koja se transformira u degazolinaži zadržava se praktično na istoj razini s porastom udjela od 1,8 % na 2,5 %, dok su udjeli dvaju ostalih tipova postrojenja, visokih peći i gradskih plinara vrlo niski.

4. PROIZVODNJA TRANSFORMIRANIH OBLIKA ENERGIJE

Od energije za energetske transformacije, koja je analizirana u prethodnoj točki, proizvodi se transformirana energija, i to električna energija u svim tipovima elektrana i u toplanama, para i vrela voda u toplanama i kotlovnicama, tekuća goriva u rafinerijama i u degazolinaži, koks i koksni plin u koksari te gradski plin i visokopećni plin u gradskim plinarama odnosno u visokim pećima. Kretanje strukture proizvedenih transformiranih oblika energije u Hrvatskoj u promatranom petogodišnjem razdoblju prikazuje se tablicom 4.

Krutim gorivima obuhvaćen je koks proizveden u koksari u Bakru i naftni koks proizveden u rafinerijama, tekuća goriva obuhvaćaju sve derivate nafte proizvedene u rafinerijama, tj. ukapljeni plin, motorne benzine, petrolej i mlazno gorivo, plinska ulja, loživa ulja, primarni benzin, bitumen i ostale neenergetske derivate, kao i ukupnu proizvodnju u degazolinaži, a plinovita goriva obuhvaćaju rafinerijski plin, gradski plin, koksni plin i plin visokih peći. Proizvedena električna energija ukupna je proizvodnja u svim tipovima elektrana i u svim toplanama, dok para i vrela voda predstavlja ukupnu proizvodnju u toplanama i u kotlovnicama.

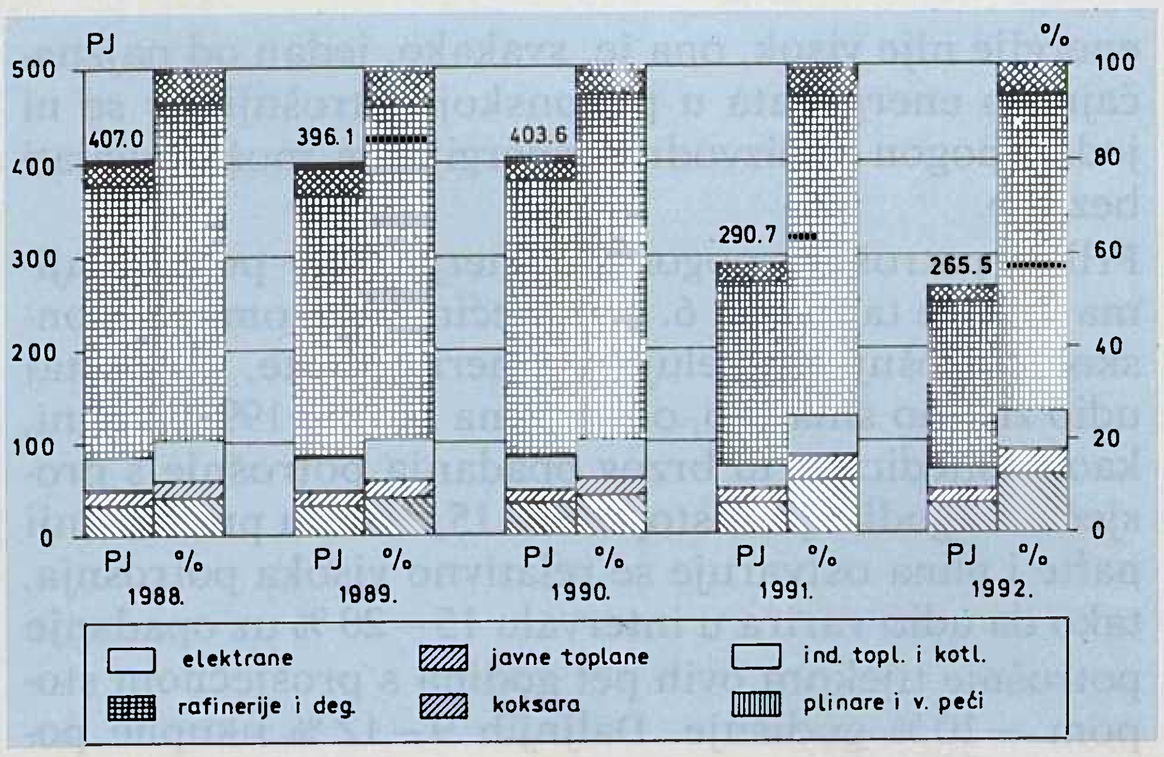
Tendencije u proizvodnji transformirane energije slične su onima iz analize energije za energetske transformacije. Tako se može primijetiti da je najviša razina proizvodnje ostvarena 1988. godine i da se do 1992. smanjivala s prosječnom godišnjom stopom – 10,1 %, odnosno proizvedena transformirana energija u 1992. godini za 34,8 % manja je u odnosu prema ostvarenju u 1988. godini.

U strukturi proizvodnje s kudikamo najvećim udjelom sudjeluju tekuća goriva i taj udio u pojedinim godinama varira od 64 % do 67 % uz opadanje proizvodnje s prosječnom godišnjom stopom – 10,7 %. Nakon tekućih goriva slijedi električna energija s gotovo konstantnom proizvodnjom na dostignutoj razini, ali zato s porastom udjela od 9,4 % na čak 14,6 % u 1992. godini, te para i vrela voda s gotovo nepromijenjenim udjelom od približno 11 – 12 % i smanjenjem proizvodnje prosječno s – 9,5 % godišnje. Proizvedena transformirana energija u obliku plinova manja je u 1992. godini za čak 61,5 % u odnosu prema postignutoj razini u 1988. godini, odnosno udio plinova smanjen je od 6,6 % na 3,9 %.

Na isti način kao što je učinjeno s energijom iskorištenom za energetske transformacije, i proizvedena transformirana energija također se može analizirati po postrojenjima koja je proizvode. Takva analiza

Tablica 4. Proizvodnja transformiranih oblika energije
Table 4. Energy Transformation Outputs

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Kruta goriva *Solid Fuels*	23.54	5.8	24.80	6.3	18.37	4.6	14.19	4.9	12.27	4.6
Tekuća goriva *Liquid Fuels*	272.22	66.9	263.91	66.6	275.40	68.2	186.98	64.3	173.29	65.3
Plinovita goriva *Gaseous Fuels*	26.94	6.6	24.82	6.3	26.08	6.5	15.37	5.3	10.37	3.9
Električna energija *Electricity*	38.36	9.4	37.21	9.4	39.18	9.7	38.77	13.3	38.78	14.6
Para i vrela voda *Steam and Hot Water*	45.91	11.3	45.38	11.5	44.55	11.0	35.41	12.2	30.78	11.6
UKUPNO *TOTAL*	**406.97**	**100.0**	**396.12**	**100.0**	**403.58**	**100.0**	**290.72**	**100.0**	**265.49**	**100.0**



Slika 3. Proizvodnja transformiranih oblika energije po postrojenjima

daje se slikom 3, koja slijedi u nastavku, pri čemu su radi veće preglednosti slike grupirana neka postrojenja.

Proizvodnja električne energije u hidroelektranama varira u ovisnosti o vlažnosti u pojedinim godinama, tako da je maksimalna proizvodnja ostvarena 1991. godine uz udio od 6,6 % u ukupno transformiranoj energiji, odnosno minimalna proizvodnja i minimalan udio ostvareni su 1990. godine. I u proizvodnji nuklearne elektrane također su znatne oscilacije, tako da je minimalna proizvodnja ostvarena tijekom 1992. godine za otprilike 20 % manja od maksimalne ostvarene 1991. U proizvodnji termoelektrana promjene su suprotne onima u hidroelektranama, a udio proizvodnje ovih postrojenja u ukupnoj transformiranoj energiji kreće se od 2,2 % do 4,3 %. Javne toplane proizvode i električnu energiju i daljinsku toplinu i ta proizvodnja se smanjivala vrlo umjerenim tempom od −0,5 % godišnje, tako da se udio povećavao od 3,5 % na 5,3 %.

U industrijskim toplanama proizvodi se električna energija i para i vrela voda, odnosno u industrijskim kotlovnicama samo para i vrela voda za potrebe industrijskih potrošača, a ta proizvodnja je opadala s −13,6 % u toplanama, odnosno s −9,1 % u kotlovnicama, tako da se udio industrijskih toplana smanjio od 5,8 % na 4,9 % a udio industrijskih kotlovnica povećao od 3,1 % na 3,3 %.

S kudikamo najvećim udjelom u proizvedenoj transformiranoj energiji sudjeluju rafinerije. Udio im se od 70 % s početka promatranog razdoblja smanjio na približno 65 % u 1992. godini, uz smanjenje proizvodnje s prosječnom godišnjom stopom od −11,8 % i proizvodnjom u 1992. godini, koja je za čak 40 % manja od ostvarenja u 1988. godini.

Od ostalih postrojenja koja sudjeluju u proizvodnji transformiranih oblika energije, s vrlo značajnim udjelom sudjeluje koksara, ali je opadanje proizvodnje bilo s prosječnom stopom −14 %, tako da je i udio smanjen od 7 % na 5,8 %. Udio degazolinaže povećan je od 2 % na 3 %, a udjeli visokih peći i gradskih plinara manji su od 1 %.

U analiziranim procesima energetskih transformacija nužno dolazi do gubitaka energije, pri čemu se gubitak u bilo kojoj vrsti postrojenja može odrediti kao razlika ulazne i izlazne energije. Odnosno, ukupan gubitak energije u hrvatskom energetskom sustavu u procesu transformacija jest zbroj gubitaka po svim postrojenjima ili razlika ukupne ulazne i ukupne izlazne energije u svim procesima transformacija. Ukupni gubici energetskih transformacija tijekom pet promatranih godina određeni su tablicom 5.

Tijekom prvih triju godina promatranja udio gubitaka iznosio je otprilike 16 % od transformirane energije, da bi u 1991. i 1992. godini porastao na 21 – 22 %, što je posljedica sve većeg udjela proizvodnje električne energije u ukupnoj transformiranoj energiji, jer je gubitak energije u procesu proizvodnje električne energije najveći i iznosi 2/3 od ulazne energije.

Tablica 5. Gubici energetskih transformacija

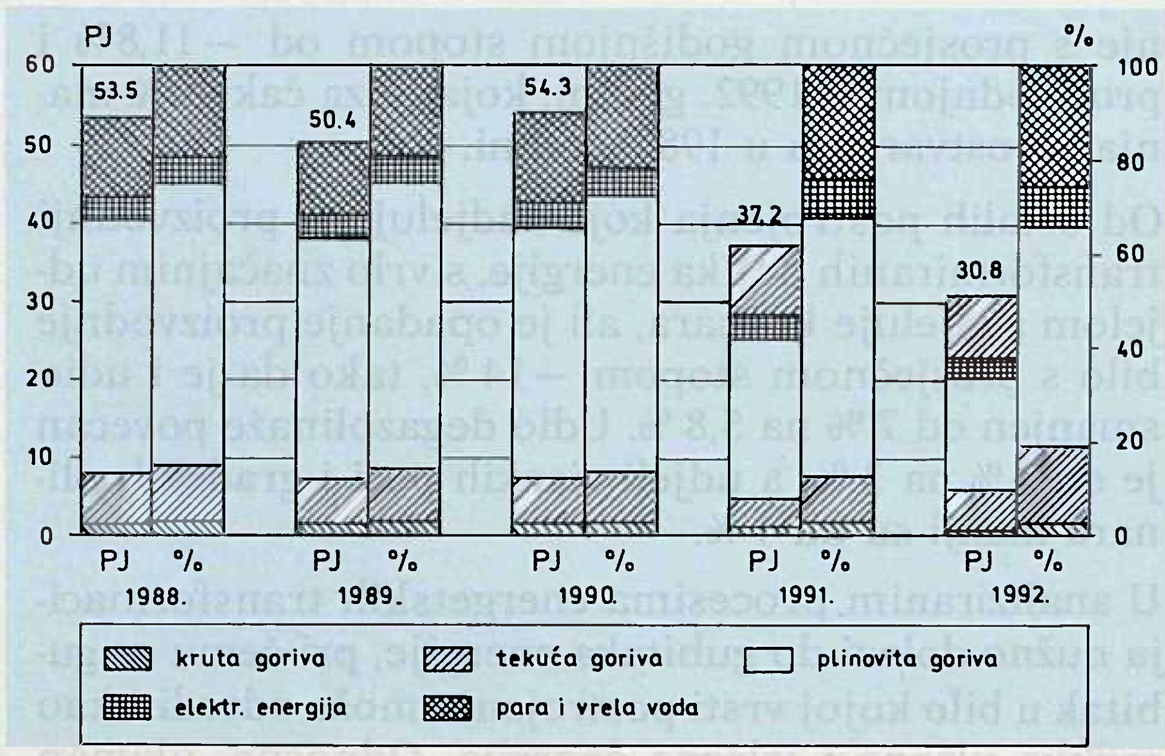
Table 5. Total Conversion Losses

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Energija za energetske transformacije *Transformation Sector Input*	486.91	100.0	473.2	100.0	478.2	100.0	368.5	100.0	339.3	100.0
Proizvodnja transformirane energije *Transformation Sector Output*	406.97	83.6	396.1	83.7	403.6	84.4	290.7	78.9	265.5	78.3
UKUPNI GUBICI TRANSFORMACIJA *TOTAL CONVERSION LOSSES*	**79.94**	**16.4**	**77.1**	**16.3**	**74.7**	**15.6**	**77.8**	**21.1**	**73.8**	**21.7**

5. ENERGIJA ZA POGON ENERGETSKIH POSTROJENJA

Tijekom dosadašnje analize energetskog sustava Republike Hrvatske bilo je govora o proizvodnji primarne energije, o uvozu i izvozu primarnih i transformiranih oblika energije radi određivanja ukupne potrošnje energije na području Hrvatske, a isto tako potanko su analizirani svi procesi energetskih transformacija. Za odvijanje procesa proizvodnje bilo primarnih bilo transformiranih oblika energije također se troši energija koja se naziva vlastitom potrošnjom, potrošnjom energije za pogon energetskih postrojenja ili jednostavno potrošnjom energetike. Slikom 4. prikazuje se razvoj strukture energije koja je tijekom pet godina utrošena za pogon svih energetskih postrojenja na području Hrvatske.

Najniža razina potrošnje ostvarena je 1992. godine i iznosi 83 % od ostvarenja u 1991. godini, ali tek 57 % od potrošnje u 1990. Može se reći da se smanjivala potrošnja svih energenata: ugljena s −20,4 %, teku-



Slika 4. Energije za pogon energetskih postrojenja

ćih goriva s −6,1 %, plinovitih goriva s −18,2 %, električne energije s −2,2 % i pare i vrele vode s −6,5 % godišnje.

U energiji za pogon energetskih postrojenja s najvećim udjelom sudjeluju plinovita goriva koja se iskorištavaju u proizvodnji nafte i plina, u rafinerijama, u degazolinaži i u koksari. Taj udio se smanjuje, i u zadnje dvije godine promatranja smanjen je od približno 61 % na 47 %. Nakon plinova slijede para i vrela voda s porastom udjela od 20 % na 25 %, i tekuća goriva kojima se udio najprije smanjio od 12,1 % u 1988. godini na 9,7 % u 1991, da bi 1992. porastao na čak 16,3 %. Para i vrela voda najviše se koristi u pogonu rafinerija, a zatim i javnih toplana, pa i koksare, a tekuća se goriva (mazut) uglavnom koriste u rafinerijama. Treba naglasiti da se potrošnja pare u rafinerijama pojavljuje zbog vrlo podrobne analize svih procesa, pa je tako uzeta u obzir transformacija energije u obliku mazuta u električnu energiju i paru u toplanama koje postoje u rafinerijama, te je mjesto mazuta kao pogonska potrošnja iskazana upravo električna energija i para.

Udio električne energije u stalnom je rastu i 1992. godine postiže vrijednost 8,6 %. Iako udio električne energije nije visok, ona je, svakako, jedan od najznačajnijih energenata u pogonskoj potrošnji jer se ni jedan pogon proizvodnje energije ne može odvijati bez nje.

Prikaz potrošnje pogonske energije po postrojenjima daje se tablicom 6. S najvećim udjelom u pogonskoj potrošnji sudjeluju rafinerije nafte, ali se taj udio znatno smanjio, od 66 % na 55 % u 1992. godini, kao posljedica vrlo brzog opadanja potrošnje s prosječnom godišnjom stopom −15,6 %. I u proizvodnji nafte i plina ostvaruje se relativno visoka potrošnja, tako da udio varira u intervalu 15 – 20 % uz opadanje potrošnje tijekom ovih pet godina s prosječnom stopom −10 % godišnje. Daljnjih 9 – 12 % ukupne pogonske potrošnje ostvaruje se u degazolinaži u kojoj je također u zadnje dvije godine ostvareno smanjenje potrošnje za 30 – 40 % u odnosu prema prethodnom razdoblju.

Od ostalih procesa proizvodnje energije iz tablice 6. i koksara sudjeluje sa značajnih 4 – 6 %, odnosno javne toplane ostvaruju udio 2 – 5 %. U proizvodnji električne energije za pogon su potrebne relativno male količine električne energije, a isto i za proizvodnju ugljena, dakako, jer je i sama proizvodnja ugljena niska.

6. STRUKTURA UKUPNO UTROŠENE ENERGIJE

Već je na početku ovog prikaza, u poglavlju 2, određena i analizirana ukupna potrošnja energije, odnosno i struktura energenata u toj energiji. U ovom dijelu analiza će se provesti u smislu prikaza strukture svih potreba koje se zadovoljavaju tako ostvarenom ukupnom potrošnjom energije.

Može se reći da se ukupno utrošenom energijom podmiruju gubici energetskih transformacija, energija za pogon energetskih postrojenja, gubici u transportu i distribuciji energije, neenergetska potrošnja energije i neposredna potrošnja energije koja se dobije kad se od ukupno utrošene energije oduzmu sve

Tablica 6. Pogonska potrošnja energije po postrojenjima
Table 6. Energy Sector Own Use by Plants

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Proizvodnja nafte i plina *Oil and Gas Extraction*	7.94	14.8	8.61	17.1	8.46	15.6	7.14	19.2	5.19	16.9
Proizvodnja ugljena *Coal Mines*	0.16	0.3	0.10	0.2	0.09	0.2	0.07	0.2	0.06	0.2
Elektroprivreda *Electrical Economy*	0.28	0.5	0.29	0.6	0.29	0.5	0.77	2.1	0.33	1.1
Hidroelektrane *Hydro Power Plants*	0.12	0.2	0.12	0.2	0.14	0.3	0.21	0.6	0.15	0.5
Termoelektrane *Thermal Power Plants*	0.57	1.1	0.60	1.2	0.84	1.5	0.50	1.3	0.78	2.5
Javne toplane *Public Cogeneration Plants*	1.13	2.1	1.63	3.2	1.54	2.8	1.29	3.5	1.64	5.3
Rafinerije *Petroleum Refineries*	35.30	66.0	30.32	60.2	34.83	64.2	21.86	58.7	17.04	55.3
Degazolinaža *NGL Plant*	5.25	9.8	5.62	11.2	5.81	10.7	3.38	9.1	3.59	11.7
Koksara *Coke-oven Plant*	2.74	5.1	3.11	6.2	2.25	4.1	2.00	5.4	2.01	6.5
UKUPNO ***TOTAL***	**53.49**	**100.0**	**50.40**	**100.0**	**54.25**	**100.0**	**37.22**	**100.0**	**30.79**	**100.0**

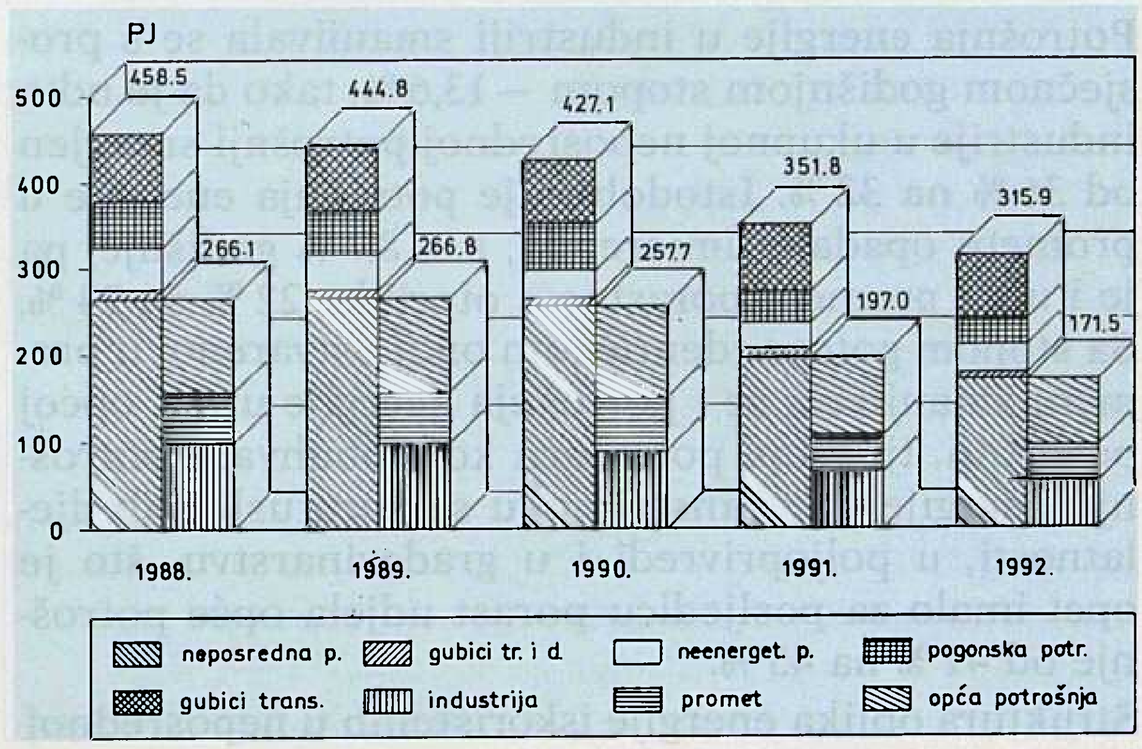
prije nabojene veličine i kojom se zadovoljavaju potrebe krajnjih potrošača za energijom, po količini i po strukturi. Oni se svrstavaju u tri skupa — industriju, promet i opću potrošnju.

Tijekom dosadašnjeg izlaganja obrađeni su gubici koji nastaju u energetskim transformacijama, a isto tako je određena i pogonska potrošnja energije. Gubici koji su nazvani gubicima transporta i distribucije ponajprije se pojavljuju u elektroenergetskoj mreži i poznati su kao gubici prijenosa i distribucije električne energije, a u tu skupinu svrstani su i gubici distribucije daljinske topline. Isto tako, ponekad do gubitaka dolazi u mreži prirodnog plina, ali su ti gubici vrlo maleni i uglavnom se statistički ne registriraju. U ovu skupinu gubitaka svrstavaju se i gubici koksnog plina koji su posljedica spaljivanja ovog energenta na baklji koksare.

Pod neenergetskom potrošnjom energije smatra se potrošnja prirodnog plina za proizvodnju umjetnih gnojiva, potrošnja primarnog benzina u petrokemijskoj industriji, potrošnja bitumena i niza neenergetskih proizvoda, npr. raznih ulja, masti, maziva itd. u vrlo različite svrhe. U račun se moraju uzeti i neenergetski proizvodi jer se za njihovu proizvodnju, u procesu energetskih transformacija, koristi energija uglavnom u obliku sirove nafte. Može se dakle reći da se neenergetska potrošnja ostvaruje djelomično u industriji, a djelomično izvan industrije. Pri tome se od ukupne neenergetske potrošnje energije na području Hrvatske u industriji koristi od 70 do 80 % u pojedinim godinama. To se naglašava zbog toga što se u nekim metodologijama i ta potrošnja prikazuje kao potrošnja kemijske industrije.

U tablici 7. i na slici 5. prikazuje se kretanje svih tih veličina koje sudjeluju u strukturi ukupno utrošene energije, a ujedno je načinjena i podjela neposredne potrošnje energije na tri karakteristične skupine — industriju, promet i opću potrošnju.

Kako se vidi iz tablice 7, udio gubitaka energetskih transformacija u ukupnoj potrošnji energije bio je u porastu, i od 17,4 % u 1988. godini porastao je na 23,3 % u 1992. godini iako su gubici u apsolutnom iznosu smanjeni. Obrnuti trend pokazuje potrošnja



Slika 5. Struktura ukupno utrošene energije

energije za pogon energetskih postrojenja, koja se smanjivala brže od ukupne potrošnje, tako da je i udio smanjen od maksimalnog iznosa 12,7 % u 1990. na 9,8 % u 1992. godini.

Gubici transporta i distribucije energije sudjeluju s 2 – 3 %, a iznos im u pojedinim godinama varira u rasponu 7,5 do 10,5 PJ. Neenergetska potrošnja energije također je smanjena iako je minimalan iznos ostvaren 1991, a 1992. je došlo do porasta ponajprije zbog povećane potrošnje prirodnog plina za proizvodnju umjetnih gnojiva, tako da je i udio najprije opadao od 11 % na približno 8 %, da bi 1992. godine ponovno poprimio vrijednost veću od 10 %. Inače, prosječna godišnja stopa smanjenja neenergetske potrošnje iznosi — 10,3 %.

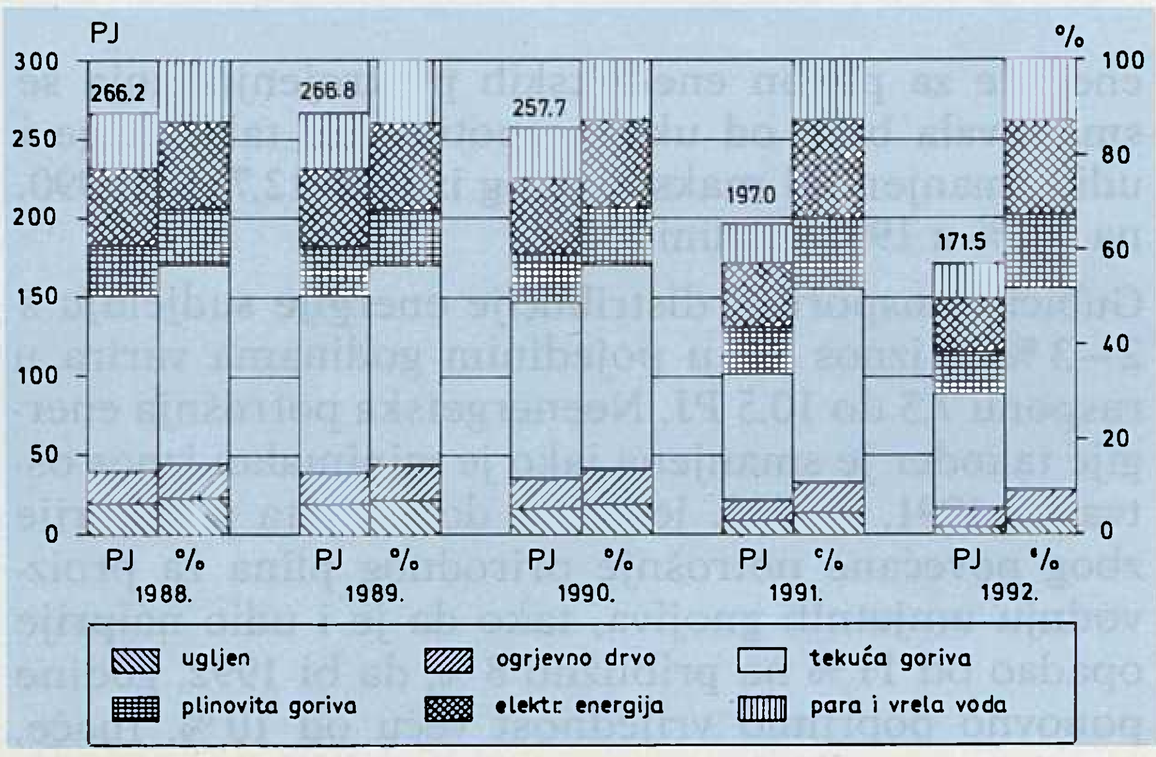
Neposredna potrošnja energije također se smanjivala, a prosječna godišnja stopa je iznosila – 10,4 %. Brzina smanjenja neposredne potrošnje veća je od brzine smanjenja ukupne potrošnje energije, pa je i njezin udio u ukupnoj potrošnji smanjen. Taj udio je u 1988. godini iznosio 58 %, a zatim je u sljedeće dvije godine porastao na oko 60 %, da bi se u 1991. najprije smanjio na 56 %, odnosno u 1992. na 54 %. Budući da je osnovna funkcija energetskog sustava upravo zadovoljenje potreba neposrednih potrošača, taj udio naziva se i stupnjem djelovanja energetskog sustava.

Tablica 7. Struktura ukupno utrošene energije
Table 7. Total Primary Energy Supply by Sectors

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Ukupna potrošnja energije ***Total Primary Energy Supply***	**458.54**	**100.0**	**444.78**	**100.0**	**427.14**	**100.0**	**351.78**	**100.0**	**315.94**	**100.0**
Gubici transformacija *Conversion Losses*	79.94	17.4	77.11	17.3	74.65	17.5	77.80	22.1	73.76	23.3
Pogonska potrošnja *Energy Sector Own Use*	53.49	11.7	50.40	11.3	54.26	12.7	37.23	10.6	30.81	9.8
Gubici transporta i distribucije *Transmission Losses*	8.63	1.9	8.58	1.9	7.71	1.8	10.53	3.0	7.35	2.3
Neenergetska potrošnja *Non Energy Use*	50.33	11.0	41.87	9.4	32.78	7.7	29.23	8.3	32.55	10.3
Neposredna potrošnja energije ***Final Energy Demand***	**266.15**	**58.0**	**266.82**	**60.0**	**257.74**	**60.3**	**196.99**	**56.0**	**171.47**	**54.3**
- Industrija *- Industry*	97.27	36.5	98.47	36.9	88.93	34.5	65.37	33.2	54.24	31.6
- Promet *- Transport*	58.95	22.1	58.66	22.0	61.24	23.8	43.06	21.9	40.91	23.9
- Opća potrošnja *- Other Sectors*	109.93	41.3	109.69	41.1	107.57	41.7	88.56	45.0	76.32	44.5

Potrošnja energije u industriji smanjivala se s prosječnom godišnjom stopom – 13,6 %, tako da je udio industrije u ukupnoj neposrednoj potrošnji smanjen od 36 % na 32 %. Istodobno je potrošnja energije u prometu opadala umjerenije, s – 8,7 % godišnje, pa je i udio prometa porastao s otprilike 22 % na 24 %. Sa stopom gotovo identičnom onoj ostvarenoj u prometu smanjivala se i potrošnja energije u tzv. općoj potrošnji, tj. grupi potrošača koja obuhvaća potrošnju energije u kućanstvima, u sektoru uslužnih djelatnosti, u poljoprivredi i u građevinarstvu, što je opet imalo za posljedicu porast udjela opće potrošnje od 41 % na 45 %.

Struktura oblika energije iskorištenih u neposrednoj potrošnji prikazuje se slikom 6.



Slika 6. Struktura neposredne potrošnje energije

Ako se izuzme važnost i nezamjenjivost električne energije u određenim vrstama primjene, može se reći da je opskrba neposrednih potrošača energijom bazirana na tekućim gorivima jer im se udio kreće u granicama od 41,1 % u 1991. godini do 43,3 % u 1990, iako im se u razdoblju od pet godina potrošnja smanjivala prosječno s – 10 %. Isto tako se može primijetiti da je opadala potrošnja svih oblika energije, pri čemu je to smanjenje najizraženije u potrošnji ugljena s prosječnom godišnjom stopom od čak – 28 %. Tako brzo smanjenje potrošnje ugljena imalo je za posljedicu i veliko smanjenje udjela od otprilike 7,5 % na samo 3 %.

U istom vremenu je i potrošnja ogrjevnog drva gotovo prepolovljena, uz pad potrošnje od – 14 % godišnje i smanjenje udjela za oko 1 %. Plinovita goriva, zapravo prirodni plin jer je udio gradskog plina tek par postotaka, ostvarila su najumjereniji pad potrošnje od – 4,6 % godišnje i porast udjela od 12 % na 15 %. Porast udjela ostvaren je u korištenju električne energije, i to od otprilike 18 % na 20 %, uz opadanje potrošnje po stopi – 8,5 % godišnje, od 48,61 PJ (ili 13503 GWh) na 34,04 PJ (ili 9456 GWh) u 1992. godini.

Potrošnja pare i vrele vode također se smanjivala, ali budući da je brzina smanjenja bila slična smanjenju ukupne neposredne potrošnje, udio se nije bitnije mijenjao i zadržao se je na razini približno 13 %.

Tijekom dosadašnje analize prilika u hrvatskom energetskom sustavu pošlo se od proizvodnje primarne energije, zatim je određena ukupna potrošnja energije, provedena je analiza kompletnog sektora energetike, te se je, uzimanjem u obzir gubitaka u transportu i distribuciji energije i neenergetske potrošnje, došlo do neposredne potrošnje energije koja je upravo sada analizirana. Da bi analiza kompleksnog energetskog sustava bila kompletna, treba još analizirati prilike u sve tri skupine neposrednih potrošača, pa će se ta analiza provesti u nastavku.

7. POTROŠNJA ENERGIJE U INDUSTRIJI

Struktura oblika energije koji se iskorištavaju u industriji daje se tablicom 8.

Maksimalna potrošnja energije u industriji ostvarena je 1989. godine, nakon čega se naglo smanjuje tako da je ostvarena potrošnja u 1992. za čak 45 % manja u odnosu prema maksimalnoj, a prosječna godišnja stopa opadanja u promatranom razdoblju iznosi visokih – 13,6 %. Smanjivala se potrošnja svih energenata, najbrže ugljena, i to prosječno godišnje čak za – 22,8 %, a najpolaganije plinova, ali još uvijek s visokih – 9 % godišnje. Potrošnja električne energije smanjivala se uz godišnju stopu od – 14,7 %, derivata nafte uz stopu – 14,1 %, a pare i vrele vode uz stopu – 12,1 %.

Najveći udio u potrošnji energije u industriji ima niskotemperatuna toplina u obliku pare i vrele vode i

Tablica 8. Neposredna potrošnja energije u industriji

Table 8. Final Energy Demand in Industry by Fuels

	1988.		*1989.*		*1990.*		*1991.*		*1992.*	
	PJ	*%*	*PJ*	*%*	*PJ*	*%*	*PJ*	*%*	*PJ*	*%*
Ugljen *Coal*	12.78	13.1	13.03	13.2	11.13	12.5	6.58	10.1	4.54	8.4
Tekuća goriva *Liquid Fuels*	15.00	15.4	14.25	14.5	13.36	15.0	9.33	14.3	8.17	15.1
Plinovita goriva *Gaseous Fuels*	17.57	18.1	18.54	18.8	16.98	19.1	13.21	20.2	12.07	22.3
Električna energija *Electricity*	22.70	23.3	22.90	23.3	21.10	23.7	16.53	25.3	12.00	22.1
Para i vrela voda *Steam and Hot Water*	29.22	30.0	29.75	30.2	26.36	29.6	19.72	30.2	17.46	32.2
UKUPNO ***TOTAL***	**97.27**	**100.0**	**98.47**	**100.0**	**88.93**	**100.0**	**65.37**	**100.0**	**54.24**	**100.0**

taj udio iznosi 30 %. Zatim slijedi električna energija također s relativno visokim udjelom koji u pojedinim godinama varira od 22 % do 25 %, te plinovita goriva, gdje se radi uglavnom o prirodnom plinu, kojima je udio unatoč opadanju potrošnje u stalnom porastu te je dostigao vrijednost 22 % u 1992. u odnosu prema 18 % u 1988. godini. Udio derivata nafte u cijelom razdoblju zadržava se na 15 %, a udio ugljena i koksa od 13 % smanjio se na 8 % u 1992.

Na slici 7. i u tablici 9. također se analizira potrošnja energije u industriji, ali po industrijskim granama. Potrošnja se smanjila u svim industrijskim granama, ali je taj pad najizraženiji bio u industriji obojenih metala, gdje je potrošnja energije u 1992. smanjena na razinu od samo 6 % od prijeratne potrošnje. I potrošnja energije u industriji željeza i čelika drastično je smanjena, tako da prosječna stopa pada iznosi – 20,9 % godišnje, odnosno udio ove industrije smanjen je od 19 % na 13 %. Znatno se smanjila i potrošnja energije u industriji papira, i to za približno 52 % u odnosu prema maksimalnoj potrošnji ostvarenoj u 1989. godini.

porast udjela bio je umjeren, odnosno potrošnja energije u 1992. godini u tim granama manja je za 40 % u odnosu prema maksimalno ostvarenoj s početka analiziranog razdoblja.

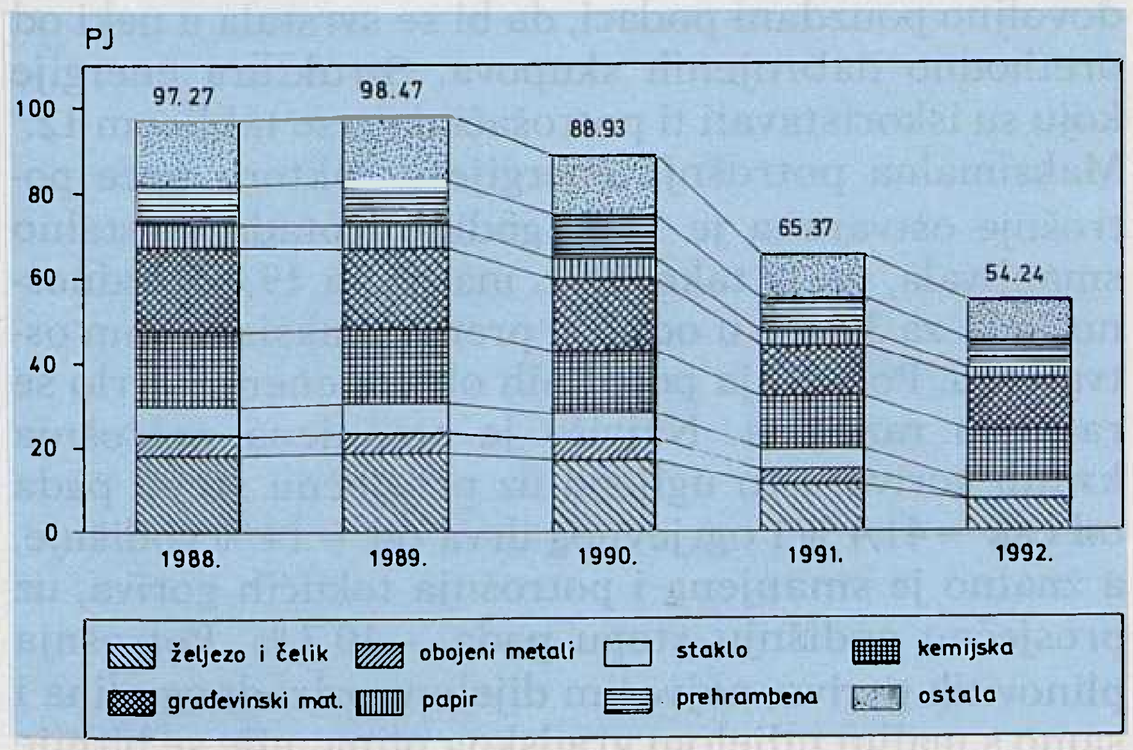
Najumjereniji pad potrošnje ostvaren je u kemijskoj industriji, u kojoj je potrošnja u odnosu prema maksimalnoj iz 1988. godine smanjena za 29 %, i u prehrambenoj industriji, uz smanjenje od 37 % u odnosu prema maksimumu iz 1989. godine.

Industrijske grane s najvećim udjelom su kemijska industrija, industrija građevinskog materijala, industrija željeza i čelika i ostala industrija s udjelima 23,5 %, 21,7 %, 13,1 % i 17 %. Pri tome su svi ti udjeli, osim udjela industrije željeza i čelika koji se u 1992. godini bitno smanjio, bili u porastu. U porastu je također bio i udio prehrambene industirje, koja u ukupnoj inudstrijskoj potrošnji u 1992. godini sudjeluje s 12 %. Udjeli triju preostalih industrijskih grana manji su od 10 %, a osobito je smanjen udio industrije obojenih metala, koja je gotovo isključivo trošila električnu energiju, i to otprilike 5 % na samo 0,5 %.

Tablica 9. Potrošnja energije u industrijskim granama
Table 9. Final Energy Demand by Industrial Sectors

	1988		1989		1990		1991		1992	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Industrija željeza i čelika *Iron and Steel Industry*	18.22	18.7	18.76	19.1	17.10	19.2	10.99	16.8	7.12	13.1
Industrija obojenih metala *Non-Ferrous Metals Industry*	4.95	5.1	4.94	5.0	4.92	5.5	3.58	5.5	0.29	0.5
Industrija nemetalnih minerala *Non-Metalic Minerals Industry*	6.62	6.8	6.78	6.9	5.88	6.6	4.80	7.3	3.85	7.1
Kemijska industrija *Chemical Industry*	17.98	18.5	17.78	18.1	15.20	17.1	12.65	19.4	12.74	23.5
Industrija građevinskog materijala *Construction Materials Industry*	19.74	20.3	18.94	19.2	16.86	19.0	12.02	18.4	11.76	21.7
Industrija papira *Pulp and Paper Industry*	5.55	5.7	5.56	5.6	4.83	5.4	3.24	5.0	2.67	4.9
Prehrambena industrija *Food Industry*	9.01	9.3	10.45	10.6	10.14	11.4	7.81	11.9	6.57	12.1
Ostala industrija *Other Manufacturing Industries*	15.20	15.6	15.26	15.5	14.00	15.7	10.28	15.7	9.24	17.0
UKUPNO INDUSTRIJA ***TOTAL INDUSTRY***	**97.27**	**100.0**	**98.47**	**100.0**	**88.93**	**100.0**	**65.37**	**100.0**	**54.24**	**100.0**

Slijede grane s umjerenijim padom, tako da im je u 1992. godini udio porastao u odnosu na prethodno razdoblje. U industriji nemetalnih minerala, industriji građevinskog materijala i ostaloj industriji taj



Slika 7. Potrošnja energije u industrijskim granama

8. POTROŠNJA ENERGIJE U PROMETU

Kretanje potrošnje energije u prometu na području Hrvatske kroz razdoblje 1988 – 1992. prati se u tablici 10. Odmah se uočava da se u prometu iskorištavaju samo tri vrste energije — derivati nafte, električna energija i ugljen pri čemu se gotovo ukupne potrebe zadovoljavaju derivatima nafte, udio električne energije je samo 3 %, a udio ugljena potpuno je zanemariv.

Ukupna potrošnja energije u prometu opadala je s prosječnom godišnjom stopom – 8,7 %, odnosno potrošnja derivata nafte s – 8,5 % i potrošnja električne energije s – 14,2 %. Zanimljivo je da je potrošnja energije u ovoj grupi potrošača rasla i u 1990. godini, dok je u svim ostalim sektorima već 1990. došlo do opadanja ili stagnacije u potrošnji.

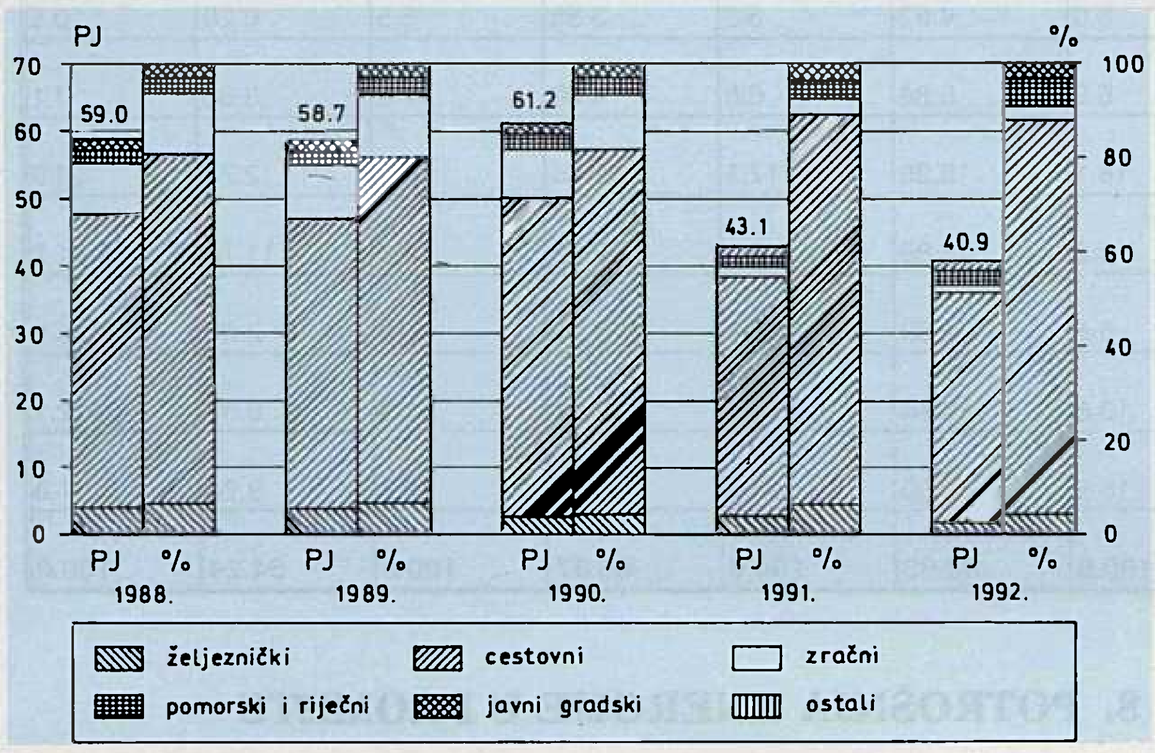
U tablici 11. i na slici 8. prikazuje se potrošnja energije po pojedinim vrstama prometa.

Tablica 10. Neposredna potrošnja energije u prometu
Table 10. Final Energy Demand in Transport by Fuels

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Ugljen *Coal*	0.25	0.4	0.23	0.4	0.21	0.3	0.08	0.2		0.0
Tekuća goriva *Liquid Fuels*	57.24	97.1	57.02	97.2	59.52	97.2	41.65	96.7	40.12	98.1
Električna energija *Electricity*	1.46	2.5	1.41	2.4	1.51	2.5	1.33	3.1	0.79	1.9
UKUPNO ***TOTAL***	**58.95**	**100.0**	**58.66**	**100.0**	**61.24**	**100.0**	**43.06**	**100.0**	**40.91**	**100.0**

Tablica 11. Potrošnja energije po vrstama prometa
Table 11. Final Energy Demand by Means of Transport

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Željeznički promet *Rail Transport*	3.89	6.6	3.90	6.6	2.73	4.5	2.75	6.4	1.77	4.3
Cestovni promet *Road Transport*	43.83	74.4	43.18	73.6	47.46	77.5	35.69	82.9	34.24	83.7
Zračni promet *Air Transport*	7.62	12.9	7.83	13.3	7.19	11.7	1.48	3.4	1.20	2.9
Pomorski i riječni promet *Sea and River Transport*	1.94	3.3	2.07	3.5	2.20	3.6	1.59	3.7	2.38	5.8
Javni gradski promet *Public City Transport*	1.51	2.6	1.52	2.6	1.47	2.4	1.35	3.1	1.27	3.1
Ostali promet *Non Specified*	0.16	0.3	0.16	0.3	0.19	0.3	0.20	0.5	0.05	0.1
UKUPNO PROMET ***TOTAL TRANSPORT***	**58.95**	**100.0**	**58.66**	**100.0**	**61.24**	**100.0**	**43.06**	**100.0**	**40.91**	**100.0**



Slika 8. Potrošnja energije po vrstama prometa

U energiji koja se iskorištava u prometu s najvišim udjelom sudjeluje cestovni promet. Taj udio je osim toga bio u stalnom porastu, a osobito u zadnje dvije godine tako da je od 74 % u 1988. porastao na 84 % u 1992. godini. Inače potrošnja energije u cestovnom prometu opadala je prosječnom godišnjom stopom −6 %. Znatno je porastao i udio pomorskog i riječnog prometa, a skok se dogodio upravo 1992. godine, prije svega kao posljedica trajektnog prometa koji Južnu Hrvatsku povezuje s ostalim dijelovima Hrvatske.

U razdoblju prije domovinskog rata drugi po potrošnji bio je zračni promet i njegov je udio bio 13 %, da bi se u 1992. spustio na 3 % uz prosječno smanjenje od čak 37 % godišnje. Smanjen je i udio željezničkog prometa, i to od 6,6 % na 4,3 % uz prosječnu godišnju stopu opadanja −17,9 %, a udio javnog gradskog prometa u stalnom je porastu kao posljedica vrlo umjerenog pada potrošnje od −4,2 % godišnje. U ostalom prometu uglavnom je obuhvaćena potrošnja cjevovodnog transporta i može se reći da je zanemariva i da nema bitnog utjecaja na ukupnu potrošnju energije u prometu.

9. POTROŠNJA ENERGIJE U OPĆOJ POTROŠNJI

Skup potrošača nazvan općom potrošnjom obuhvaća potrošače koji dosad nisu obuhvaćeni ni u jednom od prethodno analiziranih skupova. Dijeli se na kućanstva, uslužni sektor, poljoprivredu, građevinarstvo i ostale potrošače, pri čemu se skup ostalih potrošača koristi za onu energiju za koju ne postoje dovoljno pouzdani podaci, da bi se svrstala u neki od prethodno nabrojenih skupova. Struktura energije koju su iskorištavali ti potrošači daje se tablicom 12. Maksimalna potrošnja energije u sektoru opće potrošnje ostvarena je 1988. godine i otada se stalno smanjivala, pa je tako 1991. manja za 19,4 %, odnosno 1992. za 30,6 % u odnosu prema maksimalnom ostvarenju. Potrošnja pojedinih oblika energije vrlo se različito razvijala. Najviše je smanjena potrošnja krutih goriva, i to ugljena uz prosječnu stopu pada od čak −41,4 % i ogrjevnog drva od −14 % godišnje, a znatno je smanjena i potrošnja tekućih goriva, uz prosječnu godišnju stopu pada −10,7 %. Potrošnja plinovitih goriva, najvećim dijelom prirodnog plina i samo s malim udjelom gradskog plina, nije se bitnije promijenila i ostala je praktično na ostvarenoj razi-

Tablica 12. Neposredna potrošnja energije u općoj potrošnji
Table 12. Final Energy Demand in Other Sectors by Fuels

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Ugljen *Coal*	6.97	6.3	6.47	5.9	5.34	5.0	2.80	3.2	0.82	1.1
Ogrjevno drvo *Fuel Wood*	19.58	17.8	19.35	17.6	19.08	17.7	12.24	13.8	10.71	14.0
Tekuća goriva *Liquid Fuels*	39.45	35.9	41.09	37.5	38.60	35.9	29.95	33.8	25.10	32.9
Plinovita goriva *Gaseous Fuels*	14.18	12.9	13.42	12.2	13.82	12.8	15.50	17.5	14.27	18.7
Električna energija *Electricity*	24.46	22.3	24.20	22.1	25.16	23.4	23.07	26.1	21.25	27.8
Para i vrela voda *Steam and Hot Water*	5.29	4.8	5.16	4.7	5.57	5.2	5.00	5.6	4.17	5.5
UKUPNO ***TOTAL***	**109.93**	**100.0**	**109.69**	**100.0**	**107.57**	**100.0**	**88.56**	**100.0**	**76.32**	**100.0**

Tablica 13. Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje
Table 13. Final Energy Demand in Other Sectors by Subsectors

	1988.		1989.		1990.		1991.		1992.	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Kućanstva *Households*	66.22	60.2	67.69	61.7	66.76	62.1	58.98	66.6	51.51	67.5
Uslužni sektor *Services*	18.30	16.6	18.17	16.6	18.06	16.8	14.53	16.4	12.64	16.6
Poljoprivreda *Agriculture*	15.13	13.8	14.80	13.5	14.52	13.5	10.48	11.8	9.29	12.2
Građevinarstvo *Construction*	7.38	6.7	7.04	6.4	5.91	5.5	4.57	5.2	2.88	3.8
Ostali potrošači *Other Consumers*	2.90	2.6	1.99	1.8	2.32	2.2	0.00	0.0	0.00	0.0
UKUPNO OPĆA POTROŠNJA ***TOTAL OTHER SECTORS***	**109.93**	**100.0**	**109.69**	**100.0**	**107.57**	**100.0**	**88.56**	**100.0**	**76.32**	**100.0**

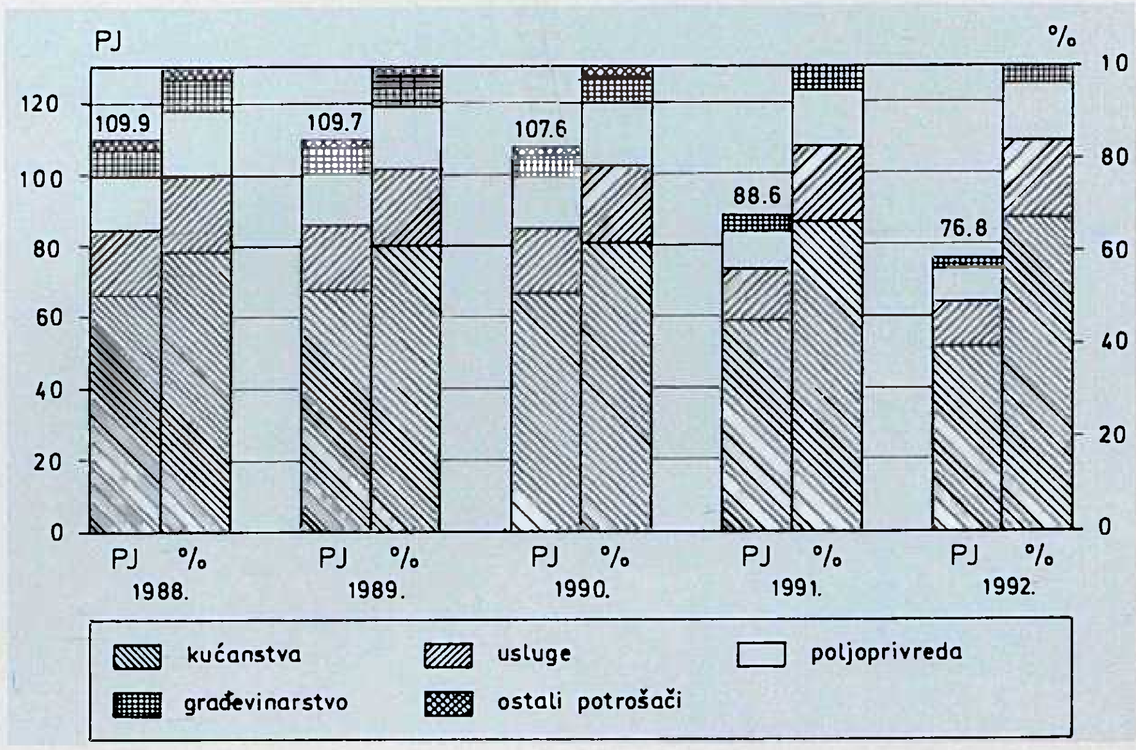
ni, dok je potrošnja električne energije i daljinske topline opadala umjerenim tempom uz prosječne godišnje stope pada od −3,5 %, odnosno −5,8 %.

Tako različita kretanja u potrošnji pojedinih oblika energije imala su za posljedicu znatne promjene u postotnim udjelima pojedinih energenata. Iako je potrošnja tekućih goriva brzo opadala, ona su i nadalje ostala dominantna, ali im je udio od više od 37 % smanjen na oko 33 %. Nakon tekućih goriva slijedi električna energija s udjelom koji je stalno u porastu i koji 1992. godine dosiže vrijednost od čak 28 %, dok su plinovita goriva ostvarila najveći porast udjela na gotovo 19 % u 1992. godini u odnosu prema 13 % s početka promatranog razdoblja.

Udio ugljena smanjen je od otprilike 6 % na samo 1 %, a udio ogrjevnog drva od oko 18 % na 14 %. Istovremeno je udio daljinske topline bio u laganom porastu tako da 1992. godine dostiže 5,5 % od ukupne energije korištene u sektoru opće potrošnje.

Kako se kretala potrošnja energije u pojedinim podsektorima opće potrošnje, prikazuje se u sljedećoj tablici, odnosno slikom 9.

S najvećim udjelom u općoj potrošnji sudjeluju kućanstva, a taj udio je, osim toga, bio u stalnom porastu od otprilike 60 % u 1988. godini na 67,5 % u 1992. Porast tog udjela posljedica je umjerenijeg pada potrošnje energije u ovom sektoru, uz prosječnu godišnju stopu pada od −6,1 % u odnosu prema ukupnom padu potrošnje u općoj potrošnji s −8,7 % godišnje.



Slika 9. Potrošnja energije u podsektorima opće potrošnje

Nakon kućanstava slijedi uslužni sektor s udjelom na konstantnoj razini nešto višoj od 16 % i padom potrošnje energije za 31 % u 1992. u odnosu prema maksimumu iz 1988. godine. Potrošnja energije u poljoprivredi također se smanjivala uz prosječnu godišnju stopu — 11,5 % i umjereni pad udjela od 14 % na 12 %. Najveći pad potrošnje u sektoru opće potrošnje dogodio se u građevinarstvu, tako da je ostvarena potrošnja u 1992. za čak 61 % manja od one iz 1988. godine, zbog čega je i udio građevinarstva od gotovo 7 % smanjen na nešto manje od 4 %.

ENERGY IN CROATIA 1988, 1992

Trend analysis in the Croatian energy system during past five years starts from primary energy production at the territory of the Republic of Croatia. That production is not sufficient to meet total energy needs, so non-available quantities of energy are provided from import, whereby total energy consumption is mentioned. Total energy supply is enough in quantity but not in structure for the needs of final consumers that is why the energy sector applies energy transformation. Energy transformations are analysed by input energy, produced energy and by plants. If from total energy consumed the energy transformation losses, energy sector own use, non-energy consumption, transport and distribution losses are subtracted, it comes to final energy consumption, which is followed by three consumption sectors--industry, transport and other sectors. That energy flow is analysed on all levels from the point of energy form structure and users' structure.

ENERGIE IN KROATIEN 1988, 1992

Die Analyse der Tendenzen im energetischen System im Laufe der vergangenen fünf Jahre, geht von der Herstellung der Primarenergie auf dem Gebiet der Republik Kroatien aus. Diese Herstellung reicht nicht für die gesamten energetischen Bedürfnisse, so dass die fehlenden Energiemengen aus dem Ausland gesichert werden, wobei von dem gesamten Energieverbrauch die Rede ist. Der gesamte Energieverbrauch genügt bezüglich der Menge, aber nicht auch bezüglich der Versorgungsstruktur der unmittelbaren Verbraucher, weshalb der Sektor der Energetik energetische Transformationen durchführt. Energetische Transformationen werden nach der Eingangsenergie analysiert, nach der hergestellten Energie und nach den Anlagen. Wenn man von der gesamten verbrauchten Energie die Verluste der energetischen Transformationen, die Betriebsenergie aller energetischen Anlagen, den nichtenergetischen Energleverbrauch und Verluste beim Transport und der Energiedistribution weglässt, kommt es zum unmittelbaren Verbrauch der wieder durch drei Verbrauchssektoren Industrie, Verkehr und allgemeinen Verbrauch verfolgt wird. So ein Energieablauf wurde auf allen Ebenen analysiert, wir nach der Struktur der Energieform, so auch nach der Struktur der Verbraucher.

Naslov pisaca:

Mr. Branko Vuk, dipl. ing.
Mr. Damir Pešut, dipl. ing.
Franjo Klečina, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-26

REDIZAJN PROGRAMSKOG SUSTAVA ZA IZRADU ELEKTROENERGETSKE BILANCE NA UNIX/RDBMS PLATFORMI

Mr. Davor Tomašić — mr. Mladen Zeljko — mr. Mićo Klepo, Zagreb

UDK 621.31.001:681.39
STRUČNI ČLANAK

U radu su opisana iskustva autora na redizajnu postojećeg programskog sustava za godišnje planiranje rada elektroenergetskog sustava. Dosada je sustav bio implementiran na VAX/VMS strojnoj opremi, uz korištenje ASCII datoteka za pohranu podataka. Prijelaz na novu hardversko-softversku platformu zahtijevao je definiranje i kreiranje baze podataka i redizajn FORTRAN-skih programa. Članak daje kratak funkcionalan opis programskog sustava, te opis nove strojne i programske opreme, kao i metodu transformacije te stečena iskustva.

Ključne riječi: godišnje planiranje rada sustava, elektroenergetska bilanca, UNIX, RDBMS.

UVOD

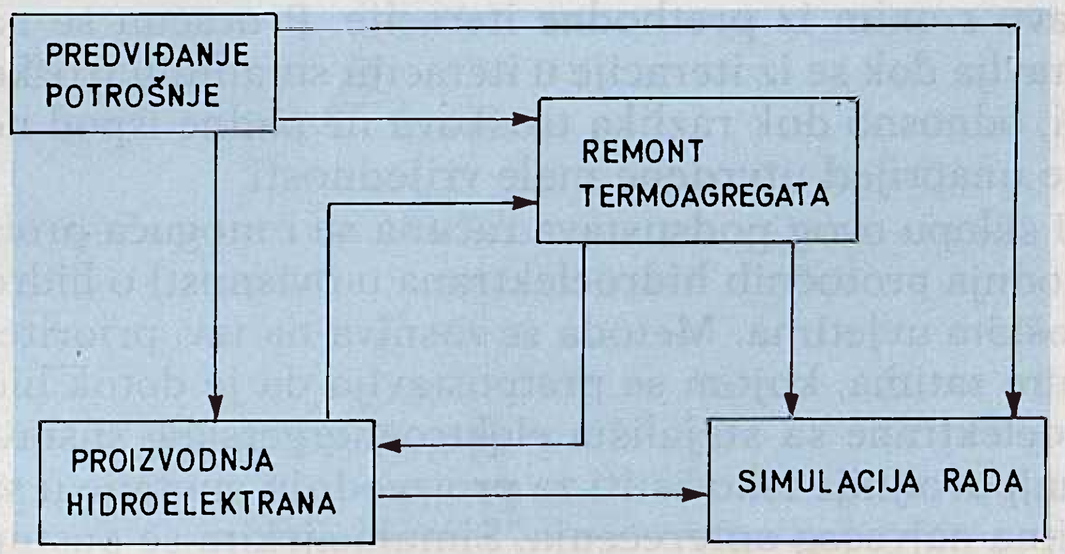
Programski sustav za godišnje planiranje rada elektroenergetskog sustava GEB osmišljen je i izrađen u Institutu za elektroprivredu i energetiku u Zagrebu a instaliran je i u HEP-u već nekoliko godina. Programski sustav razvijan je na računalu VAX, pod operativnim sustavom VMS, koristeći VAX FORTRAN i VAX-ove sistemske rutine. Novim strategijskim pomakom HEP-a prema UNIX/RDBMS umreženim platformama javili su se i zahtjevi da se postojeća modelska rješenja prilagode novoj hardversko-softverskoj platformi. Ovaj članak je opis takvoga jednog projekta, koji je još uvijek u tijeku u Institutu za elektroprivredu i energetiku. U članku će se najprije ukratko opisati programski sustav, a zatim hardversko-softverska platforma na kojoj se on implementira.

1. OPIS PROGRAMSKOG SUSTAVA *GEB*

Programski sustav za godišnje planiranje rada elektroenergetskog sustava, znan i pod nazivom godišnja bilanca, razvija se u Institutu u suradnji s HEP-om već desetak godina. Počelo se rješavanjem pojedinačnih problema, da bi danas to bila programska cjelina za kompleksni pristup planiranju rada EES-a Hrvatske. Slika 1. prikazuje shematski module programskog sustava i veze među njima.

1.1. Predviđanje potrošnje električne energije

Problem dugoročnog predviđanja potreba za električnom energijom za razdoblje do godine dana riješen je sektorskom metodom predviđanja. Osnovno je načelo ove metode podjela ukupnih potreba za električnom energijom u odvojene sektore potroš-



Slika 1.

nje, određene njihovom ukupnom energijom i odgovarajućim faktorima koji održavaju njihove periodične (tjedne, dnevne i satne) promjene u odnosu prema prosječnim stanjima, određenom broju utjecajnih faktora (npr. temperaturni utjecaj), rastu potrošnje i opterećenju zbog uključivanja novih potrošača, odnosno rastu potrošnje postojećih potrošača, promjenama potrošnje električne energije zbog praznika, izvanrednim događajima itd.

Sintezom po sektorima dobiju se veličine koje predstavljaju ukupne potrebe za električnom energijom, s odgovarajućim dijagramima opterećenja i maksimalnim opterećenjima.

Način podjele ukupne potrošnje po sektorima i njihov prikaz moguće je vrlo jednostavno prilagoditi različitim potrebama svakog pojedinog korisnika i svakoga pojedinog načina korištenja.

Program za predviđanje potrošnje električne energije čini nezavisnu cjelinu u sklopu programskog sustava godišnje elektroenergetske bilance, s automatiziranom i interaktivnom pripremom, unosom i osvježavanjem podataka, uključivanjem utjecajnih faktora, uvođenjem ograničenja, obradom izvanrednih događaja i praznika, ulazaka u pogon, izlazaka ili ispada iz pogona, uključivanjem upravljačkih djelova-

nja na karakteristike i strukturu potrošnje, te pregled izlaznih rezultata i izvještavanje.

1.2. Planiranje rada hidroelektrana

U sklopu ovog programskog podsustava računaju se poželjna stanja u akumulacijskim bazenima za sljedeću godinu. Rezultati proračuna su poželjne količine vode (energije) u akumulacijskim bazenima, ali i plan proizvodnje akumulacijskih hidroelektrana, te proizvodnje termoelektrana za različite hidrološke varijante.
Metoda proračuna poželjnih stanja jest modificirana metoda progresivne optimizacije. Osnovna je ideja ove metode da se za svaki akumulacijski bazen zada početna trajektorija stanja na kraju svakoga vremenskog intervala. Pretpostavljeno je da je početno i konačno stanje u akumulaciji poznato i fiksno. Zatim se promatraju dva po dva uzastopna intervala i traže one trajektorije koje daju minimalne proizvodne troškove u EES-u Postupak se provodi unatrag, počevši s posljednjim intervalom. Nakon završenog postupka usporedi se ukupan trošak proizvodnje u sustavu s onim iz prethodne iteracije. Proračun se nastavlja dok se iz iteracije u iteraciju smanjuju troškovi, odnosno dok razlika troškova ne padne ispod neke unaprijed utvrđene male vrijednosti.
U sklopu ovog podsustava računa se i moguća proizvodnja protočnih hidroelektrana u ovisnosti o hidrološkim uvjetima. Metoda se zasniva na tzv. prioritetnim satima, kojom se pretpostavlja da je dotok hidroelektrane sa stajališta elektroenergetskog sustava najpovoljnije iskoristiti za proizvodnju energije u satima najvećeg opterećenja. Simulacijskim se postupkom dotok tijekom dana raspoređuje tako da zadovolji ovo pravilo, kao i druga realna ograničenja pojedinih hidroelektrana.

1.3. Remont termoagregata

Planirano godišnje održavanje agregata nužno je za njihov pouzdan rad. Sezonske, pak, promjene opterećenja uvjetuju takav raspored remonta koji će u svakom promatranom razdoblju osigurati potrebnu snagu raspoloživih agregata u sustavu. Zadaća je programa za remont agregata da dade odgovor na pitanje kako rasporediti remonte agregata unutar godine uz maksimiziranje pouzdanosti opskrbe potrošača, minimiziranje neisporučene energije, ujednačavanje rezerve i minimum troškova rada i održavanja. Matematički model koji se koristi jest višekriterijsko 0 – 1 programiranje.

1.4. Simulacija prilika u EES-u

Metodološku osnovu elektroenergetskog bilanciranja predstavlja probabilistička simulacija i optimizacijski programski algoritam čiji je rezultat plan rada elektroenergetskog sustava kojim se za odabrano razdoblje uz traženu pouzdanost postižu minimalni troškovi u sustavu.

Ovom programskom cjelinom obuhvaćeno je elektroenergetsko bilanciranje, tj. simulacija prilika u elektroenergetskom sustavu koja u sebi uključuje bilancu snage i energije, proračun troškova proizvodnje i goriva, te utjecaj hidrologije. Bilanca snage i energije znači raspodjelu opterećenja u krivulji trajanja opterećenja na hidroelektrane i termoelektrane, ukupno i pojedinačno, i to uzimajući u obzir određene kriterije, a posebno glede neizvjesnosti proizvodnje hidroelektrana (vezano za vjerojatnost ostvarenja hidrologije), raspoloživost termoelektrana, nezadovoljenje potrošnje kao posljedice nedovoljne izgrađenosti sustava i ostalih utjecajnih faktora, vezano za sigurnost opskrbe potrošača.

2. BAZA PODATAKA EES-a

Sustav programa za planiranje rada EES-a koristi se mnoštvom podataka. To su podaci o objektima sustava, tehničke karakteristike, topologije, podaci koji opisuju promjenljive veličine sustava, (potrošnja, dotoci voda, temperature) itd. Rezultat proračuna su opet neki podaci: stanja bazena, proizvodnje elektrana, troškovi itd. Za pohranu podataka u dosadašnjim su se verzijama programa koristile ASCII datoteke. Podaci su se u njih unosili pomoću programa editora, ili (eventualno) korištenjem ekranskih formi, posebno kreiranih u tu svrhu, a pomoću sistemskih rutina. Takav koncept ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Prednosti su: jednostavno kreiranje datoteka, jednostavne izmjene i pregled podataka, brzo čitanje i pisanje podataka. Nedostaci su: slabe mogućnosti osiguravanja podataka, slaba strukturiranost podataka, česte redundancije i uplitanje modela podataka u same programe, što svaku izmjenu pretvara u dugotrajan i mukotrpan posao. Baš ovaj posljednji nedostatak posebno dolazi do izražaja kod ovako velikih programa kao što je GEB. Odvajanje modela podataka od algoritama za njihovu obradu logično je rješenje, a njegova meterijalizacija je korištenje RDBMS-a kao alata koji korisniku omogućuje svekoliko baratanje podacima, kako interaktivno, tako i unutar programa.

2.1. Relacijski model podataka

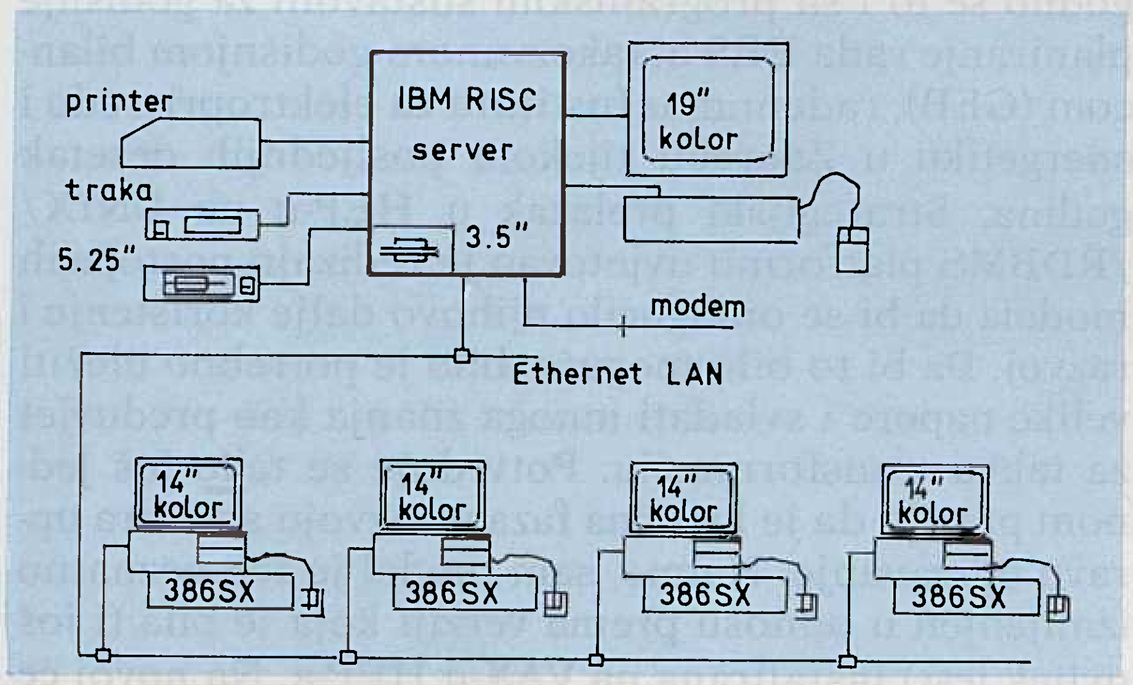
Relacijski model podataka je pristup kod kojeg se podaci strukturiraju u tablice u kojima je svaka kolona jedna vrsta podataka, a svaki redak jedan skup podataka (zapis, engl. »record«). Sljedeća je tablica primjer jedne takve strukture. U bazi podataka pohranjeni su, osim podataka i podaci o podacima, tzv. metapodaci. U ovom primjeru ti su metapodaci naziv tablice (elektrane), nazivi kolona (Broj, Ime, Snaga i Proizvodnja) i indeks tablice (ovdje bi to mogla biti kolona »Broj«). Svrha je indeksa da omogući jednoznačno definiranje zapisa. U ovom primjeru indeks će onemogućiti postojanje dva zapisa s istim podatkom za »Broj«.

Tablica: elektrane

Broj	Ime	Snaga	Proizvodnja
1	Sisak	200	2400
2	Plomin I	102	1500
3	Rijeka	150	2300

3. RAČUNALNA OPREMA

U ovom se poglavlju opisuje hardverska platforma (sl. 2.) na kojoj je opisani model implementiran. Programski sustav godišnje elektroenergetske bilance razvijan je u Instituti za elektroprivredu i energetiku u Zagrebu od 1984 godine, najprije na računalu PDP-11, a zatim na VAX-u, u programskom jeziku FORTRAN. Strategijska odluka o prelasku na novu tehnološku platformu, takozvane »otvorene« ili UNIX sustave, uvjetovala je redizajn programskog sustava GEB na novoj hardversko-softverskoj platformi.



Slika 2.

3.1. Radna stanica i periferija

Radna stanica je mjesto na kojem se implementira programski sustav GEB. To je IBM RISC/6000, model 530, s 32MB glavne memorije i 800MB diskovnog prostora. Radna stanica ima interni disketni pogon formata 3,5″ i eksterni 5,25″, kao i jedinicu magnetskih traka od 1/4″ kapaciteta 150MB (eng. cartridge). Na stanicu je priključen matrični pisač. Radna stanica ima ekran u boji s dijagonalom 19″, slovište i miša. Za buduću komunikaciju s udaljenim korisnicima postoji i V.32 modem.

3.2. Radni terminali

Kao radni terminali povezani s radnom stanicom putem Ethernet komunikacijske mreže služe ZENITH Z-386SX/20 računala, s 14″ kolor ravnim (»flat«) ekranom, slovištem i mišom. Računala imaju ugrađen 16bitni Ethernet-adapter (karticu).

3.3. Lokalna komunikacijska mreža

Lokalna komunikacijska mreža rabi ISO 8802/3 CSMA/CD komunikacijski standard s transferom podataka brzinom od 10 Mbps između radne stanice i terminala. Fizičko kabliranje izvedeno je na samom mjestu u Institutu.

4. PROGRAMSKA OPREMA

4.1. Operativni sustav

Operativni sustav je IBM AIX (IBM-ova varijanta UNIX-a), verzija 3. Temelji se na AT&T System V Release 3, s Bourne i Korn školjkama, i Berkeley Software Distribution (BSD) release 4.3, s C školjkom. Licencija je za 8 korisnika.

4.2. X Windows

Radna stanica i terminali koriste X Windows da bi se programi mogli distribuirano izvoditi s više umreženih terminala. X Windows omogućuju otvaranje više prozora i istovremen dostup k više aplikacija. Isto se tako jedna aplikacija može izvoditi s više terminala. Na radnoj stanici instaliran je AIX Windows Environment/6000 — grafičko korisničko sučelje, a na terminalima Vista-eXceed X Windows softver za osobna računala pod DOS operativnim sustavom. On konvertira osobna računala u X Windows umrežene terminale i omogućuje korisnicima istovremen pristup više aplikacija na UNIX radnoj stanici.

4.3. Programska oprema za razvoj aplikacija

U programsku opremu koja je korištena za razvoj aplikacija ubrajamo:

— vi, UNIX-ov standardni editor, koji ima velike mogućnosti, ali nije jednostavan za korištenje
— xlf, FORTRAN prevodilac (compiler)
— ar, program za upravljanje arhivom objektnih modula
— make, korisnički program za održavanje razvoja aplikacija
— xde, interaktivni X windows debugger (program za pronalaženje grešaka).

5. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE BAZOM PODATAKA

Na radnoj stanici instaliran je ORACLE sustav za upravljanje relacijskom bazom podataka (RDBMS — Relational Data Base Management System). On omogućuje transparentno sučelje među fizičkom pohranom i logičkom prezentacijom podataka. Funkcije koje su podržane su:

— definiranje baze
— činjenje upita na bazu
— dodavanje, brisanje i mijenjanje podataka
— mijenjanje strukture baze
— nadzor korisnikova pristupa podacima (sigurnost podataka)
— mrežnu komunikaciju
— eksport i import podataka
— arhiviranje podataka
— multi-tasking pristup
itd.

Osnovna je zadaća RDBMS-a zamijeniti postojeći pristup pohrani podataka u tzv. datoteke novim konceptom tzv. baze podataka. Korisnik može pristupiti

podacima samo pomoću RDBMS-a, ne brinući o tome gdje (na disku) i kako (u kojem formatu) su podaci smješteni.

Pri izradbi programskog sustava korišteni su ORACLE alati koji omogućuju izradu korisničkog sučelja koje krajnjem korisniku pruža mogućnost jednostavnog dostupa podacima, bez poznavanja naredbi SQL jezika za komunikaciju s bazom podataka. To su alati za:

a) Izradu izbornika (SQL*Menu)

Taj alat omogućuje jednostavno generiranje izbornika za upravljanje programima. Postoji mogućnost izbora ekranskih (full screen), linijskih (bar) i padajućih (pull-down) izbornika.

b) Izradu obrazaca za prikaz podataka (SQL*Forms)

Tim alatom olakšana je izradba ekranskih obrazaca za unos, izmjenu, brisanje i prikaz podataka. Obrasci omogućuju pregledan unos podataka po unaprijed definiranom formatu, s definiranim granicama dopuštenih vrijednosti, uz davanje naputaka (hint) korisniku, kao i mogućnost dobivanja iscrpne pomoći (help). Dodatno je moguće programiranje obrazaca na način da pojedini »događaji« (event) izazovu pokretanje programskih rutina kodiranih unutar obrazaca. Tako se, na primjer, podaci o tri dnevne temperature (mjerenja u 7, 14 i 21 sat) čuvaju u bazi podataka, dok je prosječna dnevna temperatura proračunom dobijena veličina koja se izračuna neposredno u obrascu za unos i prikaz podataka nakon što uslijedi »događaj« prikaza mjerenih veličina na ekran.

6. ISKUSTVA U KONVERZIJI S VAX/VMS-a NA AIX/RDBMS

Redizajn programa GEB s VAX/VMS-a na AIX/ /ORACLE platformu radili smo na sljedeći način:

1. Definirali smo ulazne i izlazne podatke za pojedine module i cijeli sustav planiranja GEB.
2. Na temelju tih definicija kreirali smo tablice (relacije) u bazi podataka.
3. Programe i datoteke kopirali smo pomoću komunikacijskog programa KERMIT s VAX-a na osobno računalo.
4. Snimili smo ih na diskete (3,5 ili 5,25″) i kopirali na RISC.
5. Očistili smo fortranske programe svih VAX specifičnosti i preveli ih xlf FORTRAN prevodiocem.
6. Načinili smo izvedivi modul i testirali ga na starim (ASCII) datotekama.
7. Locirali smo mjesta u programima gdje se čitaju i pišu podaci.
8. Zamijenili smo naredbe za upis i čitanje ASCII datoteka naredbama za upis i čitanje tablica u bazi podataka.
9. Programom pretprevodiocem (precompliler) preveli smo takve programe u fortranske programe.
10. Preveli smo fortranske programe u objektne module.
11. Načinili smo izvedivi modul povezivanjem objektnih modula i ORACLE bibliotečnih modula za vezu fortranskih programa i RDBMS-a.
12. Testirali smo i »debuggirali« program.

Jasno je da je u ovom slijedu radnji bilo mnogo teškoća. Istodobno smo morali svladavati i koristiti novi operativni sustav, editor, program prevodilac, debugger, generator formi, generator izbornika, jezik za komunikaciju s bazom i njegovo kombiniranje s FORTRAN-om. Posebna je teškoća prevladavanje procijepa između jednodimenzionalne koncepcije RDBMS-a i višedimenzionalnih polja u FORTRANU.

ZAKLJUČAK

Tehnološki napredak postavlja nužno zahtjeve takve naravi da je nužno postojeće modele formalno, ako već ne suštinski, prilagoditi novim standardima. Dogodilo se to i sa programskim sustavom za godišnje planiranje rada EES-a, takozvanom godišnjom bilancom (GEB), rađenom u Institutu za elektroprivredu i energetiku u Zagrebu tijekom posljednjih desetak godina. Strategijski prelazak u HEP-u na UNIX/ /RDBMS platformu uvjetovao je redizajn postojećih modela da bi se omogućilo njihovo dalje korištenje i razvoj. Da bi to bilo moguće, bilo je potrebno uložiti velike napore i svladati mnoga znanja kao preduvjet za takvu transformaciju. Potvrđuje se tako još jednom pravilo da je kritična faza u razvoju softvera upravo održavanje. Naime, sam model je tek neznatno izmijenjen u odnosu prema verziji koja je bila (i još uvijek jest) instalirana na VAX-u HEP-a. Na novoj će platformi programski sustav GEB biti lakši za korištenje i održavanje. Posebno se to odnosi na podatke koji su sada potpuno izdvojeni iz konteksta programa i mogu se potpuno neovisno koristiti. No, na obzoru su nove tehnologije koje će ponovno zahtijevati promišljanje postojećih rješenja, njihovo poboljšanje, ali i njihove radikalne izmjene. Iskustvo na ovom projektu olakšat će nam taj izazov budućnosti.

LITERATURA

[1] KLEPO, M., BRADARIĆ, M., ZELJKO, M., TOMAŠIĆ, D.: »Metoda za izradu elektroenergetske bilance — izrada operativnog programa za elektroničko računalo«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1988.

[2] KLEPO, M., BRADARIĆ, M., ZELJKO, M., TOMAŠIĆ, D.: »Metodološke osnove i programski paket godišnje elektroenergetske bilance«, XIX Savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije CIGRÉ, Bled, svibanj 1989.

[3] ... AIX XL FORTRAN Compiler/6000 Users guide

[4] ... REAL TIME CONTROL SYSTEM, Technical specification

NEW DESIGN OF PROGRAM PACKAGE FOR ELECTRIC ENERGY BALANCE ON UNIX/RDBMS PLATFORM

In the paper the experience of authors on redesign of the existing program package for the yearly electric power system operations planning is described. Untill now the system has been implemented on VAX/VMS computer, using ASCII files for data storage. The transition to a new hardware — software platform asked for the definition and creation of the data base and redesign of FORTRAN programing. The paper gives a short functional description of the programing system, as well as the description of new computer and programing tools, and the transformation method and the experience gained.

ÄNDERUNG DES PROGRAMMSYSTEMS FÜR DIE AUSARBEITUNG DER ELEKTROENERGETISCHEN BILANZ AUF DER UNIX/RDEMS PLATTFORM

In der Arbeit sind die Erfahrungen des Autors bezüglich des bestehenden Programmsystems für die Jahresarbeitsplanung des elektroenergetischen Systems beschrieben. Bisher war das System auf der VAX/VMS Maschinenausrüstung mit Benutzung der ASCII Datothek für die Datenspeicherung implementiert. Der Übergang zur neuen Hardwear — Softwear Plattform, verlangte eine Definierung und Kreation der Datenbasis und Änderung der FORTRAN — Programme. Der Artikel gibt eine kurze funktionelle Beschreibung des Programmsystems, sowie die Beschreibung der neuen Maschinen und Program — Beschreibung, sowie die Methode der Transformierung und erworbene Erfahrungen.

Naslov pisaca:

Mr. Davor Tomašić, dipl. ing.
Mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.
Mr. Mićo Klepo, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-20

MONTING ENERGETIKA d.d.

PODUZEĆE ZA IZGRADNJU, PROIZVODNJU OPREME I MONTAŽU ENERGETSKIH I INDUSTRIJSKIH OBJEKATA

ZAGREB, Kesterčanekova 1

☎ 041/23 56 44

VAŠ PARTNER U DOMOVINI I SVIJETU

PROIZVODNI POGON DUGO SELO: IZRADA ROTACIONIH ZAGRIJAČA ZRAKA

DJELATNOST

IZGRADNJA, MONTAŽA, REKONSTRUKCIJA, REMONT I ODRŽAVANJE:

— energetskih (termo, hidro i nuklearnih), naftnih, petrokemijskih, procesnih, metalurških i rudarskih objekata, te postrojenja za proizvodnju obojenih metala, elektro-opreme za energetske objekte, unutrašnjih i vanjskih razvoda svih medija, objekata ekologije, centralnog grijanja, klimatizacije i ventilacije, puštanje postrojenja u pogon i ispitivanje.

PROIZVODNJA:

— metalnih, građevnih i drugih konstrukcija, transportnih uređaja, mostova, spremnika, industrijskih hala, brodskog trupa, opreme za brodove i brodova za specijalne namjene, elektro-filtera, postrojenja za uštedu energije, te ostalih postrojenja iz ekologije i zaštite čovjekove okoline, predsušionica i sušara za drvo različitih tipova i za različite režime rada.

Istraživačko-razvojne usluge u funkciji uvođenja i primjene novih energenata.

Osposobljavanje radnika, prijenos znanja i iskustava i organiziranje proizvodnje.

TRGOVINA:

Trgovina na veliko neprehrambenim proizvodima.

Telefoni:

Centrala	041/217-700
Generalni direktor	235-644
Komercijalni sektor	235-270
Tehnički sektor	233-880
Financijski sektor	234-007
Kadrovski sektor	233-878
Telex	21473 rh mont
Telefax	235-560

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE U MALIM HIDROELEKTRANAMA

Mr. Slavko Alerić — Marijan Magdić, Zagreb

UDK 621.311.21:338.52
STRUČNI ČLANAK

Opisuje se postupak i proračunava otkupna cijena električne energije u malim hidroelektranama s dva stajališta: doprinosa male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu i sa stajališta investitora (vlasnika) male hidroelektrane.

Ključne riječi: mala hidroelektrana, doprinos male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu, cijena električne energije u malim hidroelektranama.

UVOD

Definirati malu hidroelektranu ima relativno značenje, a ovisi o veličini postojećih elektrana u elektroenergetskom sustavu, kao i o veličini elektrana koje se namjeravaju graditi. Bez obzira na tu poteškoću, sama riječ male hidroelektrane asocira na marginalno značenje ove vrste elektrana u elektroenergetskom sustavu. Stoga se može zaključiti da elektroprivreda nije zainteresirana, kao vlasnik, za njihovu izgradnju, ali je zainteresirana za njihovu proizvodnju. U takvom odnosu odmah se postavlja pitanje otkupne cijene električne energije u malim hidroelektranama.

U nastavku se iznosi postupak proračuna otkupne cijene u malim hidroelektranama sa stajališta njihova doprinosa elektroenergetskom sustavu. Za tu svrhu odabrano je 10 malih hidroelektrana iz publikacije »Male hidroelektrane« (HEP 1992.). U drugom dijelu izračunate su cijene električne energije u malim hidroelektrana sa stajališta investitora (vlasnika) male hidroelektrane.

1. DEFINICIJA MALE HIDROELEKTRANE

Povijesni razvoj iskorištavanja vodnih snaga počinje s izgradnjom malih hidroelektrana. Male hidroelektrane gradile su se na prikladnim topografsko-geografskim mjestima u blizini mjesta potrošnje električne energije. One su proizvodile električnu energiju za male industrijske pogone, pilane i druge korisnike. Prema tome gdje su građene različito su nazivane, a i snaga im je bila različita. U svijetu postoji nekoliko termina za male hidroelektrane od kojih se navode tri:

— male hidroelektrane
— mini hidroelektrane
— mikro hidroelektrane.

Dakako, klasifikacija je učinjena na temelju snage. Isto tako i pojam male hidroelektrane diljem svijeta je različit. U Rusiji hidroelektrane s maksimalnom snagom do 2 500 kW zovu seoskima. U Americi i Japanu malima zovu one sa snagom do 10 000 kW. U Kanadi ih nazivaju mini i mikro elektrane sa snagom do 5 000 kW i padom do 600 metara, a u Francuskoj nazivaju mikro hidroelektranama one sa snagom do 2000 kW. U Hrvatskoj postoji oko 700 lokacija za male hidroelektrane. Kada bi se sve izgradile, mogla bi se ostvariti snaga odpribližno 180 MW s godišnjom proizvodnjom 570 GWh. One se u Hrvatskoj jednostavno zovu male hidroelektrane, a granične su snage od 100 kW do 5 000 kW.

2. MODEL VREDNOVANJA HIDROELEKTRANA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

2.1. Metodološki pristup

Valorizacija nekog elektroenergetskog objekta ili njegovih varijantnih rješenja zahtijeva temeljitu, korektnu i dugotrajnu pripremu podloga odnosno ulaznih podataka. U osnovi se takav rad može podijeliti na tri faze:

— određivanje energetskog doprinosa promatranog objekta ili njegovih varijantnih rješenja
— određivanje doprinosa tog objekta u elektroenergetskom sustavu
— energetsko-ekonomska analiza razmatranih varijantnih rješenja s izborom najpovoljnije.

Pod energetskim doprinosom ovdje se zapravo razumijeva moguća proizvodnja električne energije promatranog hidroenergetskog objekta. Moguća proizvodnja proračunava se uz uvažavanje svih relevantnih faktora te specifičnosti i ograničenja koja se postavljaju na taj objekt. Kroz moguću proizvodnju zapravo se stječe dojam o izdašnosti vodotoka i veličini objekta. Budući da ona u energetsko-ekonomskoj

analizi figurira kao jedan od glavnih faktora, treba dobro pripaziti da se korektno i obradi.

Razvoj računarske i elektroenergetske znanosti i upotreba suvremenih računala omogućili su kvalitetno i brzo određivanje moguće proizvodnje hidroelektrana. U posljednje vrijeme hidroelektrana nije samo elektroenergetski objekt za proizvodnju električne energije, već se njezinom izgradnjom ostvaruju i drugi učinci.

Hidroelektrane koje se danas grade ili se planira njihova izgradnja uglavnom su višenamjenskog karaktera. Osim proizvodnje električne energije, izgradnjom hidroelektrane, odnosno hidroenergetskog objekta, postižu se i drugi učinci, npr. obrana od poplava urbanih sredina i poljoprivrednih površina, natapanje, ribogojstvo, turizam i rekreacija, zaštita rijeke od erozije, opskrba pitkom vodom itd.

Nakon određene (izračunate) moguće proizvodnje hidroelektrane određuje se njezin doprinos u elektroenergetskom sustavu (elektroenergetske bilance). Doprinosi u elektroenergetskom sustavu nakon toga se energetsko-ekonomski valoriziraju i bira se najpovoljnije rješenje.

Zato je valorizaciju energetskog doprinosa svake elektrane moguće provesti isključivo kompleksnom analizom zadovoljenja predviđene potrošnje električne energije, uzimajući pri tome u obzir sve specifičnosti sustava, počevši od karakteristika potrošnje, pa do karakteristika postrojenja, njihove raspoloživosti, raspoloživosti energetskog resursa. U elektroenergetskim sustavima s većim udjelom proizvodnje hidroelektrana u ukupnom zadovoljenju potreba, raspoloživost hidroenergije, neizvjesnost pojave dotoka u iznosu i vremenskoj dinamici posebno čine problem planiranja razvoja sustava složenim, a prema tome i valorizaciju energetskog doprinosa takvih postrojenja izuzetno kompleksnim zadatkom. U modelu za analizu prilika u elektroenergetskom sustavu treba simulirati rad svakog postrojenja (npr. crpno-akumulacijskog postrojenja s vlastitim dotokom u gornji akumulacijski bazen), što zahtijeva detaljniju obradu u modelu svakog tipa postrojenja uz poštivanje svih specifičnosti koje proizlaze iz same izvedbe postrojenja ili karakteristika dotoka.

Metoda koja se upotrebljava za valorizaciju energetskog doprinosa hidroelektrana koristi se već više godina u svim analizama razvoja elektroenergetskog sustava. Ona se temelji na vrlo iscrpnoj analizi prilika u sustavu, pri čemu se neizvjesnost hidrologije obuhvaća putem simuliranja velikog broja hidroloških prilika.

U osnovi se valorizacija energetskog doprinosa elektrana svodi na valorizaciju doprinosa kroz snagu i energiju koju neka elektrana može proizvesti. Energetski doprinos u snazi jedne hidroelektrane, zbog neizvjesnosti hidrologije (nepovoljne hidrologije u kritičnom razdoblju sustava), može biti znatno manji nego što je instalirana snaga hidroelektrana, što svakako smanjuje povoljnost promatrane hidroelektrane u odnosu na neka druga elektroenergetska postrojenja. Jednako tako, iskorištena proizvodnja hidroelektrane, zbog strukture proizvodnje ostalih elektrana u sustavu, može također biti manja od očekivane proizvodnje. Ekonomska valorizacija elektrana provodi se metodom aktualizacije svih troškova koji se pojavljuju kroz razdoblje izgradnje i eksploatacije elektrane, usporedbom s alternativnim rješenjem koje može u potpunosti energetski zamijeniti promatranu elektranu.

Općenito se funkcija cilja (troškova) može napisati:

$$FC = C' + C'_g + C'' + C''' + C'_p \qquad (2.1)$$

gdje su:

- C' — troškovi izgradnje (investicije) novih elektrana
- C'_g — stalni godišnji troškovi novih elektrana bez kamata i bez amortizacije
- C'' — troškovi proizvodnje ili troškovi za gorivo u svim termoelektranama (za hidroelektrane se pretpostavlja da su troškovi proizvodnje jednaki nuli)
- C''' — troškovi neisporučene energije potrošačima, koji se mogu promatrati kao penali koje elektroprivreda mora plaćati potrošačima zbog neispunjavanja obveza ili kao štete koje nastaju u privredi zbog redukcije isporuke električne energije
- C'_p — preostala vrijednost postrojenja ili neamortizirana vrijednost postrojenja nakon posljednje godine razdoblja planiranja, odnosno promatranja.

Proračun energetsko-ekonomske vrijednosti uključuje usporedbu funkcije troškova za slučaj izgradnje elektroenergetskog sustava s promatranom elektranom FC (PE) ili s ekvivalentnom termoelektranom FC (EE) (indeks »PE« odnosi se na promatranu novu elektranu, a »EE« na ekvivalentnu ili alternativnu elektranu).

Funkcija troškova ili funkcija cilja za varijantu izgradnje sustava s promatranom elektranom ima oblik

$$FC|\,\mathrm{PE}\,| = C'|\,\mathrm{PE} + C'_g|\,\mathrm{PE}\,| + C'_p|\,\mathrm{PE}\,|, \qquad (2.2)$$

a za varijantu s ekvivalentnom (alternativnom) elektranom:

$$FC|\,\mathrm{EE}\,| = C'|\,\mathrm{EE}\,| + C'_g|\,\mathrm{EE}\,| + C'' + C''' - C'_p|\,\mathrm{EE}\,|,$$

gdje je:

- $C' = C''\,|\mathrm{EE}| - C''\,|\mathrm{PE}|$ — razlika troškova proizvodnje termoelektrana
- $C''' = C'''|\mathrm{EE}| - C'''|\mathrm{PE}|$ — razlika u troškovima zbog redukcije.

Omjerom funkcija troškova ekvivalentne elektrane i promatrane elektrane dobije se relativna energetsko-ekonomska vrijednost elektrana:

$$REEV = \frac{FC\,|\mathrm{EE}|}{FC\,|\mathrm{PE}|}. \qquad (2.3)$$

Prema vrijednosti »*REEV*« može se ocijeniti povoljnost izgradnje promatrane elektrane ili varijantnog rješenja za elektroenergetski sustav u odnosu na ekvivalentnu elektranu. Veća vrijednost od 1 daje pred-

nost promatranoj elektrani, a manja ekvivalentnoj elektrani.

Relativna energetsko-ekonomska vrijednost također se proračunava i na osnovi prosječnih godišnjih troškova.

Omjer između energetsko-ekonomske vrijednosti promatrane elektrane — izražene uštedom u elektroenergetskom sustavu ako promatrana elektrana zamjenjuje alternativno rješenje (koja se sastoji od ušteda u stalnim troškovima za smanjenu snagu u alternativnom rješenju, ušteda u troškovima goriva i šteta redukcija) i stalnih troškova koje u elektroenergetskom sustavu prouzrokuje promatrana elektrana predstavlja relativnu energetsko-ekonomsku vrijednost.

$$REEV = \frac{BT \cdot PT \cdot Q_{TE} + TG + TR}{T_{STHE}}, \qquad (2.4)$$

gdje je:

- BT — specifična investicija termoelektrane, odnosno alternativnog rješenja (10^6 HRD/MW)
- PT — snaga termoelektrane koju ne treba graditi ako se gradi promatrana hidroelektrana (MW)
- Q_{TE} — troškovna kvota termoelektrane (%/100)
- TG — uštede na troškovima goriva u termoelektranama (10^6 HRD)
- TR — štete zbog redukcija (10^6 HRD)
- T_{STHE} — stalni troškovi promatrane hidroelektrane ($I_{HE} \cdot Q_{HE}$) (10^6 HRD)
- I_{HE} — troškovi izgradnje (investicije) nove hidroelektrane (10^6 HRD)
- Q_{HE} — troškovna kvota za hidroelektrane (%/1000).

2.2. Metoda dugoročnih marginalnih troškova

2.2.1. *Opće*

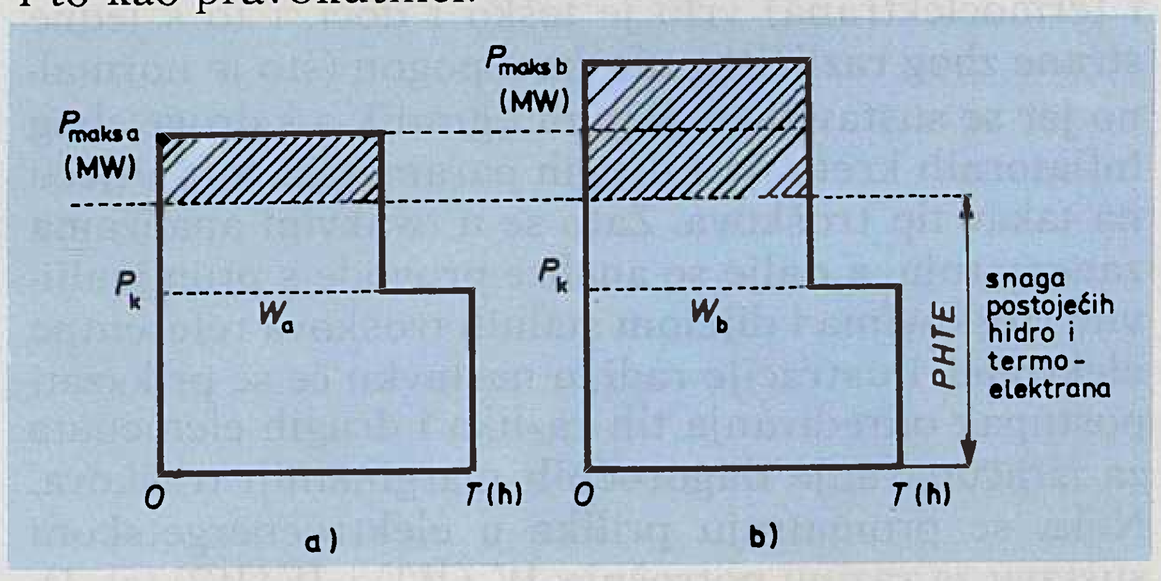
Dugoročni marginalni troškovi (Long-range marginal costs LRMC) ili granični troškovi jedan su od najvažnijih pojmova u ekonomiji (P.A. Samuelson & W. Nordhaus; EKONOMIJA, četrnaesto izdanje . . . . . .). Prema definiciji, granični troškovi označavaju dodatne troškove proizvodnje jedne dodatne jedinice proizvoda. Ili, granični troškovi proizvodnje jesu povećanje ukupnih troškova uvjetovano proizvodnjom dodatne jedinice proizvoda. Na upravo izrečenim načelima u nastavku će se implementirati (aplicirati) metoda dugoročnih marginalnih troškova u elektroenergetici.

2.2.2. *Kratak opis metode dugoročnih marginalnih troškova u elektroenergetici*

Metoda dugoročnih marginalnih troškova u elektroenergetici mogla bi se definirati na sljedeći način: koliko je potrebno uložiti dodatnih sredstava za dodatnu proizvodnju električne energije (potrošnju električne energije). U ovoj definiciji izjednačava se proizvodnja s potrošnjom električne energije. Naime, stvarnost je upravo takva i jedna od specifičnosti elektroenergetskog sustava je upravo postojanje ravnoteže (u svakom trenutku) između proizvodnje i potrošnje električne energije. Ta istovremenost proizvodnje i potrošnje električne energije za elektroenergetski sustav odnosno za planere izgradnje, a pogotovo za ljude u ekploataciji, najteži je zadatak. U točki 2.1. spomenuta je metoda simulacije. Ona je zapravo neizbježna u elektroenergetici. Njome se simuliraju prilike u elektroenergetskom sustavu. Pomoću programskih paketa izrađenih za te svrhe moguće je odrediti različite scenarije kako razvoja tako i drugih analiza elektroenergetskog sustava. U osnovi metoda simulacije se svodi na različite pretpostavke razvoja ili izgradnje elektroenergetskog sustava. Na konkretnom primjeru u nastavku će se to najbolje razjasniti, a ovdje će se spomenuti samo to da npr. razlika između dvije alternative razvoja (dvije pretpostavke) daju dovoljno podataka i podloga za dalju analizu.

2.2.3. *Konkretna primjena metode dugoročnih marginalnih troškova u elektroenergetici*

U dosadašnjoj praksi i djelatnosti Instituta za elektroprivredu u dugoročnim analizama razvoja elektroenergetskog sustava moglo bi se reći da je bila, uz mnoge druge, prisutna i metoda dugoročnih marginalnih troškova, samo što se nije posebno naglašavala. Naime, jedino u radovima-studijama koje su analizirale i promatrale tarifni sustav izričito je spominjana metoda marginalnih troškova. Takvih studija u posljednjih petnaestak godina izrađeno je nekoliko, a tarifni sustav za obračun električne energije koji je na snazi počiva na njezinim načelima i rezultatima. Dakle, pretpostavimo da su zadane dvije razine konzuma ili potrošnje električne energije koje se očekuju u budućim godinama. Radi ilustracije i boljeg razumijevanja te su potrošnje prikazane na sl. 1, i to kao pravokutnici.



Slika 1.

Pretpostavljeno je također (vidljivo sa slike) da je konstantni dio isti u oba slučaja, što nije uvjet, i to sigurno nije tako u praksi (jedino se slučajno može dogoditi da su iste potrebe za konstantnom snagom i energijom za dvije različite razine konzuma). Međutim, to je u ovome slučaju, za razjašnjenje postupka, irelevantno. Na apscisi je vrijeme koje može biti sat, dan, tjedan, mjesec ili godina, ovisno o tome za koju svrhu se analiza radi i kakva se točnost želi postići. Na ordinati je maksimalno opterećenje.

Površine W_a i W_b predstavljaju u određenom mjerilu potrošnju električne energije. Učine li se razlike $\square W = W_b - W_a$ i $\square P = P_{maxb} - P_{maxa}$, dobit će se dodatne vrijednosti za energiju i snagu. One se još zovu i marginalne potrošnje. Izvedu li se elektroenergetske bilance za razinu potrošnje W_a i W_b, i učine razlike između rezultata koji se odnose

— na potrebnu izgradnju
— troškove goriva i
— štete redukcije

dobit će se parametri (vrijednosti) koji su potrebni za zadovoljenje potrošnje $\square W$. Naime, pri proračunu prilika u elektroenergetskom sustavu za slučaj potrošnje električne energije W_a (sl. 1.a) potrebno je angažirati postojeće hidroelektrane, postojeće termoelektrane i da bi sustav sveli na istu razinu sigurnosti opskrbe potrošača i jednu dopunsku, dodatnu ili referentnu termoelektranu. (Princip bilanciranja metodološki je tako postavljen da se najprije angažiraju protočne hidroelektrane — temeljni dio dijagrama opterećenja — zatim tehnički minimum termoelektrana po rastućim troškovima goriva, varijabilni dio termoelektrana te na vrh dijagrama opterećenja akumulacijske hidroelektrane i tzv. interventne termoelektrane). Budući da su u oba slučaja (sl. 1.a i b) angažirane iste hidroelektrane i termoelektrane samo za potrošnju W_b veći iznos dopunske termoelektrane, moguće je primijeniti teoriju marginalnih troškova u ovakvim analizama.

Prema definiciji (toč. 2.2.1) dugoročnih marginalnih troškova, potrebno je uzeti u obzir dodatne troškove za povećanje jedinice proizvoda, ili povećanje ukupnih (stalni i promjenljivi) troškova za dodatne jedinice proizvoda. U našem slučaju, budući da simuliramo prilike u elektroenergetskom sustavu te činimo razliku između tako dva provedena proračuna, stalni troškovi postojećih hidroelektrana i termoelektrana poništavaju se. Zapravo, do korektnih i objektivnih stalnih troškova postojećih objekata (hidroelektrana i termoelektrana) vrlo je teško i doći, i to s jedne strane zbog različitog ulaska u pogon (što je normalno jer se sustav tako planira i gradi), a s druge zbog inflatornih kretanja i drugih parametara koji utječu na takav tip troškova. Zato se u ovakvim analizama zanemaruju, a dalje se analize provode s promjenljivim troškovima i dijelom stalnih troškova referentne elektrane. Ilustracije radi, u nastavku će se prikazati postupak određivanja tih razlika i drugih elemenata za izračunavanje dugoročnih marginalnih troškova. Neka se promatraju prilike u elektroenergetskom sustavu za razinu potrošnje W_a ($W1$) i W_b($W2$) (sl. 1), odnosno neka se te potrošnje pojavljuju u dvije sukcesivne godine N1 i N2. Rezultati elektroenergetskih bilanci mogu se prikazati kao:

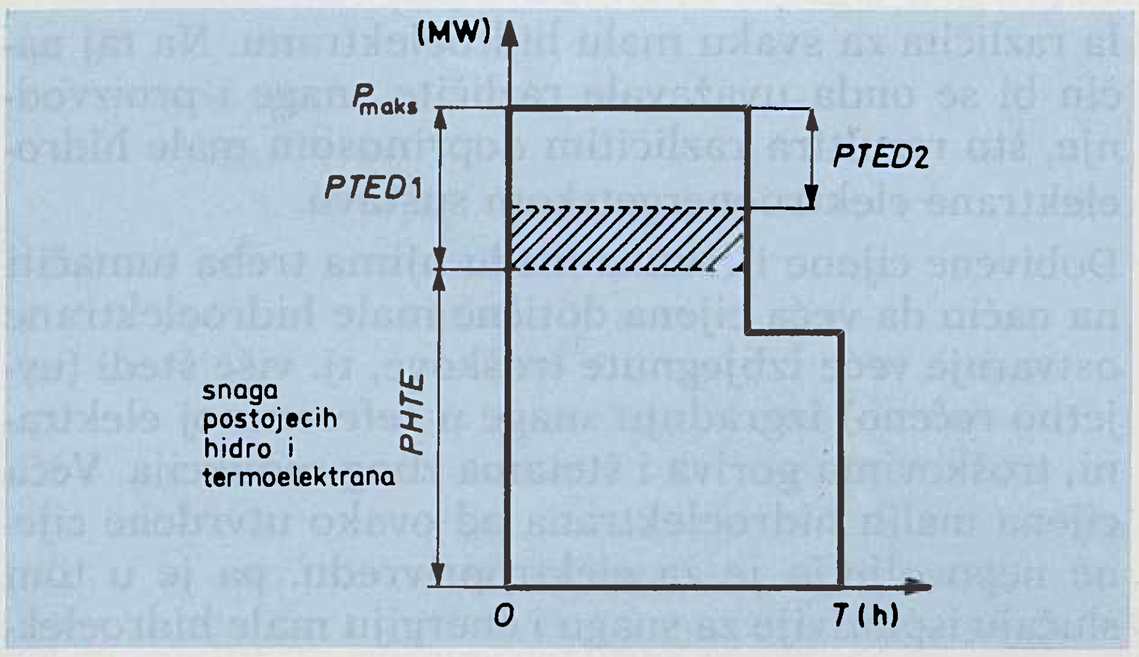
Godina	N1 1	N2 2	razlike 2 – 1
1. razina potrošnje (GWh)	$W1$	$W2$	>0
2. proizvodnja postojećih HE (GWh)	$WHEP1$	$WHEP2$	$\approx$
3. proizvodnja novih HE (GWh)	—	$WHEN$	>0
4. proizvodnja postojećih TE (GWh)	$WTEP1$	$WTEP2$	$\approx$
5. proizvodnja dop. TE (GWh)	$WTED1$	$WTED2$	>0
6. potrebna izgradnja TE (MW)	$PTE1$	$PTE2$	>0
7. troškovi goriva u TE (10^6HRD)	$TG1$	$TG2$	>0
8. štete redukcije (10^6HRD)	$SR1$	$SR2$	$\approx$

U gornjoj tablici, kako se vidi, nisu navedeni brojčani iznosi (navest će se kasnije) već općeniti simboli koji reprezentiraju pojedine vrijednosti elektroenergetskih bilanci. U koloni 1. razlika $W2$-$W1$ je pozitivna jer je logično da je potrošnja električne energije veća u sljedećoj nego u prošloj godini.

Kolona 2, proizvodnja postojećih hidroelektrana, ostaje ista, odnosno, iskoristiva proizvodnja postojećih hidroelektrana trebala bi otprilike ostati ista. Razlike (ne velike) mogu nastati zbog strukture elektrana karakteristika potrošnje, tehničkog minimuma termoelektrana, preljeva itd. U našem slučaju razmatra se uklapanje nove hidroelektrane u elektroenergetski sustav. Zato u koloni 3. i godini N1 nema proizvodnje novih hidroelektrana. Modelom za vrednovanje hidroelektrana moguće je vrednovati i termoelektrane u elektroenergetskom sustavu. Ono što je rečeno za proizvodnju postojećih hidroelektrana vrijedi i za proizvodnju postojećih termoelektrana. Istina, promjene u proizvodnji postojećih i hidroelektrana i termoelektrana mogu biti i izraženije, no za razjašnjenje pristupa u ovome trenutku to se može zanemariti.

Kolona 5. prikazuje proizvodnju dopunske elektrane. Svakako je njezina proizvodnja veća za razinu potrošnje $W2$ nego za razinu $W1$ (vidjeti sl. 1). Isto tako, potrebna snaga iz termoelektrana za zadovoljenje potrošnje električne energije veća je za slučaj $W2$ nego $W1$ (sl. 1). Kolone 6. i 7. su uzročno povezane. Prema tome i troškovi goriva termoelektrana veći su za veću razinu potrošnje nego za manju razinu. Štete zbog redukcije (kolona 8) mogu biti i veće i manje, ali ako nije riječ o uklapanju većeg hidroenergetskog objekta mogu se uzeti približno iste. Evo, u kratkim crtama naveden je postupak određivanja polaznih energetskih parametara za dugoročne marginalne troškove. Dakako, sve energetske efekte treba pomoću određenih koeficijenata i parametara pretvoriti u novčane vrijednosti, te s njima nastaviti dalje ekonomske analize.

U prethodnom razmatranju prikazan je postupak za različiti iznos potrošnje električne energije. Isti takav proračun, ako se novi objekat uklapa u EES, moguće je provesti i za istu razinu potrošnje električne energije. Na sl. 2. figurativno je prikazan dijagram opterećenja za neku određenu vremensku jedinicu. Snaga postojećih hidroelektrana i termoelektrana ne može zadovoljiti pretpostavljeni dijagram opterećenja. Zato je, da bi potrošači bili opskrbljeni potrebno angažirati dopunsku ili referentnu termoelektranu PTED1. U ovome slučaju je pretpostavljeno da se potrošači opskrbljuju 100 % (što u miješanom hidro-termo sustavu nije energetsko-ekonomski opravdano).



Slika 2.

Nakon uklapanja novog elektroenergetskog objekta (hidroelektrane ili termoelektrane — iscrtkani dio na sl. 2) potrebna snaga iz dopunske termoelektrane PTED2 je, dakako, manja nego u prethodnom slučaju energetsko-ekonomski efekti, odnosno logika proračuna je ista kao i u prethodnom objašnjenu, pa će se u četvrtom dijelu pokazati na praktičnom primjeru s konkretnim podacima i vrijednostima. Kad je izvedena elektroenergetska bilanca i kad su dobiveni izlazni energetsko-ekonomski rezultati, može se pristupiti i ekonomskoj valorizaciji poduzetog zahvata. Elektroenergetske bilance izvode se za neke presječne (karakteristične) godine, dok se ekonomska analiza provodi za vijek trajanja objekta 25, 30 ili 50 godina. Energetsko-ekonomski rezultati elektroenergetskih bilanci interpoliraju se među presječnim godinama, a od posljednje presječne godine do kraja promatranja analize energetsko-ekonomski podaci se ekstrapoliraju. Sve koristi i svi troškovi koji se pojavljuju svode se na jednu referentnu godinu uz dogovorenu diskontnu stopu. Diskontiranjem i usporedbom različitih promatranih varijanti razvoja sustava moguće je odabrati najpovoljniju.

2.3. Rezultati elektroenergetskih bilanci

Za utvrđivanje učinaka neke elektrane u elektroenergetskom sustavu, kako je već rečeno, izvode se elektroenergetske bilance metodom konstantne i varijabilne snage i energije sa i bez promatrane elektrane tijekom duljeg razdoblja — poželjno za vijek trajanja. Elektroenergetska bilanca bez promatrane (nove) elektrane, tj. polazno stanje elektroenergetskog sustava, izvodi se s postojećim (i elektranama u izgradnji) elektranama, a manjak snage i energije nadoknađuje se iz tzv. referentne elektrane. Dopunska elektrana mora biti realna elektrana s mogućnošću izgradnje više takvih elektrana i dovoljno istražena i projektirana da se može pouzdano računati s njezinim tehničkim, energetskim i ekonomskim karakteristikama.

U elektroenergetski sustav uključuju se pojedinačno nove elektrane, koje ovisno o svojim karakteristikama, zamjenjuju većim ili manjim dijelom učinak dopunske elektrane. Upravo ta zamjena pretvorena u godišnje troškove, predstavlja energetsko-ekonomsku vrijednost promatrane elektrane, koja se sastoji od:

— ušteda na izgradnji — snazi, koju promatrana elektrana zamjenjuje u dopunskoj. Ako je riječ o hidroelektrani, to je snaga koja je redovito manja od instalirane (utjecaj hidrologije), a ako je riječ o termoelektrani ili nuklearnoj elektrani jednaka, to je veća ili manja snaga od instalirane, već prema tome je li veća ili manja jedinična snaga (utjecaj raspoloživosti, remonta, rotirajuće i hladne rezerve). Prema tome, snaga koju zamijeni promatrana elektrana u dopunskoj, predstavlja uštedu u snazi, koja umnožena sa specifičnom investicijom (HRD/MW) i troškovnom kvotom dopunske, daje godišnje troškove, za koliko se smanjuju stalni godišnji troškovi, i to je prvi element energetsko-ekonomske vrijednosti promatrane elektrane
— drugi element se dobije iz razlike godišnjih troškova za gorivo, što je kod hidroelektrana i nuklearnih elektrana uvijek ušteda, dok je kod termoelektrana na ugljen ušteda ako je cijena goriva manja od cijene goriva u dopunskoj i obratno i
— treći element se dobije iz razlike u štetama zbog redukcija. Naime, izgradnja elektroenergetskog sustava za 100 % sigurnost opskrbe potrošača ne može se ekonomski opravdati. Zbog toga je prihvaćeno da treba dopustiti mogućnost da nekada dođe i do redukcija, što je učinjeno na način da se određuje potrebna izgradnja koja s 95 % vjerojatnošću osigurava potrošnju. Zbog različitih karakteristika elektrana različite su i štete zbog redukcija, koje, u odnosu prema dopunskoj mogu biti veće (–) ili manje (+).

Suma tih triju elemenata daje energetsko-ekonomsku vrijednost promatrane elektrane. S druge strane, promatrana elektrana povećava troškove u elektroenergetskom sustavu. Omjer tih dviju veličina za promatranu elektranu daje relativnu energetsko-ekonomsku vrijednost (reev), koja pokazuje da je promatrana elektrana bolja od alternativnog rješenja ako je reev veća od jedinice, i obratno.

Na isti način dobije se i reev na bazi aktualiziranih troškova i investicija, s time da se godišnji troškovi umanje za troškove kapitala i amortizaciju (dakle, računa se samo s pogonskim troškovima), jer se svode na sadašnju vrijednost (aktualiziraju) svi novčani izdaci kako vremenski nastaju, tj. investicije po dinamici ulaganja i pogonski godišnji troškovi po godinama kako nastaju.

3. ENERGETSKO-EKONOMSKA ANALIZA NEKIH MALIH HIDROELEKTRANA

3.1. Opće

Energetsko-ekonomska analiza nekih malih hidroelektrana poslužit će kao podloga za utvrđivanje cijene električne energije prema kojima bi elektroprivreda otkupljivala njihovu električnu energiju. U okviru ove analize, male hidroelektrane će se za svrhu utvrđivanja cijene analizirati s tri stajališta:

— doprinosa elektroenergetskom sustavu
— naponske razine priključka na mrežu
— gospodarenja energijom (energy management).

3.2. Proračun doprinosa male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu

Proračun doprinosa malih hidroelektrana elektroenergetskom sustavu proveden je za razinu potrošnje od 15 837 GWh i maks. opterećenja 2 630 MW. Računato je s izgrađenim hidroelektranama i termoelektranama na području R Hrvatske i s dijelom NE Krško. Osim toga, za energetsko-ekonomsku valorizaciju kao referentna termoelektrana uzeta je TE na uvozni ugljen.

Sve cijene, investicije i troškovi su na razini od **1.1.1993.** kada je tečaj njemačke marke bio **1 DEM = 495 HRD** i američkog dolara **1 USD = 798,93 HRD.**

3.3. Otkupna cijena električne energije iz malih hidroelektrana (marginalni specifični troškovi malih hidroelektrana)

Na temelju prethodnih točaka (metoda i podaci o sustavu i malim HE) proračunati su ukupni izbjegnuti troškovi, koji se još nazivaju i uštede iz razloga što se uključivanjem male hidroelektrane u elektroenergetski sustav smanjuje potrebna snaga u referentnoj elektrani s jedne strane, a s druge strane smanjuju se troškovi goriva i štete zbog redukcija. Dakle, sa stajališta elektroprivrede energetski i troškovni ekvivalent je preuzeti snagu i proizvodnju iz male hidroelektrane ili tu snagu i proizvodnju proizvesti u referentnoj elektrani.

Ako se ukupni izbjegnuti troškovi podijele količinom proizvodnje male hidroelektrane, što je učinjeno u sljedećoj tablici, dobivaju se tkz. specifični marginalni troškovi, koji u ovom slučaju predstavljaju otkupnu cijenu električne energije malih hidroelektrana.

Otkupna cijena električne energije iz malih hidroelektrana

cts/kWh

Naknada za uložena sredstva (%)	8		10		12		15	
Troškovna kvota bruto/neto (%)	14,4	18,0	16,6	21,2	18,8	24,8	22,8	30,8
HE Bregana 4	4,16	4,45	3,34	4,71	4,52	5,01	4,84	5,50
HE Čabranka 4	3,27	3,74	3,56	4,16	3,85	4,63	4,37	5,42
HE Čabranka 10	4,79	5,62	5,30	6,35	5,80	7,18	6,72	8,56
HE Krupa 3	6,05	7,18	6,74	8,17	7,43	9,30	8,67	11,17
HE Krupa 5	6,06	7,18	6,74	8,17	7,43	9,29	8,67	11,15
HE Kupica 1	5,59	6,53	6,16	7,38	6,74	8,32	7,80	9,90
HE Kupica 2	4,68	5,51	5,18	6,25	5,69	7,08	6,62	8,46
HE Ljuta	5,66	6,77	6,34	7,76	7,02	8,87	8,25	10,72
HE Orljava 8	3,73	4,22	4,03	4,65	4,33	5,13	4,86	5,94
HE Žrnovnica 3	2,82	3,12	3,01	3,39	3,19	3,69	3,52	4,18

Vidljivo je da su specifični marginalni troškovi, ili otkupna cijena električne energije, različiti, što je rezultat različitih energetsko-ekonomskih osobitosti analiziranih malih hidroelektrana. To drugim riječima znači da bi otkupna cijena električne energije bila različita za svaku malu hidroelektranu. Na taj način bi se onda uvažavale različite snage i proizvodnje, što rezultira različitim doprinosom male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu.

Dobivene cijene i razlika među njima treba tumačiti na način da veća cijena dotične male hidroelektrane ostvaruje veće izbjegnute troškove, tj. više štedi (uvjetno rečeno) izgradnju snage u referentnoj elektrani, troškovima goriva i štetama zbog redukcija. Veća cijena malih hidroelektrana od ovako utvrđene cijene nepovoljnija je za elektroprivredu, pa je u tom slučaju isplativije za snagu i energiju male hidroelektrane angažirati referentnu elektranu. Dakle, proračunate cijene su granične cijene kod kojih je elektroprivredi svejedno glede troškova i energije nabavlja li se električna energija iz male hidroelektrane, ili iz referentne elektrane.

Isto tako je vidljivo da veće naknade za uložena sredstva uzrokuju i veće cijene, što je i logično. Varijantno izabrane naknade za uložena sredstva imala su za cilj prikaz kretanja cijene u odnosu prema veličini naknade. Za dalje zaključivanje i utvrđivanje cijene smatramo da je potrebno uzeti u razmatranje varijantu cijene sa 10 % naknade za uložena sredstva, i to zato što smatramo da je to realna cijena uloženih sredstava.

S obzirom na moguće različite cijene iz pojedine male hidroelektrane postavlja se pitanje treba li i u praksi primjenjivati diferencirane cijene za svaku malu hidroelektranu, koja je razultat njezina različitog doprinosa elektroenergetskom sustavu, ili utvrditi jednu jedinstvenu cijenu. Jedno i drugo rješenje ima prednosti i nedostatke.

Određivanje pojedinačne cijene za svaku malu hidroelektranu znači pojedinačno utvrđivati doprinos male hidroelektrane u elektroenergetskom sustavu, što dalje znači pojedinačno dogovaranje cijene. S obzirom na marginalno značenje energije u odnosu prema ukupnoj potrošnji električne energije (ako bi se izgradilo svih 700 predviđenih malih hidroelektrana, energija iz malih hidroelektrana iznosi oko 3 % današnje potrošnje električne energije u Hrvatskoj), a neke male hidroelektrane s obzirom na malu snagu imaju u tom dijelu zanemariv doprinos elektroenergetskom sustavu. Osim toga diferencirane cijene mogle bi negativno utjecati na zainteresiranost potencijalnih investitora malih hidroelektrana. Sve to upućuje da bi trebalo, zbog pragmatičnih razloga (jednostavnost izgradnje i priključivanje malih hidroelektrana u elektroenergetski sustav, stimuliranje izgradnje malih hidroelektrana i sl.) odrediti jedinstvenu cijenu električne energije malih hidroelektrana.

Nastavno na prethodna izlaganja postavlja se pitanje veličine jedinstvene cijene električne energije iz malih hidroelektrana. Opredjeljenje za najveću cijenu prema analizi neprihvatljivo je za elektroprivredu, jer analiza pokazuje da iz energetsko-ekonomskih razloga, odnosno doprinosa male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu, nema opravdanja sa stajališta elektroprivrede za sve elektrane plaćati istu cijenu svim malim hidroelektranama kao za naj-

povoljniju, čiji je doprinos elektroenergetskom sustavu najveći.
Prema tome, kao najpragmatičnije rješenje nameće se cijena električne energije kao prosječna cijena analiziranih malih hidroelektrana, koja prema analizi i za predloženu naknadu za uložena sredstva 10 % iznosi približno 6 cts/kWh. Treba napomenuti da je u navedenoj cijeni uključen i porez na dobit 35 %, što znači da naknada za uložena sredstva investitoru iznosi 10 % neto. Ako vlasnici malih hidroelektrana ne bi trebali plaćati porez na dobit, tada bi cijena električne energije od 6 cts/kWh bila za njih povoljnija jer bi nestao jedan fiskalni trošak.

3.4. Priključak na mrežu

Činjenica je da se priključkom male hidroelektrane na niski napon izbjegavaju troškovi prijenosa električne energije, pa bi bilo logično da se za taj dio poveća cijena električne energije iz malih hidroelektrana. Međutim, utvrđena prosječna cijena u većini malih hidroelektrana njih beneficira, te stoga nema opravdanja povećati prije utvrđenu cijenu električne energije iz malih hidroelektrana za izbjegavanje troškova prijenosa električne energije.

3.5. Gospodarenje potrošnjom (energy management)

Gospodarenje energijom je širok pojam, koji svoj utjecaj ima i kod malih hidroelektrana, i to ako netko izgradi malu elektranu i koristiti je za svoje potrebe. Tada se za tog potrošača ne treba osigurati električna energija iz elektroenergetskog sustava, što onda smanjuje troškove elektroenergetskog sustava. Zbog stimulacije proizvodnje i korištenje električne energije za svoje potrebe elektroprivreda ima interesa financijski podržati izgradnju takvih objekata.

4. CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE U MALIM HIDROELEKTRANAMA SA STAJALIŠTA (INVESTITORA) VLASNIKA

4.1. Općenito

Prethodnom analizom proračunata je cijena električne energije u malim elektranama sa stajališta njihova doprinosa elektroenergetskom sustavu, a to znači da je utvrđena cijena za malu hidroelektranu u odnosu na najpovoljnije alternativno rješenje (referentna elektrana). Analiza koja slijedi jest analiza s drugog stajališta nego prethodna, u kojoj se ne analizira doprinos male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu, nego se proračunava cijena koja je rezultat pretpostavljene financijske uspješnosti male hidroelektrane (pretpostavljena interna stopa rentabilnosti). Pri tome se uzimaju u obzir energetsko-ekonomske osobitosti male hidroelektrane (investicije i troškovi održavanja, s jedne strane, i očekivana proizvodnja, s druge strane). Rezultat analize u nastavku jest cijena električne energije u malim elektranama proračunata na temelju njihovih energetsko-ekonomskih osobitosti i pretpostavljene financijske uspješnosti. Financijska uspješnost sadržava naknadu za uložena sredstva (kapital). Proračunom tako definirane cijene proračunava se zapravo profitabilnost projekta pojedine male hidroelektrane, bolje reći izračunava se cijena električne energije za pretpostavljenu profitabilnost. Tako izračunata cijena električne energije je cijena električne energije prema kojoj bi onda investitori (vlasnici) malih hidroelektrana prodavali električnu energiju elektroenergetskom sustavu.

4.2. Investicije i proizvodnja

Vrijednost investicija i proizvodnja za ovu analizu je ista kao i za prethodnu, tj. koriste se energetsko-ekonomski podaci iz publikacije HEP-a (tablica 2), koji su prije navedeni. Predviđeno vrijeme izgradnje jest godina dana.

4.3. Financiranje izgradnje

Polazna pretpostavka pravnog okvira izgradnje jest, a to se odnosi i na financiranje izgradnje, da male hidroelektrane neće biti u vlasništvu elektroprivrede, već će njihovi vlasnici isporučivati električnu energiju elektroprivredi prema unaprijed dogovorenoj cijeni. Na temelju toga slijedi da će investitori (vlasnici) malih hidroelektrana sredstva za njihovu izgradnju prikupiti i uložiti na ekonomskom načelu, što znači vrednovati uložena sredstva prema realnoj (oportunitetnoj) cijeni. Konkretni uvjeti financiranja izgradnje pojedine male hidroelektrane u ovom trenutku nisu poznati, te će se zbog tog razloga pretpostaviti nekoliko varijanata interne stope rentabilnosti, kao granične rentabilnosti projekta (granične naknade za uložena sredstva), koja stopa bi trebala odraziti uvjete financiranja. U analizi su pretpostavljene sljedeće varijante interne stope: 15, 12, 10 i 8 %.
Interna stopa rentabilnosti u ovom slučaju ima isto značenje koje u svom sadržaju općenito ima. Interna stopa rentabilnosti (povrata) jest diskontna stopa koja izjednačava sadašnju vrijednost očekivanih novčanih izdataka sa sadašnjom vrijednošću očekivanih prihoda. Matematički ona se prikazuje kao stopa r koja omogućuje da je:

$$\sum_{t=0}^{n}\left[\frac{A_t}{(1+r)^t}\right]=0$$

U prethodnoj formuli simboli imaju sljedeće značenje:

- n = zadnje razdoblje za koje se novčani tijek očekuje
- t = razdoblje (redni broj godine)
- Σ = znak za sumu diskontiranih novčanih tijekova za razdoblje od 0 do n
- A = novčani tijek neto-primitaka, kada se od prihoda ostvarenog prodajom električne energije oduzmu troškovi koje sačinjavaju investicije i operativni godišnji troškovi (bez amortizacije)
- r = diskontna stopa, koja je rezultat ove jednadžbe.

Vezano za prethodnu jednadžbu bitno je napomenuti da pozitivni neto-primici, kada se oni formiraju, predstavljaju neto-primitak projekta, tj. ostaje na raspolaganju projektu. Taj neto-primitak je onda zapravo anuitet uloženih sredstava (kapitala) za pretpostavljeno vrijeme n i dobivenu diskontnu stopu r, koja u tom slučaju ima značenje kamatne stope.

4.4. Operativni troškovi

U prethodnoj točki definiran je način financiranja izgradnje, odnosno postupak kojim će se zamijeniti nepoznanica stvarnog financiranja izgradnje pojedine male hidroelektrane. Time je ujedno definirana oportunost operativnih troškova kao modifikacija troškova proizvodnje. Struktura operativnih troškova je sljedeća: investicijsko održavanje 0,87 % od vrijednosti opreme i građevinskih objekata, premije osiguranja 0,50 % od vrijednosti opreme i građevinskih objekata, naknada za korištenje vode 7,50 % od prosječne cijene proizvodnje hidroelektrana, a predviđen je i jedan djelatnik s mjesečnom plaćom 500 DEM neto.

4.5. Cijena električne energije

Na temelju investicija, predviđene proizvodnje, predviđenog načina financiranja (varijante interne stope rentabilnosti), kao i opisanih operativnih troškova, izračunate su cijene električne energije pojedine male hidroelektrane. Cijene električne energije proračunate su također u varijantama, jer su na isti način predviđene i interne stope rentabilnosti, pomoću kojeg postupka se uvažava predviđena naknada za uložena sredstva (kapital).

Primjer proračuna, cijene električne energije u malim hidroelektranama naveden je u nastavku. Postupak je prikazan samo za jednu malu hidroelektranu jer je isti za sve analizirane objekte, dakako uzimajući pojedinačne energetsko-ekonomske osobitosti.

HE Ljuta — Ekonomski tijek — 000 DEM

Cijena električne energije: 0.0908 DEM/kWh

Interna stopa rentabilnosti
— prije poreza 21.71%
— nakon poreza 15.00%

Godina	Primici	Izdaci		Neto primici prije poreza	Porez iz dobiti	Neto primici nakon poreza
	Prihod od prodaje	Investicije	Operativni troškovi			
1		2915	55	— 2915		— 2915
2	692		55	637	185	451
3	692		54	637	185	452
4	692		54	638	186	452
5	692		53	638	186	452
6	692		55	639	186	453
7	692		55	637	188	449
8	692		54	637	188	449
9	692		54	638	188	450
10	692		53	638	188	450
11	692		55	639	188	450
12	692		54	637	188	449
13	692		54	638	188	450
14	692		53	638	188	450
15	692		53	639	188	450
16	692		55	639	188	451
17	692		54	637	188	449
18	692		54	638	188	450
19	692		53	638	188	450
20	692		53	639	188	450
21	692		55	639	189	451
22	692		55	637	188	449
23	692		55	637	188	449
24	692		55	637	188	449
25	692		55	637	188	449
26	692		55	637	188	449

Cijena električne energije USD/kWh

Redni broj	Elektrana	Interna stopa rentabilnosti			
		15%	12%	10%	8%
		USD/kWh	USD/kWh	USD/kWh	USD/kWh
1	Čabranka 8	0.0477	0.0394	0.0341	0.0292
2	Ljuta 1	0.0563	0.0464	0.0401	0.0340
3	Krupa 5	0.0603	0.0497	0.0430	0.0367
4	Krupa 3	0.0651	0.0537	0.0465	0.0395
5	Žrnovnica 1	0.0802	0.0670	0.0587	0.0507
6	Kupica 1	0.0834	0.0688	0.0595	0.0507
7	Žrnovnica 2	0.0846	0.0707	0.0618	0.0533
8	Ruda 1	0.0942	0.0783	0.0682	0.0586
9	Jadro 2	0.0961	0.0803	0.0702	0.0606
10	Ruda 3	0.1004	0.0841	0.0738	0.0640
11	Krupa 4	0.1043	0.0867	0.0755	0.0647
12	Krupa 1	0.1045	0.0872	0.0761	0.0657
13	Krupa 2	0.1164	0.0967	0.0841	0.0718
14	Čabranka 10	0.1175	0.0971	0.0841	0.0722
15	Čabranka 4	0.1247	0.1034	0.0899	0.0770
16	Butišnica 1	0.1323	0.1100	0.0957	0.0822
17	Čabranka 9	0.1372	0.1143	0.0997	0.0857
18	Kupica 2	0.1426	0.1193	0.1038	0.0880
19	Čabranka 7	0.1438	0.1197	0.1044	0.0898
20	Čabranka 1	0.1463	0.1204	0.1045	0.0903
21	Jadro 1	0.1465	0.1224	0.1071	0.0925
22	Čabranka 5	0.1472	0.1229	0.1074	0.0927
23	Ruda 2	0.1562	0.1297	0.1129	0.0968
24	Bregana 7	0.1586	0.1328	0.1163	0.1002
25	Žrnovnica 3	0.1616	0.1342	0.1168	0.1006
26	Čabranka 6	0.1636	0.1366	0.1193	0.1029
27	Čabranka 3	0.1669	0.1394	0.1219	0.1053
28	Čabranka 2	0.1694	0.1416	0.1239	0.1071
29	Rumin 1	0.1918	0.1595	0.1390	0.1196
30	Orljava 6	0.1941	0.1617	0.1411	0.1214
31	Ovrlja 1	0.2149	0.1814	0.1599	0.1395
32	Orljava 7	0.2323	0.1934	0.1625	0.1449
33	Orljava 1	0.2367	0.1979	0.1732	0.1498
34	Orljava 5	0.2592	0.2162	0.1889	0.1629
35	Orljava 8	0.2678	0.2213	0.1918	0.1636
36	Bregana 2	0.2696	0.2269	0.1998	0.1739
37	Orljava 3	0.2869	0.2401	0.2103	0.1821
38	Bregana 4	0.2947	0.2466	0.2156	0.1859
39	Butišnica 2	0.2954	0.2466	0.2160	0.1871
40	Bregana 1	0.2989	0.2524	0.2228	0.1947
41	Žrnovnica 4	0.3352	0.2800	0.2451	0.2119
42	Bregana 6	0.3377	0.2830	0.2480	0.2147
43	Orljava 4	0.3452	0.2886	0.2528	0.2185
44	Orljava 2	0.3626	0.3036	0.2662	0.2305
45	Bregana 3	0.3664	0.3077	0.2705	0.2350
46	Bregana 5	0.3825	0.3214	0.2822	0.2452
47	Brzaja 2	0.3867	0.3240	0.2841	0.2463
48	Brzaja 1	0.3893	0.3268	0.2869	0.2488
49	Brzaja 3	0.6545	0.5483	0.4805	0.4159
50	Brzaja 4	0.7714	0.6454	0.5646	0.4882

Osim proračuna pojedinačne cijene u malim hidroelektranama interesantno je izračunati cijenu elek-

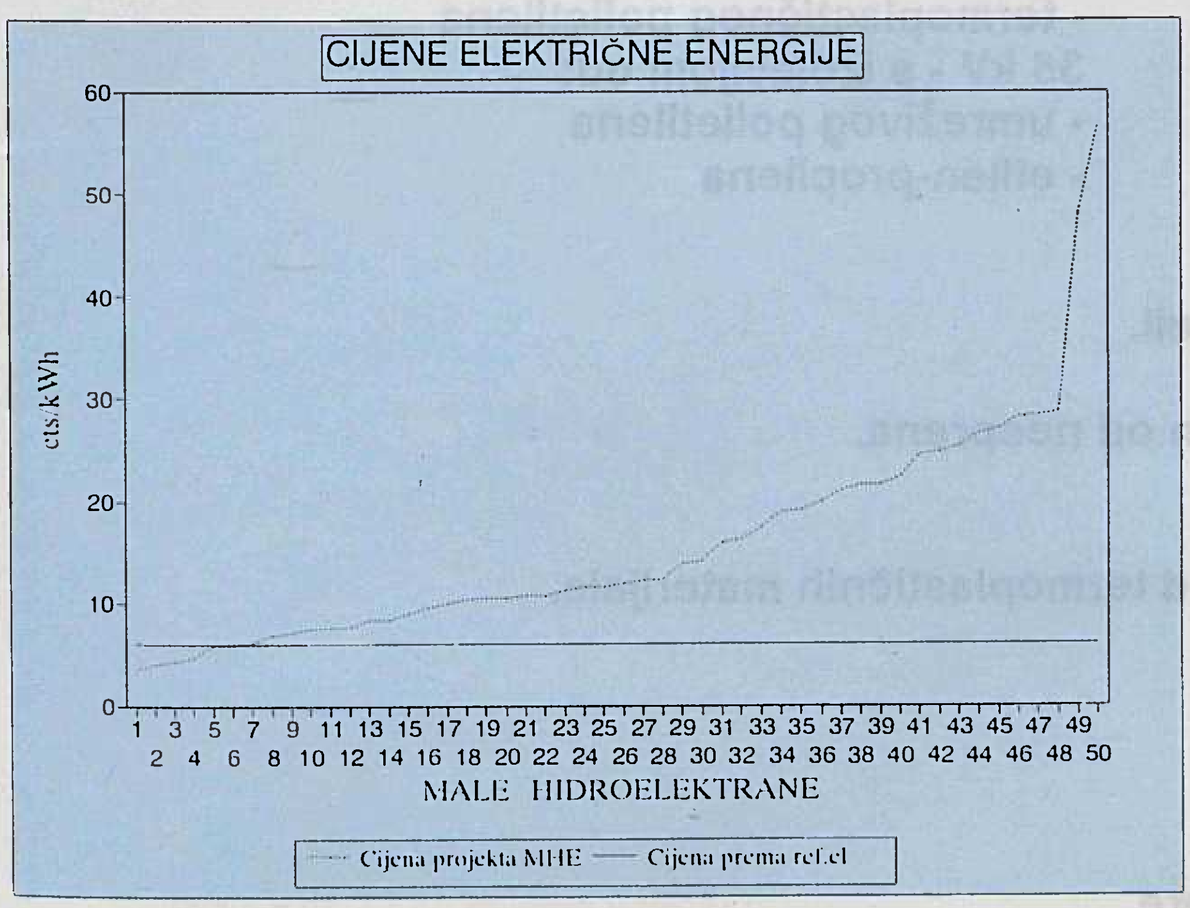
trične energije za sve male hidroelektrane na pojedinom vodotoku. U tom slučaju zbrojene su investicije i proizvodnja svih malih hidroelektrana na dotičnom vodotoku, te se onda cijeli vodotok smatra kao jedna elektrana. Rezultati tog proračuna iznose se u sljedećoj tablici.

Cijena električne energije USD/kWh

Redni broj	Vodotok	Interna stopa rentabilnosti			
		15%	12%	10%	8%
1	Ljuta	0.0563	0.0464	0.0401	0.0340
2	Krupa	0.0943	0.0781	0.0678	0.0580
3	Jadro	0.1118	0.0929	0.0805	0.0689
4	Čabranka	0.1121	0.0929	0.0810	0.0696
5	Ruda	0.1137	0.0942	0.0818	0.0701
6	Žrnovnica	0.1143	0.0948	0.0824	0.0706
7	Kupica	0.1397	0.1157	0.1004	0.0859
8	Butišnica	0.1540	0.1278	0.1112	0.0953
9	Rumin	0.1918	0.1595	0.1390	0.1196
10	Ovrlja	0.2149	0.1814	0.1599	0.1395
11	Orljava	0.2461	0.2038	0.1769	0.1512
12	Bregana	0.2572	0.2135	0.1853	0.1586
13	Brzaja	0.4899	0.4064	0.3533	0.3027

Kako komentirati dobivene rezultate? Proračunate cijene rezultat su energetsko-ekonomskih osobitosti male hidroelektrane, s jedne strane, i pretpostavljene naknade za uložena sredstva (kapital), s druge strane. U prethodnoj tablici cijene su poredane prema rastućim veličinama tako da one izražavaju i međusobni poredak profitabilnosti projekta (vodotoka). Manja cijena znači veću profitabilnost i obratno. Isto tako, primjetno je da cijene imaju veću razinu ako se pretpostavi veća naknada za uložena sredstva.

Interesantna je također usporedba sa cijenom 6 cts/kWh, analiza u prethodnom dijelu, koja cijena je predložena kao otkupna cijena električne energije u malim hidroelektranama (slika 3). Cijena 6 cts/kWh rezultat je doprinosa male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu u odnosu prema referentnoj elektrani.



Slika 3.

Cijena električne energije u malim hidroelektranama izračunate sa stajališta investitora (vlasnika), za 10 % naknade za uložena sredstva, iznosi u rasponu 3,41 – 56,46 cts/kWh ovisno o maloj elektrani. Usporedbom cijene 6 cts/kWh s cijenom 3,41 – 56,46 cts/kWh uočavamo energetsko-ekonomski bonitet na strani referentne elektrane, jer samo 7 malih hidroelektrana, od analiziranih 50, imaju manju cijenu od 6 cts/kWh. To znači da sve ostale male hidroelektrane »traže« veću cijenu.

Prethodna konstatacija upućuje da nije tako jednostavno odrediti otkupnu cijenu električne energije u malim hidroelektranama. Izgradnjom malih hidroelektrana izbjegavaju se određni troškovi elektroenergetskog sustava, čime male hidroelektrane utječu na gospodarenje energijom (energy management), te stoga zaslužuju dužnu pozornost, zbog čega im treba omogućiti razne olakšice i stimulacije pri izgradnji i korištenju, bilo za vlastite potrebe ili plasiranje energije u elektroenergetski sustav. Dakako takve olakšice nisu uvijek u nadležnosti elektroprivrede, ali na njih treba upozoravati.

5. ZAKLJUČAK

U članku je prezentiran postupak određivanja cijene u malim hidroelektranama. Na temelju tog postupka i analize doprinosa malih hidroelektrana elektroenergetskom sustavu Hrvatske utvrđeni su izbjegnuti troškovi u odnosu na referentnu elektranu. Izbjegnuti troškovi poslužili su za proračun otkupne cijene u malim hidroelektranama koja iznosi 6 cts/kWh. Ova cijena odnosi se na male hidroelektrane snage do 2,5 MW.

ELECTRIC ENERGY PRICE IN LITTLE HYDRO POWER PLANTS

Procedure is described and purchase price of electric energy in little hydro power plants is calculated from two viewpoints: contribution of little hydro power plant to the electric power system and from the viewpoint of the investor (owner) of a little hydro power plant.

PREIS DER ELEKTRISCHEN ENERGIE IN KLEINEN WASSERKRAFTWERKEN

Hier wird von zwei Standpunkten die Methode beschrieben und der Kaufpreis der elektrischen Energie in kleinen Wasserkraftwerken berechnet: Beitrag des kleinen Wasserkraftwerkes zum elektroenergetischen System und von Standpunkt des Investors (Besitzers) des kleinen Wasserkraftwerkes.

Naslov pisaca:

Mr. Slavko Alerić, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. ek.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-23

PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabeli za napone:

1 kV - s termoplastičnom izolacijom
10 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen propilena

20 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- termoplastičnog polietilena
35 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen-propilena

Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Brodski kabeli izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
Kabeli i konektori za aerodromske instalacije.
Samonosivi kabelski snopovi Elkalex-1.
Telekomunikacijski kabeli s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
Optički kabeli.
Specijalni vodovi i kabeli.
Rudarski kabeli.
Kabelski setovi sa konektorima.
Lakirana žica.
Alumunijska, alu-čelična i užad iz aluminijske legure.
Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.
Umreživi polietilen.

»ELKA« Tvornica električnih kabela - Zagreb, Žitnjak bb, P. O. B. 150
Tel.: 232-200; Telex: 21-193; Telefax: 223-898

POVEĆANJE POGONSKE SIGURNOSTI DISTRIBUTIVNIH MREŽA KORIŠTENJEM METALOKSIDNIH ODVODNIKA ZA PRENAPONSKU ZAŠTITU

Dr. Ivo Hrs — dr. Milan Puharić, Zagreb

UDK 621.316.93:621.3.015.52
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Obrazložena je nužnost postupne primjene metaloksidnih odvodnika prenapona za prenaponsku zaštitu srednjonaponskih distributivnih mreža radi povećanja njihove pogonske sigurnosti. Prikazan je postupak izbora karakteristika metaloksidnih odvodnika u ovisnosti o karakteristikama mreža. Dani su glavni rezultati ekonomskih analiza i predloženi su kriteriji za postupnu primjenu metaloksidnih odvodnika u srednjonaponskim distributivnim mrežama.

Ključne riječi: odvodnik prenapona, distributivna mreža, pogonska sigurnost.

1. UVOD

U posljednjih se dvadesetak godina tehnika i tehnologija izvedbe odvodnika prenapona dva puta u osnovi promijenila. Početkom tog razdoblja za zaštitu od prenapona korišteni su relativno jednostavni, no i nedovoljno pouzdani odvodnici prenapona sastavljeni od niza pločastih iskrišta u serijskom spoju s nizom otporničkih blokova izrađenih od silicijeva karbida (SiC), pri čemu su postojale konstrukcije sastavljene od grupe iskrišta u seriji s grupom SiC blokova, ili su pak pojedina iskrišta i SiC blokovi bili montirani naizmjence u tzv. sendvič-spoju. Dalji razvoj donio je znatno kvalitetnije konstrukcije odvodnika prenapona s magnetskim otpuhivanjem luka na iskrištima, no i dalje su u serijskom spoju s takvim iskrištima korišteni SiC otpornički blokovi.

Današnja treća generacija odvodnika prenapona, sastavljenih od vrlo nelinearnih metaloksidnih (MO) otporničkih blokova bez iskrišta, ušla je zbog svojih izuzetnih svojstava vrlo brzo u primjenu za prenaponsku zaštitu električnih postrojenja svih naponskih nivoa. U posljednje vrijeme se pri gradnji ili obnovi električnih postrojenja viših naponskih nivoa za zaštitu od prenapona u cijelom svijetu gotovo isključivo koriste MO odvodnici prenapona. Odlučujuća je pri tome njihova visoka sposobnost apsorpcije energije, stabilnost zaštitnih odnosa i, prije svega, niski zaštitni nivoi, koji omogućuju duboko ograničenje prenapona.

Međutim, u srednjonaponskim distributivnim mrežama u svijetu, a dakako i u nas, primjena MO odvodnika za prenaponsku zaštitu znatno je sporija. Tri su razloga tome:

Najprije, u tom naponskom području je odnos podnosivih izolacijskih nivoa opreme i tjemenih vrijednosti napona pogonske frekvencije relativno velik. Zbog toga u tim mrežama zaštitni nivoi upotrebljavanih SiC odvodnika prenapona zadovoljavaju, pa sniženje zaštitnih nivoa upotrebom MO odvodnika za prenaponsku zaštitu nije neodgodiva potreba.

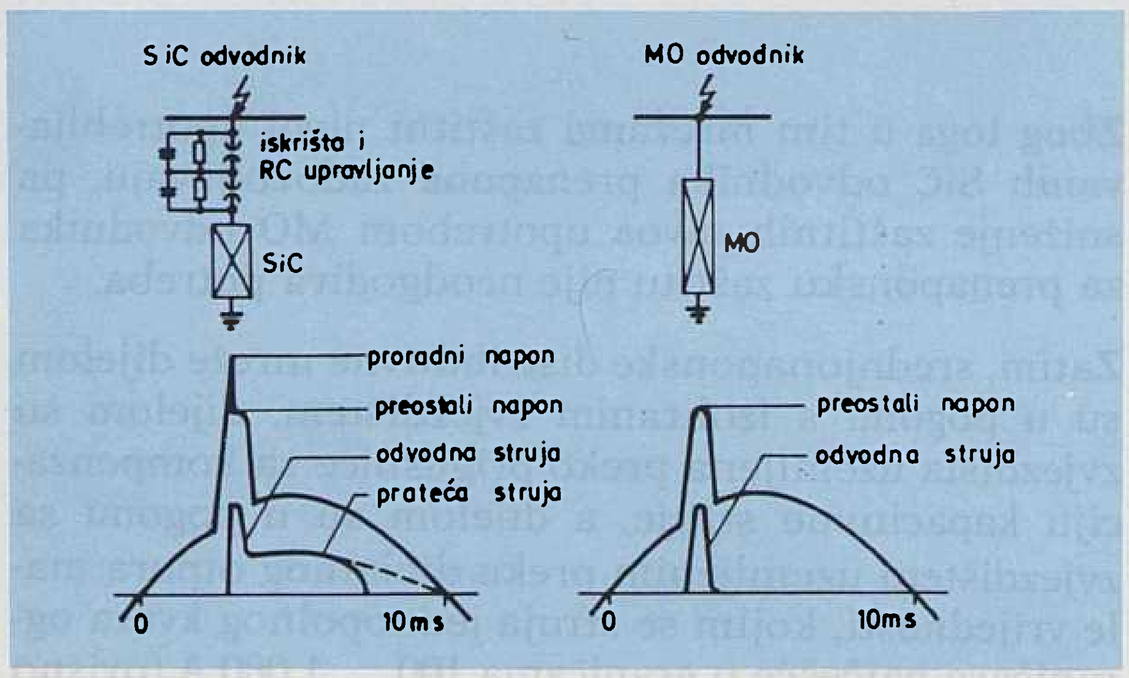
Zatim, srednjonaponske distributivne mreže dijelom su u pogonu s izoliranim zvjezdištem, dijelom su zvjezdišta uzemljena preko prigušnice za kompenzaciju kapacitivne struje, a dijelom su u pogonu sa zvjezdištem uzemljenim preko djelatnog otpora male vrijednosti, kojim se struja jednopolnog kvara ograničava najčešće u granicama 100. . . 1 000 A (ovisno o karakteristikama mreža). U sva ta tri slučaja, pa i kada je zvjezdište uzemljeno preko malog djelatnog otpora, treba računati da će kod jednopolnih kvarova naponi zdravih faza poprimiti vrijednosti bliske ili jednake međufaznom naponu, a u nepovoljnim slučajevima i više vrijednosti. Tako nastali tzv. privremeni ili dugotrajni prenaponi bitno utječu na izbor nazivnih napona MO odvodnika prenapona, pa imaju za posljedicu nužni izbor viših nazivnih napona nego što je to u slučajevima mreža s izravno uzemljenim zvjezdištem. Zbog toga su i zaštitni nivoi takvih MO odvodnika viši, odnosno nisu bitno manji od onih koji imaju do sada upotrebljavani SiC odvodnici, pa se u srednjonaponskim mrežama ne mogu sasvim iskoristiti mogućnosti MO odvodnika za duboko ograničenje prenapona.

Treći je razlog cijena MO odvodnika prenapona, koja je dugo bila prilično viša od cijene SiC odvodnika približno jedankih karakteristika. A kada se tome pridodaju troškovi zamjene, sigurno da to nije bilo stimulativno za brže uvođenje MO odvodnika u prenaponsku zaštitu srednjonaponskih distributivnih mreža.

Danas su se, međutim, odnosi bitno promijenili u korist MO odvodnika, i nema više ozbiljnijih razloga i opravdanja da se MO odvodnici postupno ne uvode i

u sustav prenaponske zaštite postrojenja srednjonaponskih distributivnih mreža. Ponajprije, cijene MO odvodnika namijenjenih za prenaponsku zaštitu distributivnih mreža postale su prihvatljive, a osim toga usavršavanjem tehničkih karakteristika MO odvodnika riješene su dileme o potrebi njihove primjene u distributivnim mrežama, najmanje prilikom gradnje novih ili obnove postojećih distributivnih postrojenja.

Osnovne razlike u izvedbi SiC i MO odvodnika prenapona prikazane su u gornjem dijelu slike 1. Odvodnik sa SiC otporničkim blokovima ima s njima u seriji iskrišta, čija je zadaća »proraditi« (izazvati preskok između elektroda iskrišta) kod napona određene amplitude, te nakon protoka odvodne struje prekinuti prateću struju iz mreže. Otpornici i kapaciteti paralelno iskrištima služe da bi se postigle što manje visine i rasipanja proradnih napona. Kod MO odvodnika, koji nemaju iskrišta, sve te zadaće svojom visokom nelinearnošću izvršava slog MO otporničkih blokova.



Slika 1. Osnovne razlike u izvedbi i djelovanju SiC i MO odvodnika

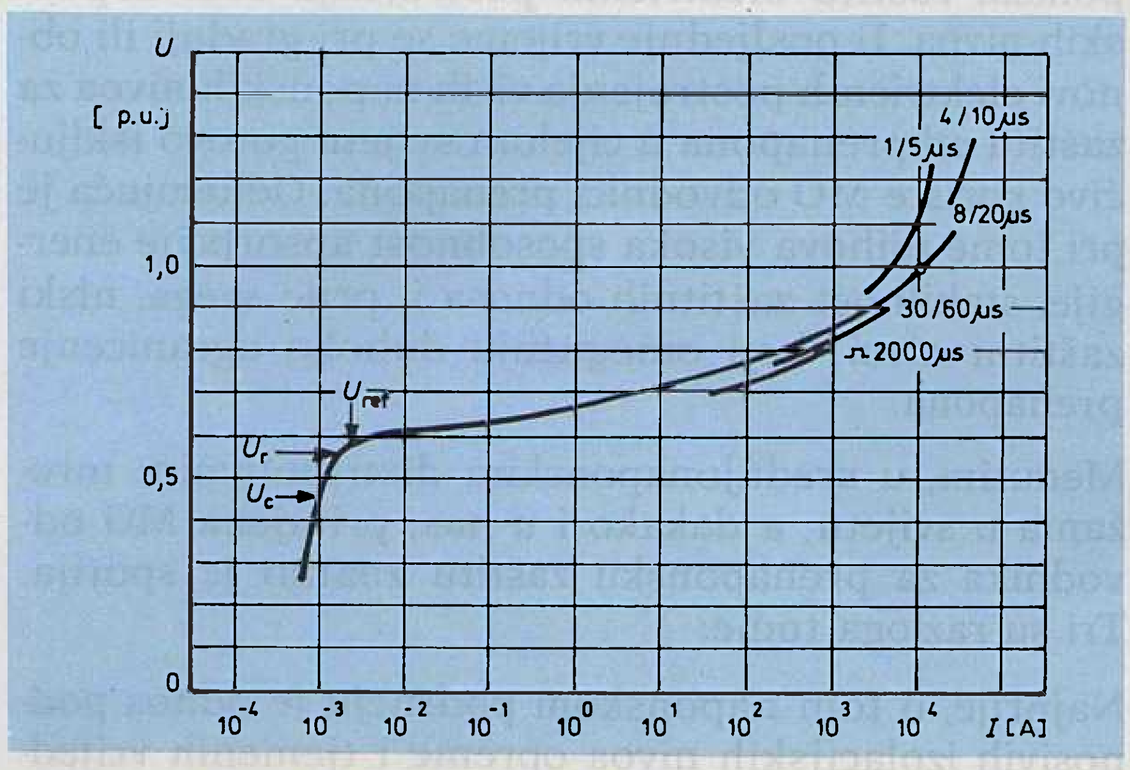
Razlike u djelovanju SiC i MO odvodnika prenapona vide se u donjem dijelu slike 1. Odvodnik SiC počinje djelovati tek nakon što napon između njegovih priključaka premaši vrijednost njegova proradnog napona. Kroz odvodnik tada teče odvodna struja, kojom je određen preostali napon odvodnika, a zatim prateća struja, uzrokovana pogonskim izmjeničnim naponom. Kod odvodnika bez magnetskog otpuhivanja luka na iskrištima ova prateća struja iz mreže teče do prvog prolaza napona kroz nulu, dok kod konstrukcija s magnetskim otpuhivanjem gašenje luka nastupa nešto prije. Kod MO odvodnika, naprotiv, odvođenje počinje pojavom prenapona i traje samo za vrijeme njegova trajanja.

MO odvodnici omogućuju duboko ograničenje sklopnih prenapona nastalih zbog sklapanja nesavršenim sklopnim aparatima ili zbog različitih kvarova u mreži i time nastalih prijelaznih stanja s visokim naponskim amplitudama. Treba reći da za vrijeme tih događaja protječe kroz MO odvodnike struja od nekoliko stotina ampera relativno dugo vrijeme, pa se na odvodnike prenapona za te namjene postavlja zahtjev za visokom sposobnošću apsorpcije energije. Takve zahtjeve SiC odvodnici uobičajenih konstrukcija ne mogu ispuniti, a standardni MO odvodnici za srednjonaponske mreže to mogu jer imaju tri do pet puta veću sposobnost apsorpcije energije od odgovarajućih SiC odvodnika.

Treba još spomenuti da duboki zaštitni nivoi MO odvodnika istovremeno uzrokuju i znatno češće odvođenje prenapona nego što je to slučaj kod SiC odvodnika. To, međutim, bitno ne utječe na životnu dob ili na promjenu karakteristika MO odvodnika. Sastavni i najosjetljiviji dio konstrukcije SiC odvodnika su iskrišta, na kojima dugotrajni sklopni prenaponi i pripadne struje uzrokuju oštećenja, a time i promjene proradnih napona. Takvih problema MO odvodnici nemaju, jer u svom sastavu nemaju iskrišta, pa je njihova zaštitna karakteristika stabilna. Prema tvrdnji stručnjaka proizvođača [4], ispitivanja su pokazala da zaštitne karakteristike MO odvodnika ostaju nepromijenjene i nakon tisuća primijenjenih prenaponskih impulsa.

Aktivni dio MO odvodnika prenapona sadrži samo slog MO otporničkih blokova vrlo nelinearnih karakteristika. Za razliku od SiC otporničkih blokova, kojih je koeficijent nelinearnosti približno 6, kod MO otporničkih blokova koeficijent nelinearnosti prelazi vrijednost 20, a u području struja od desetak kA postiže vrijednost 50. Visok stupanj nelinearnosti MO blokova omogućio je i izvedbu odvodnika prenapona bez serijskih iskrišta, jer u normalnom režimu kroz MO odvodnik teče vrlo mala struja (manja od 1 mA, kapacitivnog karaktera), koja ne napreže odvodnik prenapona i predstavlja zanemariv gubitak energije. Dakle, kod MO odvodnika više se ne može govoriti o proradnom naponu, nego je njegov zaštitni nivo određen preostalim naponom, koji je u funkciji amplitude i oblika vala odvodne struje. Na slici 2. prikazana je tipična *U-I* karakteristika MO odvodnika za srednjonaponske mreže. Napon *U* je dan u relativnim omjerima prema maksimalnoj vrijednosti preostalog napona kod odvodne struje 10 kA (1 p.u.), a brojevi 1/5 μs, 4/10 μs, 8/20 μs itd. označuju oblik vala odvodne struje.

Na U-I karakteristici naznačene su karakteristične vrijednosti napona MO odvodnika prenapona. S U_c označen je trajni radni napon, a s U_r nazivni napon MO odvodnika. O trajnom radnom naponu U_c i nazivnom naponu U_r bit će više riječi i obrazloženja nji-



Slika 2. Tipična *U-I* karakteristika MO odvodnika prenapona

hova određivanja u točki 2. (Iako bi prema našem jeziku za ove napone bilo prikladnije koristiti oznake U_{tr} i U_n, ovdje su zadržane oznake U_c i U_r u skladu s IEC 99-4 [12] radi lakšeg snalaženja čitatelja u prospektima proizvođača MO odvodnika i u stručnoj literaturi.)

Točka u koljenu *U-I* karakteristike, označena s U_{ref}, predstavlja vrijednost tzv. referentnog napona, kod kojeg odvodnik, odnosno njegovi MO otpornički blokovi, počinju dobro voditi. Taj napon ima važnost pri ispitivanju odvodnika.

Obično se MO odvodnik odabire tako da maksimalni pogonski fazni napon mreže bude nešto niži od njegova trajnog radnog napona U_c. Raste li napon na priključcima odvodnika i dostigne li vrijednost U_{ref}, odvodnik postaje dobro vodljiv i sve vodljiviji s porastom odvodne struje, pa je dalji porast napona na priključcima odvodnika samo blagi. Na slici 2. je naznačen i utjecaj oblika vala udarnih struja na promjenu *U-I* karakteristike odvodnika, odnosno na visinu preostalih napona MO odvodnika.

2. IZBOR KARAKTERISTIKA MO ODVODNIKA PRENAPONA

2.1. Općenito

Izbor karakteristika MO odvodnika prenapona uvijek predstavlja kompromis između nastojanja da njegov zaštitni nivo bude što niži, da bude što otporniji na privremene prenapone (Temporary overvoltage = *TOV*), da ima što višu sposobnost apsorpcije energije (energetsku podnosivost), i da uz to njegova cijena bude prihvatljiva. Povišenje otpornosti na *TOV* postiže se izborom višeg nazivnog napona odvodnika, ali to ujedno znači da će i njegov zaštitni nivo biti viši, pa zbog toga i slabija efikasnost prenaponske zaštite. Izbor MO odvodnika veće energetske podnosivosti smanjuje rizik kvara odvodnika, no istodobno povećava cijenu prenaponske zaštite.

Mogućnosti za optimalni izbor karakteristika MO odvodnika prenapona u velikoj mjeri ovise o poznavanju stvarnih naponskih i energetskih naprezanja odvodnika na mjestu njegove ugradnje. Iz toga slijedi da je izbor MO odvodnika znatno složeniji od izbora SiC odvodnika, te da zahtijeva posebnu pozornost, znanje i poznavanje karakteristika mreža i postrojenja u koje se MO odvodnici ugrađuju.

Iduće upute za izbor karakteristika MO odvodnika za distributivne mreže oslanjaju se na preporuke Radne grupe 33.06. Studijskog komiteta 33 međunarodne CIGRE [6-11], no materijali RG 33.06 ovdje su prilagođeni potrebama i specifičnostima distributivnih mreža.

Nastojalo se, osim toga, da upute za izbor karakteristika budu prikladne za široku stručnu praksu i da omoguće stručnjacima u praksi rješavanje prenaponske zaštite primjenom MO odvodnika prenapona za veliku većinu postrojenja u distributivnim mrežama. Pri rješavanju prenaponske zaštite nekih posebnih slučajeva, npr. izuzetno važnih postrojenja u kojima je potrebno postići vrlo visoku pogonsku sigurnost ili postrojenja posebno ugroženih od prenapona te postrojenja u kojima MO odvodnici trebaju raditi u nenormalnim pogonskim uvjetima, potrebno je pri izboru MO odvodnika prenapona konzultirati proizvođače odvodnika ili specijaliste za prenaponsku zaštitu.

Pod nenormalnim pogonskim uvjetima smatraju se uvjeti nabrojani u standardu IEC 99 – 4, od kojih su važniji: temperatura okoline viša od +40 °C ili niža od −40 °C, prisutnost izvora topline u blizini mjesta montaže odvodnika, velika izloženost vlazi i intenzivno onečišćenje izolacije dimom, prašinom ili slanom maglom.

U idućim točkama prikazat će se i komentirati izbor pojedinih karakteristika MO odvodnika prenapona, te na kraju dati kompletan postupak izbora.

2.2. Izbor trajnog radnog napona U_c

Prema definiciji u IEC 99 – 4 trajni radni napon U_c je dopuštena efektivna vrijednost napona pogonske frekvencije koji može biti trajno primijenjen između priključaka odvodnika (za trajni radni napon u literaturi i u prospektima proizvođača često će se naći oznaka COV = continuous operating voltage).

Trajni radni napon na priključcima odvodnika montiranog između faze i zemlje bit će jednak stvarno primijenjenoj tjemenoj vrijednosti mrežnog napona podijeljenoj s $\sqrt{6}$ (takvim računom obuhvaćen je utjecaj eventualno prisutnih viših harmonika). Ako tjemeni mrežni napon nije poznat, treba u račun uzeti maksimalni pogonski napon U_m, koji za promatrane distributivne mreže iznosi 38 kV, 24 kV, odnosno 12 kV efektivne vrijednosti.

Konačno se U_c odvodnika prenapona određuje

$$U_c \geq \frac{\hat{U}_{max}}{\sqrt{6}}, \text{ ili } U_c \geq \frac{\hat{U}_m}{\sqrt{6}} \cong \frac{U_m}{\sqrt{3}}.$$

2.3. Izbor nazivnog napona U_r

Nazivni napon MO odvodnika prenapona treba izabrati tako da MO odvodnik pouzdano radi i ne bude oštećen u uvjetima djelovanja *TOV*. Izbor nazivnog napona U_r je, dakle, ovisan o amplitudi i trajanju *TOV* na mjestu ugradnje MO odvodnika u mreži.

Prema definiciji u standardu IEC 71-1, *TOV* je »oscilatorni prenapon između faze i zemlje ili faze i faze u određenoj točki mreže, koji je relativno dugog trajanja i koji je neprigušen ili tek slabo prigušen.. Privremeni ili dugotrajni prenaponi obično potječu od sklapanja ili kvarova (npr. ispad tereta, jednopolni kvarovi) i/ili od nelinearnosti (efekti ferorezonancije, viši harmonici). Njih karakterizira amplituda, trajanje i frekvencija oscilacija«.

Od nabrojenih mogućnosti nastajanja u distributivnim mrežama će biti dovoljno uzeti u obzir *TOV* nastale zbog jednopolnih kvarova, odnosno zemljospjeva, jer kod tih kvarova nastupaju (u distributivnim mrežama!) najviše amplitude *TOV*.

Faktor zemljospoja (k_z) na određenom mjestu trofazne mreže i za određenu konfiguraciju mreže jest

omjer najvišeg efektivnog napona pogonske frekvencije ispravne (zdrave) faze prema zemlji na tom mjestu, za vrijeme zemljospoja jedne ili dvije faze, prema efektivnom faznom naponu pogonske frekvencije koji bi bio na tom mjestu da nema zemljospoja. On je, dakle, bitan za određivanje veličine *TOV* zbog zemljospoja:

$$TOV = k_z \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}}.$$

Faktor zemljospoja može se odrediti mjerenjem u mreži ili izračunati uz poznavanje odnosa R_0/X_1 (nultog otpora i direktne reaktancije sustava) i X_0/X_1 (nulte i direktne reaktancije sustava).

Ako nema mjernih ili računskih podataka za određivanje k_z, u preporukama RG 33.06 dane su sljedeće tipične vrijednosti k_z u ovisnosti o načinu uzemljenja zvjezdišta mreže:

— za direktno uzemljene mreže $k_z \leq 1{,}4$
— za mreže uzemljene preko male impedancije $k_z = 1{,}4 \ldots 1{,}7$
— za mreže uzemljene preko prigušnice $k_z = 1{,}73$
— za mreže sa izoliranim zvjezdištem $k_z = 1{,}73 \ldots 1{,}8$

Naše promatrane distributivne mreže su u pogonu s izoliranim zvjezdištem ili su zvjezdišta tih mreža uzemljena preko djelatnog otpora male vrijednosti, kojim se struja jednopolnog kvara ograničava na maksimalno 1 000 A, 700 A, 300 A ili na manje od 300 A (150 A i 100 A). Treba reći da su navedeni faktori zemljospoja suviše optimistički za distributivne mreže u našim uvjetima i da se mogu prihvatiti samo za mreže maksimalnih pogonskih napona 24 kV i 12 kV, i to gornje granice ili blizu gornje granice danih raspona. Na temelju mnogobrojnih mjerenja u mrežama s maksimalnim pogonskim naponom 38 kV i na temelju niza obavljenih proračuna može se dokazati da će kod jednopolnih kvarova u takvim mrežama, uzemljenim uz ograničenje $I_{1K} = 300$ A, faktori zemljospoja dostići vrijednost 1,8, a u jednakim mrežama s izoliranim zvjezdištem i do 1,9, uglavnom zbog nesimetrija i duljine vodova. Osobito je o tome važno voditi brigu u mrežama nazivnog napona 35 kV, jer je u tim mrežama odnos maksimalnog pogonskog napona i nazivnog napona manji od 10%, pa je mala rezerva za »pokrivanje« pogonskih povišenja napona.

Glede određivanja trajanja *TOV*, te izbora U_r MO odvodnika u ovisnosti o veličini i trajanju *TOV*, za distributivne mreže je prihvatljiv pojednostavnjeni postupak predložen od RG 33.06, prilagođen karakteristikama naših distributivnih mreža i rečenom o faktorima zamljospojeva:

A. Poznata je veličina i trajanje *TOV* (na temelju mjerenja ili proračuna):
   a) za trajanje $\leq$ 10s $U_r \geq TOV$
   b) za trajanje $\leq$ 100s $U_r \geq 1{,}05\ TOV$
   c) za trajanje $< 2^h$ konzultirati krivulje podnosivosti *TOV* u ovisnosti o trajanju u katalozima proizvođača MOO
   d) za trajanje $> 2^h$ smatrati *TOV* trajnim i uzeti $U_c = TOV$, a iz kataloga odrediti pripadni U_r.

U našim distributivnim mrežama praktično dolazi u obzir samo slučaj pod a), pri čemu je iskapčanje kvara, dakle trajanje *TOV*, znatno manje od 10s (u otporno uzemljenim mrežama najviše 2 . . . 3s, a u izoliranima s iskopčanjem zemljospoja približno 1s, pa je tu jedna dobrodošla rezerva koja povećava sigurnost MO odvodnika), te slučaj pod d) u kojem je riječ o izoliranim mrežama bez iskapčanja zemljospojeva.

B. Nisu poznati podaci o *TOV*:
   a) Izolirano zvjezdište, $t < 10$s
   $$TOV = k_z \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$
   $U_r \geq TOV$
   b) Otporno uzemljenje zvjezdišta, $t < 10$s
   $$TOV = k_z \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$
   $U_r \geq TOV$
   c) Izolirano zvjezdište, bez iskapčanja kvara smatrati *TOV* trajnim i uzeti $U_c = U_m$, a iz kataloga odrediti pripadni U_r.

2.4. Izbor nazivne odvodne struje

Za izbor nazivne odvodne struje MO odvodnika vrijede jednake preporuke kao i za SiC odvodnike, po kojima za mreže s maksimalnim pogonskim naponom $\leq$ 52 kV treba izabrati odvodnike s $I_n = 5$ kA ili $I_n = 10$ kA.

Prije odluke o tome kada će se odabrati 10 kA, a kada 5 kA odvodnike, treba naglasiti da nisu velike razlike u cijenama 10 kA i 5 kA odvodnika. Kako su tipovi MO odvodnika s nazivnom strujom 10 kA u svakom pogledu pouzdaniji (niži zaštitni nivo, veća energetska podnosivost i drugo), to je opravdano primijeniti odvodnike 10 kA onda kada postoji imalo dilema o izboru nazivne odvodne struje.

Stoga se preporučuje sljedeći izbor nazivne odvodne struje:

— $I_n = 10$ kA za MO odvodnike na primarnoj i sekundarnoj strani svih TS 35(30)/10(20) kV, te na visokonaponskoj strani većih TS 10(20)/0,4 kV koje su priključene direktno ili preko kabela na nadzemnu mrežu 10(20) kV visokog izolacijskog nivoa (neuzemljeni drveni stupovi), a dakako i za MO odvodnike na sekundarnoj strani TS 110/X kV.
— $I_n = 5$ kA za MO odvodnike na visokonaponskoj strani TS 10(20)/0,4 kV koje su priključene na nadzemnu mrežu 10(20) kV na stupovima s uzemljenim konzolama, osim u slučajevima posebnog značaja TS i posebne ugroženosti od prenapona, te za MO odvodnike na visokonaponskoj strani seoskih stupnih TS 10(20)/0,4 kV.

2.5. Provjera koordinacije izolacije

Na temelju do sada izabranoga trajnoga radnog napona, nazivnog napona i nazivne struje može se pristupiti izboru tipa MO odvodnika, pri čemu se koriste katalozi proizvođača. Izborom tipa MO odvodnika dobiveni su podaci o njegovim zaštitnim karakteristikama, pa je tada moguće provjeriti djelatnost zaštite štićene opreme, odnosno koordinaciju izolacije u postrojenju. Za tu svrhu je još potrebno poznavati ove parametre:

— broj i mjesta montaže MO odvodnika
— udaljenost između odvodnika i štićenih objekata
— podatke o postrojenju: podnosiv napon izolacije, te raspored, valnu impedanciju i kapacitet elemenata postrojenja
— karakteristike priključenih nadzemnih vodova i kabela
— očekivane amplitude i strmine prenapona
— prihvatljivi rizik kvara, tj. važnost postrojenja.

Rezultat provjere, koju je, barem za skupa postrojenja, najbolje izvršiti korištenjem EMTP računskih programa, može biti zadovoljavajući ili pak nezadovoljavajući, pa je onda potrebno ponoviti postupak izbora i izabrati kvalitetnije MO odvodnike ili učiniti korekcije u rasporedu i broju zaštitnih aparata u postrojenju.

2.6. Kontrola energetske podnosivosti

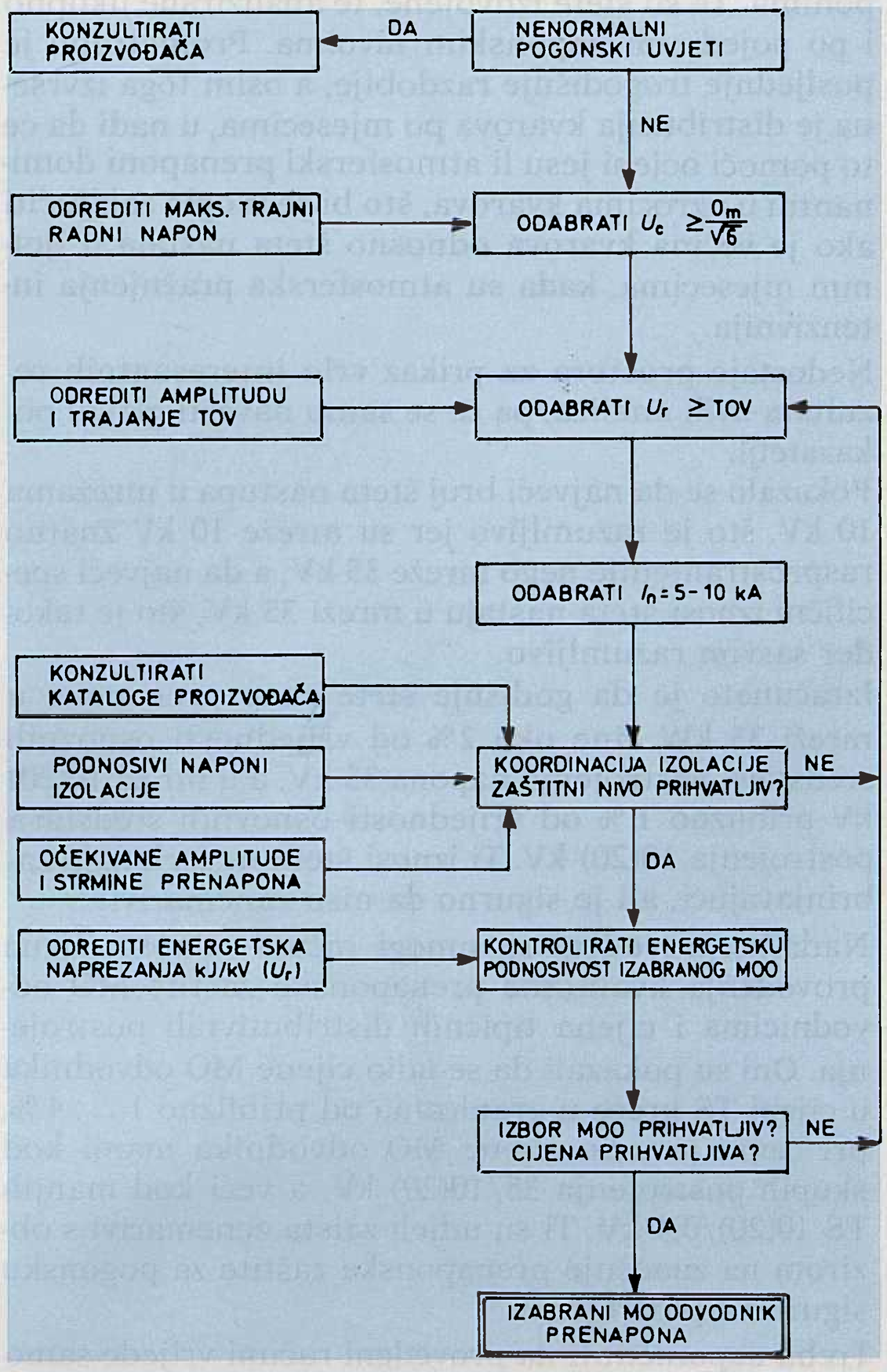
Preostaje za izabrani MO odvodnik kontrolirati je li njegova energetska podnosivost dovoljno visoka s obzirom na očekivana energetska naprezanja kod odvođenja atmosferskog ili sklopnog vala, te s obzirom na izabrani zaštitni nivo MO odvodnika, o kojem znatno ovisi količina apsorbirane energije.

No teško se u srednjonaponskim distributivnim mrežama mogu očekivati energetska opterećenja MO odvodnika veća od 1 kJ/kV (U_r) pri odvođenju atmosferskog vala ili veća od 2 kJ/kV (U_r) pri odvođenju sklopnog vala. Za tolike specifične energije MO odvodnici za distributivne mreže, nazivne odvodne struje 10 kA, gotovo su redovito dimenzionirani.

Ipak se preporučuje za postrojenja veće važnosti obaviti odgovarajuće proračune ili barem procjenu energetskog opterećenja MO odvodnika. Osobito je potreban oprez ako su u postrojenju kondenzatorske baterije za kompenzaciju, čijim sklapanjem, ako pri tome dolazi do jednofaznih i dvofaznih ponovnih paljenja luka u prekidačima, može doći do velikih energetskih naprezanja MO odvodnika. To, međutim, ovisi i o broju MO odvodnika u postrojenju, a najčešće je u velikim postrojenjima veći broj izlaza i time veći broj odvodnika. Naime, za razliku od SiC odvodnika, kod kojih energiju zbog djelovanja prenapona uglavnom preuzima SiC odvodnik koji prvi proradi, MO odvodnici imaju važnu osobinu da istovremeno odvode i na taj način dijele energiju koju moraju apsorbirati, pa se tako međusobno pomažu. Veći broj MO odvodnika u postrojenju umanjuje problem njihove energetske podnosivosti, i obrnuto.

2.7. Kompletni postupak izbora

Osnovno rečeno o izboru pojedinih karakteristika MO odvodnika prenapona za srednjonaponske distributivne mreže cjelovito je i pregledno prikazano na shemi u slici 3.



Slika 3. Postupak izbora MO odvodnika prenapona za distributivne mreže

3. EKONOMSKE ANALIZE I KRITERIJI ZA PRIMJENU MO ODVODNIKA

Da bi se ocijenila svrsishodnost akcije za povećanje pogonske sigurnosti distributivnih mreža primjenom MO odvodnika prenapona za prenaponsku zaštitu i ustanovili kriteriji za njihovo postupno uvođenje u postrojenja distributivne mreže, bilo je najprije potrebno istražiti kolike su štete na opremi distributivnih postrojenja za koje se može ocijeniti da su uzrokovane prenaponima.

Za ispitivanja u tu svrhu odabrano je distributivno područje (DP) »Elektroprimorje« Rijeka, koje se brine o distribuciji električne energije na relativno velikom području sjevernog Hrvatskog primorja, sjevernih jadranskih otoka, Gorskog kotara i dijela Istre.

Treba reći da je distributivna mreža DP »Elektroprimorje« uredna, da se u njoj na odgovarajući način

provodi tehničko održavanje i da je u toj mreži prenaponska zaštita postrojenja korektno provođena uz korištenje SiC odvodnika prenapona za tu svrhu. Unatoč tome, dakako, zabilježene su štete u postrojenjima za koje se zna, ili se procjenjuje da su uzrokovane prenaponima, uglavnom atmosferskim prenaponima. Te su štete izdvojene, te analizirane ukupno i po pojedinim naponskim nivoima. Promatrano je posljednje trogodišnje razdoblje, a osim toga izvršena je distribucija kvarova po mjesecima, u nadi da će to pomoći ocjeni jesu li atmosferski prenaponi dominantni u uzrocima kvarova, što bi se moglo zaključiti ako je većina kvarova odnosno šteta nastala u ljetnim mjesecima, kada su atmosferska pražnjenja intenzivnija.

Nedostaje prostora za prikaz vrlo interesantnih rezultata ovih analiza, pa će se samo navesti glavni pokazatelji.

Pokazalo se da najveći broj šteta nastupa u mrežama 10 kV, što je razumljivo jer su mreže 10 kV znatno rasprostranjenije nego mreže 35 kV, a da najveći specifični iznosi šteta nastaju u mreži 35 kV, što je također sasvim razumljivo.

Izračunato je da godišnje štete zbog prenapona u mreži 35 kW čine oko 2% od vrijednosti osnovnih sredstava postrojenja napona 35 kV, a u mreži 10(20) kV približno 1 % od vrijednosti osnovnih sredstava postrojenja 10(20) kV. Ti iznosi šteta ne izgledaju zabrinjavajući, ali je sigurno da nisu zanemarivi.

Nadalje, provedeni su mnogi računi odnosa cijena provođenja kvalitetne prenaponske zaštite MO odvodnicima i cijena tipičnih distributivnih postrojenja. Oni su pokazali da se udio cijene MO odvodnika u cijeni TS kreće u granicama od približno 1 . . . 4 %, pri čemu je udio cijene MO odvodnika manji kod skupih postrojenja 35/10(20) kV, a veći kod manjih TS 10(20)/0,4 kV. Ti su udjeli zaista zenemarivi s obzirom na značenje prenaponske zaštite za pogonsku sigurnost postrojenja.

Treba napomenuti da provedeni računi vrijede samo za nova postrojenja. Vrijednost postrojenja se umanjuje s povećanjem vijeka eksploatacije, pa će uređenje prenaponske zaštite starijih postrojenja biti relativno skuplje. Zbog toga su izračunani i odnosi cijena prenaponske zaštite i cijena samih transformatora, da bi se pokazalo koliko posto od vrijednosti novih transformatora treba uložiti u kvalitetnu prenaponsku zaštitu starih transformatora, kako bi se vjerojatno spriječila ili odgodila potreba zamjene starih transformatora za nove. Pokazalo se da je taj odnos u granicama 5 . . . 10 %, opet niži u skupljih postrojenja i obrnuto.

Provedene analize mogu korisno poslužiti za određivanje kriterija za primjenu MO odvodnika u distributivnim mrežama.

Dakako da ne treba očekivati preporuku za brzu i široku akciju zamjene postojećih SiC odvodnika novim MO odvodnicima jer za to nismo dovoljno bogati, a i ne pokazuje se, barem u mrežama s maksimalnim pogonskim naponom 12 i 24 kV, ni takva hitna potreba. No konstatirani relativno velik iznos šteta zbog skupe opreme u mreži 38 kV, osobito zbog kvarova transformatora 35/10(20) kV upućuje na potrebu brže akcije poboljšanja kvalitete prenaponske zaštite u toj mreži, a koja je opravdana zbog relativno malog odnosa troškova prenaponske zaštite prema vrijednosti štićene opreme u mreži s maksimalnim pogonskim naponom 38 kV.

Uzevši u obzir rezultate provedenih analiza te potrebe i mogućnosti za poboljšanje kvalitete prenaponske zaštite, može se na kraju predložiti sljedeći redoslijed postupne primjene MO odvodnika u distributivnim mrežama:

1. pri izgradnji svih novih TS u nadzemnim mrežama 12, 24, i 38 kV,
2. na višenaponskoj strani TS 35(30)/10(20) kV koje su priključene na nadzemnu mrežu 38 kV direktno ili preko kabela, te u točkama prijelaza nadzemni vod-kabel u tim mrežama,
3. na niženaponskoj strani TS 110/X kV koje napajaju nadzemnu ili mješovitu mrežu,
4. na niženaponskoj strani TS 35(30)/10(20) kV koje napajaju nadzemnu ili mješovitu mrežu,
5. na visokonaponskoj strani TS 10(20)/0,4 kV u nadzemnoj mreži, u kojima su više puta zabilježeni kvarovi koji se pripisuju prenaponima,
6. u ostalim postrojenjima valja zamijeniti postojeće SiC odvodnike novim MO odvodnicima tek nakon što je konstatiran kvar postojećih odvodnika ili je istekla njihova životna dob.

LITERATURA

[1] O. VÖLCKER: »Einsatz von Metalloxidableitern in Mittel — und Hochspannungsnetzen«, Elektrizitätswirtschaft, 1987, br. 13

[2] G. BALZER, B. GIMBER: »Metalloxid — Ableiter zum Schutz vor Übersprannungen in Netzen der elektrischen Energieversorgung«, Elektrizitätswirtschaft, 1987, br. 25

[3] M. BABUDER: »Primjena ZnO odvodnika prenapona u elektroenergetskim sistemima«, Elektroinštitut »Milan Vidmar«, Ljubljana, 1989., ref. br. 1054

[4] H.R. BRACHER, A. MAYER: »Metalloxid — Überspannungsableiter im Mittelspannungsnetz«, Bulletin SEV/VSE, 1989, br. 9

[5] —: »Kolokvij o metaloksidnim odvodnicima prenapona i njihovoj primjeni«, Zbornik radova, Sarajevo, 1990.

[6] A. SCHEI, K. H. WECK: »General properties of the metal oxide surge arrester«, ELECTRA, 1./1990., br. 128

[7] B. BACHMANN, A. SCHEI: »Performance of metal oxide surge arresters under operating voltage«, ELECTRA, 1./1990., br. 128

[8] J. ELOVAARA, K. FOREMAN, A. SCHEI, O. VÖLCKER: »Temporary overvoltages and their stresses on metal oxide surge arresters«, ELECTRA, 1./1990., br. 128

[9] N. MENEMENLIS i sur.: »Stresses in metal-oxide surge-arresters due to temporary harmonic overvoltages«, ELECTRA 5./1990., br. 130

[10] A. R. HILEMAN, J. ROGUIN, K. H. WECK: »Protection performance of metal oxide surge arresters«, ELECTRA 12./1990., br. 133

Energija, god. 42 (1993) 5, 263 – 269

[11] L. STENSTRÖM: »Selection of metal oxide surge arrester characteristics from the standards«, ELECTRA 12./1990., br. 133

[12] IEC 99-4, 1991-11: »Surge arresters, part 4: Metal oxide surge arresters without gaps for A. C. systems«

[13] I. HRS, V. KOMEN, V. ILIJANIĆ: »Tehnoekonomska opravdanost uvođenja metaloksidnih odvodnika prenapona u distributivne mreže«, Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1992.

INCREASING OPERATION SECURITY OF DISTRIBUTION NETWORK BY METAL-OXID LIGHTNING ARRESTER FOR OVERVOLTAGE PROTECTION

The need for gradual application of metal-oxid lightning arrester for overvoltage protection of mid-voltage distribution network to increase their operation security is explained. The procedure of a characteristic selection of metal-oxid lightning arrester depending on network characteristics is given. The main results of the economical analysis are given and criteria of gradual application of metal-oxid lightning arresters in the mid-voltage distribution networks are suggested.

GRÖSSERE BETRIEBSSICHERHEIT DER DISTRIBUTIONSNETZE DURCH METALLOXID – ABLEITER FÜR DEN VORSPANNUNGSSCHUTZ

Hier wurde die Notwendigkeit der stufenweisen Anwendung der Metall — Oxid Ableiter der Vorspannungen für den Vorspannungsschutz der mitteljonspannungs — Distributionsnetze wegen Vergrösserung ihrer Betriebssicherheit erklärt. Geschildert wurde das Verfahren der Auswahl der Charakteristiken der Metalloxid — Ableiter in Abhängikeit der Netzcharakteristiken. Es wurden die Hauptresultate der ökonomischen Analysen beschrieben und die Kriterien für die stufenweise Anwendung der Metalloxid — Ableiter in den Mittelspannungsnetzen vorgeschlagen.

Naslov pisaca:

Dr. Ivo Hrs, dipl. ing.
Dr. Milan Puharić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-20

Novi proizvodi »TEHNOMEHANIKE« za elektroprivredu

U svome proizvodnom programu proizvoda za elektroprivredu (prikolične ljestve, hidrauličke dizalice, radne platforme, rovokopači, automobilske ljestve, podizne platforme, itd.) »TEHNOMEHANIKA« je proizvela i ispitala nekoliko novih proizvoda koje ćemo Vam predstaviti.

1. DIZALICA HAK-2S (2 tm)

Univerzalna mala dizalica, nosivosti 1200 kg na 1,8 m, odnosno 600 kg na 3 m, omogućuje utovare, istovare i montaže, montirana na vozila »B« kategorije.
To je postignuto primjenom suvremenih konstrukcijskih čelika velike čvrstoće.

2. DIZALICA HAK-12

Koncepcija dizalice je klasična, a dodaci su prilagođeni tehnologiji betonskih stupova.
Tako se na vozilo (kamion bruto mase 15 t, npr. TAM-190 T 15, 4 × 4) postavi konstrukcija za nošenje betonskog stupa od ceste do rupe.
Bušaća garnitura na dizalici iskopa rupu (od ∅ 200 do ∅ 800 — po potrebi i od 2–6 m dubine).
Dizalica potom postavi stup, a da se garnitura NE skida. Posebni alat može se nakon toga postaviti na dizalicu i iskopati kanal za uzemljenje oko stupa.

3. NOVA GENERACIJA TELESKOPSKIH PLATFORMI

Suradnjom sa švicarskom firmom, »TEHNOMEHANIKA« je omogućila Elektroprivredi ugradnju platformi na vozila »B« kategorije čak do 16 m radne visine.
Da podsjetimo, klasično rješenje 17 m platforme zahtijevalo je vozilo bruto mase otprilike 11 tona.
Na zahtjev elektroprivrede usvojene su i izvedbe za rad pod NAPONOM.

PROGRAMSKI PAKET ZA TEHNOEKONOMSKU ANALIZU KONFIGURACIJA SREDNJONAPONSKIH RAZDJELNIH MREŽA (PRM)

Mr. Željko Rajić — mr. Richard Schenner — mr. Ernest Mihalek — Lahorko Wagmann, Zagreb

UDK 621.316.1.001
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U radu je prikazan programski paket za tehnoekonomsku analizu srednjonaponskih razdjelnih mreža. Za poznate lokacije i nazivne snage napojnih transformatorskih stanica, trase i presjeke srednjonaponskih vodova te razmještaj i iznos točaka opterećenja računaju se energetske i troškovne karakteristike konfiguracije mreže. Programski paket ima odgovarajuću grafičku podršku i bazu podataka.

Ključne riječi: razdjelna mreža, planiranje, grafika.

1. UVOD

Osnovna funkcija elektroenergetskog sustava jest sigurno i kvalitetno napajati potrošače električnom energijom uz što manje ukupne troškove. Kako je riječ, s tehničkog i ekonomskog aspekta, o vrlo velikoj, složenoj i skupoj funkcionalnoj cjelini, već vrlo mali postoci ušteda znatno smanjuju troškove. U tom kontekstu treba razmotriti planiranje razdjelnih mreža, jer je to faza u cijelom razdoblju pripreme, izgradnje i eksploatacije mreže u kojoj se može postići kudikamo najveća racionalizacija.

S obzirom na cilj analize, stupanj detalja i preciznost opisa elemenata mreže te upotrijebljeni algoritam, razvijene su različite aproksimativne i egzaktne metode za optimalno planiranje srednjonaponskih razdjelnih mreža. Međutim, kreiranje i implementacija djelotvorne metode za optimalno planiranje, tj. metode kojom bi se moglo brzo i zadovoljavajuće točno rješavati razdjelne mreže realnih dimenzija jest, usprkos dinamičnom razvoju tehnika matematičkog programiranja i odgovarajuće kompjutorske podrške, složen i vrlo zahtjevan posao. Osim toga, obično još treba realizirati i prikladnu grafičku potporu, a što se smatra prihvaćenim standardom u praktičnoj primjeni ovakvih metoda.

Uzimajući u obzir aktualnu situaciju u našoj distribuciji, koju na području primjene metoda za planiranje elektroenergetskih mreža karakterizira evidentno zaostajanje za praksom razvijenih elektroprivreda, pristupilo se realizaciji prve faze jednog takvog projekta, tj. kreirao se relativno jednostavan i učinkovit programski paket za tehnoekonomsku analizu srednjonaponskih razdjelnih mreža [1].

Za određenu konfiguraciju razdjelne mreže koja je zadana nazivnim snagama i lokacijama napojnih transformatorskih stanica, trasama i tipovima pripadnih srednjonaponskih vodova te točkama i iznosima opterećenja računaju se energetski i troškovni pokazatelji. Energetske veličine su optrećenja napojnih transformatorskih stanica i srednjonaponskih vodova, iznosi napona u čvorovima, gubici radne snage u elementima mreže itd., a financijski pokazatelji su troškovi investicija, održavanja te gubitaka radne snage i energije.

Važno je istaknuti da planer sam postavlja konfiguraciju mreže, realnu ili potencijalnu. Svaka promjena znači novu konfiguraciju odnosno novi proračun. Programski paket je nazvan PRM (Planiranje Razdjelnih Mreža) jer je, iako optimizacija nije uključena, riječ o varijantnom planiranju.

Osim osnovnog algoritma za proračun razdjelne mreže, programski paket PRM proširen je i bazom podataka na temelju koje se mogu raditi pregledi i izvještaji o karakteristikama razmatrane mreže i rezultatima proračuna. Pri tome se koristi ekranski unos podataka i prikaz rezultata razrađen u CLIPPER-u. Također, razvijena je i odgovarajuća grafička podrška realizirana u AUTOCAD-u 11.

2. MODEL RAZDJELNE MREŽE

2.1. Općenito o modelima za planiranje konfiguracija razdjelnih mreža

Za predviđeni porast opterećenja postojećih potrošača i za pojavu novih točaka konzuma planiranje konfiguracije razdjelne mreže znači definiranje proširenja postojećih napojnih transformatorskih stanica i srednjonaponskih vodova te utvrđivanje mjesta, veličine i vremena gradnje novih. Namjera je uvijek uz što manje troškove kvalitetno opskrbljivati potrošače. Ograničenost energetskih i uopće materijalnih resursa, tehničke karakteristike elemenata mreže, različita struktura troškova, kvalitativna i kvantitativna raznovrsnost konzuma, veličina mreže itd. čine problem vrlo složenim i iziskuju upotrebu prikladnih matematičkih postupaka za njegovo rješavanje. Prije

svega se to odnosi na razvijanje i korištenje odgovarajućih modela i optimizacijskih metoda za planiranje razdjelnih mreža uz adekvatnu grafičku podršku. Postoji niz različitih modela za planiranje srednjonaponskih distributivnih mreža čije su značajke uvjetovane ovim utjecajnim faktorima:

— veličina mreže
— oblik i struktura mreže
— stupanj detalja koji se želi modelirati
— uvažavanje postojećeg stanja izgrađenosti
— uzimanje u obzir vremenske komponente
— modeliranje samo napojnih transformatorskih stanica, samo vodova ili oboje
— uzimanje u obzir samo fiksnih troškova, varijabilnih troškova ili oboje
— točno ili aproksimativno modeliranje pojedinih funkcijskih ovisnosti
— razina pouzdanosti
— uzimanje u obzir troškova neisporučene električne energije
itd.

Nakon što je postavljen model mreže, on se rješava matematičkim postupcima koji mogu biti egzaktni ili aproksimativni. Te se odnosi npr. na proračun tokova snaga i padova napona, optimizacijske tehnike itd. Optimizacijske metode, čije je kreiranje i implementacija svakako najteže, opet mogu biti vrlo različite, ovisno o strukturi funkcija cilja i ograničenja. Tako se npr. primjenjuju sljedeće metode matematičkog programiranja ili operacijskih istraživanja:

— linearno programiranje
— cjelobrojno programiranje
— linearno mješovito-cjelobrojno programiranje
— kvadratno mješovito-cjelobrojno programiranje
— kvadratno programiranje
— problem najkraćeg puta
— problem trgovačkog putnika
— dinamičko programiranje
itd.

Programski paket PRM se ne bazira na optimizaciji, a prethodne opće napomene samo ilustriraju kompleksnost razmatrane problematike.

2.2. Potrebne podloge

2.2.1. *Tehnoekonomske karakteristike elemenata mreže*

Pri planiranju srednjonaponske razdjelne mreže ili njezinoj tehnoekonomskoj analizi osnovni elementi koji se uzimaju u obzir jesu napojne transformatorske stanice i srednjonaponski vodovi. Opisani su tehničkim karakteristikama te fiksnim i varijabilnim troškovima.

Fiksni troškovi voda obuhvaćaju investicijske troškove i aktualizirane troškove održavanja voda za razdoblja planiranja, a varijabilni sadržavaju aktualizirane troškove zbog gubitaka radne snage i energije.

Fiksni troškovi transformatorske stanice sastoje se od investicijskih troškova i aktualiziranih troškova održavanja i gubitaka u željezu transformatora. Varijabilni troškovi transformatorske stanice predstavljaju aktualizirane troškove zbog gubitaka radne snage i energije u bakru transformatora. U slučaju potrebe preciznijeg određivanja troškova transformatorske stanice treba joj dodati odgovarajuće troškove priključnog voda na visokonaponsku mrežu.

2.2.2. *Opterećenje TS 10(20)/0,4 kV*

Razmještaj i veličina točaka opterećenja odnosno transformatorskih stanica 10(20)/x kV su ulazni podaci za proračun i planer ih mora poznavati.

Jedan od načina utvrđivanja tereta jest podjela čitavog područja razmatrane razdjelne mreže na male zone, koje zapravo predstavljaju potencijalna opskrbna područja transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV, i prognoziranje njihova opterećenja.

Radi planiranja mreže upotrebljavaju se, za razliku od kratkoročnih i srednjoročnih [2], dugoročne prognoze opterećenja [3]. Obično su posrijedi metode trenda kojima se na osnovi podataka iz prošlosti zaključuje o zakonitosti pojave budućeg tereta, a koriste se funkcije regresije kao što su:

— eksponencijalna
— Gompertzova
— logistička
— logaritamska parabola
— polinomna
itd.

2.3. Opis modela

Za potrebe programskog paketa PRM srednjonaponska distributivna mreža je opisana lokacijama i nazivnim snagama napojnih trafostanica, trasama i tipovima srednjonaponskih vodova te točkama i iznosima opterećenja.

Napojne transformatorske stanice karakterizirane su ukupnim troškovima investicija, troškovima elektroopreme odnosno održavanja te upotrijebljenim tipom transformatora. Dopuštena opteretivost transformatora može se zadati u postocima njegove nazivne snage.

Srednjonaponski vodovi opisani su vrstom voda, materijalom i presjekom vodiča, duljinom, težinskim faktorom trase kojom prolazi i podatkom nije li riječ o postojećem, novom ili rekonstruiranom vodu. Vodovi mogu biti uključeni ili isključeni. Također, i dopušteno opterećenje voda može se izraziti u postocima njegove maksimalne termičke snage.

Transformatorske stanice x/0,4 kV predstavljaju točke opterećenja. Opterećenje je zadano u kW, fiksno je, a locirano je na primarnim sabirnicama. Dakle, tokovi snage kroz trafostanice x/0,4 kV se ne računaju, kao što je i uobičajeno pri planiranju srednjonaponskih mreža.

Konfiguracija mreže zadana je čvorovima i njihovim vezama. Čvorovi su primarne i sekundarne sabirnice napojnih transformatorskih stanica, primarne sabirnice transformatorskih stanica x/0,4 kV, tj. točke opterećenja, mjesta račvanja srednjonaponskih vodova i mjesta promjene presjeka, tipa voda ili karakteristike trase. Čvorovi su povezani granama koje mogu

predstavljati transformatore napojnih trafostanica ili dionice srednjonaponskih vodova. Dopušta se mogućnost paralelnih grana između istih čvorova. Konfiguracija može biti zamkasta, ali pogon je uvijek radijalan.

3. PROGRAMSKI PAKET PRM

3.1. Osnovne karakteristike

Programski paket PRM (planiranje razdjelnih mreža) namijenjen je za proračun energetskih i troškovnih karakteristika konfiguracija srednjonaponskih razdjelnih mreža. Sadržava prikladnu bazu podataka i odgovarajuću grafičku podršku za prikaz razmatranih konfiguracija mreže.
Razvijeni programi koje obuhvaća su sljedeći:

— PRM.BAT
— PRMCL.EXE
— PPLL.EXE.

Osim njih, PRM se koristi i grafičkim programom ACAD (AUTOCAD 11).

a) PRM.BAT

Ovaj program sadrži osnovne DOS procedure kojim se upravlja programskim paketom PRM.

b) PRMCL.EXE

Napisan je u programskom jeziku CLIPPER. Njegove glavne funkcije su:

— formiranje osnovnog menija čitavoga programskog paketa
— punjenje baze podataka i izvođenje potrebnih manipulacija vezanih uz nju
— priprema menija kataloških podataka elemenata mreže i izrada pregleda ulaznih podataka
— formiranje ulazne datoteke PPLL.DAT za fortranski program PPLL.EXE
— učitavanje izlaznih rezultata proračuna iz datoteke PPLL.IZL
— izrada pregleda rezultata proračuna i realizacija upita za bazu podataka
— kreiranje menija kataloških podataka elemenata mreže za ACAD
— priprema rezultata dobivenih na temelju različitih upita za grafički prikaz u ACAD-u.

c) PPLL.EXE

Program je napisan u FORTRAN-u i služi za proračun mreže.
Ulazne podatke preuzima iz datoteke PPLL.DAT koju formira PRMCL.EXE, a izlazne sprema u datoteku PPLL.IZL.
Kompletan proračun odvija se kroz više faza koristeći različite rutine odnosno potprograme od kojih su najznačajnije: ispitivanje postojanja petlji u mreži, kontrola povezanosti čvorova, proračun radijalnih tokova snage, proračun pada napona i računanje troškova zadane konfiguracije.
Za računanje tokova snaga koristi se brzi istosmjerni proračun primjeren metodama za planiranje mreža.
U računanju padova napona upotrijebljena je iterativna metoda koja uzima u obzir ovisnost opterećenja o nazivnom naponu.
Nadalje, sa stajališta korisnika zanimljivo je opisati pojmove konfiguracija mreže, baza podataka, korisničko područje i radna okolina.
Termin **konfiguracija mreže** označava jedno zadano, fiksno stanje napojnih transformatorskih stanica, srednjonaponskih vodova i opterećenja transformatorskih stanica x/0,4 kV. Promjena bilo kojeg ulaznog podatka znači drugu varijantu mreže odnosno novu konfiguraciju. Prema tome, posebnu konfiguraciju ne predstavlja samo nova, sasvim drugačija razdjelna mreža nego i varijacija unutar postojeće. Svaka konfiguracija mreže identificira se svojim brojem.
U **bazi podataka** memoriraju se konfiguracije mreže sa svim podacima koji ih karakteriziraju. Pod brojem kojim se pamti neka konfiguracija mogu biti njezini djelomični ili cjelokupni ulazni podaci, ovisno o tome koliko podataka je uneseno, te izlazni podaci proračuna ako je izvršen. Prostor baze podataka je podijeljen na **korisnička područja** namijenjena za arhiviranje podataka odnosno konfiguracija samo nadležnog korisnika. Na taj način se dobiva na urednosti, korektnosti i preglednosti upotrebe programskog paketa. **Radna okolina** je djelatni prostor u sklopu kojeg se provode sve akcije vezane za određenu konfiguraciju mreže odnosno unos ili promjena podataka, proračun, razni pregledi itd. Radna okolina može biti prazna ili puna, a istodobno u njoj može biti samo jedna konfiguracija. Ako se želi arhivirati, konfiguracija iz radne okoline sprema se u korisničko područje odnosno bazu podataka. Isto tako, prikaz i karakteristični pokazatelji, promjena ili izvršenje novog proračuna bilo koje memorirane konfiguracije mogu se realizirati samo ako se ona iz baze prebaci u radnu okolinu.
Programski paket PRM ima mogućnost ekranskog i grafičkog prezentiranja elektroenergetske mreže, tj. unosa i prikaza podataka te rezultata proračuna koji se na nju odnose. U slučaju upotrebe samo ekranskog moda rada nužno je raspolagati personalnim računalom sljedećih minimalnih karakteristika:

— procesor 286
— DOS 5,0 ili više
— matematički koprocesor ili odgovarajući emulator koji ga može simulirati.

Ako se žele koristiti i grafičke performanse programskog paketa, trebaju biti ispunjeni dodatni zahtjevi:

— procesor 386
— 4 MB RAM memorije
— AUTOCAD 11 za računala s procesorom 386.

Korištenje programskog paketa odvija se interaktivno, a grafički se mogu interpretirati samo one konfiguracije mreže koje su unesene u grafičkom modu.

3.2. Ulazni podaci

Skup ulaznih podataka može se podijeliti na dva osnovna dijela. Jedan dio čine podaci neovisni o razmatranoj konfiguraciji razdjelne mreže, pa su katalogizirani, a odnose se na tipske karakteristike sred-

njonaponskih vodova i transformatora. Drugi dio podataka jesu konkretni pokazatelji o mreži i unose se posebno za svaku konfiguraciju.

Tipski podaci o transformatorima su sljedeći:

— šifra tipa transformatora
— nazivni napon primara [kV]
— nazivna snaga [kVA]
— gubici u bakru transformatora [kW]
— gubici u željezu transformatora [kW],

a o srednjonaponskim vodovima su:

— šifra tipa voda
— vrsta voda (zračni, kabelski)
— napon za koji je vod konstruiran [kV]
— presjek
— materijal
— radni otpor [Ω/km]
— jalovi otpor [Ω/km]
— termička struja [A]
— troškovi investicija voda [HRD/km]
— troškovi održavanja voda izraženi u postocima troškova investicija [%].

Podaci karakteristični za svaku pojedinačnu razmatranu konfiguraciju srednjonaponske distributivne mreže jesu opći podaci, podaci o napojnim transformatorskim stanicama, podaci o ostalim čvorovima i podaci o dionicama.

Opći podaci su:

— redni broj konfiguracije. To je zapravo broj pod kojim se pamti određena konfiguracija mreže
— naziv mreže odnosno konfiguracije
— ime izvršitelja proračuna
— datum proračuna
— period planiranja [god.]
— nazivni napon mreže [kV]
— faktor snage
— godišnje vrijeme trajanja vršnoga radnog opterećenja [h]
— stopa aktualizacije [%]
— konstanta naponske osjetljivosti
— faktor opterećenja vodova izražen u postocima njihove termičke snage [%]
— cijena električne snage [HRD/kW]
— cijena električne energije [HRD/kWh]
— faktor opterećenja transformatorskih stanica x/0,4 kV [%]. Ako se ne raspolaže stvarnim opterećenjem čvorova, ono se može zadati u postocima instalirane snage transformatorskih stanica. Faktor je jedinstven i odnosi se, ako se zada, na sve stanice. Ako je opterećenje čvorova poznato, unosi se vrijednost 0.

Podaci o napojnim transformatorskim stanicama jesu sljedeći:

— šifra čvora (primarne sabirnice]
— objekt odnosno oznaka tipa transformacije (npr. TS 35/10 kV ili 110/35/10 kV) prema internom katalogu
— naziv transformatorske stanice
— ukupni investicijski troškovi [HRD]
— troškovi elektroopreme [HRD]
— troškovi održavanja transformatorske stanice izraženi u postocima troškova elektroopreme [%]
— šifra čvora (čvorova) koji označavaju sekundarne sabirnice
— naziv sekundarnih sabirnica
— šifra tipa instaliranih transformatora prema katalogu
— faktor dopuštenog opterećenja transformatora izražen u postocima njihove nazivne snage [%].

Podaci o ostalim čvorovima jesu:

— šifra čvora
— objekt odnosno oznaka radi li se o transformatorskoj stanici x/0,4 kV ili samo o običnom čvoru x kV. Oznake se unose prema internom katalogu.
— naziv čvora
— opterećenje čvora [kW]. Ako je riječ o običnom čvoru x kV, onda je 0.
— šifra tipa instaliranih transformatora prema katalogu. Taj podatak se unosi samo ako je riječ o transformatorskoj stanici x/0,4 kV.
— faktor dopuštenog opterećenja transformatora u postocima njihove nazivne snage [%]. Podatak se unosi samo onda ako je srednjonaponski čvor transformatorska stanica. Preporučuje se vrijednost 100.

Podaci o dionicama:

— šifra prvog čvora dionice
— šifra drugog čvora dionice
— šifta tipa voda prema katologu
— duljina trase [m].
— faktor trase voda. Ako je riječ o standardnoj trasi, onda je 1. Ako je riječ o trasi koja iziskuje investicijske troškove veće ili manje od uobičajenih, onda je veći odnosno manji od 1.
— oznaka je li vod uključen ili isključen
— faktor građenja voda. Ako se gradi novi vod, onda je 1. Ako je vod već izgrađen, onda je 0. Ako se zahtijeva rekonstrukcija, onda je između 0 i 1.

3.3. Izlazni rezultati

Osnovni rezultati proračuna su:

— troškovi investicija, održavanja i gubitaka svake napojne trafostanice i srednjonaponskog voda, te ukupno
— opterećenje svakog transformatora
— protok radne snage, gubici i pad napona na svakom vodu
— napon, odnosno pad napona u svakom čvoru.

Rezultati proračuna kao i dio ulaznih podataka koji su dani kroz rekapitulaciju radi potpunijeg opisa razmatrane srednjonaponske mreže mogu se prezentirati u raznim formama i po različito definiranim kriterijima.

Tako je moguć prikaz čvorova, transformatora i dionica vodova sa svim njihovim energetskim i troškovnim karakteristikama po različitim kriterijima sortiranja.

Čvorovi se mogu redati po:

— šifri
— objektu
— nazivu
— naponu

— teretu
— instaliranoj snazi.

Dionice vodova mogu biti sortirane po:
— šifri
— čvorovima
— tipu voda
— duljini
— padu napona
— opterećenju
— postotku opterećenja u ovisnosti o maksimalno dozvoljenoj snazi
— ukupnim troškovima.

Transformatori mogu biti poredani po:
— šifri
— čvorovima
— nazivnoj snazi.

Osim toga mogu se postaviti upiti za izlistavanjem odnosno posebnim grafičkim prikazom samo onih čvorova ili dionica koji zadovoljavaju dodatne zahtjeve.

To su upiti bazirani na kriterijima s obzirom na:
— pad napona
— opterećenje
— ili oboje,

za čvorove, odnosno:
— pad napona
— opterećenje
— postotak opterećenja u odnosu na maksimalno dopuštenu snagu
— ili kombinacije prethodnih uvjeta

za dionice vodova.

4. ILUSTRATIVNI PRIMJER

4.1. Opis mreže

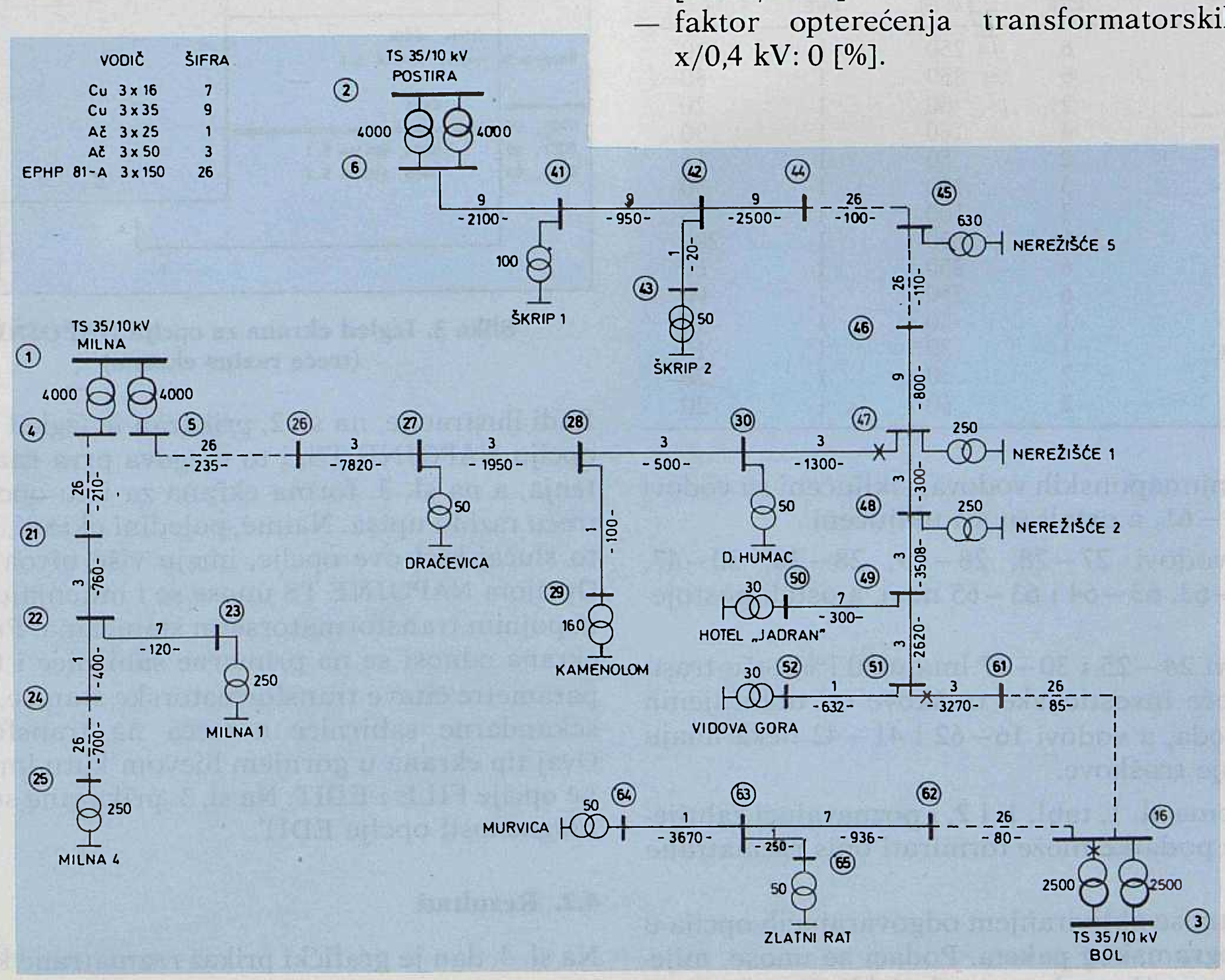
Kao primjer odabran je dio srednjonaponske mreže otoka Brača čiji su podaci u bazi podataka Instituta za elektroprivredu. Primjer je zahvalan za ilustraciju metode jer je riječ o mreži s više napojnih transformatorskih stanica na relativno malom konzumnom području.

Razmatrani primjer srednjonaponske distributivne mreže prikazan je na sl. 1.

Cijene radne energije i snage izračunate su na osnovi podataka iz tarifnih stavova za prodaju električne energije na obračunskom naponu 35 kV.

Da bi se izbjegao utjecaj inflacije, sve cijene odnosno troškovi izraženi su u DEM. Odnos 1 DEM = 748 HRD utvrđen je na dan 1. 3. 1993. godine.

Opći podaci koji se odnose na zadanu mrežu imaju ove vrijednosti:
— razdoblje planiranja: 20 [god.]
— prosječni faktor snage u mreži: 0,9
— godišnje vrijeme trajanja vršnog radnog opterećenja: 2500 [h]
— stopa aktualizacije: 10 [%]
— konstanta naponske osjetljivosti: 1
— faktor dopuštenog opterećenja srednjonaponskih vodova izražen u postocima njihova termičkog opterećenja: 50 [%]
— prosječna godišnja cijena radne snage: 159 [DEM/kW]
— prosječna cijena radne energije: 0,060 [DEM/kWh]
— faktor opterećenja transformatorskih stanica x/0,4 kV: 0 [%].



Slika 1. Primjer srednjonaponske razdjelne mreže

Tipski podaci o vodovima i transformatorima katalogizirani su u skladu s opisom u točki 3.2.

Slijedi opis konfiguracije razmatrane mreže. Prema sl. 1. postoje tri napojne transformatorske stanice, a njihove karakteristike su dane u tablici 1.

Hipotetski, da bi primjer bio potpuniji, neka napojna transformatorska stanica »Bol« ima 1 transformator u rezervi, a »Milna« neka radi na odvojene sekundarne sabirnice.

Tablica 1. Karakteristike napojnih transformatorskih stanica

Naziv transformatorske stanice	»Milna«	»Postira«	»Bol«
Transformacija [kV]	35/10	35/10	35/10
Instalirana snaga [kVA]	2 × 4 000	2 × 4 000	2 × 2 500
Troškovi investicija [DEM]	1 200 000	1 200 000	1 000 000
Troškovi elektroopreme [DEM]	850 000	850 000	600 000
Toškovi održavanja [%]	5	5	5
Šifra tipa transformatora	14	14	13
Dopušteno opterećenje transformatora [%]	50	50	50
Broj transformatora u pogonu	2	2	1

Opterećenje i instalirane snage transformatorskih stanica 10/0,4 kV prikazani su u tabl. 2.

Tablica 2. Karakteristike TS 10/0,4 kV

TS 10/0,4 kV	Šifra tipa transformatora	Instalirana snaga [kVA]	Broj transformatora	Opterećenje [kW]
Milna 1	6	250	1	70
Milna 4	6	250	1	80
Dračevica	2	50	1	20
Kamenolom	4	160	1	30
D. Humac	2	50	1	15
Škrip 1	3	100	1	30
Škrip 2	3	100	1	15
Nerežišće 5	9	630	1	200
Nerežišće 1	6	250	1	60
Nerežišće 2	6	250	1	90
H. »Jadran«	1	30	1	10
Vidova Gora	1	30	1	10
Murvica	2	50	1	20
Zlatni Rat	2	50	1	20

Glede srednjonaponskih vodova, isključeni su vodovi 30 – 47 i 51 – 61, a ostali su svi uključeni.

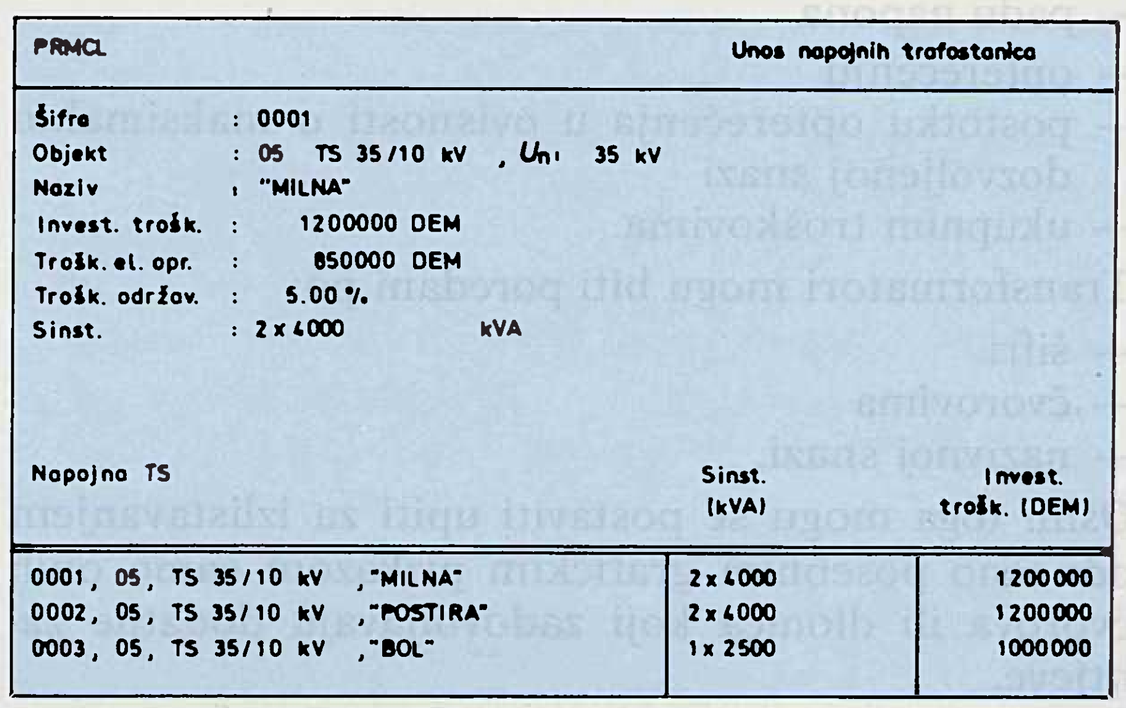
Neka su vodovi 27 – 28, 28 – 29, 28 – 30, 30 – 47, 16 – 62, 62 – 63, 63 – 64 i 63 – 65 novi, a ostali postojeći.

Neka vodovi 24 – 25 i 30 – 47 imaju 30 [%] težu trasu odnosno veće investicijske troškove od uobičajenih za taj tip voda, a vodovi 16 – 62 i 41 – 42 neka imaju 20 [%] manje troškove.

Sada se prema sl. 1, tabl. 1. i 2. i poznavajući zahtijevane tipske podatke može formirati opis razmatrane mreže.

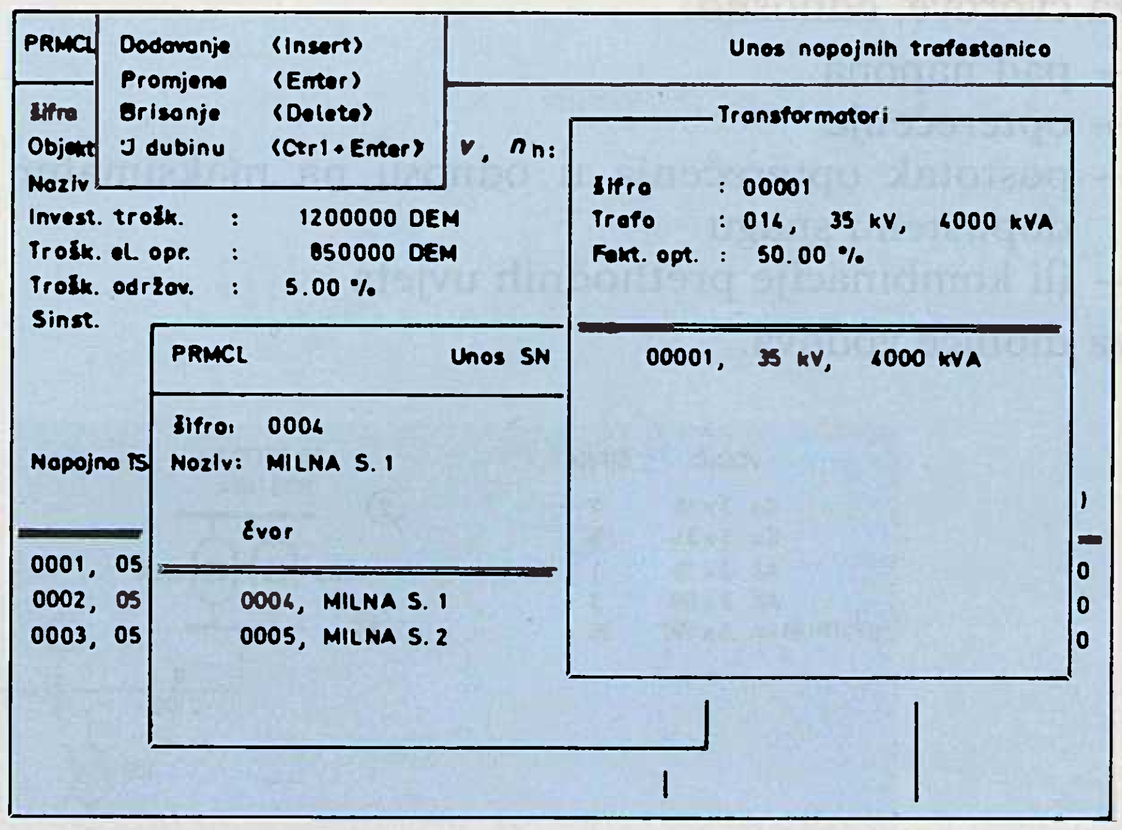
Podaci se unose aktiviranjem odgovarajućih opcija u meniju programskog paketa. Podaci se unose, mijenjaju i brišu, u ekranskom modu isključivo, a u grafičkom djelomično i posredno, preko posebno kreiranih ekrana za tu svrhu. Preostali podaci u grafičkom modu unose se i mijenjaju pozicioniranjem i crtanjem na slici koja prikazuje razmatranu konfiguraciju mreže.

File Edit



Slika 2. Izgled ekrana za opciju NAPOJNE TS (prva razina ekrana)

File Edit



Slika 3. Izgled ekrana za opciju NAPOJNE TS (treća razina ekrana)

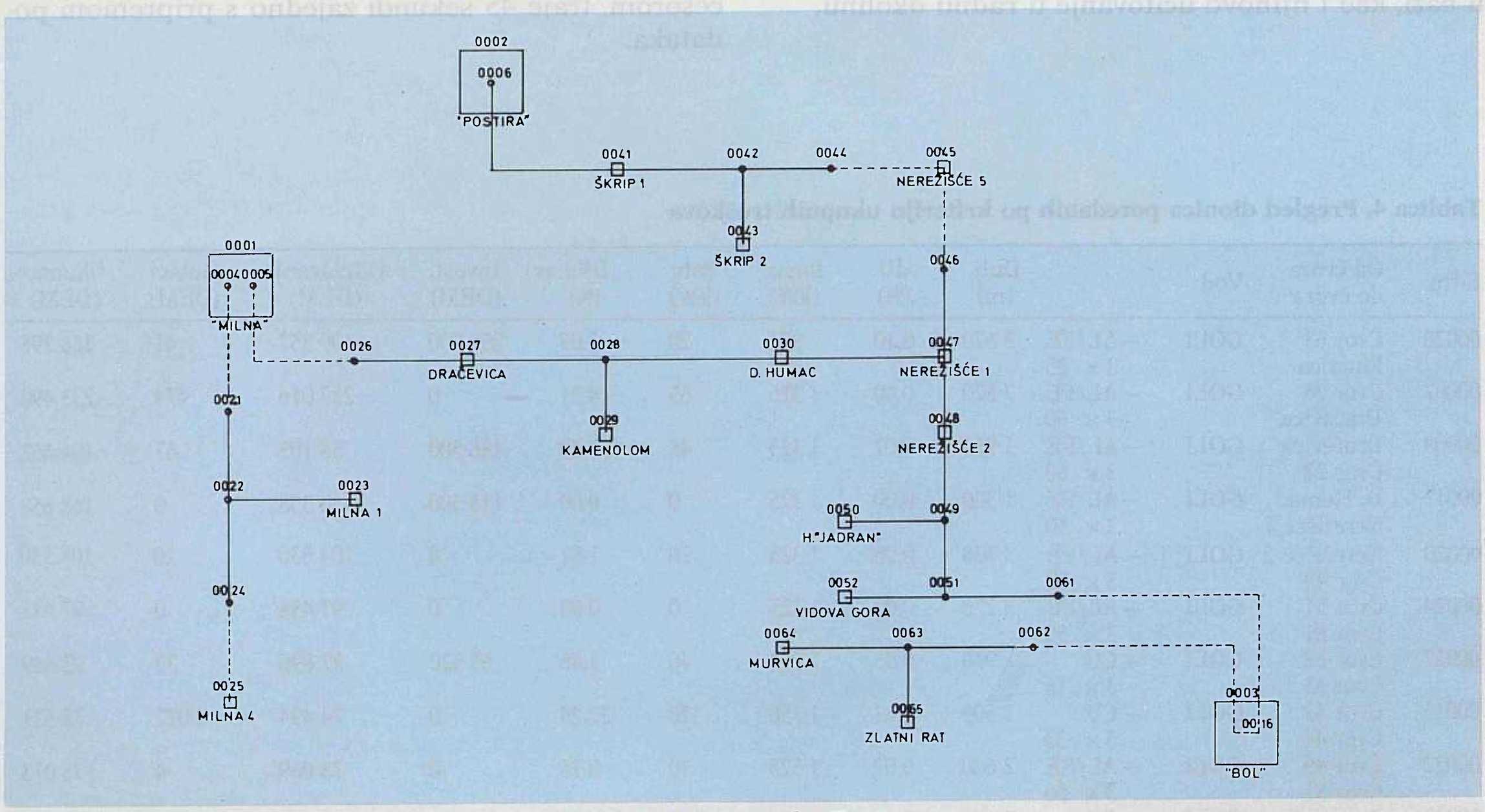
Radi ilustracije, na sl. 2, prikazan je izgled ekrana za opciju NAPOJNE TS, i to njegova prva razina korištenja, a na sl. 3. forma ekrana za istu opciju, ali za treću razinu upisa. Naime, pojedini ekrani, kao što je to slučaj kod ove opcije, imaju više nivoa pristupa. Opcijom NAPOJNE TS unose se i mijenjaju podaci o napojnim transformatorskim stanicama. Prva razina ekrana odnosi se na primarne sabirnice i troškovne parametre čitave transformatorske stanice, druga na sekundarne sabirnice a treća na transformatore. Ovaj tip ekrana u gornjem lijevom kutu ima i dodatne opcije FILE i EDIT. Na sl. 3. prikazane su, usput, i mogućnosti opcije EDIT.

4.2. Rezultati

Na sl. 4. dan je grafički prikaz razmatrane konfiguracije mreže.

Ukupni troškovi, koji uključuju investicije, održavanje i gubitke, iznose 6 332 208 DEM. Od toga se 4 529 897 DEM odnosi na napojne trafostanice, a 1 802 311 DEM na srednjonaponske vodove.

U tabl. 3. dan je pregled čvorova poredanih po kriteriju padova napona, a u tabl. 4. pregled dionice sortiranih po kriteriju ukupnih troškova.



Slika 4. Mreža otoka Brača

Tablica 3. Pregled čvorova poredanih po kriteriju padova napona

Šifra	Objekt	Naziv	Sinst (kVA)	Teret (kW)	Napon (V)	dU (%)
0002	TS 35/10 KV	»POSTIRA«	2 × 4000	415	35000	0,00
0001	TS 35/10 KV	»MILNA«	2 × 4000	215	35000	0,00
0003	TS 35/10 KV	»BOL«	1 × 2500	40	35000	0,00
0052	TS 10/0,4 KV	VIDOVA GORA	1 × 30	10	9830	1,70
0051	ČVOR 10 KV	ČVOR 51		0	9831	1,69
0049	ČVOR 10 KV	ČVOR 49		0	9833	1,67
0050	TS 10/0,4 KV	H. »JADRAN«	1 × 30	10	9833	1,67
0048	TS 10/0,4 KV	NEREŽIŠĆE 2	1 × 250	90	9839	1,61
0047	TS 10/0,4 KV	NEREŽIŠĆE 1	1 × 250	60	9842	1,58
0045	TS 10/0,4 KV	NEREŽIŠĆE 5	1 × 630	200	9851	1,49
0046	ČVOR 10 KV	ČVOR 46		0	9851	1,49
0044	ČVOR 10 KV	ČVOR 44		0	9852	1,48
0042	ČVOR 10 KV	ČVOR 42		0	9915	0,85
0043	TS 10/0,4 KV	ŠKRIP 2	1 × 50	15	9915	0,85
0041	TS 10/0,4 KV	ŠKRIP 1	1 × 100	30	9940	0,60
0028	ČVOR 10 KV	ČVOR 28		0	9952	0,48
0029	TS 10/0,4 KV	KAMENOLOM	1 × 160	30	9952	0,48
0030	TS 10/0,4 KV	D. HUMAC	1 × 50	15	9952	0,48
0027	TS 10/0,4 KV	DRAČEVICA	1 × 50	20	9959	0,41
0025	TS 10/0,4 KV	MILNA 4	1 × 250	80	9984	0,16
0064	TS 10/0,4 KV	MURVICA	1 × 50	20	9985	0,15
0024	ČVOR 10 KV	ČVOR 24		0	9986	0,14
0023	TS 10/0,4 KV	MILNA 1	1 × 250	70	9989	0,11
0022	ČVOR 10 KV	ČVOR 22		0	9990	0,10
0065	TS 10/0,4 KV	ZLATNI RAT	1 × 50	20	9994	0,06
0063	ČVOR 10 KV	ČVOR 63		0	9995	0,05
0021	ČVOR 10 KV	ČVOR 21		0	9999	0,01
0026	ČVOR 10 KV	ČVOR 26		0	10000	0,00
0061	ČVOR 10 KV	ČVOR 61		0	10000	0,00
0062	ČVOR 10 KV	ČVOR 62		0	10000	0,00
0006	SABIRNICE SN	POSTIRA S.		0	10000	0,00
0004	SABIRNICE SN	MILNA S. 1		0	10000	0,00
0005	SABIRNICE SN	MILNA S. 2		0	10000	0,00
0016	SABIRNICE SN	BOL S.		0	10000	0,00
	*** Total ***			1340		

Opcijom ULAZ/IZLAZ IZ BAZE konfiguracija mreže iz radne okoline može se arhivirati u bazu odnosno korisničko područje. Inače, ova opcija još omogućuje pregledavanje i brisanje memoriranih konfiguracija u bazi, kao i njihovo učitovanje u radnu okolinu.

U vezi s brzinom algoritma treba istaknuti da je vrlo prihvatljiva. Tako npr. proračun 10 kV pokrajinske mreže koja ima 173 čvora, na personalnom računalu s procesorom 386 i ugrađenim matematičkim koprocesorom, traje 45 sekundi zajedno s pripremom podataka.

Tablica 4. Pregled dionica poredanih po kriteriju ukupnih troškova

Šifra	Od čvora do čvora	Vod		Dulj. (m)	dU (%)	Pmax (kW)	Pstv (kW)	f(Pmax) (%)	Invest. (DEM)	Održavanje (DEM)	Gubici (DEM)	Ukupno (DEM)
00028	Čvor 63 Murvica	GOLI	– AL/FE 3 × 25	3 670	0.10	974	20	2.05	256 900	109 357	41	366 298
00007	Čvor 26 Dračevica	GOLI	– AL/FE 3 × 50	7 820	0.40	1 325	65	4.91	0	233 016	474	233 490
00008	Dračevica Čvor 28	GOLI	– AL/FE 3 × 50	1 950	0.07	1 325	45	3.40	136 500	58 105	57	194 662
00011	D. Humac Nerežišće 1	GOLI	– AL/FE 3 × 50	1 300	0.00	1 325	0	0.00	118 300	50 358	0	168 658
00020	Nerežišće 2 Čvor 49	GOLI	– AL/FE 3 × 50	3 508	0.06	1 325	20	1.51	0	104 530	20	108 550
00024	Čvor 51 Čvor 61	GOLI	– AL/FE 3 × 50	3 270	0.00	1 325	0	0.00	0	97 438	0	97 438
00027	Čvor 62 Čvor 63	GOLI	– CU 3 × 16	936	0.05	896	40	4.46	65 520	27 890	39	93 449
00015	Čvor 42 Čvor 44	GOLI	– CU 3 × 35	2 500	0.63	1 356	370	27.29	0	74 494	4 037	78 531
00022	Čvor 49 Čvor 51	GOLI	– AL/FE 3 × 50	2 620	0.02	1 325	10	0.75	0	78 069	4	78 073
00012	Postira S Škrip 1	GOLI	– CU 3 × 35	2 100	0.60	1 356	415	30.60	0	62 575	4 226	66 841
00005	Čvor 24 Milna 4	EPHP	81-AL 3 × 150	700	0.01	2 689	80	2.98	0	54 231	22	54 253
00010	Čvor 28 D. Humac	GOLI	– AL/FE 3 × 50	500	0.01	1 325	15	1.13	35 000	14 899	2	49 901
00029	Čvor 63 Zlatni rat	GOLI	– AL/FE 3 × 25	250	0.01	974	20	2.05	17 500	7 449	3	24 952
00013	Škrip 1 Čvor 42	GOLI	– CU 3 × 35	950	0.25	1 356	385	28.39	0	22 646	1 661	24 307
00018	Čvor 46 Nerežišće 1	GOLI	– CU 3 × 35	800	0.09	1 356	170	12.54	0	23 838	273	24 111
00002	Čvor 21 Čvor 22	GOLI	– AL/FE 3 × 50	760	0.09	1 325	150	11.32	0	22 646	245	22 891
00023	Čvor 21 Vidova Gora	GOLI	– AL/FE 3 × 25	632	0.01	1 974	10	1.03	0	18 832	2	18 834
00006	Milna S.2 Čvor 26	EPH	81-AL 3 × 150	235	0.00	2 689	65	2.42	0	14 005	5	14 010
00026	Bol S. Čvor 62	EPHP	81-AL 3 × 150	80	0.00	2 689	40	1.49	8 960	3 814	1	12 775
00001	Milna S.1 Čvor 21	EPHP	81-AL 3 × 150	210	0.01	2 689	150	5.58	0	12 515	23	12 538
00004	Čvor 22 Čvor 24	GOLI	– AL/FE 3 × 25	400	0.04	974	80	8.21	0	11 919	71	11 990
00009	Čvor 28 Kamenolom	GOLI	– AL/FE 3 × 25	100	0.00	974	30	3.08	7 000	2 980	2	9 982
00019	Nerežišće 1 Nerežišće 2	GOLI	– AL/FE 3 × 50	300	0.03	1 325	110	8.30	0	8 939	52	8 991
00021	Čvor 49 H. »Jadran«	GOLI	– CU 3 × 16	300	0.00	896	10	1.12	0	8 939	1	8 940
00020	Nerežišće 5 Čvor 46	EPHP	81-AL 3 × 150	110	0.00	2 689	170	6.32	0	6 555	15	6 570
00016	Čvor 44 Nerežišće 5	EPHP	81-AL 3 × 150	100	0.01	2 689	370	13.76	0	5 959	66	6 025
00025	Bol S. Čvor 61	EPHP	81-AL 3 × 150	85	0.00	2 689	0	0.00	0	5 066	0	5 066
00003	Čvor 22 Milna 1	GOLI	– CU 3 × 16	120	0.01	896	70	7.81	0	3 576	15	3 591
00014	Čvor 42 Škrip 2	GOLI	– AL/FE 3 × 25	20	0.00	974	15	1.54	0	596	0	596
*** Total ***				36 326			2 925		645 680	1 145 236	11 395	1 802 311

5. ZAKLJUČAK

U osnovnim crtama je opisan programski paket PRM za tehnoekonomsku analizu srednjonaponskih razdjelnih mreža i ilustrirana njegova primjena na realnom primjeru.

Za određenu konfiguraciju distributivne mreže opisanu lokacijama i nazivnim snagama napojnih transformatorskih stanica, trasama i vrstama srednjonaponskih vodova te mjestima i iznosima opterećenja, uz poznavanje tehničkih i troškovnih karakteristika elemenata mreže, mogu se izračunati svi mjerodavni energetski i financijski pokazatelji. Za svaki element razmatrane mreže i ukupno dobiju se podaci o tokovima snaga, gubicima, padovima napona te investicijskim i aktualiziranim pogonskim troškovima koji se pojavljuju tijekom planiranja.

Programski paket obuhvaća primjerenu bazu podataka koja omogućuje arhiviranje analiziranih konfiguracija mreže te izradu različitih pregleda i izvještaja o njima, a podržan je odgovarajućom grafikom realiziranom u AUTOCAD-u 11. U toku je proširenje modela i algoritma s obzirom na mogućnost uključivanja porasta opterećenja u potrošačkim točkama te rekonstrukcije ili izgradnje novih srednjonaponskih vodova za vrijeme razmatranja, čime će se realizirati zaokruženi programski paket za varijantno planiranje razdjelnih mreža.

Na taj način korisnici u elektrodistribuciji dobit će nužan i vrlo djelotvoran osnovni alat za planiranje, a njegova upotreba treba poslužiti kao baza za uvođenje suvremenih metoda u ovoj domeni, prije svega optimizacijskih tehnika.

LITERATURA

[1] RAJIĆ Ž., WAGMANN L.: »Programski paket za tehnoekonomsku analizu konfiguracija srednjenaponskih distribucijskih mreža (PRM)«, Opis metodologije i upute za rad, IE, Zagreb, 1993.

[2] ŽUTOBRADIĆ S., SCHENNER R., ŠIMUNEC R.: »Srednjeročne i kratkoročne prognoze potrošnje električne energije«, JUKO CIGRE, Ref. 39. 02, Beograd, travanj 1981.

[3] SCHENNER R., ŽUTOBRADIĆ S., ŠIMUNEC R.: »Dugoročne prognoze potrošnje i vršnog opterećenja električne energije«, JUKO CIGRE, Ref. 39. 03, Beograd, travanj 1981.

PROGRAM PACKAGE FOR TECHNO-ECONOMICAL ANALYSIS OF MID – VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS

In the paper a program package for techno-economical analysis of mid-voltage distribution networks is given. For known sites and nominal capacities of primary transformer stations, routes and sections of mid-voltage lines and location, and value of load points, energy and cost characteristics of network configuration are calculated. The program package has adequate graphic support and data base.

PROGRAMMPAKET FÜR DIE TECHNOÖKONOMISCHE ANALYSE DER KONFIGURATIONEN DER MITTELSPANNUNGS – VERTEILERNETZE

In der Arbeit wird das Programmpaket für die technoökonomische Analyse der Mittelspannungs — Verteilernetze geschildert. Für bekannte Lokationen und Nennkräfte der Versorgungs — Transformatorstationen, Trassen und Querschnitte der Mittelspannungs Leitungen und die Einteilung und Zahl der Belastungspunkte, werden energetische und preisliche Charakteristiken der Netzkonfiguration ausgerechnet. Das Programmpaket hat eine entsprechende graphische Unterstützung und Datenbasis.

Naslov pisaca:

Mr. Željko Rajić, dipl. ing.
Mr. Richard Schenner, dipl. ing.
Mr. Ernest Mihalek, dipl. ing.
Lahorko Wagmann, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-20

O RAZVOJU TEHNIČKOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA DISTRIBUCIJSKE DJELATNOSTI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Dr. Srđan Žutobradić — Rudolf Šimunec — Krešimir Mehičić, Zagreb

UDK 621.316
PRETHODNO PRIOPĆENJE

U članku su ukratko izloženi dosadašnji rezultati na uvođenju baze tehničkih podataka distribucijske mreže. Nakon toga prikazani su pravci razvoja tehničkog informacijskog sustava u budućnosti. Osnovna intencija je u integraciji postojećih, odvojenih podsustava, i u razvoju ekspertnih sustava.

Ključne riječi: TBP tehnička baza podataka, tehnički informacijski sustav

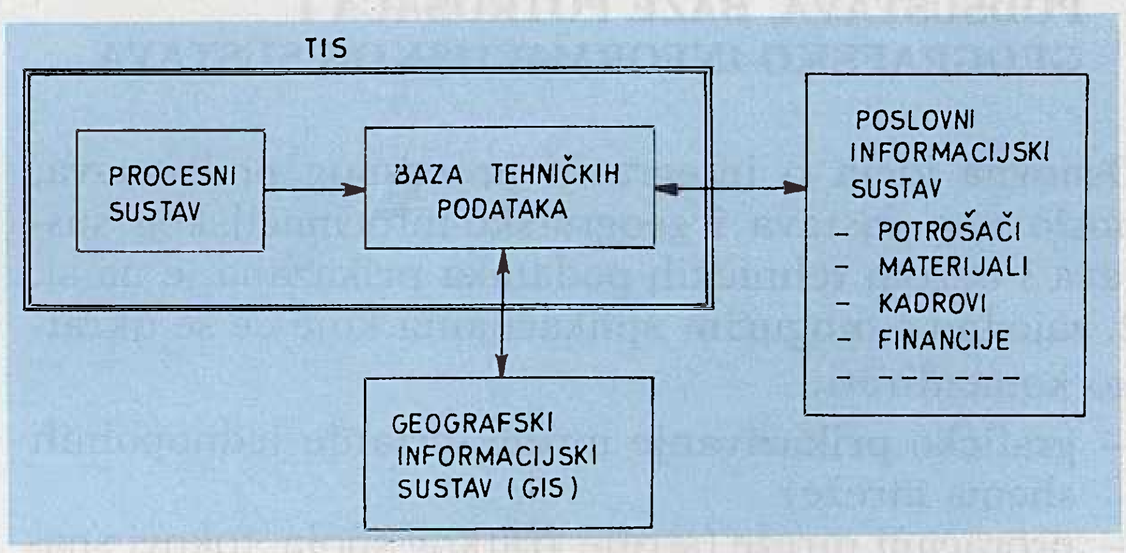
1. UVOD

Suvremeno poslovanje distribucijskih poduzeća u svijetu nezamislivo je bez informatičke podrške. Dakako, isti zaključak vrijedi i za distribucijsku djelatnost Hrvatske elektroprivrede. To je potpuno razumljivo, jer djelatnost distribucije električne energije obuhvaća izrazito veliku mrežu i mnoštvo potrošača. Kao primjer mogu se navesti neki temeljni podaci koji se odnose na hrvatsku distribuciju (1991. g.):

— broj TS 110/10(20) i TS 35/10(20) kV: 342 kom.
— broj TS 10(20)/0,4 kV: 19 113 kom.
— dužina vodova 35(30) kV: 4 963 km
— dužina vodova 10(20) kV: 27 813 km
— dužina vodova 0,4 kV: 58 213 km
— broj potrošača ukupno: 1 730 065 kom.

Prijašnja organizacija HEP postavljala je distribucijska područja kao samostalne cjeline koja su svaka na svoj način ulagale i vodile razvoj informatičke djelatnosti (ID). Takav nesustavni način razvoja ID rezultirao je velikim problemima koje treba riješiti kako bi se različite baze podataka instalirane na različitim operacijskim sustavima povezale u funkcionalnu cjelinu. Unutar same organizacijske jedinice (distribucijsko područje) informatička djelatnost nije jedinstveno vođena i razbijena je na dvije cjeline — »poslovnu« i »tehničku«. Unutar poslovno-informacijskog sustava (PIS) razvijani su podsustavi, npr. »Potrošači i naplata el. energije«, »Kadrovi«, »Financije« i sl. U sklopu tehničko-informacijskog sustava (TIS) razvijana su dva podsustava, i to »procesni podsustav« (PP) i »baza tehničkih podataka« (BTP). U novije vrijeme radi se na razvoju i trećega informacijskog sustava, a to je geografski informacijski sustav (GIS). Interakcije između tih dvaju podsustava u TIS-u, a niti interakcije između triju sustava (PIS, TIS, GIS) u integralni informacijski sustav (IIS) danas nisu definirane.

Formiranjem HEP kao jedinstvenog poduzeća, organizacijskim promjenama u poduzeću i postavljanjem



Slika 1. Tipični informacijski sustav u distribuciji

informatičke djelatnosti kao složene funkcije stvoreni su temeljni uvjeti za sustavno vođenje te djelatnosti [1,2].

Očekivani razvoj postojećih informacijskih podsustava odvijat će se tako da se formira zajednička distribuirana relacijska baza tehničkih podataka, koja će integrirati podatke iz različitih informacijskih podsustava.

Sektor za informatiku HEP-a [2], definirao je SQL kao standard relacijske baze podataka, uz sustavno korištenje GIS-a.

Studijska jedinica za distribucijske mreže Instituta za elektroprivredu i energetiku već duži niz godina radi na razvoju baze tehničkih podataka (BTP) distribucijske djelatnosti. Prema usvojenom idejnom rješenju BTP može se podijeliti u sljedeće podsustave:

Objekti (elektroenergetski i ostali, te sastavni dijelovi elektroenergetskih objekata),
Vodovi (vodovi i njihovi dijelovi, trase, križanja),
Pogonski događaji (kvarovi, prekidi, obustave),
Održavanja (praćenje raznih nalaza kod održavanja, izvještaja o pregledima i održavanjima, itd.),
Mjerenja (razna tehnološka mjerenja koja ne služe za obračun).

Uvjetno govoreći, prva dva podsustava čine statički dio baze, jer se pripadni podaci relativno rijetko mijenjaju. Preostala tri podsustava čine dinamički dio baze, jer je u njima izrazito prisutna vremenska di-

Energija, god. 42 (1993) 5, 281 – 285

menzija. Prema tome, ta tri podsustava možemo generalno zvati **događaji**.

Osnovni preduvjet za uspostavljanje podsustava **pogonski događaji, održavanja i mjerenja** jest prethodna realizacija prvih dvaju podsustava, tj. **objekti i vodovi.**

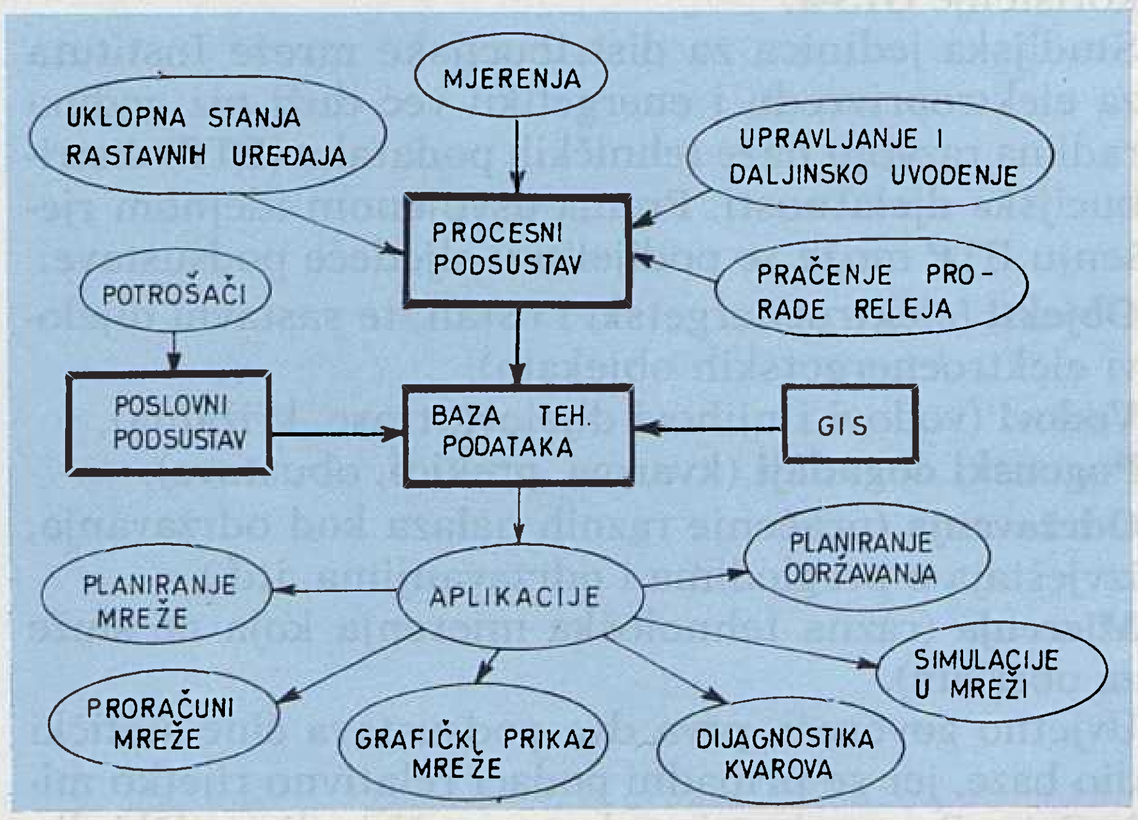
Zbog velikog opsega predložene BTP njezina realizacija je moguća samo u etapama. Tijekom 1992. u Institutu je izrađena programska podrška za prvi dio BTP koji obuhvaća dijelove podsistema **objekti** (primarna oprema) i **vodovi**.

Dalji razvoj programske podrške nastavljen je u 1993.g. No i prije dovršenja kompletne BTP prema navedenom idejnom projektu moguće je započeti aktivnosti na povezivanju danas odvojenih podsustava prema sl. 1.

2. APLIKACIJE ZASNOVANE NA KORIŠTENJU BAZE TEHNIČKIH PODATAKA, UZ INTEGRACIJU PODATAKA IZ PROCESNOG PODSUSTAVA, BAZE POTROŠAČA I GEOGRAFSKO-INFORMACIJSKOG SUSTAVA

Osnovna ideja o integraciji procesnog podsustava, poslovnog sustava i geografsko-informacijskog sustava s bazom tehničkih podataka prikazana je na sl. 2. zajedno s mogućim aplikacijama koje će se ukratko komentirati:

— grafičko prikazivanje mreže (crtanje jednopolnih shema mreže)
— proračuni mreže (struje kratkog spoja, tokovi snaga, pouzdanost . . .)
— planiranje mreže (podrška za izradu idejnih rješenja, te globalnih planova)
— planiranje održavanja mreže
— praćenje stanja uklopnih uređaja
— simulacije raznih situacija u mrežama (promjene konfiguracija zbog kvarova pojedinih elemenata . . .)
— dijagnostika kvarova (podrška brzom otkrivanju mjesta kvara u mreži)
— praćenje prorade releja (radi omogućavanja naknadnih analiza pojedinih prekida napajanja).



Slika 2. Povezivanje informacijskih podsustava s prikazom mogućih aplikacija

Navedene aplikacije zasnovane su na korištenju baze tehničkih podataka (BTP) koja obuhvaća podatke o distribucijskoj mreži svih naponskih nivoa, podatke iz procesnog podsustava i podatke iz geografsko-informacijskog sustava. Za neke aplikacije trebat će se koristiti podacima iz baze potrošača (poslovni sustav).

Kao najznačajniji podaci iz procesnog podsustava mogu se navesti:

— trenutna uklopna stanja rastavnih uređaja u TS 110/X kV i 35/X kV
— informacije o proradi releja
— mjerenje radne i jalove snage u vodnim i transformatorskim poljima TS 110/X i TS 35/X kV te struje i napona.

Integracijski standardi koje treba uzeti u obzir:

— informatička mreža HEP
— SQL za relacijsku bazu podataka
— GIS (geografski-inf. sustav)
— C programski jezik.

U daljem tekstu izložit će se smjernice za izradu najznačajnijih aplikacija u distribucijskoj djelatnosti.

2.1. Proračuni energetskih prilika

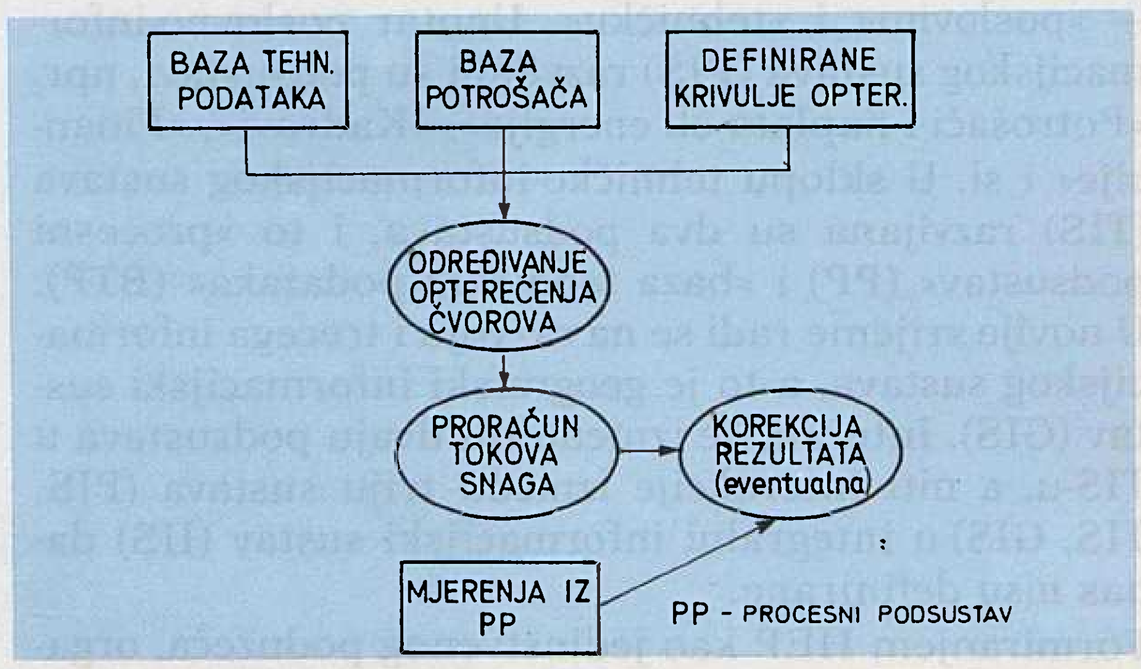
Jedna od najčešćih tehničkih aplikacija u distribucijskoj djelatnosti jest proračun energetskih prilika u mrežama. Kao izlazni rezultati dobivaju se:

— naponske prilike u pojedinim čvorovima
— padovi napona na vodovima
— opterećenja vodova (apsolutna i relativna)
— gubici snage i energije.

Dosadašnji pristup ovoj aplikaciji bio je zasnovan na ručnoj pripremi ulaznih podataka za proračune. Za distribucijske mreže to je obično vrlo opsežan posao s obzirom na veličinu tih mreža. Osim toga, utvrđivanje realnih podataka o opterećenjima čvorova obično nije moguće (opterećenje se mjeri samo u TS 110/x kV i TS 35/10(20) kV).

Realizacijom integralnog informacijskog sustava omogućila bi se automatska priprema ulaznih podataka za proračune na način koji će se opisati (sl. 3).

— Stvarna uklopna stanja mreže u pojnim točkama preuzimaju se iz procesnog podsustava; uklopna stanja rastavnih uređaja u 10(20) kV mreži koji nisu uključeni u procesni sustav preuzimaju se iz baze tehničkih podataka.



Slika 3.

— Podaci o potrošnji raznih grupa potrošača dobivaju se iz posebne baze potrošača koja se inače koristi za obračun naplate potrošnje električne energije.
— Navedeni podaci i podaci o lokaciji potrošača u mreži prenose se u bazu tehničkih podataka. Na temelju tih informacija izvode se proračuni vršnih opterećenja grupe potrošača uz primjenu prethodno definiranih karakterističnih krivulja opterećenje — energija za razne grupe potrošača.
— Podaci o elementima razmatrane mreže (stvarne ili simulirane) preuzimaju se iz baze tehničkih podataka zajedno s jediničnim konstantama (otpori, reaktancije . . .).
— Na temelju izloženih postupaka automatski se formira datoteka za proračun tokova snaga. Dobiveni rezultati mogu se usporediti s raspoloživim rezultatima mjerenja u vodnim poljima i trafo-poljima. Po potrebi moguće je provesti korekcije.
— Rezultati proračuna prikazuju se i u grafičkom obliku.

Izložena aplikacija naći će široku primjenu u distribucijskoj djelatnosti. Posebno treba upozoriti na sljedeća područja:

a) optimiranje uklopnog stanja određene mreže,
b) analizu niskonaponskih mreža — određivanje broja potrošača s lošim naponskim prilikama, proračun utjecaja priključivanja novih potrošača na postojeću mrežu itd.

2.2. Simulacije u mreži

U bazi tehničkih podataka (BTP) omogućit će se vođenje informacija o tri vrste uklopnih stanja rastavnih uređaja:

— stvarno uklopno stanje, koje se dobiva iz procesnog sustava (za TS 110/X kV i TS 35/X kV)
— normalno (uobičajeno) uklopno stanje
— optimalno uklopno stanje koje je rezultat računskih optimalizacija.

Na temelju izloženog pristupa korisnik može simulirati razna uklopna stanja u mreži, te proračunavati tokove snaga (točka 2.1), struje kratkog spoja i pouzdanosti mreže. Moguće je obaviti provjeru uobičajenih uklopnih stanja s obzirom na dopuštene termičke struje, padove napona, podešenje relejne zaštite itd. Također je značajna aplikacija koja bi na osnovi simulacija uklopnih stanja omogućila utvrđivanje optimalnog načina vođenja pogona (s obzirom na veličinu gubitaka i eventualno neisporučene energije). Simulacije uklopnih stanja omogućuju još jednu važnu funkciju, a to je obuka dispečera za rad kod pojave havarijskih situacija u mreži. Ta aplikacija je zasnovana na simulaciji kratkih spojeva na kritičnim lokacijama i uspostavi (rekonfiguraciji) novih uklopnih stanja koja rezultiraju ispravnim pogonom mreže.

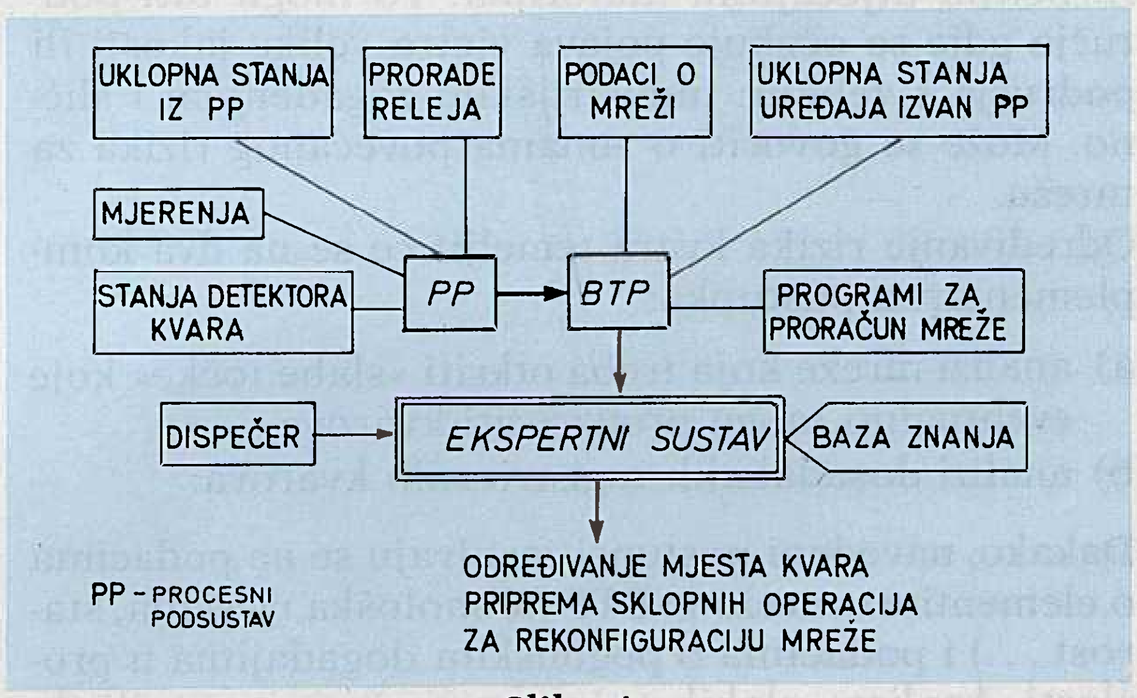
3. UVOĐENJE EKSPERTNIH SUSTAVA U DISTRIBUCIJSKU DJELATNOST

Uspostavom integralnoga informacijskog sustava (IIS) stvaraju se pretpostavke za uvođenje ekspertnih sustava u distribucijsku djelatnost. U ovoj točki prikazat će se dva karakteristična primjera ekspertnih sustava, koji bi bitno unaprijedili eksploataciju mreže.

3.1. Ekspertni sustav za brzo lociranje kvarova

Najveći broj neplaniranih prekida isporuke električne energije u distribucijskoj mreži uvjetovan je kvarovima na nadzemnim vodovima. Sigurno je da bi automatizacija postupka otkrivanja mjesta kvara i eventualne rekonfiguracije mreže nakon toga pridonijele poboljšanju kvalitete isporuke električne energije. Današnji način lociranja mjesta kvara u nadzemnim 10(20) kV mrežama svodi se na ručne manipulacije linijskim rastavljačima i provjeru pretpostavke o mjestu kvara na određenom dijelu mreže. Takav postupak obično je dugotrajan i neugodan za rastavne uređaje.

Ekspertni sustav za određivanje mjesta kvara bit će zasnovan na korištenju podataka iz procesnog sustava, baze tehničkih podataka i baze »znanja« koja obuhvaća iskustvene spoznaje o mreži (sl. 4).



Slika 4.

Najčešće je otkrivanje mjesta kvara prilično složen zadatak. Zbog toga će ekspertni sustav uzeti u obzir meteorološke prilike, podatke o održavanju dijelova mreže, trasama vodova itd. Na primjer vjerojatnost kvara u vjetrovitim uvjetima veća je za vodove u šumi nego za vodove koji prolaze poljima. Osim toga, moguće je identificirati dijelove mreže na kojima je malo vjerojatan kvar (npr. novi vodovi s dobrim održavanjem itd.).

Nakon određivanja mjesta kvara ekspertni sustav će odrediti način rekonfiguracije mreže tako da se uspostavi novo uklopno stanje koje će osigurati napajanje što većem broju potrošača. Pri tome će se koristiti prije navedene »simulacije u mreži«. Također će se upotrijebiti podaci iz baze potrošača, kako bi se prihvatili najosjetljiviji potrošači (bolnice, industrijski pogoni itd.). Pri odabiru načina rekonfiguracije mreže provest će se provjere s obzirom na tehnička ogra-

ničenja, kao što su padovi napona, dopuštene termičke struje, struje kratkog spoja itd.

3.2. Ekspertni sustav za planiranje održavanja distribucijske mreže

Troškovi tekućeg i investicijskog održavanja distribucijske mreže čine veliku stavku u troškovima poslovanja distribucijske djelatnosti.

Radi optimalnog gospodarenja raspoloživim (ograničenim) financijskim sredstvima potrebno je izraditi ekspertni sustav koji će uzeti u obzir sve bitne parametre, a posebno rizik nastanka kvarova u mreži, kao i načine za uklanjanje tih rizika.

Najveći je problem u određivanju rizika nastanka kvara u određenom dijelu mreže. Distribucijska mreža sadrži elemente različitih tehnoloških rješenja i starosti. Osim toga, dijelovi mreže izrazito su izloženi vanjskim utjecajima. To se posebno odnosi na nadzemne vodove.

Podloga za razvoj ovog ekspertnog sustava jest, baza tehničkih podataka (BTP) o mreži, baza podataka o pogonskim događajima i baza meteoroloških podataka (u onom dijelu koji je zanimljiv za analizu kvarova).

Prikazivanjem mreže na stvarnim katastarskim podlogama (što je uvjetovano geografskim informacijskim sustavom — GIS) moguće je definirati zone s različitim utjecajnim faktorima. To mogu biti područja gdje se očekuje pojava vjetra velike jakosti ili područja s velikim industrijskim zagađenjem i slično. Može se govoriti o zonama povećanog rizika za mrežu.

Određivanje rizika kvara temeljit će se na dva komplementarna postupka:

a) analizi mreže koja treba otkriti »slabe točke« koje eventualno mogu prouzročiti kvarove,
b) analizi dosadašnjih registriranih kvarova.

Dakako, navedeni postupci zasnivaju se na podacima o elementima mreže iz BTP (tehnološka rješenja, starost . . .) i podacima o pogonskim događajima u prošlosti. Analiza »slabih točaka« mreže ima za cilj da elementima mreže pridruži sljedeće parametre:

— vjerojatnost da element izazove kratkotrajni prekid
— vjerojatnost da element izazove dugotrajni prekid
— seriju mogućih tehničkih rješenja za smanjivanje navedenih rizika (npr. ugradnja kvalitetne prenaponske zaštite, održavanje trasa vodova, revitalizacija opreme).

Navedeni rizici dat će se u opisanom obliku, kao »malo vjerojatno«, »moguće«, »vrlo vjerojatno«. Uvjet za ostvarljivost izložene analize jest uspostava baze »znanja« o ovoj problematici.

Analiza dosadašnjih kvarova treba upozoriti na najčešće uzroke nastanka kvarova, koji se mogu svrstati u nekoliko kategorija:

— klimatski faktori: snijeg, kiša, vjetar, gromovi
— utjecaj okoliša: ptice, drveće uz trase
— unutarnji faktor: starenje opreme.

Na temelju izloženih analiza ekspertni sustav omogućit će dobivanje očekivanog broja prekida po dijelovima mreže, uz pridruženu vjerojatnost — koja se iskazuje opisno:

— malo vjerojatno
— moguće
— vjerojatno
— vrlo vjerojatno
— skoro sigurno.

U idućem koraku ekspertni sustav će pomoći pri definiranju optimalnog plana održavanja mreže.

Optimiranje počinje od raspoloživih financijskih sredstava koja će se planski rasporediti na sljedeći način:

1. Financijska sredstva dijele se po segmentima mreže (npr. po magistralnim vodovima). Ta raspodjela uzima u obzir očekivani broj kvarova i značaj razmatranog dijela mreže s obzirom na plasman energije te dimenzije.
2. Ovisno o očekivanim posljedicama kvarova raspoređena sredstva dalje se dijele u manje stavke. Procjena posljedica kvarova dobiva se iz ekspertnog sustava.
3. Za razne očekivane situacije, ekspertni sustav će prezentirati listu aktivnosti, uz poštovanje prioriteta. To znači da će prednost u održavanju imati dijelovi mreže s najvećim rizicima od nastanka kvarova, odnosno dijelovi mreže koji opskrbljuju električnom energijom najveći broj potrošača.

4. ZAKLJUČAK

U članku su sugerirani dalji pravci razvoja informacijskih sustava u distribucijskoj djelatnosti. Nužna je integracija postojećih informatičkih podsustava u jedinstveni, integralni informacijski sustav (IIS). Sektor za informatiku HEP-a definirao je tehničko-tehnološku koncepciju za povezivanje informatičkih podsustava u IIS. Tako uspostavljeni informacijski sustav omogućit će realizaciju niza aplikacija, od kojih posebno treba upozoriti na mogućnosti automatizacije proračuna energetskih prilika i provedbu raznih simulacija u mrežama.

Nakon razvoja osnovnih aplikacija pristupit će se izradi ekspertnih sustava koji će se koristiti podacima iz IIS-a i baze »znanja« (tj. iskustvenih spoznaja). Prioritet će vjerojatno imati ekspertni sustav za brzo određivanje mjesta kvara u mreži i naknadnu rekonfiguraciju mreže, te ekspertni sustav za planiranje racionalnog održavanja elemenata mreže. Sigurno je da će ostvarenje izloženih planova znatno unaprijediti ukupno poslovanje distribucijske djelatnosti.

LITERATURA

[1] V. RADIĆ, J. MATJAN, M. MUSTAĆ, M. ŠIMA: »Koncepcija organiziranja i rada ID, HEP, Publikacija HEP, 1990

[2] M. MUSTAČ: »U službi poslovnim ciljevima«, Vjesnik Hrvatska elektroprivreda, svibanj 1993, broj 32

[3] A. J. PARTANEN, P. JARVENTAUSTE, O. AROLA: »Automated control of a public supply system based on the integration of network information and SCADA systems and expert system technology«, 11th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), 1991

[4] P. FAUQNEMBERGUE, M. CLEMENT, J. SAINT PE, O. TACHE, T. LE BARON: »Expert systems as new operating aids for power distribution systems, two examples of development«, 11th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), 1991

[5] S. ŽUTOBRADIĆ, K. MEHIČIĆ, R. ŠIMUNEC: »Razvoj baze tehničkih podataka (BTP) distribucijske mreže Hrvatske elektroprivrede«, 1. savjetovanje HK CIGRE, Opatija, 1993.

[6] S. ŽUTOBRADIĆ, K. MEHIČIĆ, R. ŠIMUNEC: »Idejni projekt tehničko-informacijskog sustava (TIS) distribucijske djelatnosti Hrvatske«, studija IE, Zagreb, 1993.

DEVELOPMENT OF TECHNICAL INFORMATION SYSTEM OF CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY'S DISTRIBUTION ACTIVITIES

The paper offers a brief presentation of the existing results on the application of technical data base of the distribution network followed by the development scenarios of the technical information system in the future. The basic intention is the integration of the existing, separated subsystems and the development of an expert system.

ÜBER DIE ENTWICKLUNG DES TECHNISCHEN INFORMATIONSSYSTEMS DER DISTRIBUTIONSTATIGKEIT DER KROATISCHEN ELEKTROWIRTSCHAFT

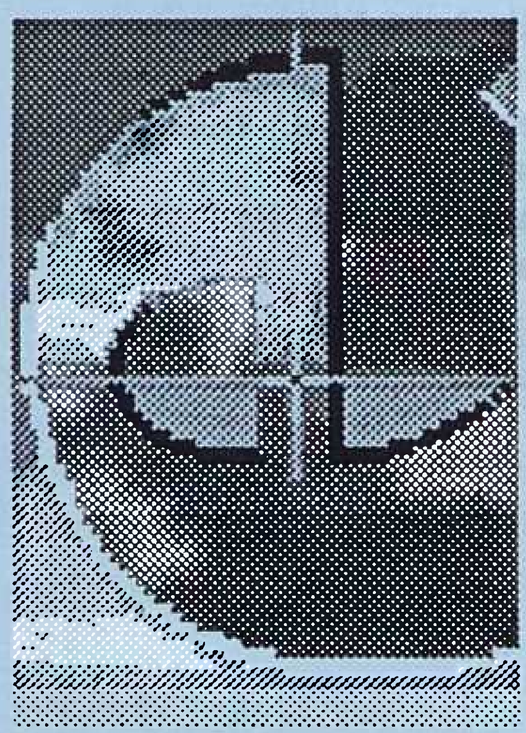
Im Artikel werden in Kürze die bisherigen Ergebnisse bezüglich der Einführung der Datei der technischen Angaben der Distributionsnetze besprochen. Danach wurden die Entwicklungsrichtlinien des technischen Informationssystems in der Zukunft geschildert. Die Grundintention ist in der Integration der bestehenden separaten Untersysteme und in der Entwicklung der Expertensysteme.

Naslov pisaca:

Dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Rudolf Šimunec, teh.
Krešimir Mehičić, ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-26

EKONERG



INSTITUT
ZA ENERGETIKU
I
ZAŠTITU
OKOLIŠA

PRIMJENA MATEMATIČKIH MODELA I BAZA PODATAKA PRI PLANIRANJU, PROJEKTIRANJU I EKSPLOATACIJI VODOPRIVREDNIH SUSTAVA

Mr. Mladen Petričec — Krešimir Plantić — Danko Biondić — Irena Pavić, Zagreb

UDK 621.039.5
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se daje prikaz značaja i primjene matematičkih modela i baza podataka u planiranju, projektiranju i korištenju vodoprivrednih sustava.

Ključne riječi: baze podataka, hidrološko prognoziranje, matematički modeli, modeliranje otjecanja, nestacionarno tečenje, optimalizacija, osnove planiranja.

1. UVOD

Povećani zahtjevi za korištenjem voda, problemi zaštite od voda i nužnost zaštite voda usložnjuju problematiku planiranja, razvoja i eksploatacije vodoprivrednih sustava. Postavljaju se sve kompleksniji zahtjevi na analize hidroloških stohastičkih procesa i matematičke modele za podršku planiranju i odlučivanju u procesu upravljanja.

Posljednjih dvadeset godina, razvojem informatičke tehnologije, ostvaren je znatan napredak u proučavanju hidroloških procesa i razvoju primjene matematičkih modela u području vodnih resursa. Posebno važan doprinos na proširenju i unapređenju primjene matematičkih modela u tom području proizašao je iz aktivnosti **Hidrološkog inženjerskog centra (HEC)** u Davisu i drugih sličnih centara u SAD [1,2]. Do danas je u tim centrima razvijeno i pripadajućom dokumentacijom opremljeno više od trideset modela — programskih paketa za potrebe planiranja razvoja vodoprivrednih sustava* i zaštite vodnih resursa. Postoji, dakako, još niz značajnih centara koji se bave razvojem i primjenom matematičkih modela u području vodnih resursa. Od poznatijih, čija literatura i modeli su korišteni u Institutu za elektroprivredu i energetiku (Institutu), mogu se navesti: **SOGREAH** (Grenoble, Francuska), poznat po razvoju hidrodinamičkih modela [3] i **Danski hidraulički institut** [4], koji posljednjih godina postiže znatan napredak u razvoju matematičkih modela orijentiranih za korištenje na osobnim računalima i radnim stanicama. Nužnu podršku djelotvornom korištenju matematičkih modela čine datoteke/baze podataka, koje predstavljaju, po određenom postupku formiranu, informacijsku osnovu parametara i ulaznih varijabla vodoprivrednog sustava.

* Pojam vodoprivredni sustav uključuje i hidroenergetske objekte

Prihvaćajući svjetska iskustva i praksu, u Institutu se već nekoliko godina sustavno radi na razvoju i korištenju svjetski poznatih i referentnih matematičkih modela u području vodnih resursa za podršku planiranju razvoja i upravljanja vodoprivrednim sustavima. Ostvarena su znatna iskustva u razvoju modela nestacionarnog tečenja u vodotocima, površinskog i podzemnog otjecanja i modela za simulacije rada hidroenergetskih sustava i akumulacija u proizvodnji električne energije i obrani od poplava. Na rijekama Muri, Savi i slivu Kupe ti modeli su korišteni za potrebe planiranja i projektiranja, a na slivu Cetine i Drave čine osnove upravljanja. U radu će se dati kratki pregled dosadašnjih aktivnosti i iskustava ostvarenih primjenom matematičkih simulacijskih, odnosno prognostičkih modela i baza podataka u vodnim resursima.

2. MJESTO I ULOGA MATEMATIČKIH MODELA U PLANIRANJU, PROJEKTIRANJU I EKSPLOATACIJI VODOPRIVREDNIH SUSTAVA

2.1. Razvoj vodoprivrednog sustava

Usvoji li se definicija da je vodoprivredni sustav skup međusobno ovisnih elemenata (objekata) koji funkcioniraju u jednom regularnom režimu, tada se može reći da ga karakteriziraju tri osnovna pojma: granica, ulaz-izlaz i interakcija među elementima. Granicom se utvrđuje skup elemenata uključenih u vodoprivredni sustav. Ulaz i izlaz povezuje vodoprivredni sustav s okolišem. Interakcija određuje odnose između elemenata sustava, te ulaza i izlaza.

U procesu planiranja kompleksnih vodoprivrednih sustava često je potrebno uskladiti suprotstavljene interese svih korisnika (obrana od poplava, proizvodnja energije, opskrba vodom) i odrediti optimum zajedničkih interesa, što uvelike usložnjava proces rea-

lizacije, a ujedno i eksploataciju vodoprivrednog sustava.

Pri rješavanju tako složene problematike uobičajen je hijerarhijski pristup, koji omogućuje sustavno sagledavanje i valorizaciju mnogih alternativnih rješenja i mogućih utjecaja. Proces realizacije vodoprivrednog sustava obično se dijeli u tri faze:

— planiranje
  koncipiranje rješenja i korištenje stacionarnih modela radi globalne optimalizacije sustava
— projektiranje
  optimalizacija komponenti sustava korištenjem stohastičkih i determinističkih nestacionarnih modela
— eksploatacija
  upravljanje u realnom vremenu korištenjem prognostičkih i determinističkih nestacionarnih modela.

U svakom je koraku, za spoznavanje mogućih rješenja i donošenje pravilnih odluka, praktična i vrlo korisna primjena matematičkih modela.

U fazi **planiranja** potrebno je valorizirati mnogo alternativa i međusobnih veza radi izdvajanja određenog broja povoljnijih rješenja. Stupanj razrade ovisan je o složenosti sustava, s težištem na općem definiranju strukture, bez preciznije kvantifikacije komponenti sustava. Najčešće se koriste modeli za višekriterijske analize ili usporedbu koristi i troškova radi objektivne valorizacije gospodarskih, tehničkih, ekoloških, socijalnih i drugih efekata izgradnje vodoprivrednog sustava.

U fazi **projektiranja** za odabranu strukturu sustava istražuju se veličine komponenti, uz poštivanje zakonske regulative i postavljenih ograničenja. Određivanje komponenti sustava temelji se na očekivanim gospodarskim pokazateljima i sigurnosnim aspektima rješenja. Pri određivanju komponenata koje su presudne za sigurnost cjelokupnog sustava, dominantnu ulogu imaju pokazatelji ekstremnih pojava prirodne sredine (hidrološki, seizmički i dr.). Gospodarska valorizacija vodoprivrednog sustava (proizvodnja električne energije, sigurnost vodoopskrbe, navodnjavanja i slično) temelji se na korištenju zabilježenih i generiranih hidroloških nizova.

U fazi **eksploatacije** se, uz poštivanje stohastičnosti hidrološke komponente ulaza i različitih potreba sustava, utvrđuju pravila rada radi ostvarenja optimalnog iskorištenja uz minimizaciju troškova i poremećaja okoliša. Uz matematičke modele, podlogu za realizaciju upravljanja vodoprivrednim sustavom u eksploataciji čini sustav za prikupljanje, procesiranje i prijenos podataka u realnom vremenu.

2.2. Opće značajke simulacijskih modela vodoprivrednih sustava

Svrha uključivanja matematičkih modela u pojedine faze razvoja vodoprivrednog sustava jest stjecanje novih spoznaja kvantifikacijom varijantnih rješenja u sklopu postavljenih ograničenja. Istraživanja se trebaju provoditi s točnošću koja omogućuje donošenje mjerodavnih odluka u svakoj fazi istraživanja.

Za uspostavu veza između elemenata sustava i analize kojim se kvantificira »odgovor« sustava na moguće ulaze i alternativna rješenja, koriste se deskriptivni ili **simulacijski** modeli. S druge strane, određivanje najpovoljnijih veličina komponenti sustava i režima rada, za postavljena ograničenja i ciljeve, provodi se korištenjem preskriptivnih ili **optimalizacijskih** modela.

Prema tome, korištenjem simulacijskih modela određuju se ulazne veličine za optimalizacijske modele.

Pri rješavanju jednostavnijih problema modeli se često povezuju u cjelinu, čime se korisniku omogućuje učinkovitiji rad.

Izbor vrste i složenosti matematičkog modela mora se prilagoditi problemu koji se rješava (cilj, stupanj točnosti) i raspoloživom fondu podataka, te ostalim pokazateljima sustava koji se modelira. No bez obzira na vrstu simulacijskog modela, realizacija se provodi u nekoliko faza:

— razvoj modela sustava
— generiranje rezultata simulacije
— analiza i interpretacija rezultata simulacije.

Osnovne značajke svakoga matematičkog simulacijskog modela čine ove komponente:

Ulaz — simulacijski model prihvaća niz ulaza koje transformira u izlazne rezultate ovisno o odnosu unutar modela i njegovu ponašanju. U većini modela ulazni podatak je hidrološki niz, zabilježen ili generiran, ali može biti i oborina, zagađenje, potrebe za vodom, energetski zahtjev i slično.

Fizikalni odnosi — predstavljeni su matematičkim izrazima i određuju veze između parametara i varijabla modeliranog sustava. Uključuju jednakosti i nejednakosti koje se mogu izraziti običnim i diferencijalnim jednadžbama i tabličnim formama. U proračunu tečenja u otvorenim koritima riječ je o izrazima fizikalnih zakona (npr. zakon održanja mase i energije). Tablične forme uobičajene su za definiranje veza između volumena, površina, razine akumulacije i kapaciteta evakuacijskih uređaja.

Upravljački zakoni — definiraju veze upravljanja sustavom (npr. ograničenja opreme), zakonsku regulativu i slično. U procesu upravljanja sustavom u fazi eksploatacije simulacijski/prognostički modeli čine sastavni dio podrške upravljanja.

Izlaz — je niz »odgovora« sustava na ulazne parametre, ograničenja i različite varijable sustava. Izlaz proistječe iz organizacije programskog paketa. Može biti u obliku tablica ili grafičkih prikaza.

3. MATEMATIČKI SIMULACIJSKI MODELI — PRIMJENA I ISKUSTVA

3.1. Modeliranje otjecanja i hidrološko prognoziranje

Modeliranje otjecanja, odnosno izrada hidroloških analiza otjecanja izuzetno je kompleksna jer ovisi o mnogim činiteljima i njihovim međusobnim varijacijama u vremenu i prostoru. Simulacijski modeli, koji se koriste za proračun otjecanja u procesu planira-

nja i projektiranja vodoprivrednih sustava, kao i u razdoblju eksploatacije, preuzimaju u pojedinim uvjetima i ulogu prognostičkih modela. U tom slučaju na osnovi zatečenih hidroloških uvjeta na slivu i kratkoročnih meteoroloških prognoza, osiguravaju se hidrološke prognoze.

Razvoj matematičkih simulacijskih/prognostičkih modela tekao je od jednostavnijih, za izolirane hidrološke događaje, pa sve do konceptualnih dinamičkih modela kojima se modeliraju osnovni agregatni procesi na kompletnom slivu. Tako se među najpoznatije modele ubrajaju modeli za ocjenu vrha poplavnog vala, model klasične indeksne metode (indeks prethodnih oborina), metoda jediničnog hidrograma, koaksijalna metoda, HEC-1 model, USDAHL model, TVA model, USGS model, model STANFORD i njegove varijante (HYDROCOMP system, Texas model, KENTACKY model), SACRAMENTO model, NAM model, NWSRFS model, te konačno model SSARR.

Proučavajući osobine mnogih hidroloških modela, utvrđena je opća potreba modeliranja sljedećih procesa:

— određivanje prosječnih oborina
— određivanje količina vode nastale topljenjem snijega
— modeliranje procesa oborina / otjecanje
— modeliranje toka u riječnom koritu, kroz kanale, akumulacije i prirodna jezera
— modeliranje upravljanja akumulacijama.

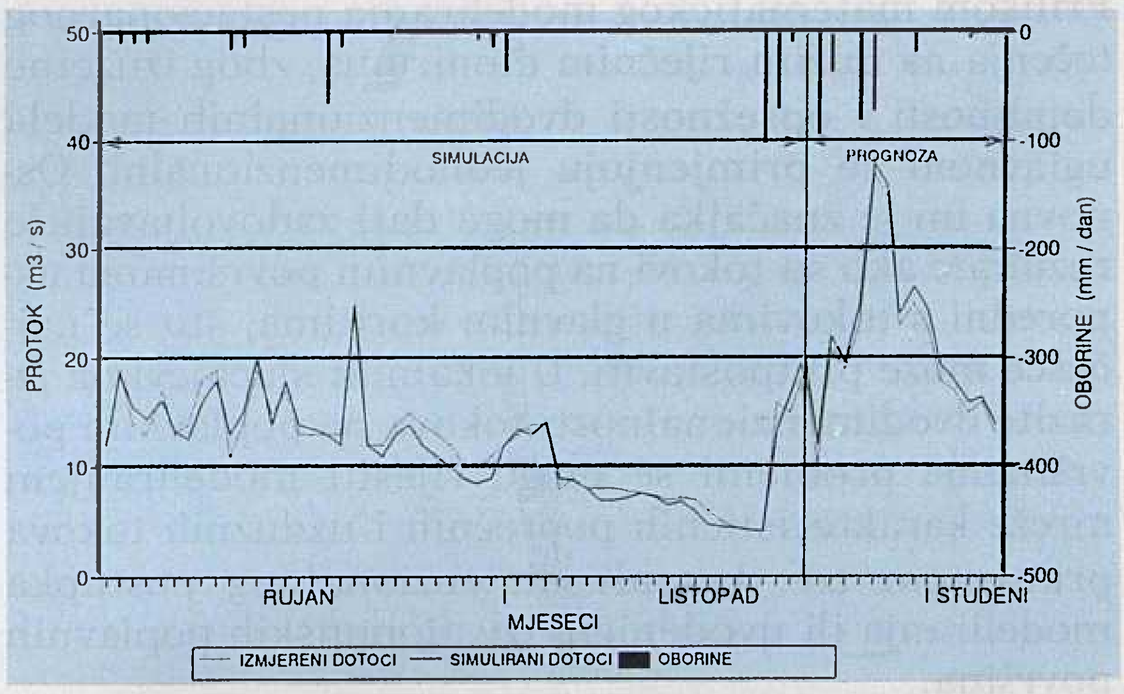
Uzimajući u obzir rasprostranjenost koncepcije modeliranja, stečeno iskustvo u primjeni modela (posebno za potrebe elektroprivrede), razvijen potencijal za primjenu modela i postojanje objektivnih svjetskih ocjena o podobnosti, u Institutu je uobičajena primjena modela SSARR.

SSARR (The Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation Model) je konceptualni hidrološki matematički model za modeliranje otjecanja i prognozu dotoka na slivu. Otjecanje sa sliva računa se na osnovi oborina, isparavanja, temperature zraka i rasprostranjenosti i stanja snježnog pokrivača. Simuliranjem se osigurava praćenje osnovnih elemenata hidrološkog ciklusa, od oborina koje padnu na sliv do protoka na izlaznom profilu sliva. Algoritmi proračuna zasnivaju se na uvjetima bilance voda u dijelu hidrološkog ciklusa. Otjecanje se simulira u diskretnim vremenskim intervalima od 0,1 do 24 sata, ovisno o potrebama, veličini i složenosti područja sliva, raspoloživosti podataka i o kapacitetu računala.

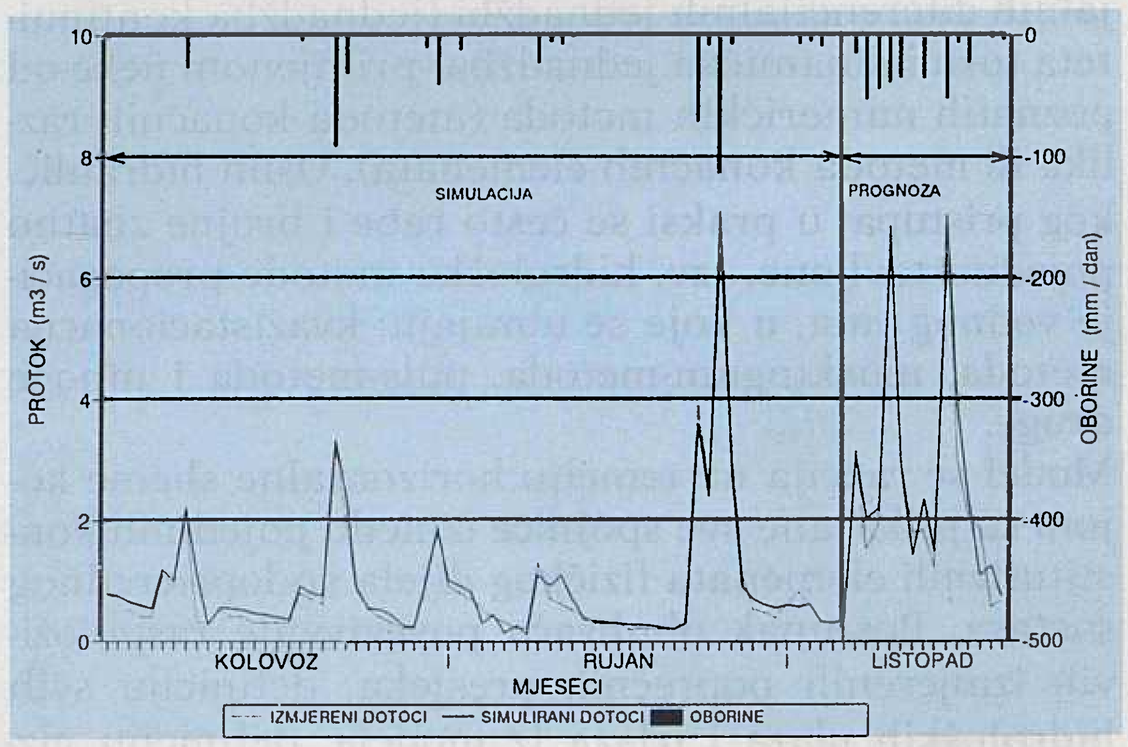
Korištenje modela SSARR uvjetovano je činjenicom da je to jedan od prvih konceptualnih modela za kontinuirane simulacije, čiji je razvoj vođen realnim potrebama za hidrološkim analizama i prognozama u slivu, uz raspoloživost hidrogeoloških i hidrometeoroloških podataka. Model se već duže uspješno primjenjuje za kratkoročno hidrološko prognoziranje u sklopu operativnog planiranja hidroproizvodnje i razvijen je za mnoge slivove. Osnovne komponente modela SSARR su **modul za izračun oborina / otjecanje**, kojim se na osnovi palih oborina i topljenja snijega računa površinsko i podzemno otjecanje, **modul za propagaciju površinskih tokova** od najviše do najniže točke sliva kroz riječna korita, kanale, prirodna jezera i akumulacije (uzimajući u obzir i lokalne dotoke i različite vodozahvate), te **modul za analizu rada i upravljanja akumulacijama**, gdje se, ovisno o potrebama, režimi rada akumulacija mogu zadavati na više načina.

Do sada je u Institutu model SSARR razvijen za simulaciju otjecanja i prognozu dotoka za cjelokupni sliv Cetine, uključujući i dvije velike akumulacije (Peruča i Buško blato), simulaciju otjecanja sa sliva Zagorske Mrežnice s izračunom dotoka i istjecanja iz prirodne retencije Drežničko polje, za simulaciju otjecanja i prognozu dotoka na slivu HE Vinodol, a upravo je u tijeku razvoj modela za slivno područje HE Senja.

Na slici 1. prikazana je simulacija otjecanja, te na osnovi meteorološke prognoze, hidrološka prognoza dotoka u akumulaciju Peruča, a na slici 2. simulacija i prognoza dotoka u akumulaciju Lepenica, akumulaciju sistema HE Vinodol.



Slika 1. Simulirani i prognozirani dotoci u akumulaciju Peruča (1986.)



Slika 2. Simulirani i prognozirani dotoci u akumulaciju Lepenica (1982.)

3.2. Modeliranje nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima

Otvoreni vodotoci sastavni su dijelovi hidrografske mreže nekog sliva, koja je u cijelosti ili u svojim poje-

dinim segmentima jedan od konstitutivnih elemenata fizičkog dijela vodoprivrednog sustava. Sustavni pristup u rješavanju vodoprivrednih problema na slivu ih tretira kao provodnike, te se stoga problemi transporta vode između pojedinih objekata mogu svesti na fundamentalni teorijski hidraulički problem nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima.

Osnovni matematički model pojave predstavlja temelj za kasniji razvoj složenijih simulacijskih modela:

— simulacije posljedica nastalih uslijed iznenadnog loma brane ili nasipa
— simulacije višefaznog tečenja (problemi pronosa riječnog nanosa i zagađenja)
— simulacije morfoloških promjena riječnog korita.

Tok površinskih voda u riječnim koritima i na poplavnim površinama u naravi je nestacionaran, turbulentan i trodimenzionalan. Treća dimenzija toka se u matematičkim modelima prikazuje uglavnom lokalno ili u posebnim slučajevima, a utjecaj turbulencije prikazuje se pomoću empirijskih pokazatelja, čije vrijednosti predstavljaju otpor toku vode.

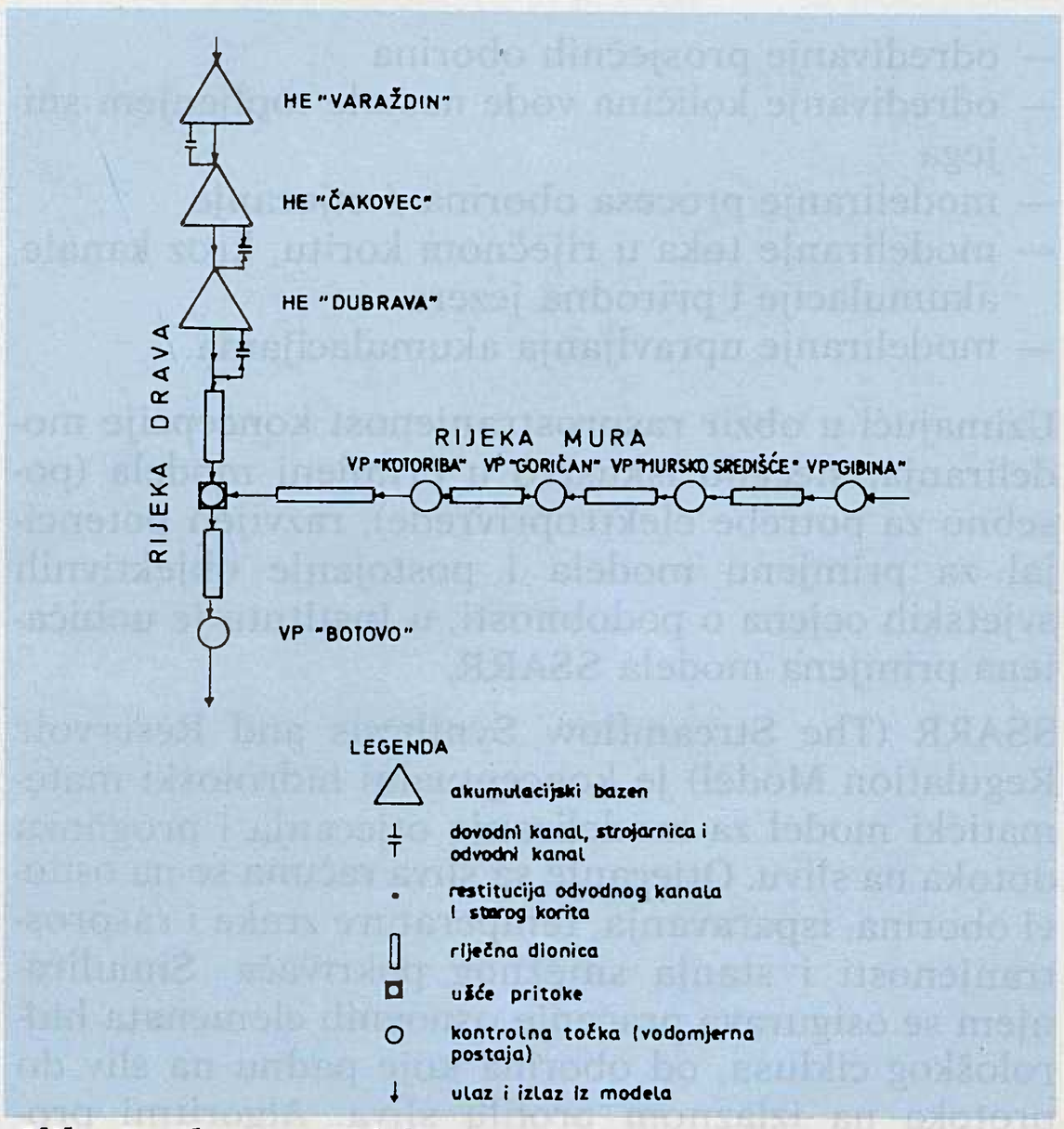
Prilikom matematičkog modeliranja nestacionarnog tečenja na dužim riječnim dionicama, zbog izuzetne detaljnosti i opsežnosti dvodimenzionalnih modela uglavnom se primjenjuju jednodimenzionalni. Osnovna im je značajka da mogu dati zadovoljavajuće rezultate ako su tokovi na poplavnim površinama usporedni s tokovima u glavnim koritima, što se najčešće može pretpostaviti. U lokalnim slučajevima izrazite dvodimenzionalnosti tokova na poplavnim površinama problemi se mogu riješiti modeliranjem mreže karakterističnih poprečnih i uzdužnih tokova primjenom tzv. kvazidvodimenzionalnog postupka modeliranja ili uvođenjem tzv. dopunskih poplavnih površina.

Hidrauličke simulacije nestacionarnog tečenja temelje se na rješavanju Barre De Saint-Venantovih parcijalnih diferencijalnih jednadžbi (jednadžba kontinuiteta toka i dinamička jednadžba) primjenom neke od poznatih numeričkih metoda (metoda konačnih razlika ili metoda konačnih elemenata). Osim hidrauličkog pristupa, u praksi se često rabe i brojne znatno pojednostavljene, tzv. hidrološke metode propagacije vodnog vala, u koje se ubrajaju: kvazistacionarna metoda, muskingum-metoda, puls-metoda i mnoge druge.

Model se razvija na temelju horizontalne sheme kojom su prikazane sve spojnice između pojedinih konstitutivnih elemenata fizičkog dijela vodoprivrednog sustava. Postupak obuhvaća povezivanje raspoloživih izmjerenih poprečnih presjeka, definiciju svih hidroloških ulaza i izlaza iz modela, definiciju nizvodnog rubnog uvjeta (konsumpcijska krivulja koja prikazuje funkcijsku vezu između vodostaja i protoka na izlaznoj lokaciji), te definiciju kontrolnih točaka za potrebe kalibracije i verifikacije modela. Prirodne i umjetno izazvane promjene morfoloških karakteristika korita, koje utječu na promjene uvjeta tečenja, moraju biti kontinuirano praćene i unošene u model, što znači da je tijekom operativne primjene model potrebno stalno dopunski kalibrirati i verificirati.

Djelatnici Instituta imaju bogata iskustva u matematičkom modeliranju pojave nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima. Takve su pojave modelirane na pojedinim dionicama rijeka: Save, Drave, Mure, Kupe, Krapine i Dobre. Osnovu za spomenuta modeliranja činili su komercijalni programski paketi, koji su svoju primjenu našli širom svijeta i za koje se slobodno može reći da danas čine svjetski standard. Riječ je o danskom modelu »MIKE 11« i o američkom modelu DAMBREAK.

Razvijeni modeli nestacionarnog tečenja na dionici rijeke Drave od državne granice s Republikom Slovenijom do VP »Botovo« blizu Koprivnice, te na dionici rijeke Mure također od slovenske granice (VP »Gibina«) do njezina ušća u Dravu, tvore jedinstvenu cjelinu i temelj su za razvoj upravljačkog modela postojećega hidroenergetskog sustava na rijeci Dravi i planiranog na rijeci Muri (horizontalna shema na slici br 3). U ovoj fazi razvijeni model obuhvaća tri kapitalna hidroenergetska objekta: HE »Varaždin«, HE »Čakovec« i HE »Dubrava«.



Slika 3. Shema modeliranog hidroenergetskog sustava na Dravi i Muri

Modelom područja Gornjeg Posavlja obuhvaćene su dionice rijeke Save od graničnog presjeka VP »Jesenice« do VP »Crnac« neposredno nizvodno od Siska, rijeke Krapine od VP »Kupljenovo I« do njezina ušća u Savu, te rijeke Kupe od VP »Šišinec« do ušća u Savu. Osim riječnih dionica, u model su uključeni i postojeći objekti sustava za obranu od poplava: preljev »Jankomir«, ustava »Prevlaka«, odušni kanal »Odra« i retencija »Odransko polje«, koja je prirodnim tokom rijeke Odre povezana sa rijekom Kupom u Sisku. Spomenuti model također je osnova za kasniji razvoj upravljačkog modela planiranog hidroenergetskog sustava na rijeci Savi na širem području gra-

da Zagreba (HE »Podsused«, HE »Prečko«, HE »Zagreb«, HE »Drenje« i HE »Strelečko«), te postojećeg i planiranog sustava za obranu od poplava.

Primjenom razvijenoga simulacijskog modela nestacionarnog tečenja na području Gornjeg Posavlja, istražene su i posljedice koje nastaju zbog iznenadnog proloma planirane brane HE »Drenje«.

Nestacionarno tečenje na dionici rijeke Dobre od pregradnog presjeka planirane HE »Lešće« do njezina ušća u Kupu modelirano je na osnovi općeg modela »DAMBREAK« za potrebe istraživanja posljedica nastalih zbog iznenadnog proloma brane HE »Lešće«.

3.3. Modeliranje rada vodoprivrednih sustava

Planiranje rada i upravljanja kompleksnim vodoprivrednim sustavom zahtijeva niz složenih i promptnih odluka uzimajući u obzir stvarna i prognozirana hidrološka stanja i stanja objekata na slivu, a isto tako, ograničenja, potrebe i zahtjeve pojedinih korisnika sustava.

Poznavajući tehničke i energetske značajke pojedinih objekata i sustavno prateći hidrološka stanja na slivu tijekom dužega vremenskog razdoblja, sukladno tomu postavljene i realizirane zahtjeve korisnika, planiranje rada i upravljanje vodoprivrednim sustavom svodi se na istraživanje i analizu međuutjecaja spomenutih podataka i pojedinog objekta ili sustava kao cjeline, na proizvodnju električne energije, obranu od poplava i vodoopskrbu. Primjena simulacijskih matematičkih modela i računala u procesu planiranja rada vodoprivrednih sustava omogućuje provedbu velikog broja analiza radi određivanja pravila za optimalno korištenje izgrađenog sustava, posebno u procesu operativnog planiranja proizvodnje.

Operativno planiranje hidroproizvodnje, kojim se nastoji osigurati praćenje i realizacija usvojenih i verificiranih godišnjih planova, sastoji se od određivanja dnevnog, tjednog, rjeđe mjesečnog plana na temelju stvarnih uvjeta na slivu (stanje akumulacija, hidrološki uvjeti i tehnički uvjeti proizvodnje) i potreba korisnika, te kratkoročne prognoze dotoka na kontrolnim profilima sliva u razdoblju za koje se provodi operativno planiranje.

Višegodišnje iskustvo Instituta u simulaciji rada akumulacija i hidroenergetskih objekata za potrebe planiranja, projektiranja i eksploatacije, rezultat je sustavnog rada na rješavanju specifičnih, jednostavnijih problema i vlastitom razvoju modela za planiranje rada i upravljanje vodoprivrednim sustavom, ali i korištenja svjetski poznatih i referentnih modela. Najčešće je primjenjivan deterministički simulacijski model HEC-5, jedan od kompleksnijih matematičkih simulacijskih modela za planiranje rada i upravljanja vodoprivrednim sustavima.

Model HEC-5 koristi se za simulaciju rada sustava višenamjenskih akumulacija i hidroelektrana u normalnom i poplavnom režimu voda.

Pogodan je za primjenu na slivovima različite konfiguracije, a omogućuje modeliranje proizvoljnog broja akumulacija, kontrolnih profila, hidroelektrana i vodozahvata.

U skladu s usvojenim načinom upravljanja hidroenergetskim sustavom, modelom se određuju ispuštanja iz akumulacija radi zadovoljenja zahtjeva za proizvodnjom električne energije, opskrbe korisnika vodom, održavanja protoka u riječnom koritu i obrane od poplava.

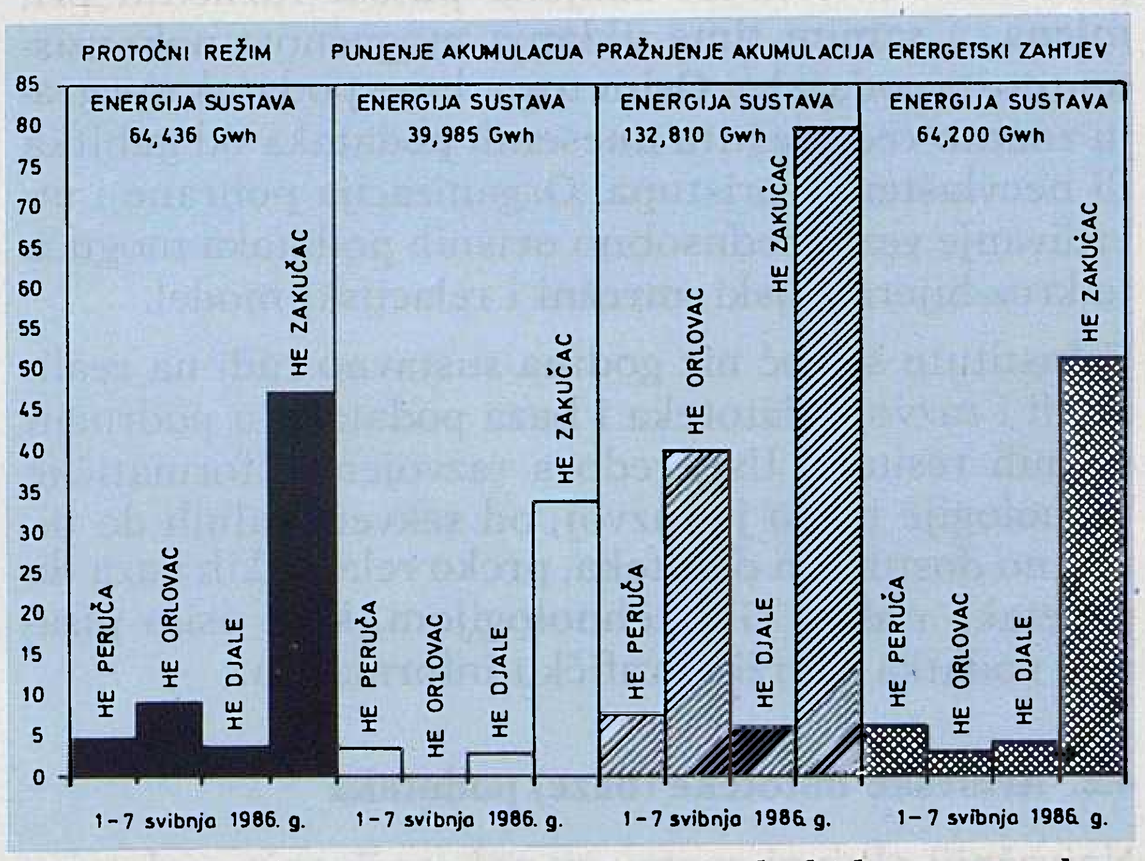
Osnovne su mu namjene:

- simulacija rada sustava višenamjenskih akumulacija
- dugoročno, periodično i operativno planiranje hidroproizvodnje
- analiza utjecaja načina upravljanja sustavom hidroelektrana na proizvodnju električne energije
- simulacija rada sustava akumulacija u poplavnom režimu voda i određivanje šteta od poplava.

Navedenim namjenama treba pribrojiti još dvije mogućnosti primjene modela HEC-5, a to su: analize radi poboljšanja upravljanja postojećim hidroenergetskim sustavom i procjene vodoprivrednih učinaka uključivanja novih hidroelektrana u sustav.

U simulacijama se koriste satni, višesatni, dnevni ili mjesečni ulazni podaci. Hidrološki model porječja zasniva se na jednadžbama kontinuiteta, a proizvedena energija u sustavu određuje se iterativnim putem radi ispunjenja postavljenog zahtjeva. Model HEC-5 posebno je precizan za simulacije rada sustava u poplavnom režimu, kada se u sklopu jedne analize može simulirati rad sustava u dužem bespoplavnom i kraćem poplavnom režimu, uz mogućnost prelaska sa satne ili višesatne simulacije na mjesečne i obratno. Pri simulaciji propagacije toka u koritu (interval diskretizacije kraći od 24 sata) mogu se koristiti muskingum, radna R i D, modificirana puls i metoda progresivnog srednjega kašnjenja.

U hidroenergetskim analizama u normalnom režimu rada, ovisno o postavljanju zahtjeva za proizvodnjom energije, hidroelektrane se mogu promatrati neovisno ili kao sustav hidroelektrana. U analizama obrane od poplava proizvodnja je rezultat upravljanja kojim se nastoji ne izazvati plavljenja u nizvodnim područjima sliva.



Slika 4. Simulacija varijanti režima rada hidroenergetskog sustava na slivu Cetine

Simulacijski model HEC-5 u Institutu uspješno je korišten:

— u operativnom planiranju hidroproizvodnje na slivu Cetine s aspekta optimalnog zadovoljenja svih zahtjeva i ograničenja u sustavu i poboljšanja upravljanja postojećim hidroenergetskim sustavom (HE Peruča, HE Orlovac, HE Đale, HE Zakučac)
— za kontinuirane simulacije efekata pogona planiranog hidrosustava HE Lučica i VES Barilović na Korani. Na temelju rezultata simulacija učinjen je odabir agregata HE Lučica i VES Barilović
— za valorizaciju energetskih pokazatelja planiranog hidroenergetskog sustava na rijeci Savi (HE Podsused, HE Prečko, HE Zagreb, HE Drenje i HE Strelečko).

4. BAZE PODATAKA U VODNIM RESURSIMA

4.1. Općenito

U procesu planiranja, projektiranja i eksploatacije vodoprivrednih sustava nužno je raspolagati fondom podataka o zabilježenim hidrološkim situacijama na slivu, stanju prirodne sredine i izgrađenom sustavu. Spomenuti podaci obično se pohranjuju u datoteke ulaznih podataka što su nužne pri radu s matematičkim modelima. Sve složenije obrade koje se zahtijevaju od matematičkih modela, traže mnogo ulaznih informacija, tako da rad sa sekvencijalnim datotekama postaje uvelike otežan. Osim toga, razvoj informatičke tehnologije mijenja stav i mogućnosti korištenja podataka i informacija. Nastojeći uspostaviti što neposredniju vezu između matematičkih modela i sustava za pohranjivanje podataka, danas se ta povezanost ostvaruje razvojem relacijskih baza podataka i korištenjem tzv. geografskoga informacijskog sustava (GIS).

Za razliku od sekvencijalnih datoteka, baze omogućuju integralno sagledavanje i fizičku povezanost podataka za sve potrebne aplikacije. Na taj se način bitno umanjuje redundantnost podataka, izbjegavaju problemi višestrukih izmjena putem različitih primjena, a samim time uklanja mogućnost nekonzistentnosti podataka. Osim toga, baze podataka pružaju znatno veću zaštitu unesenih podataka od gubitka ili neovlaštenog pristupa. Organizacija pohrane i utvrđivanje veza međusobno ovisnih podataka moguća je kroz hijerarhijski, mrežni i relacijski model.

U Institutu se već niz godina sustavno radi na realizaciji i razvoju datoteka i baza podataka u području vodnih resursa. Usporedo s razvojem informatičke tehnologije tekao je razvoj, od sekvencijalnih do direktno dostupnih datoteka, preko relacijskih baza do početaka rada s GIS tehnologijom, koja osim pisanog podatka sadrži i grafičku informaciju.

4.2. Arhivske datoteke (baze) podataka

Najvažniji aktivni sustav za pohranjivanje podataka u Republici Hrvatskoj jest Hidrološki informacijski sustav (HIS), razvijen u razdoblju 1976 – 1981. godine. U ovaj sustav, koji je već niz godina dragocjen izvor podataka i informacija za planere vodoprivrednih sustava, pohranjeno je približno 25 000 godina/ /stanica podataka o vodostajima, protocima, temperaturama i nanosu s područja RH. Razvijen u skladu s mogućnostima informatičke tehnologije 70-ih godina, HIS sadrži datoteke za arhiviranje podataka (BHP – banka hidroloških podataka) i prateću programsku podršku za rad s podacima (unošenje, izmjena, brisanje, . . .) i statističke obrade. Osim standardnih statističkih obrada u sklopu HIS-a omogućene su i dodatne hidrološke obrade (analize homogenosti, trenda, trajanja, učestalosti i vjerojatnosti pojave mjesečnih i godišnjih vrijednosti arhiviranih hidroloških serija). U Institutu se, u suradnji s Državnim hidrometeorološkim zavodom, Hrvatskom elektroprivredom i Hrvatskom vodoprivredom, radi na unapređenju korištenja HIS-a, sukladno današnjim potrebama korisnika i mogućnostima elektroničkih računala.

4.3. Baze podataka relacijskog tipa u vodnim resursima

Relacijski model baze podataka zasniva se na organizaciji i sistematizaciji podataka u obliku skupova tablica s relativno slabom uvjetovanošću između tablica, ali s jakom podrškom za formiranje različitih aplikacijskih struktura informacija. Hijerarhijski i mrežni modeli baza podataka temelje se na načelu hijerarhijske uređenosti skupova i predstavljaju modele pogodne za stabilne strukture podataka i zahtjeve za pretraživanjem.

Uzimajući u obzir mogućnosti današnje informatičke tehnologije i iskustava stečena u radu s HIS-om, u Institutu se radi na razvoju baza za potrebe planiranja i upravljanja vodoprivrednim sustavima zasnovanim na modelima relacijskog tipa. Prema potrebama Hrvatske elektroprivrede i Hrvatske vodoprivrede, osnovnih korisnika baza podataka, usvojena su sljedeća načela u njihovu razvoju:

— načelo modularnosti koje omogućuje proširenja, modifikacije i povezivanje zasebnih jedinica u zajedničku strukturu baze
— orijentacija na korištenje komercijalno raspoloživih sustava za organiziranje baza podataka (Oracle, d'Base, Paradox)
— orijentacija na implementaciju na osobna računala uz povezivanje s velikim računskim sustavima
— grafičko prikazivanje podataka i rezultata obrada
— jednostavnost u radu
— neposrednije povezivanje baza podataka i simulacijskih modela.

Prvi koraci u razvoju baza podataka ostvareni su realizacijom i operativnim korištenjem razvijene **baze hidrometeoroloških podataka za sliv Cetine.** Baza omogućuje unos, sistematizaciju i analizu hidrometeoroloških podataka (oborine, protoci, temperature).

Tablica 1. daje prikaz osnovne strukture izbornika baze.

Tablica 1. Osnovna struktura izbornika hidrometeorološke baze porječja Cetine

Mjerna mjesta	Unos, promjena, pregled, odabir, ispis podataka o mjernim mjestima		
	Unos	Unos općih podataka o mjernom mjestu i lokaciji	
	Promjena	Promjena općih podataka o mjernom mjestu i lokaciji	
	Pregled	Pregled općih podataka o mjernim mjestima i lokacijama	
	Odabir	Odabir mjernih mjesta ili lokacija za unos, pregled i izvještaje	
	Ispis	Ispis općih podataka o mjernim mjestima i lokacijama	
Kiše	Unos, promjena, pregled, odabir, ispis podataka o kišama		
	Unos	Unos dnevnih podataka o kišama	
	Promjena	Promjena dnevnih podataka o kišama	
	Pregled	Pregled podataka o kišama	
	Odabir	Odabir mjernih mjesta i godina mjerenja za unos, pregled i izvještaje	
		Stanica/godine	Odabir više godina za određeno mjerno mjesto
		Godina/stanice	Odabir više mjernih mjesta za određenu godinu
		Pregled/ispravak	Pregled, ispravka, poništavanje odabranih stanica/godina
		Reset	Poništavanje svih odabranih stanica/godina
	Ispis/mjesec	Ispis tabela s podacima o dnevnim i sumarnim mjesečnim kišama	
	Ispis/godina	Ispis tabela s podacima o sumarnim mjesečnim i godišnjim kišama	
	Grafika	Grafički prikazi podataka — dijagrami	
		Stanica/godine	Prikaz podataka za odabrano mjerno mjesto
		Godina/stanice	Prikaz podataka za odabranu godinu
		Period	Sinoptički prikaz perioda (godine) mjerenja oborina za sva mjerna mjesta
		Mjesečni prikaz	Detaljni prikaz perioda (mjeseci) mjerenja oborina za odabrano mjerno mjesto
		Sliv/Stanice	Situacioni prikaz sliva i kišemjernih stanica
Protoci	Unos, promjena, pregled, odabir, ispis podataka o protokama		
	Unos	Unos dnevnih podataka o protokama	
	Promjena	Promjena dnevnih podataka o protokama	
	Pregled	Pregled podataka o protokama	
	Odabir	Odabir mjernih mjesta i godina mjerenja za unos, pregled i izvještaje	
		Stanica/godine	Odabir više godina za određeno mjerno mjesto
		Godina/stanice	Odabir više mjernih mjesta za određenu godinu
		Pregled/ispravak	Pregled, ispravka, poništavanje odabranih stanica/godina
		Reset	Poništavanje svih odabranih stanica/godina
	Ispis/mjesec	Ispis tablica s podacima o dnevnim i prosječnim mjesečnim protocima	
	Ispis/godina	Ispis tablica s podacima o prosječnim mjesečnim i godišnjim protocima	

5. ZAKLJUČAK

Ubrzani demografski i gospodarski razvoj društva i sve veće potrebe za vodom, ali i ograničenost raspoloživih resursa pokazuju na sustavni pristup u planiranju, projektiranju i eksploataciji vodoprivrednih sustava, dakle na primjenu matematičkih modela. Dosadašnja iskustva Instituta pokazuju njihov bitan doprinos u rješavanju temeljnih problema Hrvatske elektroprivrede i Hrvatske vodoprivrede. Budući da su dosadašnjim istraživanjima postavljene osnovne smjernice korištenja matematičkih modela, nametnula se potreba za unifikacijom metoda i standardizacijom raspoloživih programskih paketa. U te aktivnosti treba uključiti sve zainteresirane čimbenike iz područja vodnih resursa, kako bi se definirali općeprihvatljivi standardi modelskih istraživanja i korištenja referentnih programskih paketa. Osim toga, važno je naglasiti da u daljem razvoju matematičkih modela treba uzeti u obzir moguće doprinose iz područja upravljanja okolišem, što znači da prilikom planiranja vodoprivrednih sustava treba voditi brigu o tzv. konceptu održivog razvoja.

LITERATURA

[1] ...HEC Models for Water Resources System Symulation, The Hydrologic Engineering Center, Davis, California, 1981.

[2] ... Program Description & User Manual for SSARR Model (Streamflow Synthesis & Reservoir Regulation) — U.S. Army Engineer Division, North Pacific Portland, Oregon, 1985.

[3] J.A. CUNGE, F.M. HOLLY, Jr., A. VERWEY, »Practical Aspects of Computational River Hydraulics«, 1980.

[4] ... MIKE-11, Technical Reference & User's Guide, Danish Hydraulic Institute, 1991.

[5] ... HEC-5, Simulation of Flood Control and Conservation Systems, Users Manual, 1982.

[6] O. BONACCI, »Karst Hydrology with Special Reference to the Dinaric Karst«, Springer – Verlag, 1989.

[7] V.T. CHOW, »Open – Channel Hydraulics«, McGraw-Hill, New York, 1959.

[8] M. PETRIČEC i suradnici, »Osnove upravljanja hidroenergetskim sistemom sliva Cetine«, Institut za elektroprivredu Zagreb i ostali, Zagreb, 1990.

[9] M. PETRIČEC, M. ĐOKIĆ, D. BIONDIĆ, »Vodoprivredno-energetski aspekti izgradnje i izbor najpovoljnijih parametara, te tipova agregata HE Lučica i VES Barilović«, Institut za elektroprivredu Zagreb, Zagreb, 1992.

[10] K. PLANTIĆ, D. BIONDIĆ, M. MARTINOVIĆ, »Hidrološke analize za slivno područje Zagorske Mrežnice«, Institut za elektroprivredu Zagreb, Zagreb 1992.

[11] ... Optimal State Analysis of Reservoirs, UCLA, School of Engineering and Applied Science, 1973.

[12] D. BIONDIĆ, M. PETRIČEC, »Hidrološko-hidraulička istraživanja režima rijeke Save od ušća Save Dolinke i Save Bohinjke do ušća Kupe«, II faza, Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 1992.

[13] D. BIONDIĆ, M. PETRIČEC, »Dokumentacija za određivanje posljedica uslijed iznenadnog rušenja ili prelijevanja brane i nasipa HE Drenje; istraživanja na matematičkim simulacijskim modelima«, Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 1992.

[14] A.S. GOODMAN, »Principles of water resources planning«, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.

[15] R. HARBOE i ostali, »Simulation of a reservoir-system with optimal operating policies«, IAHR, New Delhi, 1981.

[16] JACOBY D.H.D., »Combined use of optimization and simulation models in river basin planning«, Water Resources Research, Vol. 8, Nr. 6, 1972.

[17] J.A. CUNGE i ostali, »Mathematical modelling of complex river system hydraulic aspects«, IAHR, New Delhi, 1981.

[18] M. GAUTHIER i ostali, »Automatic regulation of hydropower dams on the upper Rhone river«, IAH, New Delhi, 1981.

[19] R.M. HIRCH i ostali, »Gains from joint operation of multiple reservoir systems water resource research«, Vol. 13, Nr. 2., 1972.

MATHEMATICAL MODELS AND DATA BASES OF HYDRO POWER SYSTEM PLANNING, DESIGN AND OPERATION

In the paper there is a review of the importance and application of mathematical models and data bases in the planning, design and usage of hydro power systems.

MATHEMATISCHE MODELLE UND DATEIEN DER PLANUNGSGRUNDFORM DES PROJEKTIERENS UND DIE EXPLOATATION DER WASSERWIRTSCHAFTSSYSTEME

Im Artikel werden die Bedeutung und Anwendung der mathematischen Modelle und die Datei im Planen, Projektieren und der Nutzung der wasserwirtschaftlichen Systeme geschildert.

Naslov pisaca:

Mr. Mladen Petričec, dipl. ing.
Krešimir Plantić, dipl. ing.
Danko Biondić, dipl. ing.
Irena Pavić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-20

KONTROLA I ODRŽAVANJE GRAĐEVINA U FUNKCIJI POUZDANOSTI I OČUVANJA EKSPLOATACIJSKOG VIJEKA

Marijan Zelić — Stjepan Hršak, Zagreb

UDK 624/628:699.8
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se općenito opisuje utjecaj okoliša na konstrukcije, pojava degradacije materijala i konstrukcija, te zaštita konstrukcija. Sistematiziran je način kontrole starenja i održavanja građevina, dan je osvrt na stečena iskustva i na postojeću regulativu (zakon, pravilnici). U članku se predlaže uvođenje optimiranja kontrole i održavanja.

Ključne riječi: **građevina, materijal, konstrukcija, okoliš, betonska konstrukcija, korozija, metalna konstrukcija, degradacija konstrukcija, zaštita konstrukcija, kontrola stanja i održavanja tokom građenja, pravilnici i propisi, optimiranje kontrole i održavanje**

1. UVOD

U današnjim prilikama, kada izgradnja novih energetskih objekata zaostaje za sve većom potrebom za energijom, posebno je važno da se što više očuvaju i njeguju postojeći raspoloživi energetski izvori.

Očuvanje i dugoročna pouzdanost naših energetskih objekata ponajviše ovisi o pažnji i njezi koju im pridajemo. Zašto je tako, nije teško odgovoriti, zna li se da su tijekom eksploatacije objekti i postrojenja izloženi različitim utjecajima i opterećenjima, a nesavršenost materijala sve više se pokazuje nalaze li se građevine u agresivnim sredinama. Agresivnost okoliša čine agresivni elementi prisutni u vodi, tlu i zraku. Danas, kada smo već zakasnili u zaštiti našeg okoliša, kao uostalom i svijet u cjelini, kada nam preostaje još samo nastojanje da stupanj zagađenosti okoliša zadržimo na postojećoj razini, trebamo se okrenuti i zaštiti gospodarskih i drugih vrednota od okoliša. Ovdje ćemo se ponajprije osvrnuti na građevinske konstrukcije elektroenergetskih postrojenja jer su upravo te konstrukcije osim svojih nominalnih opterećenja najizloženije štetnim podzemnim i atmosferskim utjecajima.

Razlog više da se naglasi potreba i značaj motrenja, kontrole stanja, održavanja, jednom riječju praćenja stanja objekata, jest i taj što se ovoj aktivnosti ponekad ne pridaje odgovarajuća važnost. Vjerojatno zato što stupanj propadanja materijala, konstrukcijskih oštećenja nije uvijek vidljiv po vanjskim efektima i što elektrana može i dalje ostvarivati svoju osnovnu funkciju, ali uz smanjenu pouzdanost i trajnost.

Problem se ponekad spoznaje tek kada je neposredno ugrožena funkcija elektrane, kada su nužna znatna ulaganja u složene sanacije, često i zamjene. Kontrolom, odnosno sustavom kontrolnih aktivnosti uočavaju se moguća žarišta, problemi, što osigurava uvjete za preventivne akcije radi očuvanja, a nerijetko i produženja vijeka trajanja građevina.

2. UTJECAJ OKOLINE NA GRAĐEVINE

Kod svih građevinskih objekata susrećemo međudjelovanje između elemenata okoline i materijala zastupljenih u građevini. Rezultati takvog međudjelovanja iskazuju se kao starenje ili trošenje građevine. Proces starenja građevina je brži, bilo da su posrijedi betonske ili metalne konstrukcije, što je veći stupanj agresivnosti okoliša.

Takve pojave kod kojih u interakciji materijala i agresivne okoline dolazi do degradacije materijala i konstrukcija bez obzira na mehanizam djelovanja općenito nazivamo korozijom. Korozija je poznata kod betonskih i metalnih konstrukcija. S razvojem raznih privrednih djelatnosti stvaraju se sve povoljniji uvjeti za pojavu korozije, odnosno degradacije materijala i konstrukcija, ponajprije zbog povećanih koncentracija agresivnih tvari u atmosferi, tlu, rijekama i morima.

Prema betonu i čeliku, kao dominantnim građevinskim materijalima u energetskim postrojenjima, najveću agresivnost pokazuju kiseline. Kiseline i u blagim razrjeđenjima vrlo brzo napadaju nezaštićeni beton i čelik i već nakon kratkog vremena ih mogu degradirati. Poznati su slučajevi degradacije materijala i zbog atmosferskog djelovanja u industrijskim, gradskim i primorskim sredinama. Osim štetnih plinova, zrak može sadržavati i agresivnu prašinu koja se taloži na dijelove objekata i uz vlagu, odnosno atmosferske padaline, djeluje agresivno na elemente građevine. Koroziju uzrokuju i agresivni mediji u cjevovodima, parogeneratorima i drugim sustavima termoelektrana. Agresivnost se pojavljuje i pri djelova-

nju lužina. S povećanjem pH faktora taj je utjecaj blaži.

U okruženju hidroelektrana agresivnost iz zraka je manje dominantna (osim elektrana uz more), za razliku od utjecaja površinskih i podzemnih voda.

Posebno su opasne pojave prolaza vode i vlage kroz vodopropusne betone zbog pukotinskog sustava ili pojave segregiranog ili poroznog betona.

Degradacija nosećih konstrukcija poznata je i tamo gdje je, s obzirom na vanjske utjecaje, najmanje očekujemo — kod dalekovodnih stupova. Trase dalekovodnih stupova u različitim su okruženjima. U kontinentalnom dijelu agresivnost okoliša trebala bi biti najmanja, odnosno mnogo manja nego uz morsku obalu. Poznato je da se utjecaj primorske atmosfere osjeća ponekad i 20 – 25 km u unutrašnjost. Djelovanje klorida posebno je štetno za nezaštićene konstrukcije.

Prema tome, vidljivo je da izloženost konstrukcija različitim štetnim utjecajima okoliša, da ne spominjemo opterećenja statičkih i dinamičkih sila, vibracije i sl., bitno određuju vijek trajanja metalnih, ali i betonskih konstrukcija.

Sve su to razlozi koji nam nameću potrebu sustavne kontrole stanja elektroenergetskih građevina i njihova održavanja.

Temeljni cilj održavanja jest očuvanje predviđenog vijeka eksploatacije. Ako se aktivnostima kontrole i održavanja pristupi na optimalan način, produžit će se i uobičajeni eksploatacijski vijek.

3. DEGRADACIJA BETONSKIH I METALNIH KONSTRUKCIJA

Kod betonskih armirano-betonskih konstrukcija najčešće se susrećemo sa sljedećim oblicima degradacije

— izluživanjem (inkrustacija) ili iznošenjem kalcijeva hidroksida iz strukture cementnog kamena. Takav je proces degradacije redovit kod segregiranih, poroznih, odnosno betona povećane propusnosti. Taj oblik degradacije betona, osobito je opasan za armirane betone, jer može prouzročiti i koroziju armature zbog djelovanja vodene otopine ugljičnog dioksida.
— raspadanjem betona zbog reakcije elemenata strukture betona i tvari iz okoline. Taj oblik degradacije događa se pri koroziji betonskog čelika, sulfatne korozije i korozije prouzročene morskom vodom.
— razgradnjom betona zbog kemijskog rastvaranja veziva. Taj je proces redovito površinski i napreduje u dubinu ovisno o gustoći betona.

Kod metalnih konstrukcija degradacija, odnosno korozija nastaje zbog kemijskog, elektrokemijskog ili biokemijskog mehanizma djelovanja.

Kemijska korozija nastaje djelovanjem plinova (klor, klorovodik, spojevi sumpora, itd.) na visokim temperaturama ili djelovanjem agresivnih tvari u neelektrolitima (spojevi sumpora). Elektrokemijska korozija, kao najrasprostranjeniji oblik korozije metala nastaje zbog postojanja lokalnih galvanskih mikročlanaka.

Biokemijska korozija nastaje u tlu i posljedica je djelovanja mikroorganizama na metal u anaerobnim uvjetima.

Mehanizme degradacije materijala potrebno je poznavati kako bismo mogli poduzimati zaštitne mjere.

4. ZAŠTITA KONSTRUKCIJA

Stupanj štetnoga djelovanja degradacije materijala vrlo je teško procijeniti, jer štete nisu samo izravne (propadanje materijala, konstrukcije, smanjenje mase materijala i sl.) već i posredne zbog zastoja nekog proizvodnog procesa, smanjenja proizvodnje, urušavanja, eksplozija kotlova ili cjevovoda i sl. Zbog toga je važno primjeniti postupke koji će povećati otpornost materijala na koroziju ili na drugi način ostvariti zaštitu od degradacije.

Zaštita materijala i konstrukcija od korozije postiže se na više načina:

— smanjenjem agresivnosti okoline
— povećanjem otpornosti materijala
— konstrukcijskim rješenjima
— zaštitnim prevlakama, oblogama i premazima,

a kod metala još:

— zamjenom metalnih dijelova nemetalnim
— katodnom i anodnom zaštitom

Zaštita betona od kemijskih utjecaja sastoji se u izradi gustih, kompaktnih betona, u upotrebi cementa bez slobodnog CaO, u upotrebi cementa otpornih na djelovanje sulfata, kao što su metalurški cementi i sl. Međutim u agresivnim uvjetima treba površinu betona izolirati od agresivnog okoliša. Ta izolacija sprečava koroziju betona i koroziju armature. Najčešće se provodi organskim premazima.

Općenito, uspješnost zaštite ovisi o više činilaca:

1. kvaliteti osnovnog materijala,
2. stupnju pripremljenosti podloge,
3. kvaliteti zaštitnog sloja,
4. ukupnoj debljini zaštitnog sloja,
5. načinu aplikacije,
6. uvjetima za vrijeme izvedbe zaštite,
7. uvjetima eksploatacije,
8. tretmanu do ostvarivanja punih svojstava zaštite.

Dobra zaštita od degradacije bilo metalnih ili betonskih konstrukcija postići će se samo ako se poslu pristupi stručno i odgovorno. To znači da ovaj posao zahtijeva pripremne aktivnosti, među kojima je i osiguranje primjerenog projekta zaštite i stručnog nadzora. To se naglašava ponajprije zato što projektanti često zanemaruju zaštitu a ponekad i investitori.

Zanemarena, loše izvedena ili s vremenom propala zaštita ubrzava propadanja cjelokupne konstrukcije odnosno dovodi do poremećaja eksploatacije. To nameće povećanu kontrolu i učestalije zahvate održavanja s privremenim rješenjima.

5. ULOGA KONTROLE STANJA I ODRŽAVANJA GRAĐEVINA

Kontrolne aktivnosti znatno pridonose osiguranju dovoljne sigurnosti, potrebne upotrebljivosti i zahtijevane trajnosti građevina elektroenergetskih sustava.

Pozitivan i važan doprinos kontrolnih pregleda sastoji se ponajprije u pravovremenom utvrđivanju pojava koje upućuju na razvojni proces štetnoga djelovanja na promatranu građevinu i njezine dijelove.

Rezultati kontrolnih aktivnosti upućuju i određuju potrebu intervencija, preventivne zahvate, odnosno usmjeravaju definiranje načina održavanja.

Kontrolne aktivnosti mogu se po značenju i opsegu razvrstati u ove skupine:

— inicijalni pregledi
— rutinski pregledi
— periodični pregledi
— specijalni i specijalistički pregledi
— specijalna ispitivanja

Inicijalni pregledi su stalni i obuhvaćaju vizualno opće praćenje stanja i ponašanja konstrukcija i njezinih elemenata, a dakako i opreme. Povjeravaju se stalno zaposlenoj postavi na objektu.

Rutinski pregledi provode se periodično po a priori definiranom programu i vremenskom planu. Pregledi se sastoje od stručne vizualne kontrole stanja i ponašanja betonske ili metalne konstrukcije i drugih dijelova. Za takve preglede angažiraju se posebne stručne institucije, kao što su instituti, stručni zavodi, projektantske organizacije.

Periodički pregledi su detaljniji od rutinskih, većeg opsega aktivnosti i redovito se provode prema definiranom programu u rjeđim vremenskim intervalima. Za njihovo obavljanje angažiraju se stručne institucije, instituti, projektanti, fakulteti. Pri tim pregledima, obavljaju se i određena mjerenja i snimanja.

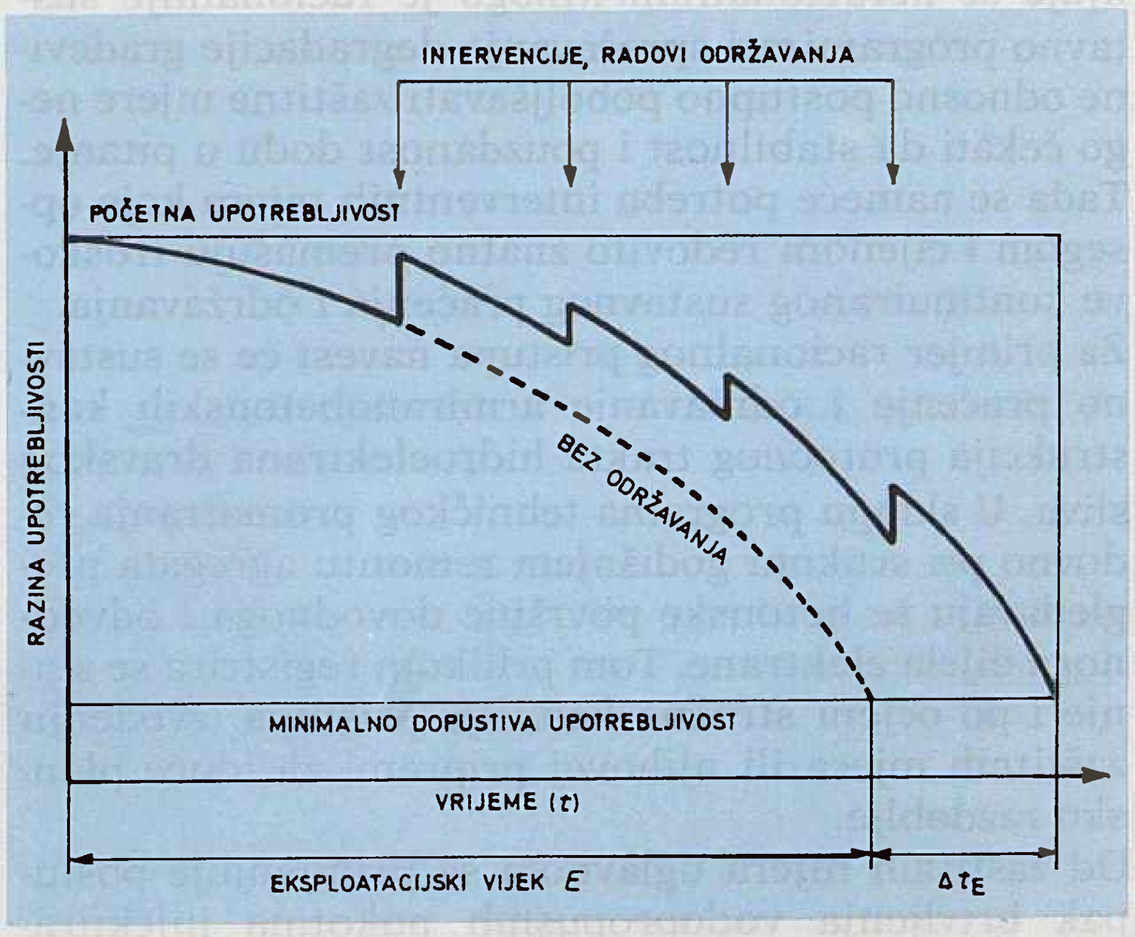
Treba naglasiti da se i rutinski i periodički pregledi na našim hidroelektranama obavljaju u sklopu aktivnosti poznatih po nazivu tehničko promatranje visokih brana ili tehnički monitoring. Kod termoenergetskih sustava primjenjuju se pravilnici o održavanju elektroenergetskih objekata u eksploataciji, te održavanju i pregledu čeličnih konstrukcija.

Specijalni pregledi obavljaju se prema potrebi. To su posebni pregledi na najvišem stručnom nivou, a povjeravaju se samo specijaliziranim institucijama, institutima i vrhunskim ekspertima. Isto vrijedi i za specijalna ispitivanja.

Bez sustavno organiziranih i zastupljenih kontrolnih aktivnosti onemogućeno je osigurati optimalno održavanje elektroenergetskih i drugih građevina.

Ovdje treba naglasiti da samo provođenje kontrolnih aktivnosti, bez akceptiranja rezultata kontrole, nema stvarnog opravdanja. Uspostavljanje sustavnih kontrola samo radi zadovoljavanja zakonskih propisa i zahtjeva nadležne inspekcije samo je sebi svrha i nema opravdanja. Pravi smisao kontrolnih aktivnosti stanja objekata i njihovih dijelova ima pravo značenje samo onda kada se provodi optimalno i sustavno održavanje građevina.

Pod optimalnim i sustavnim održavanjem razumijeva se takav pristup održavanju građevina koji će uz minimalno angažirana sredstva uložena u zahtijevanom trenutku osigurati, ako ne produženje životnog vijeka građevine, najmanje punu pouzdanost i sigurnost u projektom predviđenom vijeku eksploatacije. Prema tome, kontrola je nužan preduvjet za pravilno održavanje građevina, a održavanje neizbježno u procesu očuvanja objekata u trajne agresivnoj okolini, to više što poznajemo nesavršenost i ograničenu trajnost upotrijebljenih materijala.



Slika 1.

Iz poznatog prikaza na slici 1. vidljiva je važnost intervencija i održavanja za trajnost građevina. Optimalno programiranim intervencijama i zahvatima produžuje se eksploatacijski vijek za vrijeme Δt.

6. OSVRT NA ISKUSTVA

Na temelju ostvarenih iskustava Instituta za elektroprivredu i energetiku u kontroli i praćenju stanja naših elektroenergetskih i drugih objekata može se ocijeniti da su sustavne kontrole i praćenja stanja građevina nedovoljno zastupljene.

Takvo stanje svakako je posljedica i objektivnih poteškoća u osiguranju potrebnih financijskih sredstava. No to nije uvijek i najvažniji element neodgovarajuće zastupljenosti praćenja stanja građevina.

Značajnu ulogu u osiguranju aktivnosti za očuvanje građevina imaju građevinski djelatnici zaduženi za aktivnosti održavanja u sklopu nadležnih službi. Upravo su građevinski stručnjaci u takvim službama nosioci svih aktivnosti vezanih za građevine od praćenja zakonske regulative do spoznavanja potreba i značaja pravilnog pristupa održavanju, te argumentiranog prenošenja zahtjeva do viših razina rukovodstava.

O uspješnosti prezentacije potreba i važnosti ovih aktivnosti, stručnosti i kompetentnosti ljudi ovisi i zastupljenost kontrolnih aktivnosti i sustavnog održavanja građevina.

To se navodi ponajprije zato što u praksi postoji vrlo raznolik stupanj zastupljenosti i pristup aktivnostima praćenja i održavanja građevina.
Ponekad se aktivnostima utvrđivanja ili praćenja stanja pristupa tek na inicijativu inspekcijskih službi ili kada su oštećenja takva da treba utvrditi ili potvrditi ugroženu stabilnost objekta ili pouzdanost eksploatacije.
Nerijetko i angažirani stručnjaci, konzultanti, upućuju na neki zahvat tek nakon utvrđivanja ugrožene stabilnosti ili sigurnosti objekta. Takav pristup ocjenjuje se neracionalnim. Mnogo je racionalnije sustavno programirati sprečavanje degradacije građevine odnosno postupno poboljšavati zaštitne mjere nego čekati da stabilnost i pouzdanost dođu u pitanje. Tada se nameće potreba interventnih mjera koje opsegom i cijenom redovito znatno premašuju troškove kontinuiranog sustavnog praćenja i održavanja.
Za primjer racionalnog pristupa navest će se sustavno praćenje i održavanje armiranobetonskih konstrukcija protočnog trakta hidroelektrana dravskog sliva. U sklopu programa tehničkog promatranja redovno pri svakom godišnjem remontu agregata pregledavaju se betonske površine dovodnoga i odvodnoga dijela elektrane. Tom prilikom registrira se stanje i po ocjeni stručne komisije pristupa izvođenju zaštitnih mjera ili njihovoj pripremi za iduće plansko razdoblje.
Od zaštitnih mjera uglavnom se primjenjuje postupak brtvljenja vodopropusnih pukotina injektiranjem ili zatvaranjem na neki drugi način u skladu s tehničkom dokumentacijom. Brtvljenjem pukotinskog sustava eliminiraju se pojave ispiranja cementnog kamena, sprečava inkrustacija i slabljenje betona te smanjuje mogućnost i za koroziju betonskog željeza u ovoj konstrukciji. Tim aktivnostima ne prilazi se zbog neposredne ugroženosti stabilnosti konstrukcije, već radi usporenja procesa degradacije betona i čelika, a time i očuvanje pouzdanosti kroz čitav predviđeni eksploatacijski vijek. Nažalost, takvih pozitivnih primjera nema dovoljno. Oko nas je mnoštvo primjera propadanja konstrukcija i objekata na kojima je zanemaren sustavan pristup praćenja njihova stanja, a posljedica je progresivna degradacija materijala.

7. OSVRT NA REGULATIVU

Pozitivan napredak u području očuvanja naših građevina odnosno konstrukcija vidljiv je u Zakonu o građenju (NN 77/92).
Održavanje kao disciplina očuvanja svojstava građevine provlači se kroz čitav tekst ovog zakona. Na primjer stavak 9, članka 2. glasi:
»Održavanjem građevine, u smislu ovog Zakona, smatra se praćenje stanja građevine i poduzimanje mjera nužnih za sigurnost i pouzdanost građevine te život i zdravlje ljudi.«
U članku 4. stavak 2 Zakona definira se pouzdanost građevine: »Pouzdanost, u smislu ovog Zakona je sposobnost građevine da izdrži sva predvidiva djelovanja koja se javljaju pri normalnoj uporabi, te da zadrži odgovarajuća svojstva u predvidivom vremenu trajanja.«
Pozitivna novost u Zakonu je i članak 11. koji govori o zaštiti od korozije:
»Građevina mora biti projektirana, igrađena i održavana na način da se zaštiti od štetnog djelovanja oborinske i podzemne vode te agresivnog tla i zraka.«
O korištenju i održavanju građevine posebno govori i članak 52. ovog Zakona.
Osim ovog temeljnog zakona, sigurnost, pouzdanost, trajnost građevina propisuje i druga zakonska regulativa. U Republici Hrvatskoj do donošenja nove zakonske regulative i novih normi primjenjuju se postojeći propisi u skladu sa Zakonom o preuzimanju Zakona o standardizaciji koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuje kao republički zakon (NN br. 53/91), tako da se i nadalje primjenjuju »Pravilnik o tehničkom promatranju visokih brana«, »Tehnički propisi za održavanje čeličnih konstrukcija za vrijeme eksploatacije«, »Pravilnik o osnovnim principima za provjeru pouzdanosti konstrukcija«, »Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije«, »Pravilnik o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja« i drugi.
Ti pravilnici i propisi uglavnom su zastarjeli i u očekivanju nove hrvatske regulative i normizacije preporučuje se primjena svjetski priznatih normi. To su ponajprije DIN (Deutsches Institut Für Norming), NACE (National Association of Corosion Engineers, Houston), SSPC (Steel Structures Painting Council, Pittsburg), ASTM, odnosno za praćenje i promatranje visokih brana upute i preporuke ICOLD-a.

8. PRIJEDLOG UVOĐENJA POBOLJŠANJA, MODERNIZACIJE, KONTROLE I ODRŽAVANJA

Kod velikih sustava, koji u svojem sastavu imaju mnogo objekata, optimiranjem kontrole i održavanja građevina ostvarile bi se pretpostavke za velike uštede.
Osim ušteda osigurala bi se i veća trajnost i pouzdanost objekata.
Pod optimiranjem ovdje se razumijeva definiranje modela praćenja stanja raspoloživih energetskih građevina i njihovih dijelova, koji bi osigurao sustavne kontrolne aktivnosti, arhiviranje i vrednovanje prikupljenih podataka, definiranje kriterija za ocjenu prioriteta aktivnosti održavanja, te praćenje efekata održavanja. Ovakvi modeli mogli bi se primjenjivati za pojedina slivna područja, proizvodne pogone ili za sustav u cjelini.
Za realizaciju ovakvog modela u praćenju i održavanju, s obzirom na opseg nužnih aktivnosti, temeljna je aktivnost definirati program. Program bi omogućio realizaciju po fazama, kao što su snimanje postojećeg stanja, definiranje i ostvarenja baze podataka, definiranje i usvajanje kriterija za ocjenu, vrednovanje i formiranje prioriteta itd.

U svijetu se na kontrolu i aktivnosti održavanja ulažu velika sredstva, jer se održavanje ne shvaća kao nužno zlo i trošak, već ulaganje u dugoročnost eksploatacije, a time i ostvarenje drugih pozitivnih efekata.

9. ZAKLJUČAK

Nesavršenost materijala elektroenergetskih i drugih građevina rezultira trošenjem i propadanjem tijekom vremana i u konačnici ograničava vijek trajanja građevina.
Posebno se to odnosi na betonske, armiranobetonske i čelične konstrukcije koje su djelomično ili potpuno u vodi, odnosno izložene agresivnoj atmosferskoj sredini.
Takva svojstva materijala i građevina zahtijevaju preventivne zahvate zaštite već u fazi projektiranja i građenja, a posebno punu pozornost tijekom eksploatacije.
Kontrolom, odnosno sustavom kontrolnih aktivnosti uočavaju se moguća žarišta, problemi, što osigurava uvjete za preventivne akcije radi očuvanja, a nerijetko i produženja vijeka trajanja građevina.
Dosadašnja iskustva Instituta za elektroprivredu i energetiku pokazuju da stručan pristup u praćenju izgradnje, ugrađivanju otpornosti prema degradaciji materijala te kontrolnih aktivnosti tijekom eksploatacije osiguravaju pretpostavke za trajnost i pouzdanost građevina. Na trajnost i pouzdanost svakako utječe i optimalno programiran pristup u aktivnostima održavanja građevina.

LITERATURA

[1] E. TRINKAUS, »Utjecaj okoline na koroziju armature u betonu«, 1985.

[2] M. MARUVLJOV, »Osnovni aspekti trajnosti betona i betonskih konstrukcija«, 1988

[3] ... Uputstva za hidrotehnički beton, 1973.

[4] A. ZAJC, G. KLAMROWSKI, P. NEUSTUPNY, »Utjecaj vlage na mehaničke osobine i koroziju betona«, 1985.

[5] V.R. PLUDEK, Design and Corrosion Control«, 1979.

[6] K.A VAN OETERN, »Konstruktion und Korrosionsschutz«, 1967.

[7] SIGMA, »Protection and maintenance of ferrous and non ferrous metals«, Netherlands, 1990.

[8] I. ESIH, Z. DUGI, »Tehnologija zaštite od korozije«, 1989.

[9] M. ZELIĆ, S. HRŠAK, »Tehničko promatranje HE Varaždin«

[10] K. KLAK, S. HRŠAK, M. ZELIĆ, A. RUSSO, »Izvještaj o pregledu dovodnog tunela HE Gojak, 1983., ... 1992.

[11] K. KLAK, M. PETRIČEC, M. ZELIĆ, M. MEŠTRIĆ, »Pregled građevinskih objekata i analiza mogućeg povećanja snage HE Manojlovac — Građevinski dio«, 1988.

[12] M. ZELIĆ I SURADNICI, »Izvještaj o pregledu i registrirciji stanja dovodnog grla, spirale i usisne cijevi agregata HE Varaždin«

[13] M. ZELIĆ, K. KLAK, S. HRŠAK, »Analiza stanja osnovne opreme HE Peruća i mogućnost povećanja snage — Pregled i ocjena stanja građevinskih objekata«, 1989.

[14] M. ZELIĆ, S. HRŠAK, »Pregled i ocjena stanja konstrukcije i antikorozivne zaštite rasklopišta 110 kV i 220 kV HE Senj, 1993.

[15] M. ZELIĆ, S. BOJIĆ, »Prijedlog unapređenja tehničkih promatranja hidroelektrana«, 1993.

[16] J. BANIĆ, »Korozija armature u betonu«, 1978.

[17] S. SMILEK, »Zaštita metalnih i betonskih konstrukcija u kemijski agresivnim sredinama«, 1978.

[18] V. UKRAINČIK, D. BJEGOVIĆ, »Trajnost sigurnost armirano-betonskih konstrukcija«, 1988.

[19] M. ZELIĆ, »Praćenje hidroenergetskih objekata u eksploataciji«, 1983.

[20] M. ZELIĆ, K. PLANTIĆ, »Tehničko promatranje HE Dubrava«

[21] A. PAKVOR, »Problemi održavanja betonskih konstrukcija«

[22] B. VOJINOVIĆ, S. LAZIĆ, »O metodologiji periodičkih pregleda i održavanja betonskih objekata«, 1988.

CONTROL AND MAINTENANCE OF BUILDINGS AS A FUNCTION OF RELIABILITY AND PRESERVATION OF EXPLOATATION TIME

The influence of environment on the construction, degradation of material and constructions as well as the protection of construction are described. The way of controling a building growing old and the maintenance is systematized, a short review on existing experience and regulative (law, regulations) is given. There is a suggestion of an introduction of the control and maintenance optimisation.

KONTROLLE UND WARTUNG DER BAUWERKE IN DER FUNKTION DER ZUVERLÄSSIGKEIT UND ERHALTUNG DER NUTZUNGSDAUER

Hier wird der Einfluss der Umwelt auf die Konstruktionen, Degradierung des Materials und der Konstruktionen sowie der Konstruktionsschutz beschrieben Die Art der Kontrolle des Alterns und der Erhaltung der Bauwerke wurde systematisiert und ein Rückblick auf die Erfahrungen und das gegenwärtige Reglement beschrieben. Man schlägt die Einführung der Optimierung der Kontrolle und Wartung vor.

Naslov pisaca:

Marijan Zelić, dipl. ing.
Stjepan Hršak, ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-23

Croatia

METAL — ELEKTRO

Stupna transformatorska stanica na čelično-rešetkastom stupu

TIP: **TSRS - ME "92**

- Izrađene i tipski ispitane u skladu s IEC preporukama i tipizacijom N.012.02. HEP-a
- Visoka raspoloživost i pouzdanost u pogonu.
- Potpuna sigurnost osoblja.
- Brza i jednostavna montaža.
- Olakšano održavanje.
- Razna dispozicijska rješenja omogućuju opremanje izvedbe prema želji naručitelja.
- Stup je pocinčani čelični rešetkasti stup.
- Kategorija stupa - srednja.
- Atestirana antikorozivna zaštita.

OPĆENITO:

Stupna transformatorska stanica na čelično-rešetkastom stupu je posebno prikladna pri uklapanju u zračnu mrežu, jer zauzima mali prostor, pa se vrlo lako uklapa u trasu zračnog voda. Osnovna izvedba je sa zračnim srednjenaponskim priključkom i zračnim samonosivim kabelskim snopom (SKS). Na zahtjev naručitelja moguće su i ostale kombinacije: zračno-kabelski, kabelsko-zračni i kabelsko-kabelski.

STUP:

Stup je pocinčani, čelični, rešetkaste konstrukcije. Uklještenje stupa u temelj se izvodi:

a) Sidrenim vijcima (osnovna izvedba)
b) Ubetoniranjem pojasnika (na zahtjev)

TEMELJI:

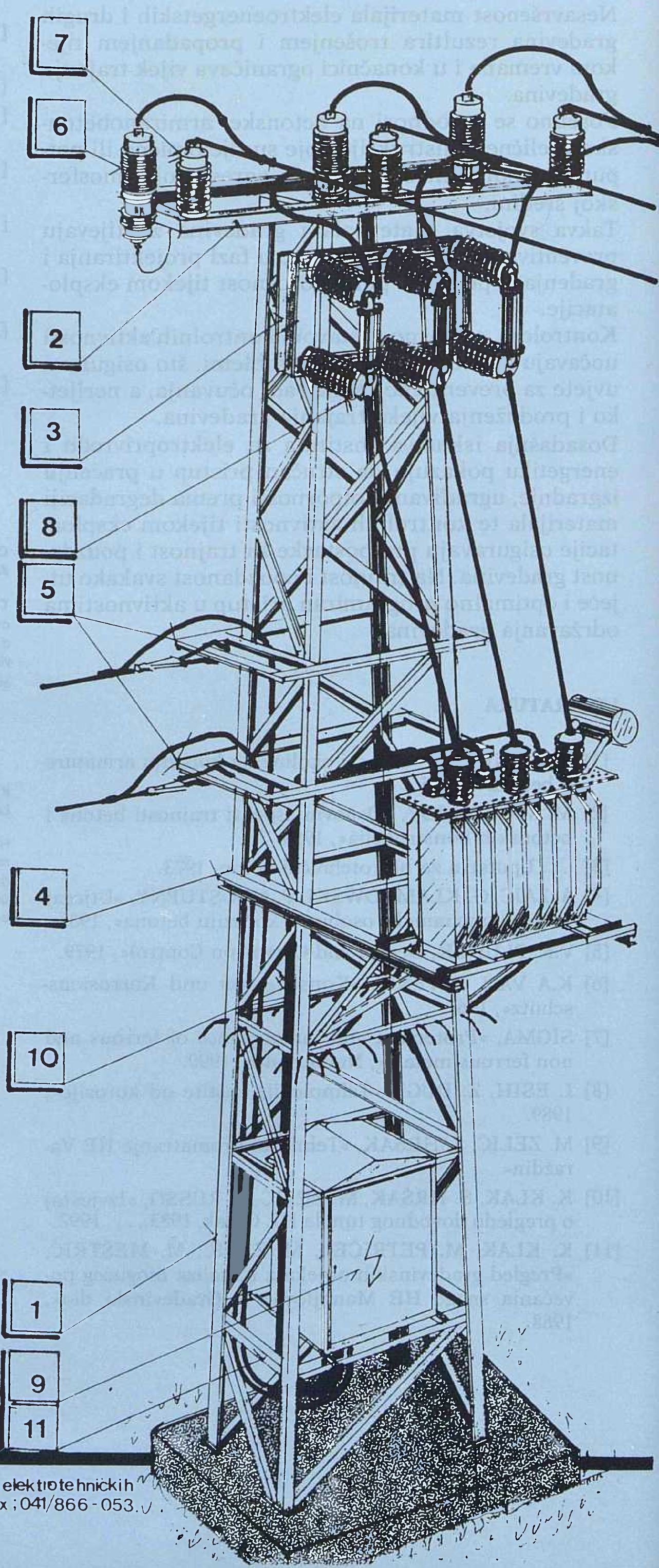
Temelji su projektirani za dva načina izvedbe: monolitni i montažni. Monolitni temelj se izrađuje na mjestu ugradnje, dok se montažni temelj dovozi gotov i postavlja u već pripremljenu odgovarajuću građevinsku jamu. Prednost montažnog temelja je u bržoj montaži cijele stanice, jer se ne čeka na sazrijevanju betona.

PRIPADAJUĆA OPREMA TSRS - ME "92 U PONUDI

01.— Čelično rešetkasti stup 9,5 m
02.— Čelična vršna konzola
03.— Čelična konzola podnožje osigurača SN
04.— Čelična konzola - nosač transformatora
05.— Čelične konzole - nosači priključka NN razvoda
06.— Odvodnici prenapona
07.— Zatezni izolatori zračnih vodova SN
08.— Osigurači SN-a tropolni
09.— Ormarić aluminijski NN razvoda MZ - IP - 54 (s opremom)
10.— Kabel PP OO — A
11.— Čelični nosač NN razvodnog Al ormarića.
12.—
13.—
14.—
15.—

NAPOMENA:

- Čelična konstrukcija stupa L 7850 mm s direktnom ugradnjom, ima masu od 560 kg.
- Čelična konstrukcija stupa L 7850 mm sa sidrenim vijcima, ima masu od 576 kg.
- Čelična konstrukcija stupa L 9550 mm s direktnom ugradnjom, ima masu od 607 kg.
- Čelična konstrukcija stupa L 9550 mm sa sidrenim vijcima, ima masu od 620 kg.



METAL - ELEKTRO "Poduzeće za proizvodnju metalopreradivačkih i elektrotehničkih proizvoda 41 264 D. Zelina Tel; 041/866-728 ; 866-051;866-052. Fax ;041/866-053.

JEDNA ANALIZA PRIKLJUČKA NOVOG BLOKA NA ZAGREBAČKOM PODRUČJU U ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

Mr. Zdenko Tonković — mr. Davor Nevečerel — Goran Jerbić, Zagreb

UDK 697-34
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazan je metodološki pristup problematici uključenja novog elektroenergetskog bloka u elektroenergetski sustav, s konkretnim primjerom uključenja kombi-bloka na lokaciji TE-TO Zagreb.

Ključne riječi: tokovi snaga, kratki spoj, dinamička stanja, perspektivna elektroenergetska mreža Hrvatske.

1. UVOD

Elektroenergetski sustav na području neke države obično je samostalan dio transnacionalnoga elektroenergetskog sustava (UCPTE, SEV). On se općenito sastoji od objekata proizvodnje, prijenosa i distribucije (potrošnje). Njegova osnovna uloga jest sigurna opskrba potrošača električnom energijom proizvedenom u objektima proizvodnje. Pouzdani rad sustava koordinira se i vodi iz dispečerskog centra saveznog značenja. Eventualni debalansi između proizvodnje i potrošnje mogu se rješavati režimom rada objekata proizvodnje i potrošnje u funkciji raspoloživosti EES, a također i razmjenom sa susjednim sustavima u sklopu transnacionalnog elektroenergetskog sustava. Elektroenergetski sustav može se zamisliti ekvivalentnim jednom živom izbalansiranom organizmu koji je neprekidno u funkciji i koji osjetljivo reagira na bilo kakvu promjenu (proizvodnje, potrošnje, topologije mreže i sl.).

Ako na takav način spoznamo funkcionalnost elektroenergetskog sustava, evidentno uključenje neke nove (snažnije) proizvodne jedinice rezultira nizom aktivnosti važnih za vođenje i eksploataciju EES-a. Ovisno o parametrima sustava na mjestu uključenja nove jedinice, s jedne strane, a također i parametrima nove proizvodne jedinice, s druge strane, mogu nastati veliki poremećaji u radu sustava, s vrlo štetnim posljedicama. Važan je i podatak egzistira li već na mjestu priključka novog bloka neko proizvodno postrojenje ili se priključak analizira na potpuno novoj lokaciji.

Zbog toga se problematici uključenja novoga elektroenergetskog bloka u svakom konkretnom slučaju treba prići analitički, uz istraživanje naponskih i strujnih prilika (proračuni tokova snaga) u odnosu prema pogonskoj problematici, kao i mogućim havarijskim situacijama (kratki spoj, stabilnost). Takav studijski pristup traži dobro poznavanje karakteristika konkretnog elektroenergetskog sustava i veliko iskustvo u stalnom rješavanju problematike pogona, eksploatacije i planiranja.

Institut za elektroprivredu i energetiku jest ustanova koja se upravo bavi navedenom problematikom. Specijalistički timovi stručnjaka s velikim iskustvom na području prijenosa električne energije neprekidno su angažirani u dnevnoj problematici rješavanja problema pogona, eksploatacije i planiranja elektroenergetskog sustava. Na primjeru analize uključenja novog kombi-bloka na području Zagreba prikazat će se sva složenost navedene problematike.

2. STACIONARNO STANJE

2.1. Provjera rješenja priključka: raspodjela opterećenja po granama i naponske prilike

Problemi prijenosne mreže 110 – 380 kV zagrebačkog područja intenzivno su, između ostalih, prisutni u našoj djelatnosti proteklog desetljeća. Rješavajući ih u rasponu od onih razvojnih do onih eksploatacijskih, u kreativnom dijalogu s odgovarajućim stručnjacima HEP-a, pristupilo se izgradnji DV 380 kV Melina-Tumbri, od TS 380/110 kV Žerjavinec, do sekcioniranja mreže 110 kV užeg zagrebačkog gradskog područja, kompenzacije jalove snage — da spomenemo samo najmarkantnije. Iza svega toga stoje brojne studije, stručni savjeti pri njihovim recenzijama, rasprave na različitim stručnim i hijerarhijskim razinama. I dalje su u opticaju mnoge nove ideje u fazi »inkubacije«, čekajući svoje vrijeme i bolje dane.

U posljednje vrijeme težište problema u prijenosnoj mreži zagrebačkog područja prebacuje se s mreže kao izvora (što je za ovaj dio sustava još uvijek neprijeporna činjenica) na same elektrane.

Ponajprije se to odnosi na Termoelektranu-toplanu »Zagreb« (dalje: TETO Zagreb) na Žitnjaku, odnosno, još preciznije na njezina dva bloka, svaki instalirane snage 32 MW.

Ponajprije se to odnosi na Termoelektranu-toplanu »Zagreb« (dalje: TETO Zagreb) na Žitnjaku, odnosno, još preciznije, na njezina dva bloka, svaki instalirane snage 32 MW.

S jedne strane, na horizontu je nominalan istek njihova radnog vijeka (u pogonu su od 1962), a s druge strane svoje rješenje traže i akceleriraju potrebe zagrebačkoga toplinskog konzuma u istočnom centraliziranom toplinskom sustavu (CTS; zapadni je vezan na ELTO). Odgovor na oba pitanja je zajednički: supstitucija obaju blokova većim(a).

U studiji o kojoj ovdje izvještavamo [1] planirano je — u Sektoru za razvoj prijenosne i distribucijske mreže Direkcije za razvoj i inženjering HEP-a — polazno supstituirati samo jedan blok 32 MW (zadržavajući drugi još u pogonu), na osnovi ponude austrijskog ELIN-a, s dvije plinske turbine sa generatorima nazivne snage 2 × 128,4 MW i jedne parne s generatorom 1 × 111,1 MW. Ukupna maksimalna snaga tih blokova za zajedničku proizvodnju električne i toplinske energije bila bi, s obzirom na različite režime rada u elektroenergetskom i toplinskom sustavu, 352,8 MW.

U međuvremenu su iz Odjela za razvoj termoenergetskih i nuklearnih postrojenja dobivene tri varijante supstitucije: (a) plinski agregat 1 × 230 MVA + parni agregat 97,1 MVA (oba s cos Φ = 0,85), (b) plinski agregat 1 × 210 MVA + parni agregat 98 MVA (oba s cos Φ = 0,8), (c) plinski agregat 1 × 156,5 MVA + parni agregat 140 MVA (oba s cos Φ = 0,8). Iz toga proistječe da je u našoj studiji tretirana najveća snaga koja uopće dolazi u obzir (352,8 MW).

Ovdje bi učinili mali ekskurs, **pledirajući za kotlove prilagođene mogućem korištenju svih triju goriva** (što je uostalom Institut već i prije zastupao) — ugljena, nafte i plina — a ne samo plinskim. Naime, u četrdesetogodišnjem radnom vijeku treba očekivati neizvjesnosti glede osnovnog goriva i različite situacije na tržištu. Zato se ne bi trebalo ograničavati samo na plin. Napokon, i kotlovi postojećih blokova 2 × 32 MW pregrađeni su od onih originalnih za loženje domaćim ugljenima na one za upotrebu mazuta (tada jeftinijeg) i prirodnog plina. Takva mogućnost korištenja kombiniranog goriva, upravo u energetski ovisnih zemalja, postaje danas praksom. Na primjer, u talijanskom ENEL-u takva »centrale policombustibile« je standardizirana i prema takvoj tehnologiji građeni su svi blokovi pušteni prošle godine u pogon (320 MW u Tavazzanu, regija Milano; 2 × 660 MW u Brindisi-Sud, regija Napulj; 320 MW u Fiumesanto, Sardinija i 160 MW u Fusini, regija Venecija). [2] Ni eventualna opcija ugljena u takvoj mogućnosti izbora ne bi trebala biti nikakva zapreka: dovoljno bi bilo opet preuzeti rješenja iz najbližeg susjedstva — iz TETO Mellach (245 MW) kraj Graza (uvozni ugljen: mješavina poljsko-australijskog; podzemna skladišta i pretovar; kruti ostaci izgaranja isporučuju se cementnoj industriji! Ili čistoću »Voitsberga 3« (330 MW, lignit).

Vratimo se osnovnom sadržaju. Usko grlo je mreža 110 kV, u koju se žele priključiti novi blokovi kako bi bili što bliže potrošnji i kako bi se što manje interveniralo u mreži (nemogućnost koridora, zaobilaženje pregradnji). Postavilo se pitanje, naime, kako injektirati tako veliku snagu s lokacije TETO Zagreb a da bude zadovoljen osnovni kriterij mogućeg pogona pri neraspoloživosti jedne grane mreže, kao i sekundarni: da snaga kratkog spoja ne prijeđe 31,5 kA. Zato je Odjelu za razvoj prijenosne i distributivne mreže (B. Radmilović, dipl. ing, s kojim smo i do sada najuže, kolegijalno i prijateljski surađivali i zajednički konvergirali na nizu problema razvoja mreže) razrađen jedan način priključka i redizajniranja čvorišta 110 kV TETO Zagreb: ono je sekcioniranjem pretvoreno u »dvojno« čvorište. Na jednom sustavu sabirnica ostaje postojeća proizvodnje (32 + 120 MW) i istočni dio mreže (prema Resniku i Mraclinu), a na drugom (u načelu stalno razdvojenom) nova proizvodnja (ukupno 353 MW) i zapadni dio mreže (prema Botincu i Sopotu).

Zbog kompletiranja situacije navedimo da se i na lokaciji ELTO Zagreb predviđa istovremeno ili malo kasnije pojačavanje s dvije plinske i jednom parnom turbinom, svaka sa snagom 60 MW sa priključkom na mrežu 110 kV, te dogradnja dvije plinske turbine od po 8 MW sa priključkom na 30 kV (zajedno s onim postojećim povezanim unutar elektrane s mrežom 110 kV preko transformatora 110/30 kV). Zbog evakuacije te nove snage polažu se dva kabela prema Stenjevcu i jedan prema Jarunu.

Model elektroenergetskog sistema formiran je na temelju očekivanog stanja nazivne 2000. prema [3]. Uzeta je varijanta više razine rasta potrošnje električne energije (SV50), što znači maksimalnu potrošnju Hrvatske 3 194 MW.

Za ocjenu realnoga vremenskog presjeka kada bi se mogla očekivati ta potrošnja navodimo da je maksimalna potrošnja Hrvatske u razdoblju 1985 – 1990. stagnirala na približno 2 500 MW.

Pri raščlanjivanju te potrošnje po prijenosnim područjima Hrvatske elektroprivrede i konačno po čvorištima mreže 110 kV korišteni su rezultati i metodologija studije [4].

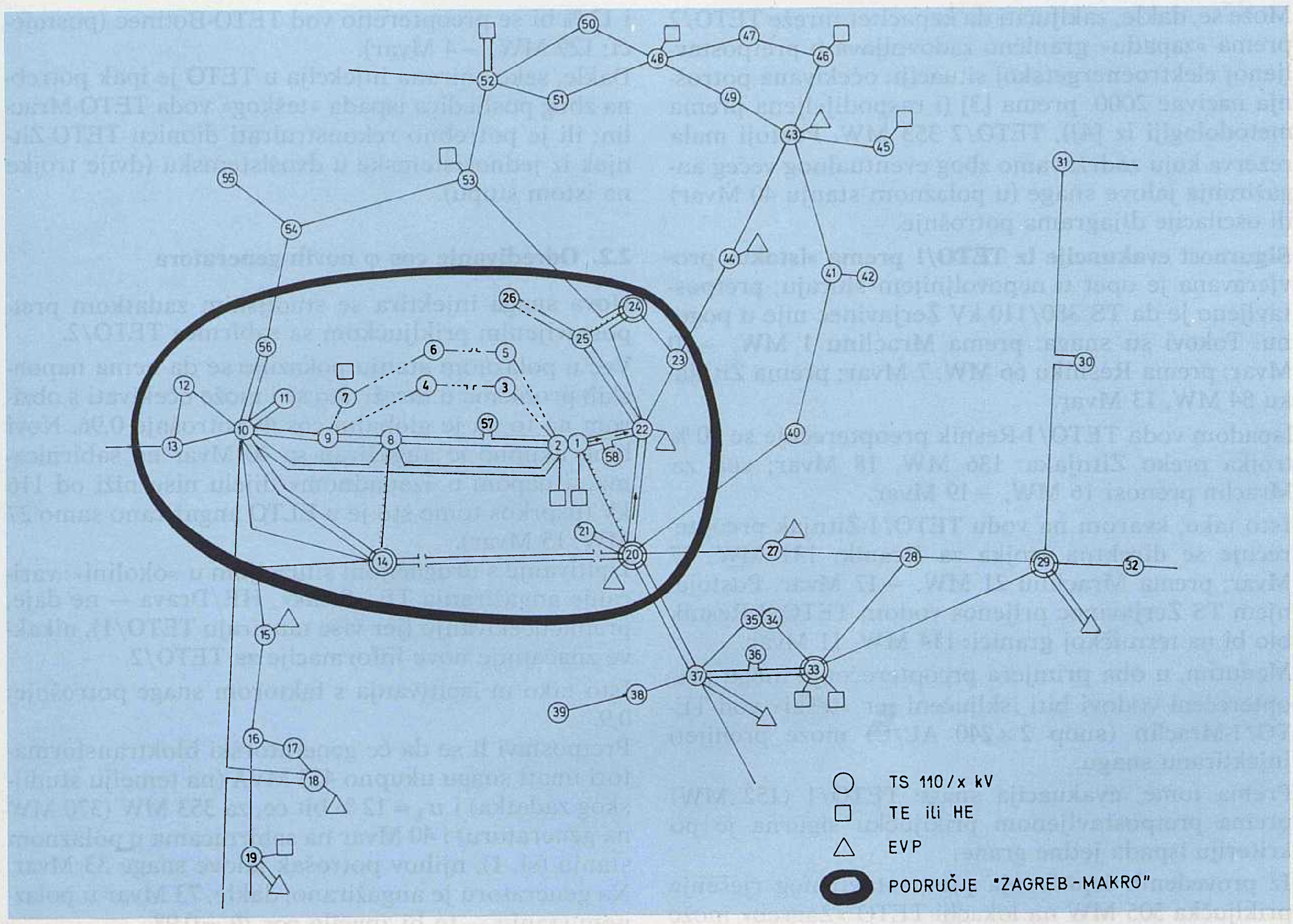
Prema korištenoj metodologiji sudjelovalo bi zagrebačko prijenosno područje u toj očekivanoj maksimalnoj potrošnji Hrvatske s maksimalnom istodobnom distributivnom potrošnjom 1 228 MW, 70 MW direktne potrošnje i 35 MW potrošnje HŽ.

Za procjenu vremenskog horizonta kada bi se mogla pojaviti ova modelirana potrošnja navodimo da je u 1990. ostvarena maksimalna distributivna potrošnja 961,14 MW, direktnih potrošača 55,90 MW i 19,93 MW HŽ — a u 1992. distribucije 864,01 MW, direktnih potrošača 16,60 MW i 8,84 MW HŽ.

Za uže promatrani segment »Zagreb-makro« (sl. 1) rezultira istodobna potrošnja 2000. prema SV50 potrošnjom 643 MW, a ostvareno je 491,34 MW u 1990, a 489,78 MW u 1992.

Mreža zagrebačkog područja modelirana je prema očekivanom stanju nazivne 2000. i novoj situaciji čvorišta 110 kV TETO Zagreb (sl. 1).

Ispitivanja su provođena uz uvjet da mreža mora zadovoljiti pri neraspoloživosti jedne grane pri maksimalnom angažiranju promatranog izvora: iskorište-



Slika 1.

nje vodova mora biti ispod granice termičkog opterećenja (115 MVA za A1/Č užeta sa presjekom vodiča 240 mm²), a naponi u čvorištima nazivnog napona 110 kV moraju ostati u dopuštenim granicama (98 kV . . . 123 kV).

Na lokaciji TE-TO angažirano je na sekcioniranim sabirnicama 353 + 152 MW, a u El-TO 27 MW.

Provjera bilance užeg gradskog područja (»Zagreb-makro«: Rakitje . . . D. Selo):

potrošnja 662 MW,
proizvodnja 532 MW,
superponirana mreža daje 312 MW:

TS Tumbri	163 MW,
TS Mraclin	53
TS Žerjavinec	96,

a po 110 kV eksportira se 180 MW:

Žerjavinec-Jertovec	40 MW,
Mraclin-Ivanićgrad	35,
Mraclin — Ludina	15,
Mraclin — Sisak	−22,
Tumbri-Zdenčina	40,
Rakitje-Podsused	43,
Rakitje — Švarča	14,
D. Selo-Križevci	15.

Razlika između injekcije i importa (532 + 312 = 844 MW) i potrošnje i eksporta (662 + 180 = 842 MW) jesu gubici modela sustava.

U prvoj seriji ispitivanja najprije se provjeravala **sigurnost evakuacije iz TETO/2.** Zbog uspostave nepovoljnije situacije za mrežu: prijenosa prema »zapadu« — angažirano je u ELTO samo 27 MW.

Ispadne li TETO/2-Botinec (danas postojeći) najviše se opterećuje vod preko Sopota: 100 MW, 1 Mvar; onaj novi za Botinec prenosi 64 MW, −3 Mvar, a onaj za Rakitje 46 MW, −4 Mvar.

Kvarom na drugom vodu TETO/2-Botinec (nastao rekonstrukcijom onog za Klaru) najviše se opterećuje preostali vod za Botinec: 93 MW, −5 Mvar; prema Rakitju se prenosi 36 MW, −3 Mvar, a prema Sopotu 79 MW, 2 Mvar.

Neraspoloživost voda TETO/2-Sopot uzrokuje 96 % iskorištenja prijenosnoga kapaciteta voda TETO-/2-Botinec (postojećeg): 110 MW, −2 Mvar; drugi prenosi 57 MW, −1 Mvar, a onaj za Rakitje 42 MW, −3 Mvar. Tu situaciju poboljšalo bi postojanje novoga velikog bloka u ELTO; npr. ako bismo angažirali 127 MW (umjesto 27 MW: pretpostavljena injekcija angažiranjem nekog fiktivnog bloka), prijenos vodom TETO/2-Botinec bio bi 107 MW, −2 Mvar.

Ako je izvan pogona treći »evakuacijski« vod: TETO-/2-Rakitje, najviše se opterećuje vod TETO/2-Botinec (postojeći) 88 MW/−5 Mvar; onaj drugi prenosi 45 MW, −3 Mvar, a onaj prema Sopotu 75 MW, 2 Mvar.

Može se, dakle, zaključiti da kapacitet mreže TETO/2 prema »zapadu« granično zadovoljava u pretpostavljenoj elektroenergetskoj situaciji: očekivana potrošnja nazivne 2000. prema [3] (i raspodijeljena prema metodologiji iz [4]), TETO/2 353 MW. Postoji mala rezerva koju zadržavamo zbog eventualnog većeg angažiranja jalove snage (u polaznom stanju 40 Mvar) ili oscilacije dijagrama potrošnje.

Sigurnost evakuacije iz TETO/1 prema »istoku« provjeravana je opet u nepovoljnijem slučaju; pretpostavljeno je da TS 380/110 kV Žerjavinec nije u pogonu. Tokovi su snaga: prema Mraclinu 1 MW, −20 Mvar; prema Resniku 66 MW, 7 Mvar; prema Žitnjaku 84 MW, 13 Mvar.

Ispadom voda TETO/1-Resnik preopterećuje se 20 % trojka preko Žitnjaka: 136 MW, 18 Mvar; vod za Mraclin prenosi 16 MW, −19 Mvar.

Isto tako, kvarom na vodu TETO/1-Žitnjak preopterećuje se direktna trojka za Resnik: 131 MW, 17 Mvar; prema Mraclinu 21 MW, −17 Mvar. Postojanjem TS Žerjavinec prijenos vodom TETO/1-Resnik bio bi na termičkoj granici: 114 MW, 11 Mvar.

Međutim, u oba primjera preopterećenja mogu preopterećeni vodovi biti isključeni jer »teški« vod TETO/1-Mraclin (snop 2×240 AL/Č) može prenijeti injektiranu snagu.

Prema tome, evakuacija snage TETO/1 (152 MW) prema pretpostavljenom priključku sigurna je po kriteriju ispada jedne grane.

Iz provedenih ispitivanja pretpostavljenog rješenja priključka 505 MW na lokaciji TETO »Zagreb« može se, dakle, zaključiti: sekcioniranjem injekcije 32+120 MW na jedne sabirnice (TETO/1) i 353 MW na druge (TETO/2) — pokazuje da je to granična snaga koja se još može sigurno evakuirati prema kriteriju ispada jedne grane.

U evakuaciji prema »zapadu« kritičan je ispad voda TETO/2-Sopot, kojim se gotovo do termičke granice iskorištava prijenosna moć voda TETO/2-Botinec (kraćeg: onog postojećeg), a na »istok« dovoljan bi bio i samo »teški« vod TETO/1-Mraclin.

Svi ti zaključci izvedeni su za potrošnju nazivne 2000. i njezinu očekivanu prostornu raspodjelu, i to za teže stanje u mreži: u provjeri evakuacije iz TETO/2 prema »zapadu« — da nema pojačanja na lokaciji ELTO, a iz TETO/1 prema »istoku« — da nije raspoloživa TS 400/110 kV Žerjavinec.

Ispitano je i stanje da postojenje u TETO nije sekcionirano, tj. da se svih 505 MW injektira s istih sabirnica.

Najopterećeniji vod je TETO-Žitnjak (106 MW, 9 Mvar; 92 %). Njegovim ispadom ispao bi i direktni vod TETO-Resnik, a injekcija TETO se preraspodijeli na incidentne vodove: na Mraclin 126 MW, −8 Mvar; na Sopot 71 MW, 5 Mvar; na Botinec 81 MW, −1 Mvar i 43 MW, −1 Mvar; na Rakitje 39 MW, −1 Mvar. Kvarom »teškog« voda TETO-Mraclin dolazi na termičku granicu prijenos vodom TETO-Žitnjak (114 MW, 1 Mvar), a to više nije održivo stanje: gubitkom sva tri voda prema »istoku« (Resnik, Žitnjak, Mraclin) sva bi se snaga injektirala prema »zapadu« i 12 % bi se preopteretio vod TETO-Botinec (postojeći; 129 MW, −4 Mvar).

Dakle, sekcionirana injekcija u TETO je ipak potrebna zbog posljedica ispada »teškog« voda TETO-Mraclin; ili je potrebno rekonstruirati dionicu TETO-Žitnjak iz jednosistemske u dvosistemsku (dvije trojke na istom stupu).

2.2. Određivanje cos φ novih generatora

Nova snaga injektira se studijskim zadatkom pretpostavljenim priključkom sa sabirnica TETO/2.

Već u polaznom stanju pokazuje se da nema naponskih problema u mreži, što se i može očekivati s obzirom na to da je globalni cos Φ potrošnje 0,96. Novi blok ukupno je angažiran sa 40 Mvar na sabirnicama, a naponi u »zapadnom« dijelu nisu niži od 116 kV (usprkos tome što je u ELTO angažirano samo 27 MW, 15 Mvar).

Ispitivanje s drugačijom situacijom u »okolini«: variranje angažiranja TE »Sisak«, HE/Drava — ne daje, prema očekivanju (jer više tangiraju TETO/1), nikakve značajnije nove informacije za TETO/2.

Isto tako ni ispitivanja s faktorom snage potrošnje: 0,9.

Pretpostavi li se da će generatorski bloktransformatori imati snagu ukupno 453 MVA (na temelju studijskog zadatka) i $u_k = 12$ % bit će, za 353 MW (370 MW na generatoru) i 40 Mvar na sabirnicama u polaznom stanju (sl. 1), njihov potrošak jalove snage 33 Mvar. Na generatoru je angažirano, dakle, 73 Mvar u polaznom stanju — to bi značilo cos $\Phi = 0{,}98$.

U slučaju gubljenja doprinosa superponirane mreže (simulirano neraspoloživošću sve tri TS superponiranog napona) trebalo bi u TETO/2 120 Mvar na sabirnicama za donji dozvoljeni napon 98 kV — što vodi na cos $\Phi = 0{,}92$. (U TETO/1 uzeto je 152 MW, 60 Mvar; napon na sabirnicama je 109 kV).

Međutim uklapanjem veze 110 kV Tumbri-Mraclin, sekcionirane u normalnom pogonu, nema više preniskih napona: TETO/1 109 kV (60 Mvar), TETO/2 108 kV (120 Mvar); najniži je u Straži 102 kV.

Ako su u takvoj situaciji neraspoloživi generatori u TETO/1 za postizavanje uopće konvergentnog rješenja, potrebno bi bilo 180 Mvar na sabirnicama TETO/2 (91 kV), tj. generatore s cos $\varphi = 0{,}86$, no naponi cijelog zagrebačkog područja niži su od dopuštenih. Ako bi radio samo jedan generator u TETO/1, onaj manji, angažiran sa 29 MW i 10 Mvar, napon u TETO/1 jest 95 kV (nešto ispod donje granice), a u TETO/2 je 100 kV (uz 180 Mvar).

Ispitan je i pogon izolirane mreže 110 kV užega zagrebačkog područja: Tumbri ... Mraclin ... TE Sisak ... Žerjavinec ... Jertovec ... Rakitje. Od izvora angažirani su kao u polaznom stanju TETO/1 (152 MW), TETO/2 (353 MW), ELTO (27 MW, 15 Mvar) i TE Sisak/110 kV (198 MW, 60 Mvar). Saldo područja je praktički izbilanciran: Jertovec bi trebao injektirati približno 15 MW, no preopterećena je petlja Žerjavinec–Jertovec (123 MW, 4 Mvar) — Zabok (134 MW, 0 Mvar) — pa bi u TE Sisak trebalo smanjiti proizvodnju (što će ući na Jertovcu, no bez posljedi-

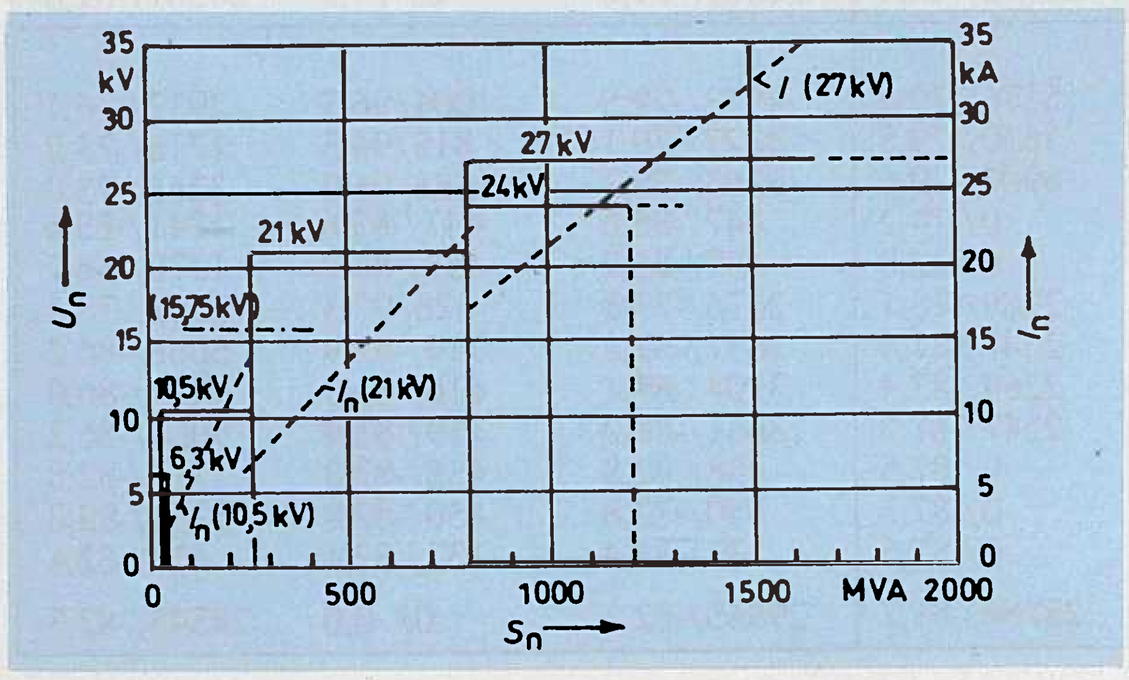
Energija, god. 42 (1993) 5, 301 – 307

ca za vodove). U TETO/2 angažirano je 169 Mvar (115 kV), što bi značilo cos Φ generatora 0,88 a u TETO/1 40 Mvar (120 kV). No uklapanjem veze Tumbri – - Mraclin (otvorene u normalnom pogonu) uklanjaju se sva preopterećenja, a angažiranje jalove snage je sljedeće: TETO/2 116 Mvar (115 kV), TETO/1 40 Mvar (116 kV). Ako je sada u TETO/1 angažiran samo jedan blok: 29 MW, 10 Mvar, napon je 112 kV, a u TETO/2 je potrebno 149 Mvar za 115 kV. Sve se veličine odnose na sabirnice elektrane (ne na stezaljke generatora).

Iz preliminarnih ispitivanja ovih ekstrema (izolirani pogon mreže 110 kV šireg zagrebačkog gradskog područja) i mogućih iskorištenja uklopnog stanja (zatvaranje petlje Tumbri – Mraclin), u »worst case« filozofiji sa stajališta pogona, slijedi prijedlog da cos Φ novih generatora bude 0,85. No prijedlog tih kriterija ekstrema treba potvrditi.

2.3. Generatorski blok-transformator

Generatorski napon pretpostavljen je 15,75 kV, sl. 2. (prema: H. Happoldt, D. Oeding »Elektrische Kraftwerke und Netze«, Springer, Berlin, 1978).



Slika 2.

Angažirana snaga generatora modelirana je na generatorskim stezaljkama, ne na sabirnicama elektrane (što je zadovoljavalo prethodne točke obrade). To znači da će u TETO/2 biti:

$$2 \times 128{,}4 = 256{,}8 \text{ MW}$$
$$1 \times 111{,}5 = 111{,}5 \text{ MW}$$
$$368{,}3 \text{ MW.}$$

Za određivanje prijenosnog omjera generatorskog blok-transformatora promatrana su ova tri generatora kao jedan ekvivalentni sa maksimalnom snagom 368,3 MW — odnosno, prema predloženom cos Φ = 0,85 (iz Odjela za razvoj prijenosne i distributivne mreže), ukupno 433,3 MVA.

Potrošnja na sabirnicama TETO/2 povećana je za vlastiti potrošak elektrane (4% : 15 MW) — tako da za bilanciranje u sistemu ostaje 353 MW.

Prema ukupnoj maksimalnoj snazi 433,3 MVA pretpostavljena je jednaka veličina instalirane snage ekvivalentnog generatorskog bloktransformatora.

U polaznom stanju zadovoljava prijenosni omjer 15,75/115 kV: za nazivni napon na stezaljkama generatora angažirano je 39 Mvar (368 MW) a na sabirnicama elektrane je 115 kV. Potrošnja blok-transformatora je 37 Mvar. Kada bi se prijenosni omjer pretpostavio većim, npr. 15,75/121 kV, angažirana jalova snaga bila bi 122 Mvar a napon na sabirnicama elektrane 119 kV. A ako je manji, npr. 15,75/110 kV, generator bi trebao apsorbirati 33 Mvar, a napon na sabirnicama elektrane bio bi 111 kV.

Prijenosni omjer je ispitan i u izoliranoj mreži 110 kV širega gradskog područja: za 15,75/115 kV angažira se 162 Mvar i uspostavlja se na sabirnicama elektrane napon 111 kV, za 15,75/121 kV — 207 Mvar i 116 kV, za 15,75/110 kV 123 Mvar i 107 kV.

Iz tih ispitivanja »normalnog« i izoliranog pogona može se zaključiti:

(a) generatorski bloktransformator ne treba biti regulacijski,
(b) zadovoljava prijenosni omjer 15,75/115 kV.

2.4. Uzbuda

Sa stajališta »normalnoga« stacionarnog pogona sistema nema posebnih zahtjeva na uzbudu.

Međutim, sa stajališta kriterija mogućnosti izoliranog pogona (»black out start«), koji smo respektirali i u određivanju cos Φ generatora, predložili bismo nezavisnu uzbudu.

3. KRATKOSPOJNE VRIJEDNOSTI

3.1. Provjera rješenja priključka: vrijednosti tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na sabirnicama obaju postrojenja TETO Zagreb

Provjera rješenja priključka u odnosu prema kratkospojnim vrijednostima jedna je od nezaobilaznih analiza u razmatranjima priključka novoga elektroenergetskog bloka na postojeći elektroenergetski sustav. Obično se kontrola provodi u odnosu prema početnoj vrijednosti najvećega mogućega tropolnog i jednopolnog kratkog spoja. To pretpostavlja paralelan pogon svih elemenata mreže i izravno uzemljenje svih transformatora 380, 220 i 110 kV. Uobičajeno se daju još i vrijednosti udarne komponente struja kratkog spoja, kao i vremenske konstante istosmjerne komponente. Po potrebi, proračuni mogu biti prošireni proračunom najvećih struja koje podižu potencijal uzemljivača postrojenja, kao i proračunom strujnih i naponskih prilika potrebnih za udešenje relejne zaštite.

Kratkostpojne vrijednosti struja početnog tropolnog i jednopolnog kratkog spoja na sabirnicama 1 i 2 rasklopnog postrojenja 110 kV TE-TO Zagreb izračunane su na temelju perspektivne mreže Hrvatske za 2000. godine prema [5], uz korekcije uklopnog stanja mreže 110 kV na području Zagreba prema slici 1.

Korekcije uklopnog stanja mreže 110 kV na području Zagreba odnose se na nove KV 110 kV TS Stenjevac — EL-TO Zagreb (drugi vod), KV 100 kV TS Jarun — TS Trnje 1 i KV 110 kV TS Trnje 1 – TS Trnje 2. Također se mijenja uklopno stanje TS Botinec, gdje je

zbog ograničenog broja polja u TS Botinec izbjegnuto uvađanje DV 110 kV TE-TO Zagreb — TS Rakitje. No, najvažnija korekcija uklopnog stanja prema referentnoj studiji kratkog spoja za 2000. godinu sastoji se u premještanju točke poprečnog sekcioniranja 110 kV mreže sa postrojenja 110 kV TS Botinec na razmatrano postrojenje 110 kV TE-TO Zagreb.
Proračun kratkog spoja proveden je prema standardu IEC 909/First edition 1988. [6], analogno referentnoj studiji kratkog spoja za 2000. godinu.

Rezultati

Tablica 1. Struje kratkog spoja (A) u postrojenju 110 kV TE-TO 1 i 2

Naziv čvorišta	Udio iz	Tropolni kratki spoj				Jednopolni kratki spoj		
		KAPA	TAU	IKUD	IK3″	IB	IZ	310
1 TETO-1								
	Mrac 110 A	1,86	20,3	12420/-81,1	4719/-81,1	3937/-80,6	787/91,4	2386/-75,4
	Resnik	1,75	15,0	18500/-78,0	7463/-78,0	6331/-78,1	1149/96,8	4041/-75,7
	Žitnjak	1,76	15,4	13055/-78,3	5236/-78,3	4732/-78,5	517/94,7	3703/-77,0
	TETO 010A	2,00	51,4	2009/-86,5	710/-86,5	1244/-86,4	437/-76,7	2102/-85,7
	TETO 010B	0,00	0,0	0/-86,5	0/-45,0	0/-26,5	0/47,0	0/1,6
	TETO 012A	2,00	74,4	7129/-87,5	2521/-87,5	3981/-87,3	1619/-89,1	7222/-86,7
	Trafo-60	0,00	0,0	0/-87,5	0/-87,5	405/-79,9	405/-79,9	1215/-79,9
	Ukupno	1,83	18,5	53338/-80,2	20615/-80,2	20587/-81,0	0/-79,9	20587/-81,0
2 TETO-2								
	Sopot	1,81	17,4	13233/-79,6	5176/-79,6	4932/-79,5	1004/96,3	2932/-76,7
	Botinec	1,81	17,6	9257/-79,8	3610/-79,8	3327/-79,1	815/94,5	1716/-73,2
	Botinec	1,81	17,4	17658/-79,6	6907/-79,6	6364/-79,3	1558/96,0	3266/-75,0
	Trpi 110A	0,00	0,0	0/-79,6	0/-74,2	447/-85,6	447/-85,6	1341/-85,6
	Trnje 2	0,00	0,0	0/-79,6	0/-42,8	457/-86,7	457/-86,7	1370/-86,7
	Rakitje	1,76	15,1	6927/-78,1	2789/-78,1	2576/-77,8	626/97,3	1333/-73,4
	TETO 015A	2,00	73,6	7203/-87,5	2547/-87,5	3631/-87,2	719/-83,9	5068/-86,2
	TETO 015B	2,00	70,8	6403/-87,4	2264/-87,4	3204/-87,1	616/-83,3	4434/-86,0
	TETO 015C	2,00	73,6	7203/-87,5	2547/-87,5	3631/-87,2	719/-83,9	5068/-86,2
	Trafo-60	0,00	0,0	0/-87,5	0/-87,5	458/-82,8	458/-82,8	1375/-82,8
	Trafo-60	0,00	0,0	0/-87,5	0/-87,5	450/-82,8	450/-82,8	1351/-82,8
	Trafo-32	0,00	0,0	0/-87,5	0/-87,5	137/-82,4	137/-82,4	410/-82,4
	Ukupno	1,89	21,9	68763/-81,7	25786/-81,7	29545/-82,3	0/ 0,0	29545/-82,3

Rezultati ukupnih struja kratkog spoja

TE-TO/1: $I_{k3}''/I_{k1}'' = 20615$ A /20587 A

TE-TO/2: $I_{k3}''/I_{k1}'' = 25786$ A /29545 A

pokazuju da ni jednom nije prijeđen dogovoreni granični prag od 31,5 kA (6000 MVA).
Provedeni proračun kratkog spoja omogućuje definiranje osnovnih parametara elektroenergetske opreme VN rasklopnog postrojenja TE-TO/1 i 2.

3.2. Osnovni parametri elektroenergetske opreme visokonaponskog rasklopnog postrojenja TE-TO 1 i 2

Prema rezultatima proračuna kratkog spoja, visokonaponsko rasklopno postrojenje 110 kV postrojenja TE-TO/1 i 2 treba zadovoljavati sljedeće parametre elektroenergetske opreme:

Postrojenje 110 kV TE-TO/1:

Sabirnice:
- trajna struja: 1250 A
- kontrola: $(40+150).10^6/(\sqrt{3}.110.10^3) = 997$ A

Prekidači:
- nazivni napon: 123 kV
- nazivna struja: 1250 A
- nazivna prekidna moć: 31,5 kA odn. 6000 MVA
- nazivna podnosiva udarna struja: 80 kA

Tropolni okretni rastavljači:
- nazivni napon: 123 kV
- nazivna struja: 1250 A
- nazivna podnosiva udarna struja: 80 kA

Postojeći generatori u kombinaciji 1 × 40 MVA (blok 1) i 1 × 150 MVA (blok 3) priključeni su na čvorište TE-TO/1, dok je novi toplinarsko-proizvodni blok s dvije plinske turbine s generatorima nazivnih snaga 2 × 128,4 MW/2 × 156,6 MVA i jednom parnom turbinom sa generatorom nazivne snage 1 × 111,5 MW-/1 × 140 MVA priključen na čvorište TE-TO/2. Čvorišta TE-TO/1 i TE-TO/2 su redovito stalno razdvojena, slijedeći već uvedenu praksu poprečnog sekcioniranja zagrebačke 110 kV mreže [7].

Postrojenje 110 kV TE-TO/2:

Sabirnice
- trajna struja: 2500 A
- kontrola: $(2 \times 156{,}6 + 140).10^6/(\sqrt{3}.110.10^3) = 2379$ A

Prekidači:
- nazivni napon: 123 kV
- nazivna struja: 2500 A
- nazivna prekidna moć: 31,5 kA odn. 6000 MVA
- nazivna podnosiva udarna struja: 80 kA

Tropolni okretni rastavljači:
- nazivni napon: 123 kV
- nazivna struja: 2500 A
- nazivna podnosiva udarna struja: 80 kA

Energija, god. 42 (1993) 5, 301 – 307

4. ZAKLJUČAK

Uključivanje novoga elektroenergetskog bloka i određivanje njegovih parametara u svakom je konkretnom slučaju nov problem. Karakterizira ga potreba kompleksnoga metodološkog pristupa: istraživanja naponskih i strujnih prilika u karakterističnim situacijama normalnog i havarijskog pogona (proračuni stacionarnih stanja), kratkog spoja (kvazistacionarnih stanja), tranzijentne i dinamičke stabilnosti, posebnih uvjeta koji proistječe iz njegove uloge u sustavu (potreba otočnog pogona, sudjelovanje u regulaciji, . . .) odnosno zahtjeva sustava. Takav pristup pretpostavlja dobro poznavanje karakteristika elektroenergetskog sustava, kao i veliko iskustvo rješavanja problematike planiranja i eksploatacije.

Navedeni su osnovni rezultati jedne analize uključivanja novog bloka sa spojnim procesom u kompliciranu situaciju gradske mreže: i topološki (zauzetost trasa, tendencija minimalnih intervencija u mrežu, tj. iskorištenje njezine postojeće izgrađenosti) i opremom (zadržavanje postojeće razine kratkog spoja).

Pokazuje se da promatrana injekcija nove snage, konkretno 353 MW na lokaciji TETO Zagreb, predstavlja gabarit do kojega se može opteretiti mreža 110 kV prema uobičajenim kriterijima. Također je utvrđeno da uvjeti sustava ne traže faktor snage generatora manji od 0,85 i da zadovoljava prijenosni omjer generatorskog bloktransformatora 15,75/115 kV; usvoji li se predloženi kriterij otočnog pogona, jasan je osnovni postulat da uzbuda treba biti neovisna.

LITERATURA

[1] Z. TONKOVIĆ, D. NEVEČEREL: »Prilike u zagrebačkoj prijenosnoj mreži pri izgradnji kombi bloka snage 350 MWe na lokaciji Termoelektrana-Toplana Zagreb«, Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 1993.

[2] Interna dokumentacija ENEL-a (na raspolaganju kod autora članka).

[3] Grupa autora (glavni autor: G. GRANIĆ: »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede«, knjiga IV, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991.

[4] Z. TONKOVIĆ, G. JERBIĆ: »Razvoj prijenosne mreže na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89-2010. godine«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1990.

[5] D. NEVEČEREL, D. NEMEC: »Studija kratkog spoja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede za godine 1995. i 2000.« Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1990.

[6] Standard IEC 909/1988: Short-circuit current calculation in three-phase a. c. systems.

[7] Z. TONKOVIĆ: »Sekcioniranje prijenosne mreže 110 kV na području Zagreb-makro (elektroenergetske analize)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1987.

ANALYSIS OF NEW COGENERATION UNIT CONNECTION INTO ELECTRIC POWER SYSTEM OF THE ZAGREB REGION

A methodological approach to the problems of connecting a new electric power unit into the electric power system is given, with an example of the cogeneration unit connection at the site of a Zagreb district heating plant.

EINE ANALYSE DES ANSCHLUSSES DES NEUEN BLOCKS DES VERBINDUNGSPROZESSES AUF DEM ZAGREBER GEBIET ZUM ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEM

Hier schildert man den methodologischen Zutritt zur Problematik des Anschlusses des neuen elektroenergetischen Blocks in das elektroenergetische System, mit dem konkreten Beispiel des Anschlusses des Kombi— Blocks auf der Lokation TE — TO Zagreb.

Naslov pisaca:

Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.
Goran Jerbić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-20

PROCJENA PREOSTALOG RADNOG VIJEKA GENERATORA

Đuro Stanković — Srećko Bojić — Miroslav Blažičko, Zagreb

UDK 621.313.12.005
STRUČNI ČLANAK

U radu se daje prikaz osnovnih polaznih skupova podataka karakterističnih za pogonsku prošlost i dijagnostiku stanja te ostalih utjecajnih faktora relevantnih za analize i proračune pri procjeni preostalog radnog vijeka vitalnih dijelova generatora.

Ključne riječi: ekvivalentno radno vrijeme, preostali radni vijek, procjena preostalog radnog vijeka.

UVOD

Produljenje i određivanje preostalog životnog vijeka generatora dobiva sve veću važnost posljednjih godina u svijetu i u nas, jer je gradnja novih elektrana uvjetovana sve težim ekološkim i dr. zahtjevima i sve većim investicijama u odnosu prema ulaganju u intenzivnije održavanje ili obnovu postojećih elektrana.

Poznato je da su dijelovi generatora izloženi tijekom eksploatacije, u raznim pogonskim režimima, vrlo složenim utjecajima (npr. mehaničkim silama, vibracijama, rezonantnim naprezanjima, termičkim naprezanjima, naprezanjima zbog električnih i magnetskih polja i sl.), koji neposredno utječu na njihovu trajnost, a time i na trajnost i opće stanje generatora u cjelini.

Ako se generator nalazi dvadesetak i više godina u pogonu, što može značiti da se približava kraju radnog vijeka, svakako se nameće nekoliko pitanja kao što su: Kakvo je opće stanje generatora? Koji su dijelovi najugroženiji, odnosno kojima uskoro ističe životni vijek te nastupaju kvarovi? Je li moguće procijeniti preostali radni vijek cijeloga generatora, odnosno koliko vremena generator može biti u pogonu a da ne nastupe veći kvarovi i dr.

Odgovor na ta i druga postavljena pitanja iziskuje složenu analizu većeg broja međusobno utjecajnih činilaca, primijenjenu na realni skup podataka utemeljen na pogonskoj prošlosti, praćenju i dijagnostici stanja svakog stroja.

U ovom radu razmatraju se utjecaji mehaničkih i električnih opterećanja na radni vijek i proces starenja glavnih komponenti i sklopova generatora te se utvrđuju osnovni elementi za procjenu preostalog radnog vijeka kao polazište pri određivanju redoslijeda prioritetnih zahvata.

1. OSNOVNI POLAZNI PODACI

Osnovni polazni skup podataka čine verificirani, sustavno selektirani i obrađeni podskupovi podataka iz pogonske prošlosti promatranog stroja, svrstani u nekoliko karakterističnih cjelina:

- redovni pogonski događaji vezani za proteklo razdoblje eksploatacije (sati rada, režimi rada, broj pokretanja i sl.)
- izvanredni pogonski događaji (kvarovi, havarije)
- redovni godišnji remonti
- izvanredni planirani zastoji (zamjene i rekonstrukcije)
- mjerenja, ispitivanja i ocjene stanja vitalnih dijelova i ostale opreme generatora
- događaji u mreži
- projektirani i izvedeni tehničko-tehnološki podaci generatora.

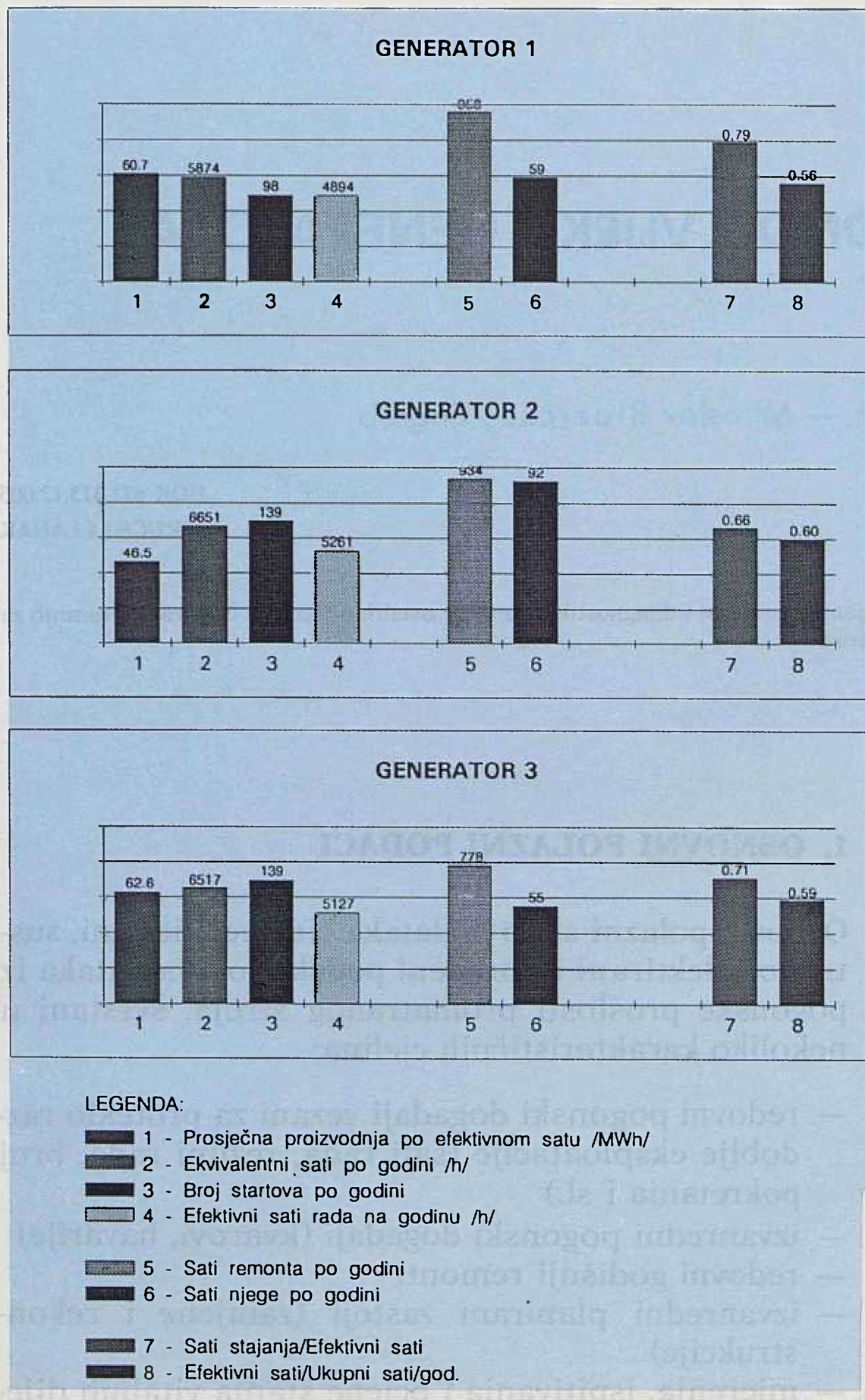
Dakako, podskupovi s većim brojem podataka podliježu statističkoj obradi i analizi i prezentirani su karakterističnim izvedenim veličinama radi međusobne usporedbe i daljih prikaza.

Ilustracije radi, na 1. i 2. slici prikazani su neki od tipičnih podataka za HE »Senj« kao polazni podaci za dalje analize i procjenu preostaloga radnog vijeka njezinih generatora [1].

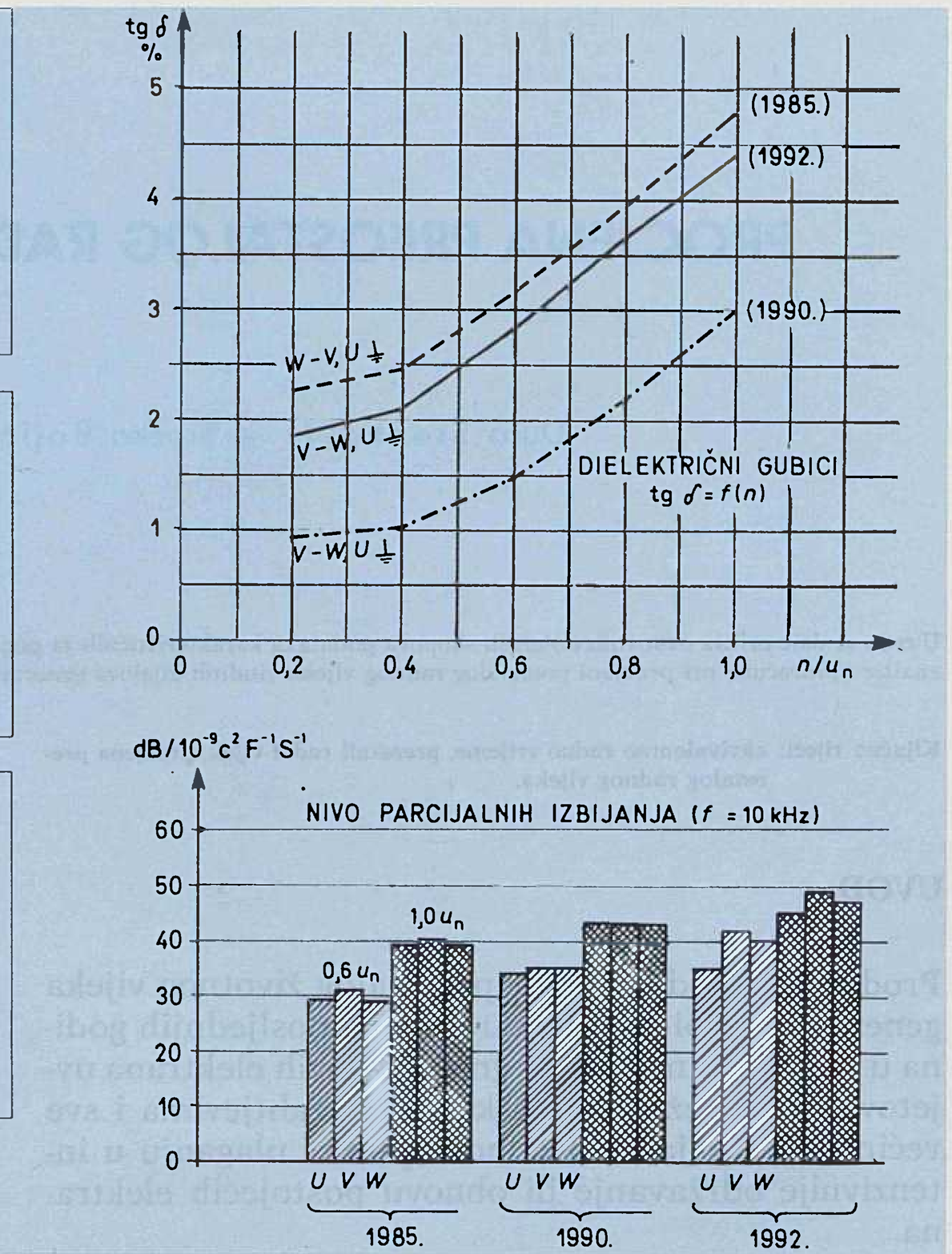
2. ANALIZA I PROCJENA PREOSTALOG RADNOG VIJEKA GENERATORA

Razmatrajući prethodno iznesene postavke, evidentno je značenje dobrog poznavanja pogonske povijesti stroja kroz sustavne i kritičke obrade prikupljenih podataka.

Uzimanje u obzir utjecaja mehaničkih i elektromagnetskih opterećenja na pojedine dijelove generatora, kao i iskustva eksperata za valorizaciju pojedinih utjecajnih činilaca imaju presudnu važnost za razinu



Slika 1. Karakteristični pogonski podaci generatora HE »Senj«



Slika 2. Neki karakteristični mjerni podaci za praćenje i ocjenu stanja IS-a G3 HE »Senj«

pouzdanosti potrebnih analiza pri procjeni preostalog radnog vijeka generatora.

Općenito, može se reći da je proces starenja pojedinih dijelova generatora, odnosno generatora u cjelini, posljedica djelovanja više vrsta opterećenja, prouzročenih mehaničkim, električnim, elektromagnetskim i toplinskim naprezanjima.

Karakter i veličina pojedine vrste naprezanja mijenja se od komponente do komponente stroja, i funkcija je složenih pogonskih prilika pri radu stroja u interakciji s mrežom.

Mehanička opterećenja posljedica su centrifugalnih i drugih sila, toplinskih naprezanja, trošenja, vibracija i udara koji utječu na aktivne i nosive dijelove generatora. Isto tako, elektromagnetska opterećenja, mehanička kao i toplinska naprezanja utječu na izolacijski i magnetski sustav generatora.

Na proces starenja generatora u cjelini utječe broj upuštanja u pogon, pobjezi, bliski kratki spojevi, povećane vibracije, značajke i trajanje prethodnog radnog vijeka i dr.

Za prognoziranje preostalog radnog vijeka dijelova i sklopova generatora zbog **mehaničkih naprezanja** upotrijebljene su:

- **poznate analitičke metode [2]**
- **iskustvene metode.**

Različite su metode prognoziranja za razne sklopove, npr. rotirajuće ili statičke dijelove.

Na radni vijek generatora zbog raznih mehaničkih djelovanja negativno utječu pojave kao što su:

- **visokociklički zamor** zbog promjena brzine vrtnje i vibracija [3]
- **niskociklički zamor**, kada teška oštećenja nastaju zbog relativno malog broja promjena naprezanja (uzrokovan promjenom centrifugalnih sila: na mjestima velike koncentracije naprezanja povremeno dolazi do lokalnih plastičnih stanja, odnosno deformacija; s toplinskim promjenama)
- **preopterećenje prilikom pobjega ili kratkog spoja**
- **trenje i trošenje pojedinih dijelova**
- **intenzitet kvarova pojedinih dijelova i sklopova**
- **ostali utjecaji.**

Jedan od uobičajenih pojmova pomoću kojeg se određuje ukupno vrijeme provedeno u radu generatora jesu ekvivalentni sati rada t_{ekv}. Za izračunavanje ekvivalentnog radnog vijeka pojedinoga dijela potrebno je poznavati pogonske uvjete rada toga dijela i generatora u cjelini.

Uvjeti rada generatora u sistemu, gledano na temelju broja pokretanja i gradijenta opterećenja, prema nekim klasifikacijama IEC-a i iskustvima raznih ze-

malja (CIGRE [4, 5] dijele se na lake, srednje i teške pogonske uvjete.
Ekvivalentno vrijeme rada može se odrediti prema relaciji

$$t_{ekv} = t_{ef} + N_s * t_v \text{(h)}, \quad (1)$$

gdje je:

t_{ekv} — ekvivalentno vrijeme pogona
t_{ef} — efektivni sati rada generatora
N_s — broj pokretanja (startova)
t — valorizacija starta (ovisi o pogonskim uvjetima).

Protekli radni vijek, izražen u ekvivalentnim satima (t_{ekv}), bitno skraćuje preostali radni vijek i sadrži navedene utjecaje.
Osim navedenih fizičkih pojava, uvjetno utječu na skraćenje radnog vijeka i tzv. hazardna stanja [6]. Hazard je vjerojatnost da nastanu teška oštećenja i posljedica takvih oštećenja kao što su:

— **teške posljedice zbog oštećenja ostalih dijelova generatora**
— **srednje teške posljedice**
— **manje posljedice.**

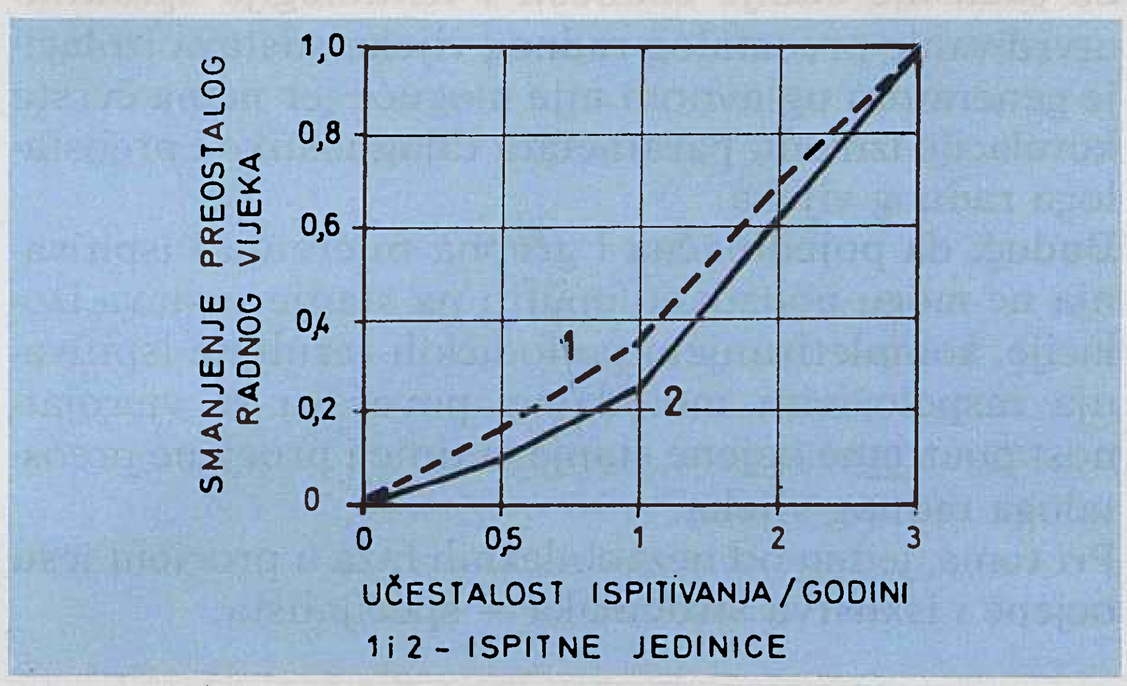
Što je generator stariji, odnosno ima dulji radni vijek, veća je vjerojatnost loma (skrivene pukotine) ili oštećenja nekoga dijela (proboj izolacije i sl.).
Utjecaj mehaničkih naprezanja na pojedine dijelove odnosno sklopove generatora uzima se u razmatranje razine i karaktera mehaničkih naprezanja.
Preostali radni vijek, zbog mehaničkih opterećenja može se izračunati pomoću empirijske jednadžbe koja glasi:

$$t_{est} \approx K^* f\left(\frac{S}{t_{ekv} \cdot r_{op}{}^a f_n Z_n}\right) \text{(h)}, \quad (2)$$

gdje je:

t_{est} — ekvivalentno preostalo radno vrijeme
$K(h^2)$ — iskustveni faktor koji se dobije eksperimentalnim putem na osnovi više slučajeva (Wőhlerove krivulje)
S — faktor sigurnosti koji određuje gradijent elastičnih deformacija
t_{ekv} — ekvivalentno radno vrijeme
r_{op} — relativno opterećenje pojedinoga dijela
a — faktor koji ovisi o zarijavanju rotirajućih dijelova
Z_n — faktor sklonosti niskocikličkom zamoru
f_n — faktor hazarda (Z_n i f_n su iskustveni faktori)
f — oznaka za funkciju.

Stanje **magnetskog kruga i sustava izolacije** aktivnih dijelova generatora izuzetno je važan element za pouzdan i siguran rad generatora u cjelini.
S obzirom na kompleksnost utjecaja mehaničkih električnih, magnetskih i termičkih naprezanja i utjecaja okoline (vlaga, temperatura nečistoća i sl.), na radni vijek generatora, za dobivanje što realnije slike o trenutnom stanju i kvaliteti sustava izolacije i magnetskog kruga u svijetu su razvijene brojne metode i kriteriji za ocjenu stanja.
Neke su zbog svoje praktičnosti u izvedbi i dobre mogućnosti procjene stanja na osnovi interpretacije rezultata mjerenja u mnogim zemljama postale obvezatne u primjeni u obliku propisa ili preporuka.
Nažalost, zbog složenosti magnetskog i izolacijskog sustava generatora ne postoje parametri ni mjerne metode za jednoznačno određivanje magnetskog i izolacijskog stanja generatora, kao što nije moguće odrediti preostali životni vijek na osnovi provedenih jednostrukih kompleksnih mjerenja.
Sukladno svjetskim iskustvima, ocjena stanja i procjena preostalog radnog vijeka aktivnih dijelova generatora, temelji se na periodičkom ispitivanju i praćenju, permanentnom monitoringu relevantnih veličina te usvajanju i primjeni novih ispitnih metoda razvijenih u posljednjem desetljeću, uz korištenje stručnjaka i institucija s dugogodišnjim iskustvom.
U prilog tome treba istaći najnovija iskustva nekih svjetskih institucija i stručnjaka koji primjenom probabilističkih postupaka i prilagođenih matematičkih modela kroz dijagnostiku stanja i način održavanja (pravovremene korekcije u održavanju i režimu rada) utvrđuju preostali radni vijek (metode »procjene vjerojatnosti« na bazi »vjerojatnosti grešaka«, [5], [7], [8], slika 3.

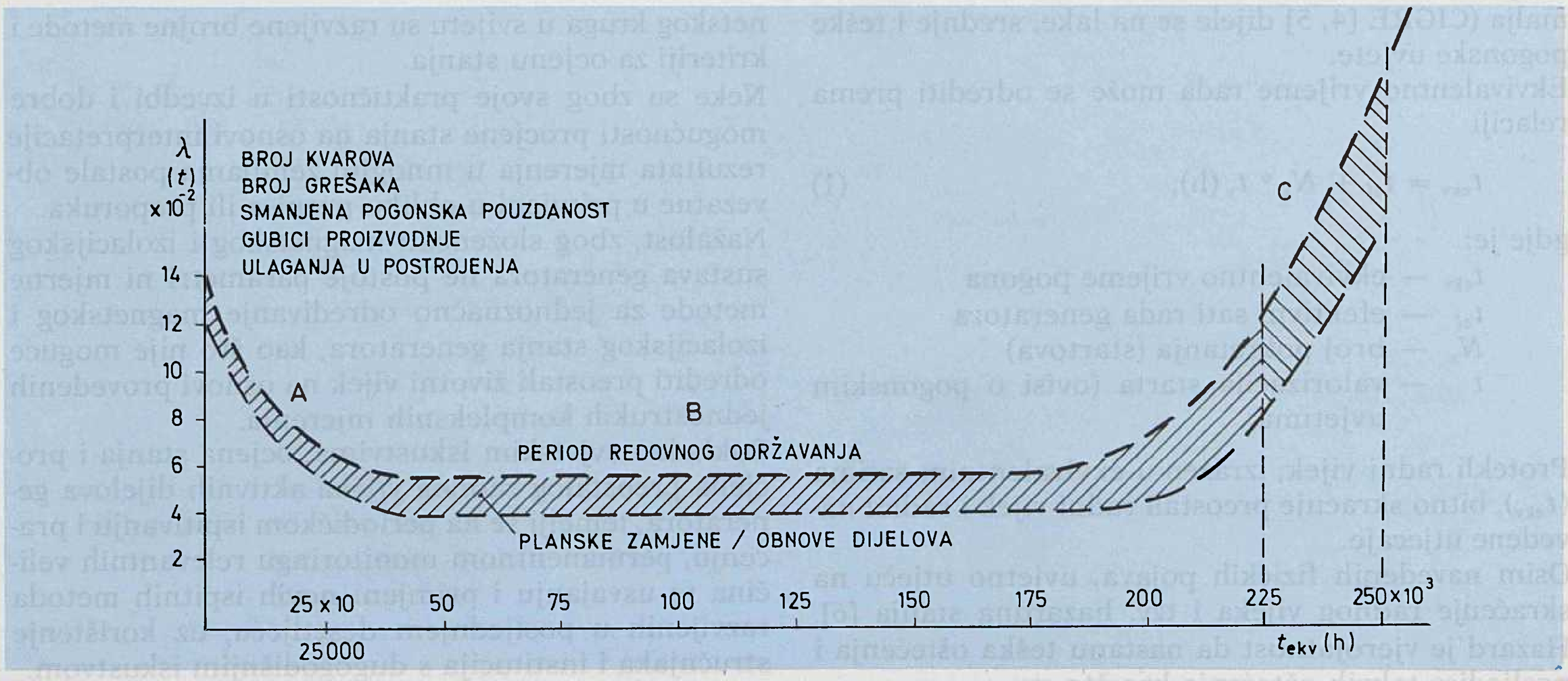


Slika 3. Utjecaj učestalosti ispitivanja na utvrđivanje preostalog radnog vijeka IS-a stroja

U skladu s time, ocjena stanja i procjena preostalog radnog vijeka određuju se na temelju statistički obrađenih mjernih podataka, mjereno raznim metodama, i pronalaženju oslabljenog mjesta.
U dijagramu na slici 4, na temelju provedenih analiza i svjetskih iskustava, prikazana su područja različitih intenziteta kvarova generatora.

ZAKLJUČAK

U analizama procesa starenja, ocjeni stanja i procjeni preostalog radnog vijeka vitalnih dijelova generatora osnovni polazni skup podataka čine verificirani i sustavno selektirani podaci iz pogonske prošlosti stroja, uključujući ispitne rezultate periodičkih ispitivanja i mjerne veličine permanentnog monitoringa.
Za mehaničke dijelove i sklopove koji čine osnovnu konstrukciju generatora, utvrđivanjem stanja i do-



Slika 4. Dijagram intenziteta kvarova u funkciji ekvivalentnih sati rada

minantnog opterećenja moguće je procijeniti dotrajalost, odnosno preostali radni vijek.

Za sklop statorskog paketa procjene se baziraju na rezultatima ocjena stanja, pogonske povijesti i dotrajalosti pojedinih dijelova (sektora) paketa.

Za sadašnje stanje znanosti i tehnologije egzaktno utvrđivanje preostalog radnog vijeka sustava izolacije generatora uglavnom nije moguće jer nema čvrste korelacije između parametara dijagnostike i preostaloga radnog vijeka.

Budući da pojedinačna i grupna mjerenja i ispitivanja ne mogu pouzdano uputiti na stanje sustava izolacije, kompletiranjem periodičkih rezultata ispitivanja raspoloživim metodama, povećava se vjerojatnost pouzdane ocjene stanja, a time i procjene preostaloga radnog vijeka.

Pri tome, jedna od nezaobilaznih faza u procjeni jesu ocjene i iskustva stručnjaka — specijalista.

LITERATURA

[1] Podloge, HE Senj

[2] H. NOVAK, »Metody prognozirovanija dolgovečnosti«, Ruski prijevod iz : »Verhalten von Stahl bei schwingender Beansprunchnung, Verlag Stahlersen M.B.H. Düsseldorf 1978.

[3] V. JARIĆ, »Vijek trajanja sinhronih generatora sa stališta mehaničkih naprezanja«, CIGRE, XIX savjetovanje, Bled 1989.

[4] M. RAŠETA, B. PRPIĆ, »Remont velikih generatora«, Končar, Stručne informacije, 3/1984.

[5] Resarich Revview, 1992. Ontario Hydro

[6] ISO 2394 »General principles on reliability for structures«, Second edeition 1986. 10. 15.

[7] Planiranje održanja na osnovi modela vjerojatnosti starenja rotacionih strojeva (CIGRE Paris 1992, referat 11-309 Grupa autora)

[8] Procjena stanja izolacije statora u rotacionim strojevima, B. K. Gupte, I. M. Culbert, IEEE Trans. Eng. Conversion No 3. 1992.)

[9] UNIPEDE —03— Hydrolife/1984.

[10] AIEE Recommendations

ESTIMATION OF REMAINING GENERATOR WORK TIME

Basic starting data sets characteristics for the unit past run and the state diagnoses as well as other influencing factors are described related to analyses and calculation of the estimation of remaining work time of vital generator parts.

SCHÄTZUNG DER UBRIGGEBLIEBENEN ARBEITSDAUER DER GENERATOREN

Hier werden die ausgehenden Datensammlungen die charakteristisch für die Betriebsvergangenheit und die Diagnostik der Lage und anderer wichtiger Faktoren die relevant für die Analysen und Berechnungen bei der Schätzung der übriggebliebenen Arbeitsdauer der vitalen Teile des Generators sind, beschrieben.

Naslov pisaca:

Đuro Stanković, dipl. ing.
Srećko Bojić, dipl. ing.
Miroslav Blažičko, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-20

ISTRAŽIVANJE UTJECAJA ONEČIŠĆENJA NA VISOKONAPONSKE IZOLATORSKE KONSTRUKCIJE

Ante Sekso — mr. Dragutin Mihalic — mr. Velimir Ilijanić, Zagreb

UDK 621.317.333
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazane su vlastite metode ispitivanja izolacije sa stvarnim slojem onečišćenja u komori s čistom maglom. Također je prikazana organizacija ispitivanja i početni rezultati.

Ključne riječi: izolacija, onečišćenje, zasoljavanje, istraživanje, metodologija, ispitni poligon, odabir.

1. UVOD

Ponašanje vanjske visokonaponske izolacije u različitim prirodnim sredinama u Hrvatskoj studira se već dulje vrijeme i o tome je do sada objavljeno više naših radova i priopćenja (npr. [1] do [3]). Nastavak dugogodišnje aktivnosti doveo je do stvaranja jednog od najvažnijih, pa i najatraktivnijih istraživanja koja se danas pod institutskim vodstvom obavljaju unutar Hrvatske elektroprivrede. Ovaj najnoviji i višegodišnji znanstvenoistraživački projekt studiranja karakteristika raznih konstrukcija visokonaponskih izolatora za vanjsku ugradnju nastao je tijekom 1991. godine.

Istraživanje je organizirano u sklopu tzv. makroprojekta pod nazivom »Mjerenje parametara okoline za potrebe prijenosne mreže«. Iz naziva se vidi da je istraživanje usmjereno, na probleme prijenosnih mreža (HV i EHV naponskog nivoa) i na ambijentalne utjecaje, od kojih je u ovom projektu u središtu pozornosti dugo prisutan problem djelovanja vanjske izolacije u onečišćenoj atmosferi. S tim u svezi valja naglasiti da se projekt metodološki oslanja na brojne prethodne radove za bivši ZEOH i JUGEL, od kojih navodimo najvažnije u popisu osnovne literature [4,5].

Raspadom bivše državne zajednice i formiranjem države Hrvatske javlja se niz razloga za intenziviranje rada na ovom istraživanju od kojih navodimo:

— potrebu gradnje važnih magistralnih vodova i postrojenja u obalnom području izloženom jakom zasoljavanju izolatorskih ploha
— prestanak ograničavajućih faktora glede odabira samo domaćih ili pretežno domaćih proizvođača izolatora
— mogućnost uključenja u istraživački projekt inozemnih institucija i financijskih izvora bez posrednika.

Aktualno istraživanje izolacije izložene uvjetima onečišćenja zasnovano je na sljedećim načelima:

a) nastavku i usavršavanju postojećih i razvoju novih mjernih metoda, kao i računskih simulacija,
b) znatnom povećanju broja ispitanih lokaliteta, njihove opreme i broja izloženih izolacijskih konstrukcija,
c) proširenju suradnje s proizvođačima opreme i istraživačkim institucijama iz inozemstva.

U svezi s točkom a) važno je naglasiti razvoj naše metode ispitivanja izolatora sa stvarnim slojem zagađivača u komori s čistom maglom, zatim modifikacije u metodi mjerenja ekvivalentne gustoće slanog sloja (tzv. metoda ESDD) korištenjem samo dvaju članka i ostalo, što je podrobnije opisano u točki 2.
Točka b) je ostvarena koliko su to dopuštale prilike u kojima se projekt odvija. Tako su u ovoj fazi svi objekti u prirodi smješteni u primorju. Opremanje ispitnih objekata u prirodi vezano je s točkom c), tj. sa suradnjom sa inozemstvom. Očekuje se da će buduća suradnja, za koju su obavljene pripremne radnje, omogućiti mnogo bolje opremanje ispitnih poligona i ugodniji rad.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

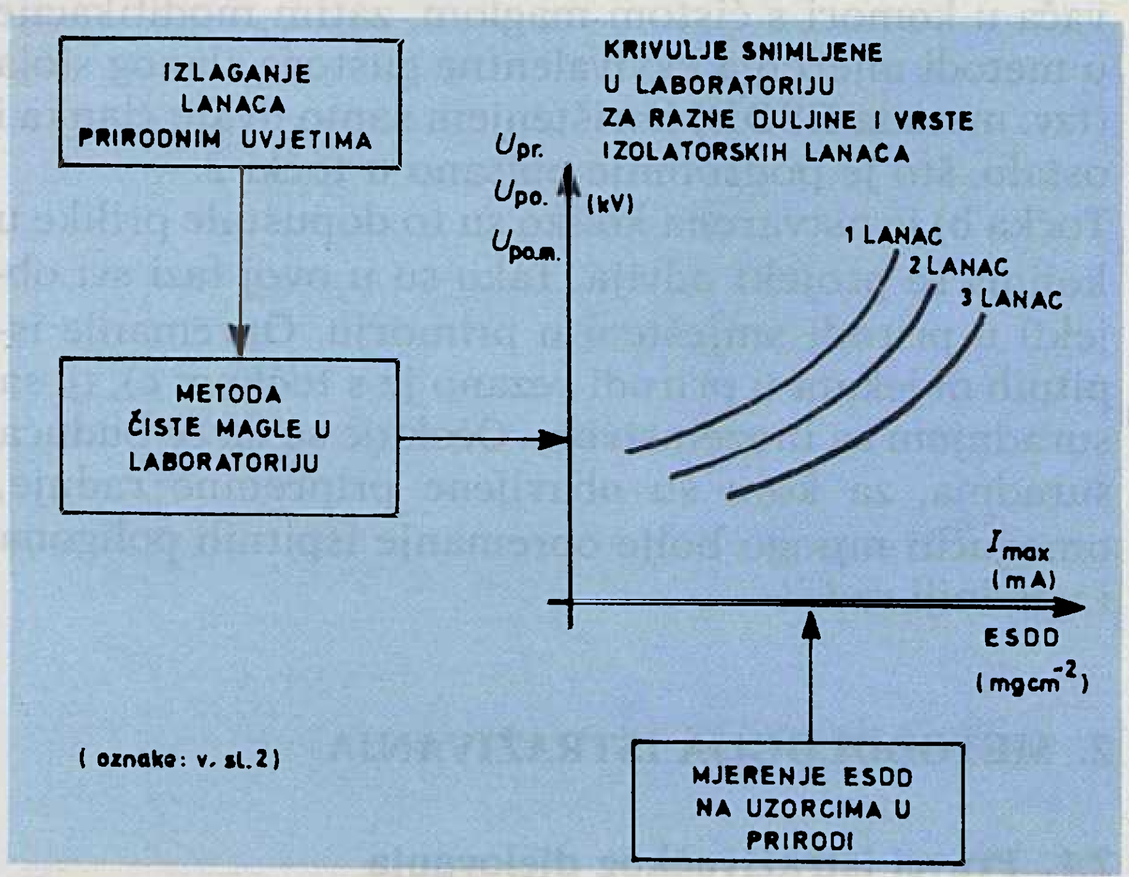
2.1. Pravci istraživačkog djelovanja

Sustavni pristup rješavanju problematike izolacije u uvjetima onečišćenja zahtijeva, između ostaloga, poznavanje razine, vrste i načina nanošenja stranog sloja, te praćenje ponašanja realnih izolatorskih konstrukcija u karakterističnim prirodnim uvjetima. Uz te podatke iz realnih prirodnih uvjeta potrebno je na raspolaganju imati laboratorijske kapacitete, te vjerodostojnu i ponovljivu metodu za brzo variranje različitih mjerodavnih parametara kao što su oblik, duljina i položaj izolatora, zatim stupanj onečišćenja, način vlaženja itd. U posljednje vrijeme u labo-

ratorijskim se uvjetima veoma razvijaju metode brzog starenja (za kompozitne polimerne izolatore), zatim metode superpozicije sklopnih prenapona i napona pogonske frekvencije na izolatorima sa stranim slojem itd. U tzv. dizajniranju oblika izolatorskih profila sada su u primjeni različiti softwerski paketi koji se temelje na numeričkim metodama. Sve to je u funkciji optimalnog odabira izolacije nadzemnih vodova i vanjskih rasklopnih postrojenja. Iz široke lepeze mogućih istraživanja ovaj je projekt zasad usmjeren na sljedeće tri vrste poslova:

a) snimanje razine (ili oštrine) onečišćenja na širokom pojasu primorskog dijela Hrvatske (obalni dio plus veliki otoci),
b) izlaganje stvarnih izolatorskih konstrukcija pod naponom 110 kV ili bez napona radi praćenja akumuliranja stranog sloja, zatim starenja i brojenja ispada i mogućih oštećenja,
c) laboratorijsko ispitivanje donesenih uzoraka izolatora sa stranim slojem metodom čiste magle (vlastiti razvoj) ili drugim međunarodno standardiziranim metodama.

Sinteza svih triju vrsta ispitivanja shematski je prikazana na sl. 1, iz koje je vidljiv način kojim se ovim kombiniranim terensko-laboratorijskim ispitivanjem za svaku prirodnu sredinu odabire izolator tzv. najvećeg reda vrijednosti (engl. »order of merit«). Ako se uzme u obzir broj ispitnih lokaliteta, zatim broj i vrste ispitivanih izolatora, te vlastiti metodološki razvoj ne samo u laboratorijskoj metodi nego i u metodi mjerenja razine onečišćenja izolatora, može se spoznati sva ambicioznost i ozbiljnost kojom se prionulo ovom projektu.



Slika 1. Shema veze pojedinih faza određivanja »reda vrijednosti izolatora« (RV) za dani ambijent

Izgradnja ispitnih poligona u prirodi bio je prvi i nužni uvjet za ostvarenje postavljenog cilja. Drugi, jednako važan jest kontinuirani nadzor i provođenje odabranih mjernih metoda kako u samim poligonima tako i u laboratoriju. Ovdje se posebno ističe vrlo važna uloga mjernih ekipa, jer o kvaliteti obavljanja njihovih zadataka ovisi i kakvoća dobivenih podataka, dakle i konačni zaključci, odnosno konačni izbor vrste i konstrukcije izolatora. Mjerne ekipe Hrvatske elektroprivrede koje su angažirane na tim poslovima dosad su pokazale uzornu suradnju i neprekidnu komunikaciju s voditeljima projekta unatoč povremenim teškoćama prouzročenih ratom i nedovoljnom opremom. Glede opreme očekuju se bitna poboljšanja u kvantiteti i kvaliteti, što će sigurno dati nov polet ukupnim istraživanjima.

2.2. Vrste i funkcije ispitnih poligona

Radi provedbe planiranog opsega ispitivanja formirana je mreža ispitnih poligona ili stanica duž čitavoga obalnog područja Hrvatske. Kao osnova poslužila su iskustva stečena na dosadašnjoj mreži ispitnih stanica u Dalmaciji (Privlaka, Bokanjac, Nin, Zadar, Travno i Ražine). Neki od tih ispitnih poligona nastavili su s radom, a u nekim je dalje praćenje izolacije obustavljeno zbog ratnih oštećenja ili seobe mjerne opreme. Nova mreža ispitnih lokaliteta bitno je proširena na dijelu sjevernoga hrvatskog primorja u kojem su se do tada obavljala samo neka početna eksponiranja uzoraka novih izolatora.
Uspostavljena ispitna mreža treba služiti kao izvor sljedećih podataka:

a) razine ili stupanj onečišćenja izolacije na važnim točkama prijenosne mreže i
b) akumulacije stranog sloja na različitim vrstama izolatora i u različitim uvjetima podneblja, položaja, naponskog naprezanja, lokalnog onečišćenja itd.

Sve ispitne stanice ili poligoni ne ispunjavaju obje funkcije iako se tome teži gdje je god to moguće. Prva funkcija podrazumijeva mjerenje lokalne razine zagađenja izolacije kao najvažnijega ulaznog parametra za pravilni odabir izolacije za dotično područje. Od pet standardnih metoda prema IEC 815(1986) zasad nam je bilo moguće primijeniti samo dvije:

1. mjerenje tzv. indeksa onečišćenja putem vodljivosti izražene u μS/cm za četverosmjerne standardne sakupljače taloga (ČS) i
2. mjerenja ekvivalentne gustoće slanog sloja (tzv. ESDD) izražene u mg/cm² za tipične izolatorske lance.

Obje metode potanko su opisane u ranijim radovima [4-6] i po njima se mjerenja provode već dulje vrijeme iako s prekidima. Sada je metoda ESDD unaprijeđena utoliko što se za većinu lokacija odabrao kraći ispitni lanac od samo dva kapasta izolatora, pri čemu se na jednom članku mjeri ukupni nanos na obje površine, a na drugom odvojeni nanosi na gornjoj i donjoj površini. Kao baždarni članak koristi se i dalje na gotovo svim lokacijama britanski izolator Bullers 54260 I, što omogućuje nužnu usporedbu s mjerenjima u svijetu. Međutim, metoda ESDD koristi se za praćenje taloženja na nekoliko antifog lanaca koji su najčešće u upotrebi kod nas, a također i novih aerodinamičnih profila koji mogu biti zanimljivi za primjenu u našim uvjetima intenzivnog nanošenja suhih čestica morske soli. Uz to, na nekoliko jednakih lanaca snima se parametar ESDD za slučaj čistog

i premazanog (sa StaCleanom) izolatora. Mjerenja ESDD na dugom lancu od 9 članaka radi snimanja procesa akumulacije soli duž lanca u dugom razdoblju prema uhodanoj engleskoj metodi nastavljena su samo u IS Privlaka koja se drži za potencijalnu lokaciju buduće velike ispitne stanice pod naponom. Zamišljeno je da učestalost mjerenja po metodi ESDD bude svaka dva tjedna, ali to zasad nije ostvareno zbog više razloga, kao što su nedovoljan broj mjerača vodljivosti, troškovi izlaska mjernih ekipa na udaljene poligone itd. Međutim, uz prisutnost i Instituta uspjelo se zasad snimiti stanja na nekoliko najizloženijih poligona neposredno nakon jačih bura početkom ove godine.

Ti rezultati, iako opsegom skromni, već sada daju niz korisnih informacija. Radi provođenja mjerenja tzv. indeksa onečišćenja je u vlastitoj izvedbi HEP-a napravljeno nekoliko četverosmjernih sakupljača (u engleskoj verziji), na kojima imamo samo početne rezultate. Može se zaključiti da je s ovim pasivnim, beznaponskim metodama mjerenja parametara onečišćenja za početak postignut znatan napredak u širenju na veći broj relevantnih lokacija, zatim na veći broj i vrstu izolatora. Početni rezultati su ohrabrujući i ove metode će se, svakako, u nekom opsegu zadržati i u budućnosti.

U pogledu druge funkcije mreže ispitnih poligona, a koja se sastoji u eksponiranju realnih izolatora za napon 110 kV, treba naglasiti da su kriteriji za izbor reprezentativnih uzoraka bili sljedeći:

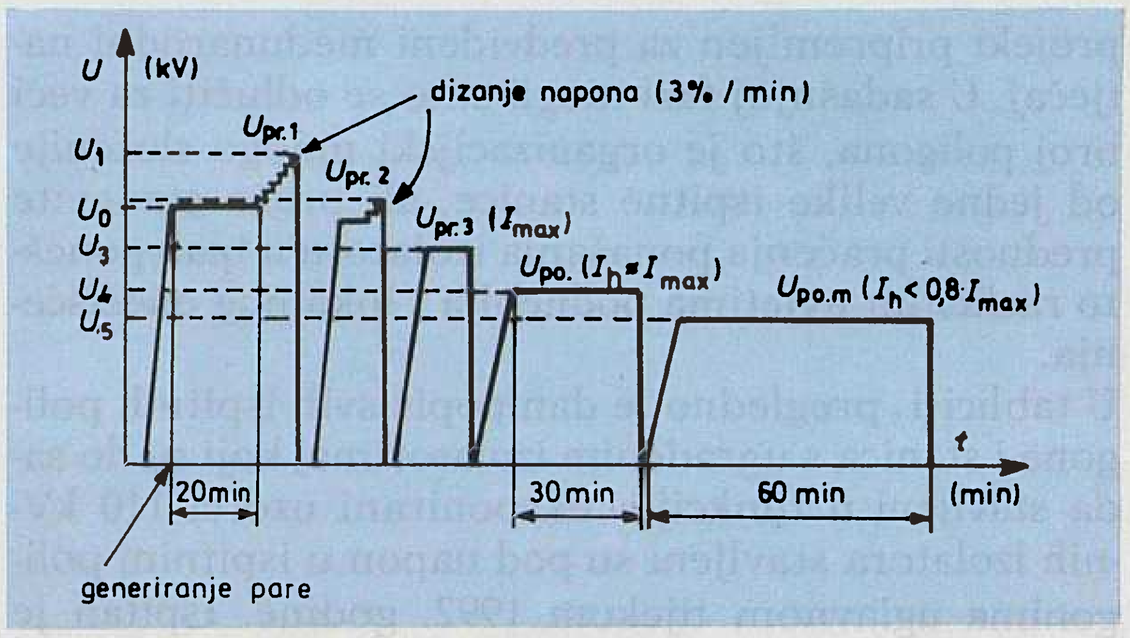
— elektrogeometrijska svojstva izolatora za promatranu okolinu
— korištenje tipova najčešće ugrađenih u postojećoj mreži
— mogućnost dobivanja uzoraka novih tipova od proizvođača
— potreba ispitivanja premazanih lanaca itd.

2.3. Laboratorijska ispitivanja

Od novih tipova posebno su zanimljivi kompozitni izolatori od različitih materijala i različitih proizvođača (Sefag, Hoechst, Sediver, Plobest i dr.) i mnogi takvi tipovi već su uključeni u program istraživanja. Nakon primjerenog roka izlaganja prirodnim uvjetima onečišćenja i u trenutku veće akumulacije (po mogućnosti maksimalne) stranog sloja izolatori za nazivni napon 110 kV demontiraju se s ispitnih poligona i donose u visokonaponski laboratorij. Laboratorij je opremljen posebnom komorom za ispitivanja donesenih izolatora pri čemu treba zadovoljiti dva uvjeta:

1. ispitivani izolatori trebaju biti doneseni s reprezentativnim i neoštećenim stranim slojem,
2. proces vlaženja treba prilagoditi kritičnim uvjetima u prirodnoj lokaciji.

Takvo ispitivanje nazvali smo »metodom ponavljanih preskoka u čistoj magli« i njegov shematski tok prikazan je na sl. 2. Treba naglasiti da je posrijedi originalno razvijena metoda na temelju nekih sličnih nestandardnih ispitivanja u svijetu. Prema prvim iskustvima metoda ima osnove za šire usvajanje i standardizaciju, a u odnosu prema dosadašnjoj standardnoj metodi krutog sloja ima nesumnjive prednosti. Ipak, u daljem radu kombinirat ćemo ovaj postupak sa svim postojećim međunarodno usvojenim postupcima. Zasad za to u nas postoje određena ograničenja u svezi opreme.



Legenda:
U_o = očekivani podnosivi napon
$U_{pr.1}$ = U_1 = prvi preskočni napon
U_2 = $0{,}9 \cdot U_1$ $U_3 = 0{,}9 \cdot U_2$ $U_4 = 0{,}9 \cdot U_3$
U_{po} = podnosivi napon
$U_{po.m}$ = U_5 = podnosivi napon u čistoj magli
I_{max} = maksimalna klizna struja prije preskoka
$I_h = I_{naj}$ = najveća klizna struja kod podn. nap.

Slika 2. Shema ispitne procedure u metodi ponavljanih preskoka u čistoj magli

3. ORGANIZACIJA ISPITIVANJA I POČETNI REZULTATI

3.1. Popis ispitnih poligona i opreme

Ispitni poligoni mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine: aktivne i pasivne. Pod aktivnim misli se na one u kojima su ispitni uzorci izolatora stalno pod naponom, čime se omogućuje praćenje realnog formiranja stranog sloja pod utjecajem električnog polja. Naprotiv, kod pasivnih poligona prati se formiranje samo pod utjecajem lokalnog podneblja, jer izolatori nisu izloženi nazivnom naponu. Metoda ESDD ne zahtijeva nužno napon, pa se ona provodi u obje vrste poligona. Također, metodom ponovljivih preskoka u čistoj magli mogu se ispitivati uzorci sa stranim slojem doneseni s pasivnih poligona, ali su mnogo mjerodavniji rezultati s izolatorima skinutim sa stvarnih vodova i postrojenja (trafo-stanica i kabelskih kućica) ili iz aktivnih poligona s ispitnim transformatorom za napajanje izolatora pod punim radnim naponom. U posljednjem slučaju riječ je o velikim ispitnim stanicama pod naponom za ispitivanje raznih izolatorskih konstrukcija. U cjelom su svijetu takve stanice najveći izvor podataka o ponašanju izolatora u uvjetima onečišćenja i stoga smo se već godinama u mnogim radovima (L. 3, 5) zalagali za izgradnju jednog takvog objekta na našoj obali. Sada se pojavljuje mogućnost izgradnje takvog objekta u slučaju da se u naš projekt uključi inozemni partner (CESI — Milano), za što su provedeni svi dogovori i

projekt pripremljen za predviđeni međunarodni natječaj. U sadašnjoj fazi mogli smo se odlučiti za veći broj poligona, što je organizacijski mnogo složenije od jedne velike ispitne stanice, ali pruža stanovite prednosti praćenja ponašanja izolatora u ipak ponešto različitim uvjetima podneblja i lokalnog onečišćenja.

U tablici 1. pregledno je dan popis svih ispitnih poligona i stanica s ugrađenim izolatorima, koji su do sada stavljeni u funkciju. Eksponirani uzorci 110 kV-nih izolatora stavljeni su pod napon u ispitnim poligonima uglavnom tijekom 1992. godine. Ispitan je manji dio uzoraka, koji je bio eksponiran u prirodi tijekom 1990. i 1991. godine, i ti rezultati su u najbitnijem opsegu dani u tablici 2.

Važno je napomenuti da je zasad u ispitivanje uključen ograničeni broj tipova izolatorskih lanaca sastavljenih od kapastih izolatora ili štapnih kompozitnih izolatora za napon 110 kV. Od lanaca kapastih izolatora uključena su dva tipa staklenih članaka tvrtke Sediver, i to standardni tip tvorničke oznake F12/146 (IEC klasa U120BS) i magleni tip oznake B8P/146, te u našoj mreži najčešći tip KT 120-M. Od štapnih polimernih izolatora za 110 kV mrežu ispituje se ponašanje nekoliko tipova kompozitnih izolatora različitih proizvođača (Sediver, Sefag, Rosenthal, Plobest), a od pokrovnog materijala uključeni su EPDM, PTFE i Silikon.

Duljina klizne staze, broj i promjer rebara, pa i materijal kompozitnih izolatora u ispitivanju definirani su uglavnom zatečenim stanjem na pojedinim ispitnim lokalitetima koje su opremili vlasnici postrojenja prije formiranja ovoga istraživačkog projekta. Nakon početnih rezultata i iskustava proširit će se

Tablica 1. Pregled ispitnih poligona i stanica u primorju

Oznaka poligona ili stanice	Lokacija	Mjerenje razine onečišćenja	Tip eksponiranog izolatora za mreže 110 kV	Ukupno uzoraka	Datum prve montaže
IP Rab	TS 35/10 Rab i nova TS 110/35 Rab	Č. S. ESDD na izol.: F120 P/146 (Sediver) (-"-+ Stacl.) (-"-)	8 × F12/146 + Stacl. (Sediver) CCXPC27 EPDM (-"-) CCXPC27 EPDM (-"-)	1 1 1	5. IV. 92. 2. II. 93. 2. II. 93.
IP Stojanj	Kab. kuć. (KK) na Rabu za vod Krk-Rab 110 kV (sada pod 35 kV)	Č.S.. ESDD na izol.: 54260 (Bullers) F70 D/127 (Sediver) F120 P/146 (-"-) -"- + Stacl. (-"-)	8 × F12/146 + Stacl. (Sediver) 1ZOTEF110 (Plobest) CCXPC27 Silicon (Sediver) CCXPC27, EPDM (-"-)	1 1 1 2	5. IV. 92. 30. I. 92. 28. IV. 92. 2. II. 93.
IP Konjin	KK na Krku za vod 110 kV (pod 35 kV) Crikvenica-Krk	Č.S., ESDD na izol.: 54260 (Bullers) F70 D/127 (Sediver) F120 P/146 (-"-) B8 P/146 (-"-)	CC120XPO27, EPDM (Sediver) CC120XPO27S, Silicon (Sediver) 8 × B8/146 (Sediver) 8 × F12/146 + Stacl. (Sediver)	2 2 2 2 2	29. VI. 90. 29. VI. 90. 4. II. 91. 8. V. 92. 8. V. 92.
IP Omišalj	RP 110 kV Omišalj na Krku (bud. TS)	Č.S., ESDD na izol.: F70D/127 (Sediver) F120 P/146 (-"-)	1ZOTEF 110 (Plobest)	1	15. V. 92.
IP Surbova	KK na Krku za DV 35 kV Krk-Rab	—	8 × F12/146 + Stacl. (Sediver)	1	16. IV. 92.
IS Osor	KP Osor 2 na vodu 110 kV Krk-Lošinj	Č.S., ESDD na izol.: F70D/127 (Sediver) F120 P/146 (-"-) -"- + Stacl. (Sediver)	—	—	—
IP Most Raša	Stupna mjesta 21 do 24 na DV 110 kV Raša-Dolinka	—	9 × F12/146 (Sediver) 9 × F12/146 + Stacl. (Sediver) 7 × F12/146 -"- 7 × F12/146 + Stacl. (-"-) 9 × B8P/146 + Stacl. (-"-) CCXPC27. Silic. CCXPC27, EPDM IZOTEF 110	12 8 2 2 4 4 3 2	25. II. 91. 18. III. 92. 25. II. 91. 18. III. 92. 18. III. 92. 3. VII. 90. 3. VII. 90. 18. III. 92.
IP Raša-Dolinka	Stup br. 23 na vodu 110 kV Raša-Dolinka	—	9 × F12/146 + Stacl. (Sediver) 9 × B8P/146 + Stacl. (-"-) 2 × 9F12/146 (-"-)	1 1 5	18. III. 92. 18. III. 92. 18. III. 92.
IS Privlaka	Beznaponska ispitna stanica pokraj mosta za Vir	Č.S.. ESDD na izol.: 54260 (Bullers) F70D/127 (Sediver) F120P/146 (-"-)	—	—	—
IS Travno	KK Travno na Hvaru na DV 110 kV Nerež- -Starigrad	Č.S., ESDO na izol.: 54260I (Bullers) F120P/146 (Sediver) F70D/127 (-"-)	CC120XPO27, Silic. (Sediver) SILCOSIL110 (Sefag) 7 × VZM (Češki)	1 1 1	
IS Drašnice	Stupna mjesta 142-147 vod 110 kV Opuzen-Mak.	—	SILCOSIL (Sefag) 8 × KT120M (IEP)	10 5	9 – 12. I. 92. ranije

dijapazon ispitivanih tipova izolatora, i to kompozitnih i lanaca kapastih članaka. Od kapastih izolatora ispitat će se nekoliko lanaca za mrežu 110 kV od aerodinamičnih članaka (ili tzv. otvoreni profil) različitih proizvođača kao što su Sediver tip F70D/127 (Francuska), Borma tip U120 A (Italija), LIZ tip PSS 210B (Ukrajina) itd. Kako pokazuju prva mjerenja razine onečišćenja metodom ESDD za aerodinamične članke tipa F70D/127, ovakve konstrukcije glatkih članaka znatno reduciraju akumulaciju polutanta na donjoj strani (u nosnim lancima) zbog aerodinamičnog oblika i neprekinutog toka struje zraka. Stoga se pretpostavlja da bi ovakvi članci, prvotno razvijani za pustinjsko onečišćenje, mogli biti prikladni za zone naše najintenzivnije posolice. Također će se uskoro ugraditi nekoliko drugačijih kompozitnih izolatora u pogledu broja i oblika rebara i duljine klizne staze.

Pri proširenju ispitivanja težit će se tome da se za iste tipove izolatora ispituju u prirodi različite njihove varijante kao što je različit broj elemenata u lancima 110 kV od istih članaka ili različit broj rebara na istoj duljini kompozitnog izolatora itd. To se već provodi za standardni tip kapastog izolatora F12/146, pa se uporedno ispituju lanci različite duljine (7 članaka, 8 članaka, 9 članaka, 2×9 članaka itd.). Time se omogućuje objektivna ocjena i utvrđivanje redoslijeda vrijednosti različitih izolatora za promatrane uvjete onečišćenja.

Novouvedeni pojam (RV) tzv. reda vrijednosti izolatora u zadanim uvjetima okoline (ESDD) utvrđuje se mjerenjima preskočnog ili podnosivog napona u ispitnoj stanici u prirodi ili kombiniranom terensko-laboratorijskom metodom (sl. 2), a može biti utemeljen na jednom od dva kriterija:

a) kriterij jednake duljine klizne staze ili
b) kriterij jednake visine izolatora.

Koji će se kriterij usvojiti, ovisi o filozofiji projektiranja i izbora vanjske visokonaponske izolacije u određenoj zemlji ili elektroprivrednom poduzeću. Nesumnjivo je da je poželjna kompaktna konstrukcija dalekovoda, ali je konačni cilj svakog poduzeća minimiziranje ukupnih troškova koji uključuju ne samo izgradnju nego i održavanje. Stoga je jasno da bez pažljive ekonomske procjene za dulje razdoblje rada voda nije jednostavno utvrditi koji je od dva kriterija bolji. Zbog toga ovaj i slični suvremeni istraživački projekti uključuju oba kriterija RV.

3.2. Početni rezultati ispitivanja

Početni rezultati ispitivanja prikazani su pregledno u tablici 2. U njoj su dane vrijednosti preskočnih i podnosivih napona i pripadnih maksimalnih kliznih struja (koncept I_{max}) mjerenih u laboratoriju sa čistom maglom na uzorcima s originalnim stranim slojem donesenih s poligona u prirodi. To su rezultati prve primjene metode ponovljivih preskoka u čistoj magli. Najvažniji zaključci koji se mogu izvesti iz dosadašnjih iskustava govore u prilog daljeg korištenja usvojene metodologije. Od ispitivanih uzoraka silikonski kompozitni izolatori pokazuju se superiornima.

4. ZAKLJUČAK

Na kraju sažetog prikaza opsežnog istraživačkog projekta u svezi s ponašanjem visokonaponskih izolatorskih konstrukcija u uvjetima onečišćenja, mogu se donijeti ovi bitni zaključci:

a) Faza organizacije i razvoja metodologije uspješno je završena i ostvareni su početni uvjeti za uspješnost istraživanja. Međutim, radi prikupljanja većeg broja podataka i uzoraka s terena te potrebnih laboratorijskih ispitivanja nužno je bitno poboljšati ispitnu opremu. Početni rezultati opravdavaju predložena ulaganja u opremu, od kojih je sada najakutnije pitanje provodnog izolatora većeg nazivnog napona za ulaz u komoru s maglom.
b) Rješenje za laboratorijsku i terensku dodatnu opremu vidi se u suradnji sa zainteresiranim inozemnim institutima ili proizvođačima izolatora (CESI, FGH, Sediver, Sefag itd.), ali je pri svemu odlučan interes Hrvatske elektroprivrede za nastavak projekta.

Tablica 2. Sumarni rezultati ispitivanja metodom čiste magle

Podaci o ispitivanom izolatoru	Ispitni poligon i opis onečišćenja	Preskočni		Podnosivi	
		napon (kV)	I_{max} (mA)	napon (kV)	I_{naj} (mA)
lanac 8 × KT120M s iskrištem od 55 cm	vod 110 kV Krk — Lošinj (morska sol)	125	300	99,3	240
kompozitni CCXPC27 EPDM, polož. zatezni	IP Most Raša 110 kV (cement + mor. sol)	126	320	74,5	240
kompozitni CCXPC27 EPDM, polož. nosni	IP Most Raša 110 kV (cement + mor. sol)	131	2490	106	130
kompozitni CCXPC27 silikon, zatezni	IP Most Raša 110 kV (cement + mor. sol)	> 200	/	160	10
kompozitni CCXPC27 silikon, nosni	IP Most Raša 110 kV (cement + mor. sol)	> 200	/	185	< 10

LITERATURA

[1] A. SEKSO, I. HRS: »Primorski tip zagađivanja izolacije postrojenja i vodova visokih napona«, XIII Sav. JUKO CIGRE, Bled, 1977.

[2] Z. RINGWALD, A. SEKSO: »Zaštita izolacije od industrijskog zagađivanja u TS Ražine«, XV Sav. JUKO CIGRE, Beograd, 1981.

[3] A. SEKSO, Z. RIMAC i dr.: »Iskustva sa mjerenjem nivoa zagađenja kao osnovom izbora izol.«, XIX Sav. JUKO CIGRE, Bled, 1989.

[4] Z. RIMAC, A. SEKSO, K. SOKOLIJA, P. VUKELJA: »Program ispitivanja v.n. izolatora u uslovima zagađenja«, JUGEL, 1990.

[5] A. SEKSO, S. BOJIĆ i dr.: »Prijedlog mreže meteoroloških opažanja za potrebe ZEOH-a«, Studija IE, Zagreb, 1988.

[6] D. MIHALIC, A. SEKSO, V. ILIJANIĆ: »Parametri okoline i prijenosna mreža — Upute za rad ispitnih poligona«, IE, Zagreb, 1992.

RESEARCH OF POLLUTION INFLUENCE ON HIGH-VOLTAGE INSULATOR CONSTRUCTION

Own methods of insulation test are presented, using real pollution layer in a chamber with clean fog. Test organisation and first results are also presented.

UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES DER VERSHMUTZUNG AUF DIE HOCHSPANNUNGS ISOLIERUNGSKONSTRUKTIONEN

Hier werden die eigenen Prüfungsmethoden der Isolation mit der wirklichen Schicht der Verschmutzung in der Kammer mit reinem Nebel geschildert. Hier wird auch die Organisation der Untersuchung und die Anfangsergebnisse geschildert.

Naslov pisaca:

Ante Sekso, dipl. ing.
Mr. Dragutin Mihalic, dipl. ing.
Mr. Velimir Ilijanić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-07-23

ISTRAŽIVANJE INTERAKCIJA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU POMOĆU OSJETLJIVOSTI ELEKTROMEHANIČKOG NJIHANJA S OBZIROM NA RELEVANTNE PARAMETRE

Mr. Muharem Mehmedović — mr. Milan Stojsavljević — Darko Nemec — Emil Vargović, Zagreb

UDK 621.31:621.313.1
STRUČNI ČLANAK

Rangiranjem osjetljivosti karaktera elektromehaničkog njihanja sinkronih generatora s obzirom na relevantne parametre, kao što su konstanta inercije agregata ili tranzijentna reaktancija generatora, može se istražiti interakcija u elektroenergetskom sustavu (**ees**) u području dinamičke stabilnosti. Prikazat će se i interpretirati značajni rezultati istraživanja za konfiguraciju jednog elektroenergetskog sustava.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, istraživanje interakcije, elektromehaničko njihanje, relevantni parametri.

1. UVOD

Pri analizi stabilnosti linearnog ili lineariziranog sustava nužno je najprije dobiti skup svojstvenih vrijednosti matrice sustava. Skup svojstvenih vrijednosti matrice sustava jest skup matematičkih objekata koji karakteriziraju dinamiku sustava, a za koje se pojedinačno ne zna odmah od kojih dijelova sustava (parametara) potječu. U povezanom sustavu kakav je tipično elektroenergetski sustav (**ees**) može se uopćeno reći da sve svojstvene vrijednosti potječu od svih objekata u sustavu. Međutim, podrobnija analiza osjetljivosti svojstvenih vrijednosti (karakter dinamike sustava, mod gibanja) omogućit će razlučivanje (rangiranje) razine interakcije u sustavu u smislu karaktera dinamike. U tom slučaju zaključit će se da neke svojstvene vrijednosti pripadaju pretežno nekim objektima u sustavu.

2. DINAMIČKA STABILNOST I MODEL ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Pod pojmom dinamičke stabilnosti **ees** podrazumijeva se stabilnost **ees** na mali poremećaj. Već je spomenuto da je način istraživanja ove stabilnosti vezan za istraživanje svojstvenih vrijednosti matrice **ees** u različitim uvjetima opterećenja, konfiguracije **ees**, iznosa parametara prijenosne mreže te svojstava sustava regulacije uzbude i brzine vrtnje. U ovom smislu sustav je stabilan ako sve svojstvene vrijednosti matrice sustava imaju realni dio manji od nule.

Za model ees koji interpretira samo elektromehaničko gibanje rotora agregata polazi se od jednadžbi gibanja koje za i-ti agregat glase:

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{m_{Ti} - m_{eli}}{T_{Mi}} \tag{1}$$

$$\frac{d\delta_i}{dt} = (\omega_i - 1)\omega_s, \tag{2}$$

gdje su ω_i i δ_i električka kutna brzina u relativnim jedinicama (rj) odnosno položaj (kut) rotora (rad) mjereni prema sinkronoj osi, T_{Mi} konstanta inercije agregata u (Ws/VA), a m_{Ti} i m_{eli} mehanički odnosno elektromagnetski moment (rj). Veličina ω_s je sinkrona električka kutna brzina (rad/s). Budući da se razmatraju pojave u okolišu sinkrone brzine brojčano su elektromagnetski moment i djelatna električka snaga u relativnim jedinicama praktično jednaki.

Prividna snaga $\bar{s}_i$ koju injektira i-ti agregat u mrežu s mjesta unutarnje elektromotorne sile $\bar{e}'_i$ iza prijelazne reaktancije $\bar{x}'_d$ definirana je izrazom

$$\bar{s}_i = |\bar{e}'_i| \sum_{j=1}^{n} |\bar{e}'_j| |\bar{y}_{ij}| e^{j(\delta_i - \delta_j - \varphi_{ij})} \tag{3}$$

Ovdje je $|\bar{y}_{ij}| / \varphi_{ij}$ element (i,j) matrice admitancija čvorova reducirane eliminacijom pasivnih čvorova mreže na unutarnje čvorove sinkronih strojeva (ili odgovarajućih elektranskih ekvivalenata) gdje se definira elektromotorna sila $\bar{e}'$. Realni dio kompleksne prividne snage (3) jest djelatna snaga i-tog agregata:

$$p_i = \mathrm{Re}(\bar{s}_i) = |\bar{e}'_i| \sum_{j=1}^{n} |\bar{e}'_j| |\bar{y}_{ij}| \cos(\delta_{ij} - \varphi_{ij}). \tag{4}$$

Djelatna snaga p_i u (4) je nelinearna funkcija u $|\bar{e}'|$ i δ_{ij}, gdje je

$$\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j \tag{5}$$

razlika kutova rotora i-tog i j-tog agregata. Linearizacijom (4) po δ, i $|\bar{e}'|$ gdje su

$$\delta^T = [\delta_1 \quad \delta_2 \ \ldots \ \delta_n] \tag{6}$$

$$|\bar{e}'|^T = [|\bar{e}'_1| \, |\bar{e}'_2| \ \ldots \ |\bar{e}'_n|] \tag{7}$$

vektori kutova rotora agregata odnosno apsolutnih vrijednosti elektromotornih sila, za sve i = 1,2, . . . , n dobivamo

$$\Delta p = J \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta\,|\bar{e}'| \end{bmatrix}, \tag{8}$$

gdje je J jakobijan:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial p_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial p_1}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial p_1}{\partial \delta_n} & \frac{\partial p_1}{\partial |\bar{e}'_1|} & \frac{\partial p_1}{\partial |\bar{e}'_2|} & \cdots & \frac{\partial p_1}{\partial |\bar{e}'_n|} \\ \frac{\partial p_2}{\partial \delta_1} & \frac{\partial p_2}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial p_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial p_2}{\partial |\bar{e}'_1|} & \frac{\partial p_2}{\partial |\bar{e}'_2|} & \cdots & \frac{\partial p_2}{\partial |\bar{e}'_n|} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \frac{\partial p_n}{\partial \delta_1} & \frac{\partial p_n}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial p_n}{\partial \delta_n} & \frac{\partial p_n}{\partial |\bar{e}'_1|} & \frac{\partial p_n}{\partial |\bar{e}'_2|} & \cdots & \frac{\partial p_n}{\partial |\bar{e}'_n|} \end{bmatrix} \tag{9}$$

Za ova razmatranja konstantnost $\bar{e}'$ relativno dobro interpretira svojstva automatskog regulatora napona sinkronog stroja. Uzme li se u obzir ova pretpostavka, dio jakobijana $\frac{\partial p}{\partial |\bar{e}'|}$ u (9) postaje nula, pa ostaje samo dio od $\frac{\partial p}{\partial \delta}$.

S druge strane, linearizacijom izraza (1) i (2), uz pretpostavku konstantnog mehaničkog momenta m_T i matričnim zapisom tako lineariziranih izraza za svih n agregata u ees, dobiva se

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = -[T_M]^{-1} \frac{\partial m_{el}}{\partial \delta} = -[T_M]^{-1} \frac{\partial p}{\partial \delta} \tag{10}$$

$$\frac{d\Delta\delta}{dt} = \omega_s \Delta\omega, \tag{11}$$

$[T_M]^{-1}$ je ovdje dijagonalna matrica recipročnih vrijednosti konstanti inercije svih agregata u ees.

Doda li se u jednadžbi (10) i ekvivalentni doprinos od svih prigušnih momenata i u (10) uvrsti odgovarajući dio jakobijana (9), izrazi (10) i (11) mogu se zapisati u obliku

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Delta\omega \\ \Delta\delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D & A \\ \omega_s I & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega \\ \Delta\delta \end{bmatrix}. \tag{12}$$

Submatrica D je dijagonalna matrica ako nema stabilizatora elektromehaničkih njihanja, dimenzije nxn, gdje je n broj agregata ili elektranskih ekvivalenata (sinkronih strojeva). Elementi d_{ii} submatrice D oblika su d_{0i} / T_{Mi} gdje je d_{0i} koeficijent prigušnog momenta. Submatrica I je jedinična matrica iste dimenzije kao i D. Submatrica A je definirana izrazima koje izvodimo iz (4) odnosno (9)

$$a_{ij} = \frac{\partial p_i}{\partial \delta_j} = -\frac{1}{T_{Mi}} |\bar{e}'_i|\,|\bar{e}'_j|\,|\bar{y}_{ij}| \sin(\delta_{ij} - \varphi_{ij}),\ i \neq j. \tag{13}$$

$$a_{ii} = -\sum_{j \neq i} a_{ij} \tag{14}$$

Može se zaključiti da su u ovom modelu objekti (elektrane, elektranski ekvivalenti, agregati) reprezentirani svaki sa po parom parametara: konstantom inercije agregata T_M i prijelaznom uzdužnom reaktancijom x'_d.

Uz pretpostavku da je sustav a priori stabilan, razmatranje interakcije u sustavu svodi se na istraživanje svojstvenih vrijednosti elektromehaničkog gibanja rotora agregata. S obzirom na izraz (14) broj tih svojstvenih vrijednosti različitih od nule je 2n-2, odnosno n-1, ovisno o tome je li matrica D različita ili jednaka nul-matrici.

Naime, uvrsti li se u (12) $D=0$, može se eliminirati $\Delta\omega$. Deriviranjem izraza (11) po t i uvrštavanjem izraza (10) za $\frac{d\Delta\omega}{dt}$ dobivamo

$$\frac{d^2\Delta\delta}{dt^2} = -\omega_s [T_M]^{-1} \frac{\partial p}{\partial \delta} \Delta\delta. \tag{15}$$

Vidi se da je broj svojstvenih vrijednosti sustava (15) upravo dvostruko manji od onog u (12) te jednak n-1. Dakako, vađenjem drugog korijena iz tako dobivenih svojstvenih vrijednosti od (15) dobivamo svojstvene vrijednosti sustava (12) za slučaj kada je $D=0$. Dakle, matrica sustava za slučaj kada nema prigušenja prema (15) jest

$$A_s = -\omega_s [T_M]^{-1} \frac{\partial p}{\partial \delta}. \tag{16}$$

3. OSJETLJIVOSTI (ELASTIČNOSTI) SVOJSTVENIH VRIJEDNOSTI LINEARNOG DINAMIČKOG SUSTAVA

Teorija osjetljivosti je dobro poznata i tretira se gotovo tri desetljeća. Poznat je izraz za osjetljivost (s_{ik}) svojstvene vrijednosti λ_i s obzirom na parametar α_k (Van Ness, 1965):

$$s_{ik} = \frac{\partial \lambda_i}{\partial \alpha_k} = \frac{v_i \left[\left(\frac{\partial A_s}{\partial \alpha_k} \right) x_i \right]}{v_i x_i}. \tag{17}$$

Ovdje je A_s matrica sustava, x_i je desni svojstveni vektor (stupac) koji pripada λ_i,a v_i je lijevi svojstveni vektor (redak) koji pripada također λ_i. Lijevi svojstveni vektori (reci) v_i mogu se računati prema

$$V = X^{-1} \tag{18}$$

i tada je $v_i x_i = 1$, pa u izrazu (17) nije potrebno računanje nazivnika. X je ovdje matrica desnih svojstvenih vektora (stupaca), a V matrica lijevih svojstvenih vektora (redaka).

Budući da sustav može sadržavati modove različitih brzina [1], ovdje umjesto osjetljivosti s_{ik}, u izrazu (17), uvodimo osjetljivost normiranu s obzirom na nazivnu svojstvenu vrijednost $|\lambda_{i0}|$ i nazivnu vrijednost parametra $|\alpha_{k0}|$. Tako normirana osjetljivost zove se elastičnost E_{ik} svojstvene vrijednosti λ_i s obzirom na α_k i definirana je izrazom

$$E_{ik} = \frac{|\alpha_{k0}|}{|\lambda_{i0}|} s_{ik} = \frac{|\alpha_{k0}|}{|\lambda_{i0}|} \frac{\partial \lambda_i}{\partial \alpha_k}. \tag{19}$$

Elastičnost E_{ik} je ujedno element matrice elastičnosti E dimenzije koje su $m \times n_p$, gdje je m rang matrice sustava A_s a n_p broj parametara α_k ($k = 1,2,\ldots n_p$) čiji se utjecaj istražuje. Iznosima $\mathrm{Re}(s_{ik})$ odnosno $\mathrm{Re}(E_{ik})$

vrednujemo utjecaj parametra α_k na prigušenje (stabilnost). Iznosima Im (s_{ik}) odnosno Im(E_{ik}) vrednujemo utjecaj parametra α_k na svojstvene frekvencije.
Osnovni razlog uvođenja normiranog oblika osjetljivosti svojstvene vrijednosti λ_i s obzirom na relevantni parametar α_k sastoji se u tome da njihov utjecaj na procese različitih brzina odvijanja (različite vremenske skale) možemo mjeriti istom mjerom.
Dakle, pomoću matrice elastičnosti čiji su elementi dani izrazom (19) možemo prepoznavati utjecaj konkretnih objekata (parametara) na karakter dinamike sustava.
Iznos elastičnosti E_{ik} takav da je

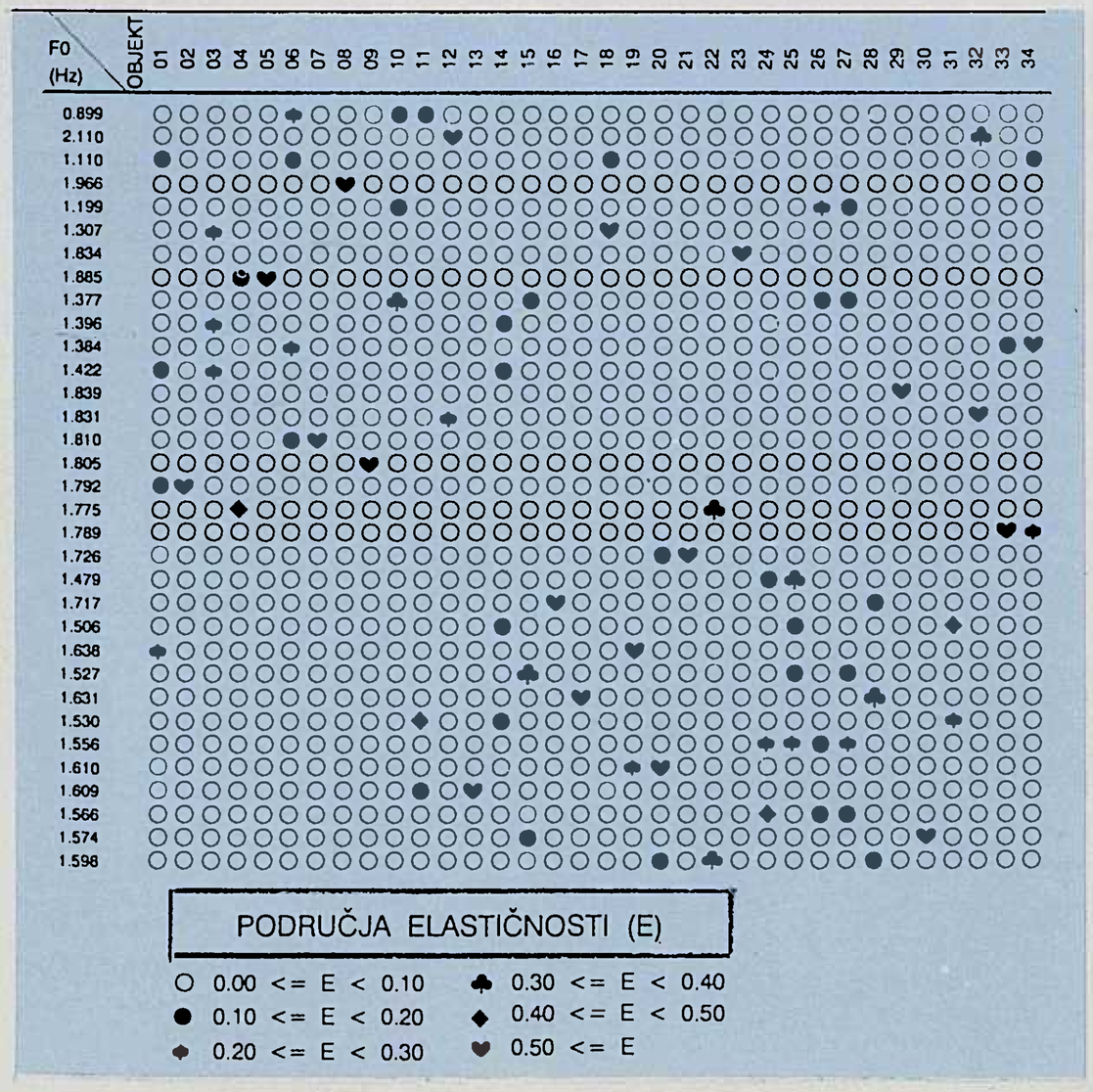
$$|E_{ik}| \geq R, \qquad (20)$$

gdje je R dovoljno veliki pozitivan realni broj, izražava činjenicu da je par $(\Delta\lambda/|\lambda_{i0}|, \Delta\alpha_k/\alpha_{k0})$ s obzirom na izbor R čvrsto povezan. Izborom broja R može se rangirati utjecaj parametara na pojedine modove, a time i na red sustava.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA UTJECAJA KONSTANTE INERCIJE AGREGATA NA ELEKTROMEHANIČKO GIBANJE

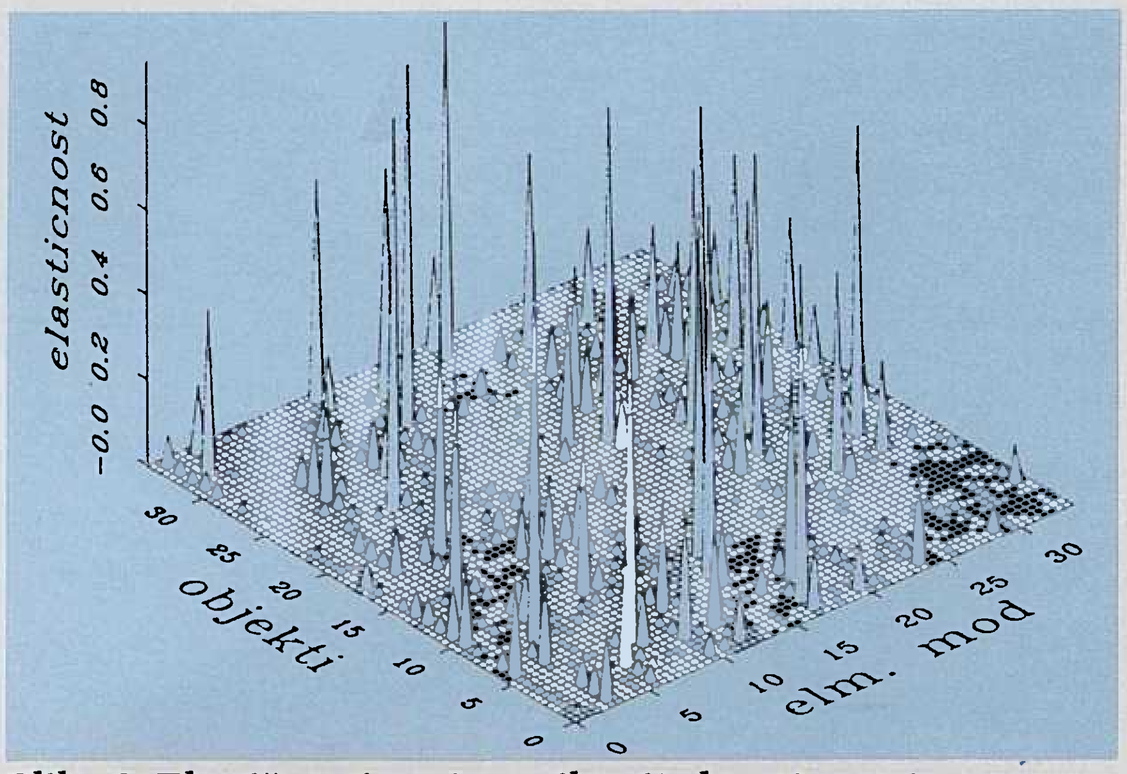
Utjecaj konstante inercije agregata na dinamiku **ees** istražen je primjenom teorije osjetljivosti/elastičnosti svojstvenih vrijednosti na primjeru **ees** (96 čvorova, 139 grana, 34 generatorska čvora) opisanog izrazom (12) odnosno (15). Na slici 1. dane su sve elastičnosti svojstvenih vrijednosti matrice sustava (16) s obzirom na sve konstante inercije agregata.

Sve elastičnosti svojstvenih vrijednosti rangirane su u šest područja, kao što je naznačeno na slici 1. Stupci su objekti (agregati, odnosno elektranski ekvivalenti), a reci su modovi (frekvencije elektromehaničkog gibanja). Tako se sa sl. 1. može pročitati da se



Slika 1. Elastičnosti svojstvenih vrijednosti matrice sustava

najveća elastičnost (veća od 0.5) za objekt 2 (elektranu 2) pojavljuje za mod 1.792 Hz. Za isti mod se može ustanoviti da je elastičnost još značajna samo za objekt 1. Situacija se može interpretirati na sljedeći način. Dinamiku (mod) 1.792 Hz sprežu pretežno samo dva objekta i to elektrana 1 i elektrana 2. Sam objekt 1 (elektrana 1) značajnije sudjeluje još u modovima 1.638 Hz, 1.422 Hz i 1.11 Hz s objektima (elektranama) 19, 3, 13, 6, 18 te 34.
Sa slike 1. mogu se također konstatirati i sljedeće činjenice. Objekt (elektrana) 9 gradi dinamiku od 1.805 Hz, ali ne postoji značajna interakcija u smislu elastičnosti svojstvenih vrijednosti s ostalim dijelom **ees**-a. Odavde se zaključuje da je elektrana 9 praktično izolirana od ostalog dijela **ees**-a. Slično je i s objektima 23 (1.894 Hz) i 29 (1.839 Hz).
Zornija ilustracija elastičnosti svojstvenih vrijednosti prikazana je na slici 2. Slika 1. je tlocrt reljefa na slici 2. s označenim područjima visina (elastičnosti). Radi preglednosti na slici 2. su na osi elektromehaničkih modova označeni samo redni brojevi modova, a njihove frekvencije mogu se očitati na slici 1.



Slika 2. Elastičnosti svojstvenih vrijednosti matrice sustava, trodimenzionalni prikaz

Presjek ravnine elastičnosti bliske nuli (za R iz izraza (7) je odabrano da bude mali broj) govori da su svi objekti u interakciji (povezanost), ali vrlo niskog stupnja. Presijecanjem s ravninom koja odgovara većim iznosima elastičnosti (R) smanjuje se broj objekata u interakciji višeg stupnja. U tom bi smislu poželjan izgled slike 2. bio takav da veći iznosi elastičnosti po objektima i modovima budu što uniformnije raspodijeljeni.

5. ZAKLJUČAK

Dan je pristup istraživanju povezanosti i interakcija u elektroenergetskom sustavu na bazi normiranih osjetljivosti (elastičnosti) svojstvenih vrijednosti koje pripadaju elektromehaničkom gibanju rotora agregata. Pokazano je da se utjecaj parametara na procese različitih brzina odvijanja može mjeriti jedinstvenim mjerilom. Mjerilo je ovdje definirano kao maksimalna ili minimalna elastičnost s obzirom na konstantu inercije svih agregata. Iz priloženih rezul-

Energija, god. 42 (1993) 5, 319 – 322

tata istraživanja na konkretnom primjeru **ees** (slike 1. i 2.) pokazano je kako se može kvantificirati taj utjecaj.

Čitav postupak ima značajke analize radi planiranja i projektiranja **ees**, kao i davanje informacije o povezanosti postojećeg **ees**, pri čemu se istovremeno vrednuje režim rada **ees**, parametri prijenosne mreže i parametri agregata (elektrana).

ELECTRIC POWER SYSTEM INTERACTION INVESTIGATION USING ELECTRO--MECHANICAL SENSITIVITY MODE WITH REGARD TO RELEVANT PARAMETERS

The electric power system interaction in the frame of dynamic stability could be explored by ranging the sensitivity of the electro-mechanical mode character of the synchronous generator with regard to relevant parameters, as for unit inertia constant or transient reactance. Some important results regarding configuration of an electric power system will be shown and discussed.

UNTERSUCHUNG DER INTERAKTIONEN IM ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEM MIT HILFE DER EMPFINDLICHKEIT DES ELEKTROMECHANISCHEN PENDELNS BEZÜGLICH DER RELEVANTEN PARAMETER

Durch das Rangieren der Empfindlichkeit des Charakters des elektromechanischen Pendelns der sichronen Generatoren bezüglich der relevanten Parameter wie die Inertionkonstante der Aggregate oder transiante Reaktantion der Generatoren kann die Interaktion im elektroenergetischen System (EES) auf dem Gebiet der dynamischen Stabilität untersucht werden. Hier werden die bedeutenderen Untersuchungsergebnisse für die Konfiguration eines elektroenergetischen Systems geschildert und interpretiert.

Naslov pisca:

Mr. Muharem Mehmedović dipl. ing.
mr. Milan Stojsavljević, dipl. ing.
Darko Nemec, dipl. ing.
Emil Vargović, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d. d., Zagreb
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-09-17

100. GODIŠNJICA PRVE JAVNE ELEKTRANE U HRVATSKOJ

Danas, u doba kad je električna energija kao neophodna i neprocijenjiva ušla u sve pore ljudskog života i djelovanja, a njeno ograničenje ili čak potpuni nestanak predstavlja pravu katastrofu, vrijedno je prisjetiti se prvih početaka elektrifikacije u nas. 1. listopada 1993. prošlo je upravo 100 godina, što je ušla u pogon javna elektrana u Hrvatskoj. Prva pak primjena elektrike počela je već 16 godina prije. Prema zamisli prof. Ive Stožira, prigodom sokolskog plesa u Hrvatskom glazbenom zavodu 1877, zasjala je na križanju Ilice i Gundulićeve ulice sjajna lučna svjetiljka, napajana iz baterija. Tijekom osamdesetih godina prošlog stoljeća, počelo je uvođenje električne rasvjete u reprezentativne zgrade i industrijske pogone. Naravno, o nekoj elektrani u današnjem smislu riječi nije bilo ni govora. Mali parni strojevi, većinom lokomobili, pokretali su dinamo strojeve od nekoliko kilovata.

U industrijskim, pak, pogonima dinamo je priključen na transmisiju koja je inače služila za pogon radnih strojeva. Takvim je uređajem 1882. rasvijetljena dvorana streljane u Tuškancu u Zagrebu, a gdje je i kada priključen prvi dinamo stroj u nekom našem industrijskom pogonu, nema pouzdanih podataka. Vrlo vjerojatno u nekoj drvnoj industriji u Slavoniji. Riječko kazalište već je prigodom svog otvorenja 1885. imalo vlastitu električnu rasvjetu.

Rasvjeta riječke luke i kolodvora provedena je 1890, a 1891., elektrificirani su elevatori i lučka postrojenja.

Primjena elektrike samo u pojedinim objektima, s malim izvorom električne energije, samo za vlastite potrebe, ne može se još smatrati širokom javnom elektrifikacijom. Ona je tek započela, na tlu današnje Republike Hrvatske. 1. listopada 1893, dakle pred ravno 100 godina, kad je stavljena u pogon javna elektrana u Čakovcu. Iz električnog generatora, priključenog na parni pogon u mlinu, napajala se električnom energijom javna rasvjeta, domaćinstva i obrt.

Uzme li se u obzir da je prva javna elektrana u svijetu počela radom 1882. u New Yorku, a 1884. u Njemačkoj, kašnjenje od jednog desetljeća, za ondašnje naše prilike nije veliko.

Nakon Čakovca, do kraja stoljeća električnu su rasvjetu još dobili gradovi:

Bakar	16. lipnja 1894.
Šibenik	28. kolovoza 1895.
Varaždin	15. prosinca 1895.
Rijeka	2. rujna 1897.

Nakon jednog stoljeća razvojnog puta naše elektrifikacije, danas na žalost veliki dio našeg naroda zbog ratnih razaranja ne može uživati blagodati električne energije, jer im je znatno ograničena ili pak potpuno uskraćena. Njene smo važnosti i vrijednosti potpuno svjesni tek tada kada je nema.

B. Markovčić

IZGRAĐENE TERMOELEKTRANE NA PODRUČJU HRVATSKE

U proizvodnji električne energije za potrebe potrošača u Republici Hrvatskoj sudjeluju termoelektrane sa snagom od 1.604,5 MW, od čega je 332 MW izgrađeno na području Republike Slovenije (NE Krško).

Prema podacima studije »Mogući scenariji razvoja Hrvatske Elektroprivrede« — osnovni podaci termoelektrana izgrađeni na području Republike jesu sljedeći: Sisak 1 (snage (210 MW); Sisak 2 (210 MW); TE Rijeka (320 MW); TE Plomin 1 (125 MW); TE Plomin 2 u izgradnji (210 MW); El-TO Osijek (45 MW); PTE Osijek (50 MW); PTE Jertovac (93 MW); TE-TO Zagreb (57 MW); TE-TO Zagreb (120 MW); EL-TO (12,5 MW); i EL-TO Zagreb (30 MW).

U navedena postrojenja uključena je i TE Plomin 2, koja je u izgradnji. Moguća proizvodnja tih termoelektrana iznosi 7830 GWh godišnje.

Uvjetovane sirovinskom osnovom (gorivom), termoelektrane na području Republike izgrađene su na sljedećim lokacijama: Plomin (kameni ugljen) Jertovec (lignit, kasnije loživo ulje i još kasnije kombi-postrojenje); Sisak (tekuće gorivo); Rijeka (tekuće gorivo); Osijek (tekuće gorivo). Neke termoelektrane u Hrvatskoj izvedene su za spojni proces, tj. za proizvodnju električne energije i topline u dva grada: Zagrebu i Osijeku, u kojima su se razvili centralizirani toplinski sustavi. Zbog starosti postrojenja, povećanog broja kretanja u pogon, i dužih stajanja zbog nedostatka goriva, stanje je nekih postrojenja takvo da je potrebno provesti revitalizaciju ako se želi računati s proizvodnjom električne energije u tim postrojenjima.

Stanje termoelektrana izgrađenih na području Hrvatske jest sljedeće:

— Na lokaciji TE-TO Zagreb u pogonu su tri bloka: 32 MW, 25 MW i 120 MW. Blokovi 32 MW i 25 MW u TE-TO ZAGREB zbog starosti i stanja opreme moraju se supstituirati, jer su stari 30 godina i rade već približno 200 000 sati, pa su potpuno nepouzdani na daljinsku opskrbu toplinskom energijom i 320 GWh godišnje moguće proizvodnje električne energije. Na slobodnom prostoru na lokaciji moguće je izgraditi nov objekt za supstituciju postojećih blokova, a u slučaju rušenja starih blokova lokacija omogućuje dalju izgradnju.

— Na lokaciji Zagreb-zapad u pogonu su dva bloka: blok 12,5 MW, pušten u pogon 1970. godine, i blok 30 MW, u pogonu od 1979. godine. Blok 30 MW je relativno nov i svoj dio konzuma moći će pokrivati još barem 15 godina otklone li se neki konstruktivni problemi na ležaju turbine i regulacije. Blok 12,5 MW je dugo bio pod oštrim režimom rada, pa je već u prilično lošem stanju nakon 21 godine eksploatacije. U pripremi je projekt supstitucije.

— Na lokaciji Sisak izgrađena su dva bloka, svaki po 210 MW projektirane snage, loženi mazutom i plinom. Režim rada 2 800—4 000 sati godišnje, zbog nedostatka i visoke cijene goriva, uzrokovao je brzo starenje opreme, korozijske procese na kotlovima i smanjenje raspoloživosti elektrane, zbog čega su potrebne radikalne mjere sanacije opreme da se održi prihvatljiva raspoloživost ovog postrojenja.

— Na lokaciji Plomin izgrađen je i pušten u pogon 1970. godine blok 1 snage 125 MW. Građen je na ugljen iz rudnika Raša sa sadržajem sumpora od 8 do 11 posto. Termoelektrana je imala mnogo obustava, tako da je u proteklu 21 godinu eksploatacije ostvarila dvostruko više hladnih startova nego što je bilo projektirano.

U 1988. godini obavljena je rekonstrukcija turbine, a u 1989. godini elektrana je imala težu havariju generatora. Zbog neadekvatne konstrukcije kotla na raški ugljen elektrana nije nikad ostvarila projektnu snagu. Potreb-

nó je revitalizirati kotlovsko postrojenje i prijeći na korištenje uvoznog ugljena.

— Uz rafineriju Rijeka izgrađena je i 1979. godine i puštena u pogon TE Rijeka snage 320 MW koja koristi loživo ulje i koksni plin za pogonsko gorivo. Postrojenje je moderno koncipirano i s tehničkim minimumom od 35 posto. U cijelom dosadašnjem pogonu TE Rijeka je proizvodila 50 posto potencijalnih mogućnosti proizvodnje.
Česte i duge obustave (i po 2 mjeseca), gorivo sa sadržajem sumpora i do 3 posto i korištenje koksnog plina uzrokovalo je proces hladne korozije koji je ostavio znatne tragove na čeličnoj oblozi dimnjaka (koja se mora mijenjati), na mazutnim crpkama, a već su vidljivi i tragovi korozije na dimnoj strani kotla.

— Na lokaciji PTE Jertovec od 1954. do 1971. godine radila je TE Jertovec ložena u početku konjčinskim, a potkraj ugljenom iz Kreke i Trbovlja. Snaga je bila 40 MW.
Revitalizacijom je postrojenje pretvoreno u postrojenje s kombiniranim ciklusom s 2 kombi-bloka od 34 MW ložena plinom ili lakim loživim uljem u kombiniranom pogonu s kotlom na otpadnu toplinu i repariranim TG agregatom iz prijašnje TE Jertovec snage 12,5 MW. Ukupna snaga elektrane danas je 2 × 46,5 MW, a treći je agregat 14,8 MW od prijašnje TE Jertovec konzerviran. Postrojenje je pušteno u pogon 1979. godine. U početku je bilo problema za osiguranjem kvalitetnog goriva da se izbjegnu erozije lopatica, ali to je djelomično riješeno poboljšanjem goriva, a djelomično nabavom kvalitetnijih lopatica iz SAD.

— Na lokaciji Osijek izgrađeno je u razdoblju 1974. – 1976. godine (radi velike energetske krize) plinsko elektroenergetsko postrojenje PTE — Osijek 2 × 25 MW. U 1984. godini pušten je u pogon blok od 45 MW koji je preuzeo toplinski konzum, a PTE je prevedena u hladnu rezervu i radi samo u kriznim razdobljima. Do ratnih razaranja blok 45 MW bio je u zadovoljavajućem stanju.

I. R.

KUPNJA DODATNE ELEKTRIČNE ENERGIJE

U razdoblju siječanj — svibanj za konzum Hrvatske nabavljeno je ukupno 246,5 GWh, i to: iz Švicarske 146,6 GWh, Mađarske 99,1 GWh i Slovenije 0,9 GWh.
Saldo nabave električne energije BiH — Dalmacija u razdoblju siječanj — svibanj: BiH je ukupno isporučila 17,0 GWh.
U istom periodu ukupna proizvodnja NE Krško (50 posto koje pripada Hrvatskoj) iznosila je 917,3 GWh.
Prodaja električne energije izvan elektroenergetskog sustava u razdoblju siječanj — svibanj prodano je 30,6 GWh Italiji zbog noćnih viškova.

I. R.

OSNOVANO HRVATSKO DRUŠTVO ZA HIDRAULIČNA ISTRAŽIVANJA

Nedavno je osnovano Hrvatsko društvo za hidraulička istraživanja. Osnivačka skupština održana je u prostorijama Brodskog instituta u Zagrebu uz nazočnost 90-ak znanstvenika i stručnjaka iz svih krajeva Hrvatske — iz brojnih institucija i poduzeća.
Na osnivačkoj skupštini donesen je statut i program rada. Ideja o osnivanju društva potekla je od članova inicijativnog odbora, jer je dosadašnja povezanost stručnjaka — hidrauličara Hrvatske s Jugoslavenskim društvom za hidraulička istraživanja definitivno prekinuta i neće se obnoviti. Zamišljeno je da društvo predstavlja nezavisnu i neprofitnu organizaciju inženjera i znanstvenika koji su zainteresirani ili rade na problematici vezanoj za hidrauliku ili njezinu praktičnu primjenu. Ciljevi rada Društva usmjereni su na promociju i unapređenje znanstvene i praktične hidraulike, osiguranje foruma za razmjenu informacija, kako unutar granica Republike Hrvatske, tako i kroz suradnju s domaćim i inozemnim stručnjacima i organizacijama. Organiziranjem znanstvenih i stručnih skupova, općim edukativnim djelatnostima i publiciranjem trebali bi se ispuniti ciljevi Društva.

I. R.

IZLOŽBA »INTERKLIMA 93«

Na Zagrebačkom velesajmu od 8. do 11. lipnja 1993. održana je 12. međunarodna izložba »Interklima 93« uređaja za grijanje, hlađenje, ventilacije, klimatizacije i svega što je vezano za energiju i ekologiju. Cilj ovogodišnje izložbe »Interklime 93« na kojoj je sudjelovalo 140 domaćih i 110 izlagača iz Austrije, Belgije, Bosne i Hercegovine, Češke, Francuske, Italije, Japana, Njemačke, SAD i Slovenije... jest okupljanje stručnjaka iz zemlje i inozemstva te razmjena mišljenja o najnovijim tehnologijama kako ne bi zaostali za Europom.
U organizaciji Fakulteta za strojarstvo i brodogradnju Zagrebačkog sveučilišta i Fakulteta strojništva iz Ljubljane, a u sklopu »Interklime 93«, održan je i 12. međunarodni simpozij pod nazivom »Energija, ekologija, ekonomija« i prva konferencija o termografiji.

I. R.

RADOVI NA OBNOVI RAFINERIJE SISAK

Radovi na obnovi uništenih dijelova Rafinerije nafte Sisak teku po planu. Izravna ratna šteta na spremišnim i manipulativnim instalacijama procijenjena je na približno 40 milijuna DEM.
Glavni radovi odnose se na šest spremnika, od kojih se tri grade potpuno nova, a tri se popravljaju. Dosad su ugovoreni poslovi demontaže oštećenih elemenata spremnika. Taj je posao obavljen u cijelosti, a nabava osnovnog materijala također je završena. Radovi na popravcima i montaži su u tijeku. U međuvremenu su obavljene građevinske pripreme terena, sanacija temelja, a osigurani su i električni priključci. Do potpunog završetka, odnosno izgradnje novih spremnika, potrebno je još ugovoriti poslove antikorozivne zaštite, montaže opreme, montirati priključne cjevovode i završene građevinske poslove. Na sanaciji i izgradnji spremišnog prostora dosad su ugovoreni poslovi u vrijednosti 5,5 milijuna DEM. Pet spremnika bit će potpuno završeno, a jedan će sirovinski spremnik biti gotov do kraja prvog tromjesečja 1994. godine.
Na obnovi instalacija za manipulaciju također se užurbano radi. Napravljena projektna dokumentacija, ugovorena i djelomično nabavljena oprema, ugovorene su crpke za jednu pumpaonicu, oprema za mjerenje razine i temperature, oprema za daljinsko upravljanje crpkama, miješalicama s ventilima, te oprema za središnje vođenje manipulativnog prostora. Na manipulativnim instalacijama, dosad je ugovorena vrijednost od otprilike 8,8 milijuna DEM.
S domaćim tvrtkama su ugovoreni i donekle obavljeni svi građevinski radovi, pa se može računati da je završeno više od 50 posto građevinskih radova. Do kraja 1993. bit će gotovo 90 posto svih radova. Potpuno obnovljena Rafinerija će biti na kraju prve polovice 1994. godine.

I. R.

TERMOELEKTRANA PLOMIN 1 U POGONU

Od početka travnja do 26. lipnja 1993. trajao je remont TE Plomin 1. Glavni radovi obavljeni su na kotlovskom postrojenju koje je oštećeno od korozije i erozije. Većinu radova obavile su ekipe poduzeća »Đure Đakovića« iz Slavonskog Broda. Veći zahvati izvedeni su na turbini i generatorima, a bili su povjereni stručnjacima poduzeća »ABB« iz Karlovca. Rekonstruirani su i ostali dijelovi postrojenja radi postizanja bolje pogonske spremnosti i sigurnosti.
Puštanjem TE Plomin 1 u pogon od 26. lipnja potrošači dijela sjevero-zapadnog konzuma dnevno će raspolagati s povećanom količinom električne energije za 2,3 milijuna kWh. Ta količina dobro će doći za ublažavanje teške elektroenergetske situacije u Hrvatskoj.
Nadalje, u svibnju ove godine obavljeni su godišnji remonti na još sljedećim postrojenjima:

— TE-TO Zagreb, turboagregat 1 i 2; EL-TO Zagreb, turboagregat 1 i KTE Jertovec, turboagregati 2 i 4.

I. R.

PONOVNI REMONT NUKLEARKE KRŠKO

Nuklearna elektrana u Krškom zaustavila je rad 25. svibnja. To je treće zaustavljanje nuklearke u 1993. godini, a razlog je kvar parageneratora, zbog čega je bila i prethodno zaustavljena. Utvrđeno je ponovno puštanje pare u parageneratoru br. 1, pa se smatra da nije bila pravilno uklonjena ista greška pri remontu obavljenom početkom travnja.
Stručnjaci tvrde da prijašnji i sadašnji kvar nisu izazvali nedopuštene količine ispuštanja radioaktivnih emisija u okoliš.
Prema tvrdnjama stručnjaka prvo dvotjedno i sadašnje zaustavljanje rada nuklearke neće bitno utjecati na godišnju elektroenergetsku bilancu. Sadašnji remont NE Krško nadzirat će 40-ak stručnjaka iz Instituta »J. Štefan« i »Ekoenerga« i dr. U srpnju stižu i stručnjaci iz Međunarodne agencije za atomsku energiju kako bi i oni utvrdili što je i kako poduzeto nakon sadašnjeg remonta.

I. R.

SAVJETOVANJA I KONFERENCIJE

SAVJETOVANJE O SADRŽAJU NOVIH STANDARDA O ZAŠTITI OD DJELOVANJA MUNJE I IZJEDNAČENJU POTENCIJALA

Ljubljana 1993.

Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode priredilo je 23. ožujka 1993. u dvorani »Elektrogospodarstva« u Ljubljani jednodnevno savjetovanje o navedenoj tematici. Osnovni je cilj bio da se što širi krug stručnjaka, posebice praktičari — projektanti i izvođači — upozna s tijekom izrade regulative u području zaštite od udara munje.
Temeljni sadržaj savjetovanja činili su ovi referati (predavanja).

1. STANJE U SLOVENSKOJ STANDARDIZACIJI
   Peter PALMA, dipl. ing., direktor Ureda za standardizaciju R. Slovenije.
2. DILEME MLADE SLOVENSKE STANDARDIZACIJE
   Prof. Maks BABUDER, dipl. ing., »Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana.
3. PRIKAZ KONAČNOG PRIJEDLOGA STANDARDA IEC 1024. ZAŠTITA OD DJELOVANJA MUNJE
   Dr. Jože PUNGERL, dipl. ing. i Boris ŽITNIK, dipl. ing. Slovensko društvo za geoelektriko, stat. el. in strelovode.
4. POGONSKA PRAKSA I PROBLEMATIKA NADZORA NAD IZVOĐENJEM TEHNIČKIH ODREDBI
   Marjan KERN, dipl. ing. i Peter MRAZ, dipl. ing., predstavnici Republ. elektroenergetskog inspektorata i Republ. inspektorata za promet i veze.
5. PROBLEMATIKA PRATEĆIH STANDARDA (PRENAPONSKI ODVODNICI, ELEKTRIČNE INSTALACIJE) koji dopunjuju funkcionalnu tematiku
   Mr. Vladimir MURKO, dipl. ing., »Iskra Zaštite«, d.o.o., Ljubljana i mr. Milivoj KOTNIK, dipl. ing., Maribor.

O cjelokupnoj tematici prikazane problematike zaštite od udara munje vođena je vrlo živa i opsežna rasprava i izmjena iskustava. Savjetovanju je prisustvovalo 95 sudionika, među njima i nekoliko iz Hrvatske.
Kratki prikaz tematike referata (predavanja) kao i rasprava može svakako poslužiti relevantnim stručnjacima i djelatnicima u našoj republici kao poticaj za sličnu akciju i rad u području zaštite od udara munje.
Iz prvog referata zanimljivo je spomenuti okolnost da je u tijeku izrada 11 500 standarda. Osnovne su poteškoće u tome što se želi sve izraditi samostalno i na osnovi provjerenog znanja, što manje kopirajući tuđe propise, preporuke i standarde.
Posebice je bilo zanimljivo predavanje prof. Babudera. U cjelokupnom radu na slovenskoj standardizaciji dano je težište na povezivanje u jedinstven sustav tehničke i sigurnosne regulative s posebnim naglaskom na zaštitu okoliša. Postavlja se zahtjev da rješavanje mora biti cjelovito (kompleksno), posebice uz preporuke korištenja drugih standarda, dakako ponajprije s onima IEC ili VDE. Ističe se i dilema i problemi tumačenja novih standarda: obveza, preporuka, smjernice? Ne smije se zanemariti ni problem položaja cjelovite kvalitete sustava u sklopu nacionalnog programa kvalitete.
Prikazani prijedlog standarda IEC 1024 preuzet je zapravo od standarda IEC-a, ali se povezuje i na standarde VDE-a. Riječ je o zaštiti objekata od djelovanja munje — opće osnove. Navode se i opisuju namjera te izrazi i definicije. Tematika je podijeljena na tzv. vanjsku i unutarnju zaštitu od djelovanja munje, uz podroban opis relevantnog sadržaja. Unutar poglavlja o unutarnjoj zaštiti težište je, dakako, na izjednačenju potencijala. U završnim poglavljima navedeni su projektiranje, održavanje te nadzor sustava zaštite.
Predavač B. Žitnik dao je vrlo slikovito tumačenje i poglede na zaštitni prostor u prikazanom sustavu, s posebnim osvrtom na geometrijsko-električni model, određivanje zaštit-

nog prostora, stupnjeve zaštite i zaštitni prostor vertikalne, kao i horizontalne hvataljke.
U raspravi su istaknute razlike u suvremenim pristupima sustavu zaštite, posebice u uzemljivačkim uređajima. Slikovito je također rečeno da je lako izraziti želje, ali da će biti ipak teško ući u Europu i u području standardizacije.

Dr. J. Pungerl posebice se je u svom izlaganju i nekim dodatnim raspravama osvrnuo na probleme uzemljivanja. Kao i dalje vrlo osjetljivo područje za uzemljivanja spomenuo je terene u kršu, gdje tlo karakteriziraju vrlo visoke vrijednosti rezistivnosti. Posebice je upozorio na sve češću upotrebu kemijski aktivnog dubinskog (vertikalnog) uzemljivača pomoću kojih se postižu vrlo dobri rezultati i u teškim terenskim uvjetima. U stanovitim uvjetima treba dati prednost zvjezdolikim uzemljivačima. U problematici uzemljivanja nekih posebice opasnih objekata, kao što su primjerice benzinske crpke, potrebno je u sustav zaštite uključiti i katodnu zaštitu.
U referatu o problematici pratećih standarda težište je na prenaponske odvodnike. Prikazan je slikovit pregled cjelovite (kompleksne) zaštite osjetljive elektronske naprave kao i vrlo zoran pregled propisa VDE za vanjsku i unutarnju zaštitu od munje i prenapona. Ti su propisi ukratko opisani. U raspravi je upozoreno na još uvijek stalno prisutnu okolnost, posebice za problematiku izjednačavanja potencijala u objektima, da nema dovoljnog povezivanja u praktičnom izvođenju te vrste zaštite, kao i kod polaganja temeljnih uzemljivača — da armaturu polažu građevinari, pa je vrlo teška točna i odgovarajuća koordinacija.

Dr. Zvonimir Krulc

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ NORVEŠKE

U Oslu je potkraj 1992. pet njemačkih poduzeća, dobavljača energije, dogovorilo s norveškim poduzećem Fylkeskraft Ostlandet A.S. (FKŐ) da se ispita mogućnost dobave električne energije u Njemačku. Kratkoročno gledano, za prijenos energije koristile bi se postojeće linije, a zatim bi se položio 600 km dugi podmorski kabel s mogućnosti prijenosa 500 MW do 600 MW. Prijamna stanica u Njemačkoj bila bi Brunsbüttel na donjoj Elbi. Investicije se procjenjuju na otprilike 1 milijardu DEM u trajanju 10 godina. Ekonomičnim i pouzdanim prijenosom energije iz Norveške daje se doprinos ekologiji i čuvanju energetskih izvora.

ETZ, god. 114 (1993), br. 1

Mrk.

RAZVOJ ČASOPISA ETZ (Elektrotechnische Zeitschrift)

Pri nedavnoj proslavi stogodišnjice VDE, društva njemačkih elektrotehničara (1893 – 1993), osvrnulo se i na razvoj poznatoga elektrotehničkog časopisa ETZ, kojemu ove godine teče 114 godina izlaženja. Prvi broj časopisa izašao je u siječnju 1880., mjesec dana nakon osnutka elektrotehničkoga društva. Nakon osnivanja VDE časopis ETZ postaje glasilo društva. Kad je godišnji opseg časopisa prerastao 1 500 stranica, godine 1913, počeo je paralelno izlaziti »Archiv für Elektrotechnik« predviđen za objavljivanje znanstvenih članaka. U godinama drugoga svjetskog rata publicistika je znatno nazadovala, pa je posljednji broj ETZ, starog razdoblja, izašao u siječnju 1945. Nakon tri godine stanke, u siječnju 1948. izlazi prvi broj ETZ-a u poslijeratnoj eri, koji je tada bio organ VDE britanske i američke okupacijske zone. Godine 1949. počinje isti izdavač izdavati časopis Der Elektrotechniker (ELT) kojemu je orijentacija praktična. Nakon tri godine taj časopis dobiva naziv ETZ izadnje B, a dotadašnji ETZ postaje ETZ — A. Godine 1978. znanstvena edicija ETZ — A preimenovana je u ETZ — Archiv, a ETZ — B postaje opet samo ETZ. Godine 1991. ETZ — Archiv postaje nova znanstvena elektrotehnička publikacija »European Transactions on Electrical Power Engineering« (ETEP), a tiska se na engleskom jeziku. Izdavači su uz VDE 10 elektrotehničkih društava europskih zemalja.

ETZ, god. 114 (1993), br. 1

Mrk.

ISPITIVANJA SMETNJI OD UDARA MUNJA

U Francuskoj, u sklopu posebnog projekta, mjerna grupa France Telecom provodi ispitivanja smetnji na električnim vodovima, koje nastaju pri udaru munje u njihovoj neposrednoj blizini. Munju izazove udar rakete u olujni oblak. Raketa je pritom vodljivo vezana za zemlju i tako se može točno znati mjesto udara. Izmjerene su struje munje 5kA do 50kA, a tranzientni inducirani napon između vodiča i zemlje, na vodovima niskog napona do 12 kV. Ovakva ispitivanja znatno proširuju znanja o djelovanju udara munje na prenapone u vodovima i omogućuju preispitivanje teorijskih modela korištenih u vezi sigurnosti postrojenja.

ETZ, god. 114 (1993), br. 1

Mrk.

NAFTA U OHOTSKOM MORU

Prema izvještaju agencije Itar-Tass u Habarovsku, u istočnom Sibiru, obavljaju se pripreme za međunarodno raspisivanje ponuda za istraživanje i iskorištavanje naslaga nafte i plina u obalnom pojasu Ohotskog mora. Računa se da oko otoka Sahalina i poluotoka Kamčatka ima 16 do 18 milijardi tona nafte i plina.

ETZ, god. 114 (1993), br. 2

Mrk.

NAJMANJI MOTOR NA SVIJETU DOLAZI IZ JAPANA

Japanska tvrtka Toschiba izradila je najmanji elektromotor na svijetu. Motor ima promjer 0,8 mm, a može normalno raditi pod naponom 1,7 V. Uz pomoć specijalnog regulatora frekvencije broj okretaja mu se može fino mijenjati od 60 min^{-1} do 10 000 min^{-1}. Motor je djelomično izrađen uz pomoć litografske tehnike. Za sada se još ne zna da li će se proizvoditi u većim količinama. Moguće su primjene u mjernoj i medicinskoj tehnici.

ETZ, god. 114 (1993), br. 2

Mrk.

EUROPA I AMERIKA SPOJENE STAKLENIM VLAKNIMA

Potkraj 1992. godine stavljen je u pogon posljednji dio direktne transatlantske veze staklenim vlaknima između SAD i Europe. Putem ovoga »desetog međunarodnog Trans Atlantic Telephoncable« (TAT-10) može se prenositi 60 000 telefonskih razgovora, podataka ili videosignala istodobno. Ta veza duljine 7 500 km izgrađena je u 18 mjeseci, a to je manje od polovine planiranog vremena za takve poslove. Kabel je položen od mjesta Greenhill u saveznoj državi Rhode Island do nizozemskog mjesta Alkmaara. U ukupnim investicijama od 500 milijuna DEM sudjelovalo je 35 telekomunikacijskih poduzeća, a njemačka je pošta najveći sudionik sa 20%.

ETZ, god. 114 (1993), br. 2

Mrk.

LJETNO VRIJEME NE DONOSI ENERGETSKE UŠTEDE

Prema istraživanju njemačkog VDEW prebacivanje srednjoeuropskog vremena na ljetno vrijeme donosi jedva mjerljive uštede energije. Prema području one se kreću od 0% do ispod 1%. Uvečer se doduše može nešto uštedjeti na rasvjeti, ali se to kompenzira mnogo većim potroškom na grijanju ujutro. Samo bi Portugal, Irska i Velika Britanija mogli uštedjeti nešto više energije ako bi ljetno vrijeme u tim zemljama bilo na snazi cijelu godinu.

ETZ, god. 114 (1993), br. 2

Mrk.

LASERSKA ZRAKA KAO ZAŠTITA OD MUNJE

U japanskom centralnom istraživačkom elektroprivrednom institutu provode se ispitivanja o mogućnosti otklona munje pomoću laserskih zraka kako bi se npr. zaštitili dalekovodi. U laboratoriju su postignuti otkloni 4 m. Smetnju nisu predstavljali ni kiša ni magla unatoč raspršivanju laserskih zraka. U vanjskim ispitivanjima otkloni su iznosili do 8,5 m. Istraživanja se nastavljaju u smjeru novih sistema za lasersku emisiju, jer se znatnim pojačanjem laserske emisije ne postižu željeni rezultati.

ETZ, god. 114 (1993), br. 3

Mrk.

SNIŽENJE CIJENE UVOZNOG UGLJENA

Zbog prevelike ponude snizile su se cijene uvoznog ugljena na svjetskom tržištu. U prošloj je godini cijena pala za 15%, tj. na okruglo 36 USD po toni. U 1993. računa se s daljim padom za 2 do 4 USD za kotlovski ugljen i 1 do 2 USD za koksni ugljen. Europska je zajednica 1992. uvezla više od 130 milijuna tona, a to je više od 40% korištenog ugljena. Glavni su dobavljači bili Australija, Kanada, SAD, Južnoafrička Republika, kao i Kolumbija, Indonezija, Venezuela, Poljska, ZND i Kina.

ETZ, god. 114 (1993), br. 4

Mrk.

UDIO NUKLEARNE ENERGIJE U EZ PORASTAO

Proizvodnja električne energije u 130 nuklearnih elektrana zemalja Europske zajednice porasla je u prvom polugodištu 1992. za 4%. Time energija iz nuklearki ima udio od 35% u ukupnoj proizvodnji od 902 milijardi kWh. Nuklearne elektrane u Francuskoj, u 57 blokova, daju 73% u zemlji proizvedene električne energije. U Belgiji 62% (7 blokova), u Španjolskoj 34% (9 blokova). Njemačka je na četvrtom mjestu zemalja EZ s udjelom 32% (21 blok), a zatim Velika Britanija s udjelom 24% u 34 nuklearna bloka.

ETZ, god. 114 (1993), br. 6

Mrk.

ISTRAŽIVANJA SUPRAVODLJIVIH MATERIJALA

U svijetu se provode vrlo intenzivna istraživanja visokotemperaturnih supravodljivih materijala (to su materijali čija kritična temperatura supravodljivosti iznosi 80 K ili više), kako bi se mogli primijeniti u elektrotehnici.
U Njemačkoj (BASF AG, Ludwigshafen) u tijeku su istraživanja kako bi se supravodljivi keramički materijal, koji se sastoji od oksida, itrija, barija i bakra, učinio što prikladnijim za izradu različitih namota. Pravi se mješavina kristaličnih vlakana spomenutog materijala i polimernih smola, pa se to ekstrudiranjem vuče u vlakna. Materijal se može visoko strujno opteretiti da u magnetskom polju od 8 T još ostane supravodljiv. Za dalja istraživanja predviđena je svota od 325 000 USD i američka pomoć od Department of Energy. Japancima je uspjelo razviti itrijski materijal koji podnosi opterećenje od 12 kA/cm^2 uz kritičnu temperaturu 90 K. Do sada su te vrijednosti iznosile 7 kA do 10 kA, kod 77 do 80 K. Smatra se da će se u skoroj budućnosti moći razviti supravodljivi materijal za opteretivost od 20 kA, u magnetskom polju od 1 T i uz kritičnu temperaturu 80 K.

ETZ, god. 114 (1993), br. 5

Mrk.

DRŽAVE ZND ŽELE VLASTITO UDRUŽENJE ZA NAFTU

Države bivšeg SSSR-a Rusija, Kazakstan i Azerbeidžan žele stvoriti organizaciju sličnu OPEC kako bi koordinirale proizvodnju, izvoz i cijene nafte. Kazakstan, prema riječima predsjednika Nursultana Navarbajeva, planira u 1993. proizvodnju nafte od 29 milijuna tona, koja bi se do 2020. povećala na 70 milijuna tona. U Rusiji se očekuje proizvodnja 370 milijuna tona.

ETZ, god. 114 (1993), br. 6

Mrk.

NOVE NUKLEARKE U RUSIJI

Prema izjavi ruskog ministra Viktora Mihajlova Rusija će do godine 2010. izgraditi još 23 nuklearne elektrane. Time će udio električne energije proizveden u nuklearkama iznositi 50%.

ETZ, god. 114 (1993), br. 6

Mrk.

SURADNJA PODUZEĆA ABB I PBS

ABB (Asea Brown Boveri) osnovat će s poznatom češkom tvrtkom PBS (Prva brnenska stroirna-Brno) novu tvrtku ABB-PBS na načelu Joint-Venture; gdje će ABB imati udio od 67%. PBS je najjača tvrtka u Češkoj za proizvodnju opreme industrijskih i elektroprivrednih elektrana s 4 000 radnika. »Know-how« bit će glavni doprinos ABB novoj organizaciji.

ETZ, god. 114 (1993), br. 6

Mrk.

»CRNO ZLATO« U BROJKAMA

Unatoč drastičnom padu proizvodnje zemlje bivšeg SSSR-a zadržale su prvo mjesto na listi svjetskih proizvođača nafte. Proizvodnja je 1988. iznosila 624 milijuna tona, da bi se 1991. smanjila na 515 milijuna tona, a sljedeće se godine smanjila još za 15%, tj. na 450 milijuna tona. Prema proizvodnji druga je Saudijska Arabija sa 420 milijuna tona, a treća SAD sa 411 milijuna tona. S mnogo nižom proizvodnjom slijede Iran (173 milijuna tona), Meksiko (155 milijuna tona) i Kina (142 milijuna tona). Norveška je najveći europski proizvođač nafte (106 milijuna tona) i na 9. je mjestu, a Velika Britanija (94 milijuna tona) na 12. Kuvajt, gdje su bila velika ratna razaranja, na 16. je mjestu s proizvedenih 54 milijuna tona.

ETZ, god. 114 (1993), br. 7/8

Mrk.

ELEKTROINDUSTRIJA U EZ, SAD I JAPANU

Prema podacima statističkog ureda EZ u Bruxellesu, elektroindustrija tih zemalja nazadovala je u 1992. godini za 3,6% prema prethodnoj godini. Naprotiv, u SAD porasla je za 1,6%.

U Japanu se također smanjila proizvodnja elektroindustrije za 7%. Uzimajući za bazu 1985. godinu, proizvodni indeks u lipnju 1992. iznosio je u EZ 115,5, SAD 119,3, a u Japanu 148,9. U pojedinim zemljama EZ razvijala se proizvodnja elektroindustrije vrlo različito. Dok je u Irskoj zabilježen porast od 14,3%, u Belgiji je pad bio 7,4%, a u Velikoj Britaniji 7,7%. U Francuskoj je pad iznosio 3,1%, a Njemačka je stagnirala.

ETZ, god. 114 (1993), br. 7/8

Mrk.

POVEĆANJE BROJA TOPLINSKIH PUMPI U ŠVICARSKOJ

Prema Švicarskom razvojnom programu »Energie 2000« trebalo bi u sljedećih 8 godina povećati broj toplinskih pumpi od sadašnjih 30 000 na 130 000. Pri tome se pretpostavlja da će uređaji raditi besprijekorno, da neće praviti smetnje u električnoj mreži i da će snaga biti garantirana. Da se pak utvrdi kako će navedeni kriteriji biti ispunjeni i utvrde ostale karakteristike Švicarski savezni ured za energetsko gospodarstvo, Sjevernošvicarske elektrane i Elektrana kantona Zürich i grada Züricha osnovale su ispitni centar za toplinske pumpe.

U Austriji je, na primjer, ugradnja tih uređaja tekla bez posebnog plana i stimulacije, već nakon naftne krize, pa je potkraj 1992. bilo u pogonu 111 500 toplinskih pumpi.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 5

Mrk.

ELEKTROAUTO I ZAGAĐENJE ZRAKA

Tvrtka General Motors izradila je ispitni model elektroautomobila. Vozilo ima bateriju tešku 400 kg, može razviti brzinu 100 km/h, a doseg mu je 130 km. Baterije se mogu napuniti iz mreže noću. No utjecaj elektrocentra na zagađenje zraka bitno ovisi o vrsti elektrane koja napaja električnu mrežu. Ako struja dolazi iz elektrane na ugljen, ukupno zagađenje zraka elektrovozila veće je od zagađenja vozila klasičnim benzinskim motorom. Na putnoj udaljenosti od 1 km emisija ugljik-dioksida iznosi 100 g/km, dok klasični pogon na benzin emitira samo 85 g/km. Što se pak tiče sumpor-dioksida, klasični pogon emitira tek trećinu ovog štetnog plina u usporedbi s elektrovozilom. U ovom slučaju prednost je benzinskog motora i glede izbacivanja dušičnih oksida. Posve je različito napaja li se mreža iz hidroelektrana ili elektrana na zemni plin. Tu je ekološka prednost elektroauta vrlo velika.

ÖZE, god. 48 (1993), br. 5

Mrk.

UREĐAJI ZA STALNU KONTROLU ONEČIŠĆENJA VODA

Tvrtka Siemens razvila je uređaj za stalnu kontrolu vode rijeka i jezera. Uređaj evidentira zagađenje, šalje podatke i alarmira centar za zaštitu o graničnim vrijednostima zagađenja na koje je podešen. Izgrađena su dva slična tipa. Mjerni uređaj Shelock predviđen je za smještaj uz obalu, a Merlin, kao plutača podalje od obale. Održavanje je jednostavno, a pogonske su baterije vrlo fleksibilne i lako se mijenjaju. Da se štede baterije, moguće je uređaj udesiti tako da emitira podatke samo uz nalog iz centra. Zbog jednostavnog transporta sve su komponente integrirane u jednom kućištu.

ÖZE, god. 46 (1993), br. 5

Mrk.

NUKLEARNE ELEKTRANE U SVIJETU

U jesen 1992. godine radilo je za električnu mrežu u svijetu ukupno 417 nuklearnih elektrana snage 346 GW. Najveći udio otpada na SAD koje imaju 110 nuklearnih reaktora s više od 105 GW. Ta snaga predstavlja 30% ukupno u svijetu instalirane snage u nuklearnim elektranama, koje, međutim, pokrivaju samo 22% potreba SAD. Francuska raspolaže s 56 nuklearki snage 60,2 GW i time pokriva 73% svog potroška električne energije. Na trećem je mjestu bivši SSSR. Danas te elektrane pripadaju pojedinim zemljama nasljed-

nicama. Snaga nuklearki u Rusiji od 20,5 GW dolazi iza snage u Japanu (33,4 GW) i Saveznoj Republici Njemačkoj (23,8 GW). Na šestom je mjestu Velika Britanija (14,6 GW), zatim Kanada (13,9 GW), pa Ukrajina (12,8 GW).

ETZ, god. 114 (1993), br. 9

Mrk.

U ZEMLJAMA EZ SMANJUJE SE PROIZVODNJA UGLJENA

Proizvodnja ugljena u zemljama EZ iznosila je 1992. godine 184,4 milijuna tona, a to je prema 1991. pad za 9 milijuna tona. Statistički ured EZ u Bruxellesu svodi pad na povećanje uvoza ugljena iz trećih zemalja. Taj je uvoz porastao od 6 milijuna tona na 138 milijuna tona. Godine 1992. stajala je 1 tona inozemnog ekvivalentnog ugljena 83 DEM, a to je 7% manje nego 1991. Naprotiv, cijena rurskog ugljena porasla je za 4%, tj. na 284 DEM. U ugljenu zemalja EZ leži energija od 47,6 milijardi tona ekvivalentnog ugljena, a to je 91% svju energetskih rezerva Zajednice. Zemni plin čini daljih 7%, a nafta 2%.

ETZ, god. 114 (1993), br. 9

Mrk.

NAFTOVOD IZ SREDNJE AZIJE NA SREDOZEMLJE

Turska i Azerbeidžan ugovorili su gradnju naftovoda dugog 1 060 km, kojim bi se od 1996. morala prenositi nafta iz Bakua u Sredozemlje. Time će se omogućiti da nafta iz srednje Azije dođe na svjetsko tržište. Projekt se procjenjuje na 1,4 milijarde USD, a za gradnju je opunomoćen međunarodni konzorcij.

ETZ, god. 114 (1993), br. 9

Mrk.

NJEMAČKO RUSKA SURADNJA U ELEKTROPRIVREDI

Ministri energetike 11 zemalja Zajednice nezavisnih država dogovorili su se o suradnji u području proizvodnje električne energije s njemačkim tvrtkama Veba AG, Preussen-Elektra AG, Siemens AG, Beyernwerk AG i Viog AG. Svrha je postizanje ekonomične i ekološki povoljne proizvodnje struje i postupno priključenje gospodarstva gorivom i strujom država ZND europskom tržištu. Za ostvarenje tog plana strane ugovornice nude svoje opsežno tehničko-znanstveno iskustvo.

ETZ, god. 114 (1993), br. 10

Mrk.

AUTOBUSNA STANICA OSVIJETLJENA SOLARNOM ENERGIJOM

U Hagenu (Njemačka) kućica autobusne čekaonice noću je osvijetljena sunčanom energijom. Na krovu kućice ugrađene su solarne baterije s pripadnom elektronikom, koje s naponom od 12 V napajaju akumulatorsku bateriju. Uređaj s instalacijom, bez kućice, stajao je 14 000 DEM. S uređajem se želi ispitati primjenljivost u području Srednje Europe, uvjete okoliša, korozije, zagađenja i vremenskih prilika. Primjena dolazi u prvome redu u obzir tamo gdje je priključak na javnu mrežu skup.

ETZ, god. 114 (1993), br. 10

Mrk.

NAJMANJI ROBOT NA SVIJETU

Japanska tvrtka Seiko Epson Co. konstruirala je najmanji robot-uređaj na svijetu. Volumen mu je samo 1,5 cm^3. Uređaj će ponajprije biti ugrađen u kvarcne satove. Izrađen je od čistog srebra, opremljen optičkim senzorom. Ovaj mikrostroj može otkriti izvor svjetla i pokrenuti se prema njemu brzinom 15 mm/s. Predviđa se buduća primjena u medicini. Cijena je mikrostroja 430 USD, a ugrađivat će se za sada u japanske igračke.

ETZ, god. 114 (1993), br. 10

Mrk.

INSTITUT ZA ELEKTROPRIVREDU I ENERGETIKU d.d. | ENERGY INSTITUTE Ltd.

H R V A T S K A | C R O A T I A

ZNAČAJNIJI RADOVI
1953 — 1993

ELEKTROENERGETSKI SISTEMI

Voditelj djelatnosti
mr. DAMIR PEŠUT, dipl. ing.

J. JERIĆ: »Perspektivno planiranje potrošnje i proizvodnje električne energije«, 1952.

H. POŽAR: »Praktična upotreba konzumnog okvira za izradbu energetskih bilanca«, 1952.

H. POŽAR: »Ekonomična raspodjela opterećenja u elektroenergetskom sistemu«, 1953.

H. POŽAR: »Određivanje optimalnog volumena akumulacije temeljnih hidroelektrana«, 1954.

H. POŽAR: »Veličina izgradnje vršnih hidroelektrana«, 1954.

J. JERIĆ: »Pokriće porasta konzuma električne energije u elektroenergetskom sistemu«, 1955.

H. POŽAR: »Stanje i razvoj elektrifikacije naselja i domaćinstava u NR Hrvatskoj«, 1955.

J. JERIĆ: »Matematičko-statističke metode u službi elektroprivrede«, 1956.

M. FEUERBACH: »Statistički podaci o strukturi potrošnje i specifična potrošnja električne energije«, 1957.

B. FILIPOVIĆ: »Tarifna kalkulaciona metoda za jedinstveni tarifni sistem električne energije«, 1957.

J. JERIĆ, J. KEGLEVIĆ: »Perspektivna opskrba šireg područja grada Zagreba električnom energijom za domaćinstvo, obrt i industriju«, 1959.

M. LESKOVAR: »Pumpne hidroelektrane i veličina izgradnje akumulacijskih elektrana«, 1959.

H. POŽAR: »Moguća proizvodnja HE Jugoslavije«, 1959.

H. POŽAR: »Moguća proizvodnja hidroelektrana u Hrvatskoj I. i II. dio«, 1960.

H. POŽAR: »Vrijednost gubitaka u dalekovodima i transformatorima«, 1960.

M. BALLING: »Specifična potrošnja topline za grijanje prostorija«, 1961.

B. UDOVIČIĆ: »Aproksimacija krivulje trajanja opterećenja trima pravcima«, 1962.

H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ: »Vrijednosti gubitaka prijenosa u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije«, 1964.

J. JERIĆ: »Rezerve u termoelektranama s obzirom na veličine jedinica u Jugoslaviji«, 1964.

H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ: »Problem veličine agregata u termoelektranama elektroenergetskog sistema Jugoslavije«, 1965.

B. FILIPOVIĆ: »Elektroenergetsko bilanciranje i određivanje troškova goriva na digitalnom računskom stroju«, 1966.

J. KEGLEVIĆ: »Dijagram toka računanja za određivanje moguće proizvodnje akum. HE s promjenjivim padom na digitalnom računskom stroju«, 1966.

H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ: »Uklapanje nuklearne elektrane u elektroenergetski sistem SR Hrvatske«, 1968.

H. POŽAR, J. KEGLEVIĆ: »Metoda za određivanje raspodjele opterećenja među elektranama u elektroenergetskom sistemu HE i TE«, 1968.

H. POŽAR, I. ČAUŠ, P. BODLOVIĆ: »Korištenje akumulacionih bazena hidroelektrana u okviru elektroenergetskog sistema Hrvatske«, 1968.

P. BODLOVIĆ: »Program za optimalnu raspodjelu opterećenja na računalu IBM 1130«, 1969.

H. POŽAR, P. BODLOVIĆ, B. UDOVIČIĆ: »Utjecaj veličine agregata na sigurnost opskrbe potrošača u zapadnom dijelu Jugoslavije (I. dio)«, 1970.

H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ, B. ČULO, B. KALAN: »Pokusna primjena metode za određivanje optimalne energetske strukture na području SR Hrvatske«, 1972.

H. POŽAR: »Metoda za određivanje optimalne energetske strukture«, 1972.

H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ, Z. FRAJMAN: »Dugoročna projekcija razvoja elektroprivrede SR Hrvatske i neke varijante izgradnje elektrana«, 1975.

H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ, I. ŠIMURINA: »Energetske bilance SR Hrvatske«, 1977.

B. UDOVIČIĆ, G. GRANIĆ, J. KEGLEVIĆ, H. POŽAR, B. KALAN: »Osnovni elaborat metodologije za izradu elektroenergetske bilance«, 1977.

S. ALERIĆ, D. ČORAK, Đ. HATIĆ, M. MAGDIĆ, N. MALBAŠA, B. UDOVIČIĆ: »Razvoj elektroenergetike u Slavoniji i Baranji do 2000. godine«, 1979.

H. POŽAR, B. TOCIGL, B. UDOVIČIĆ, Z. FRAJMAN, N. KREŠIĆ: »Osnovni principi tarifnog sistema za prodaju električne energije«, 1979.

G. GRANIĆ, M. ZELJKO: »Praktično korištenje sezonskih akumulacijskih bazena«, 1979.

H. POŽAR, D. PEŠUT, B. VUK: »Studija jedinstvene metodologije za izradu energetske bilance i izbora optimalne strukture«, 1979.

Z. MILONJA, H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ: »Društveno-ekonomski odnosi u elektroprivredi Hrvatske«, 1980.

J. LAKOTA: »Sigurnosno rješenje i rješenja sistema zaštite PWR reaktora FRAMATOM«, 1980.

B. BENGERI, G. GRANIĆ, N. PLAVEC: »Planiranje eksploatacije EES-SRH«, 1980.

H. POŽAR, B. VUK, N. BILČAR: »Dugoročni razvoj energetike u SR Hrvatskoj do 2000. godine«, 1981.

M. MAGDIĆ, L. STANIČIĆ: »Analiza troškova izgradnje nuklearnih elektrana«, 1981.

J. TOPIĆ: »Metodologija za određivanje gubitaka energije u prijenosnim mrežama«, 1981.

H. POŽAR, S. ALERIĆ, N. KOMERIČKI, I. POSAVEC: »Osnove za tarifni sistem u elektroenergetskom sistemu Srbije bez pokrajina«, 1981.

G. GRANIĆ, N. KOMERIČKI: »Optimizacija izgradnje elektroenergetskog sustava«, 1981.

Z. MILONJA, S. JURIŠIĆ, N. HRUŠKA, N. KOMERIČKI: »Proračun prosječne prodajne cijene električne energije elektroprivrednog sistema Hrvatske za razdoblje 1981 – 1985. godine«, 1981.

G. GRANIĆ, S. ALERIĆ, N. KOMERIČKI: »Osnove dugoročnog plana razvoja elektroprivrede Hrvatske za razdoblje 1985 – 2000. godine«, 1981.

M. MAGDIĆ: »Ekonomska obrada investicijske dokumentacije elektrana«, 1982.

D. PEŠUT: »Izrada programa za predviđanje dnevnog dijagrama opterećenja«, 1983.

L. STANIČIĆ: »Udio električne energije u ukupnom prihodu i troškovima grupacija, grana i privrednih oblasti i utjecaj na stvaranje bruto proizvoda i dohotka društvene privrede, odnosno na troškove života u SR Hrvatskoj u razdoblju od 1976. do 1980. godine«, 1983.

J. TOPIĆ: »Rad elektroenergetskog sistema Hrvatske u izvanrednim uvjetima — rad u otočnom pogonu«, 1983.

M. ZELJKO, G. GRANIĆ: »Tjedne karakteristike potrošnje električne energije«, 1983.

G. GRANIĆ, B. UDOVIČIĆ, S. ALERIĆ, N. BILČAR, Z. FRAJMAN, M. ZELJKO: »Izgradnja tarifnog sistema u elektroprivredi Hrvatske«, 1983.

H. POŽAR, N. BILČAR, B. VUK, G. GRANIĆ, I. ŠIMURINA: »Koncepcija i dugoročni razvoj energetike u SR Hrvatskoj«, 1983.

N. BILČAR, B. VUK, I. ŠIMURINA, J. BUNJEVČEVIĆ: »Energetika ZO Rijeka — dosadašnji razvoj«, 1984.

B. VUK: »Studija za razvoj energetike u SRH u periodu 1986 – 2005. godine«, 1984.

M. MAGDIĆ: »Primjena metode novčanih tokova za ocjenu ekonomske uspješnosti elektrana prilikom planiranja njihove izgradnje«, 1985.

J. TOPIĆ: »Problematika gubitaka električne energije u prijenosnoj i distributivnim mrežama Jugoslavije«, 1985.

N. BILČAR, B. VUK, M. MAGDIĆ, I. ŠIMURINA, J. BUNJEVČEVIĆ: »Mogućnost i opravdanost zamjene tekućeg goriva alternativnim domaćim gorivima u SR Hrvatskoj«, 1985.

N. BILČAR, J. BUNJEVČEVIĆ, G. GRANIĆ, Z. HILL, M. MAGDIĆ, L. STANIČIĆ, I. ŠIMURINA, B. VUK: »Podloge i postupci određivanja racionalne politike cijena energije«, 1985.

D. PEŠUT: »Kriteriji za određivanje pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom«, 1985.

B. VUK, N. BILČAR, J. TOPIĆ, I. ŠIMURINA, M. ZELJKO, J. BUNJEVČEVIĆ: »Razvoj energetike Slavonije i Baranje do 2000. godine«, 1986.

G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Metoda za izradu elektroenergetske bilance«, 1986.

S. ALERIĆ, M. ZELJKO, D. TOMAŠIĆ: »Izbor najpovoljnijih kota akumulacijskih bazena s osnova mogućnosti elektrana, frekvencije i intenziteta vodova kao i uloge elektrana u sistemu«, 1986.

M. KLEPO: »Metoda za izradu godišnje bilance — predviđanje potrošnje električne energije za potrebe godišnje bilance«, 1986.

D. PEŠUT, I. ŠIMURINA: »Struktura potrošnje električne energije i projekcija do 2020. godine«, 1986.

N. BILČAR, M. BRADARIĆ, L. STANIČIĆ, S. ALERIĆ, N. KOMERIČKI, J. BUNJEVČEVIĆ, I. POSAVEC: »Analiza mogućnosti razvoja elektroprivrede SRH do 2000. godine s osvrtom na 2010. godinu«, 1986.

B. UDOVIČIĆ: »Energija, izvori i pretvorba energije, energetske bilance, energija, društvo i okolina«, 1986.

B. VUK, I. ŠIMURINA, N. BILČAR: »Dosadašnji razvitak opskrbe potrošača energijom u SR Hrvatskoj, energetska bilanca za 1986. godinu i projekcija razvoja do 1990. godine«, 1986.

J. TOPIĆ, D. PEŠUT, L. STANIČIĆ, I. ŠIMURINA: »Analiza potrošnje energije u domaćinstvima«, 1987.

B. VUK, N. BILČAR, I. ŠIMURINA: »Efikasnost korištenja energije u industriji«, 1987.

G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Metode za izbor optimalnog redoslijeda izgradnje u petogodišnjem planu razvoja«, 1987.

N. BILČAR, S. ALERIĆ, M. MAGDIĆ, N. KOMERIČKI, I. POSAVEC: »Vrednovanje elektroenergetskih objekata u SR Makedoniji«, 1988.

S. ALERIĆ, N. KOMERIČKI, I. POSAVEC: »Određivanje moguće proizvodnje i troškova izgradnje novih hidroelektrana te njihov bonitet u elektroenergetskom sistemu Hrvatske«, 1989.

B. JELAVIĆ, M. KLEPO, D. TOMAŠIĆ, M. ZELJKO: »Srednjoročno planiranje eksploatacije EES-a«, 1989.

M. KLEPO, M. BRADARIĆ, M. ZELJKO, D. TOMAŠIĆ: »Uvođenje programskog paketa za godišnju elektroenergetsku bilancu«, 1989.

B. VUK, N. BILČAR, D. PEŠUT, I. ŠIMURINA: »Dugoročni razvoj energetike u Hrvatskoj«, 1990.

S. ALERIĆ, N. BILČAR, M. BRADARIĆ, M. MORIĆ, I. POSAVEC, N. KOMERIČKI, J. BUNJEVČEVIĆ: »Određivanje adekvatne (istovremene) nabavne vrijednosti hidroelektrana i termoelektrana«, 1990.

L. STANIČIĆ, L. JURIŠIĆ, N. JANDRILOVIĆ: »Ekonomske podloge organizacije poduzeća distribucije na području Hrvatske«, 1990.

M. MAGDIĆ, F. KLEČINA: »Baza podataka novčanih tokova za energetsko-ekonomsko vrednovanje elektrana«, 1990.

J. TOPIĆ, N. BILČAR, S. JURIŠIĆ: »Tarifni sustav za prodaju električne energije«, 1991.

F. KLEČINA, M. KLEPO: »Baza podataka elektroenergetskog sistema«, 1991.

B. VUK: »Energetske bilance Hrvatske 1988 – 1990«, 1991.

G. GRANIĆ i ostali: »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede«, 1992.

S. ALERIĆ, M. MAGDIĆ: »Cijena električne energije u malim hidroelektranama«, 1993.

J. TOPIĆ, S. JURIŠIĆ: »Tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u distribuciji s principima formiranja cijena plina za direktne industrijske potrošače, proizvodnju električne energije i sirovinsku potrošnju«, 1993.

RAZDJELNE MREŽE

Voditelj djelatnosti
dr. IVO HRS, dipl. ing.

M. DOKMANIĆ: »Pitanje standardizacije napona 30 ili 35 kV u našoj zemlji«, 1952.

M. BALLING: »Tendencija razvoja snaga kratkog spoja u našim distributivnim mrežama«, 1960.

I. JANIĆ: »Potreba i problematika uvođenja međunapona 20 kV i 60 kV ljestvici standardnih napona distributivne mreže«, 1965.

V. ŠTENGL: »Regulacija napona u distributivnim mrežama«, 1966.

B. TILIĆ: »Metodologija operativnih istraživanja i analiza gubitaka energije u distributivnoj mreži«, 1969.

V. ŠTENGL: »Analiza energetskih karakteristika kućanstava u gradu Puli«, 1970.

N. VAGIĆ: »Kompenzacija jalovih snaga u elektročnoj mreži na području TS 110/35 kV 'Krasica', 1975.

V. HART: »Usporedba pogonske sigurnosti sistema 110/35/10 kV sa sistemima 110/20 kV (Regionalna mreža Zagreb)«, 1975.

I. ČAUŠ, J. BUNJEVČEVIĆ: »Sistem programa za kvantifikaciju šteta kod potrošača reprezentanata zbog prekida dobave električne energije«, 1975.

I. ČAUŠ: »Određivanje veličine i mjesta kompenzacije jalove energije u distributivnim električnim mrežama«, 1981.

R. SCHENNER, S. ŽUTOBRADIĆ, R. ŠIMUNEC: »Metode analize globalnog konzuma na nivou elektrodistributivne mreže«, 1978.

D. BALDASARI, M. RIMAC, K. MEHIČIĆ: »Program elektrifikacije neelektrificiranih naselja i područja SR Hrvatske«, 1979.

E. MIHALEK: »Racionalizacija potrošnje električne energije — Podloge za provedbu racionalizacije u području razdiobe i potrošnje električne energije«, 1979.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ: »Metodologija vođenja i korištenja podataka na razini ZEOH-a iz djelatnosti distribucije«, 1980.

R. SCHENNER, R. ŠIMUNEC: »Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba«, 1980.

R. SCHENNER, R. ŠIMUNEC: »Tipizacija opreme transformatorske stanice 10 (20)/0,4 kV«, 1980.

E. MIHALEK, J. MOSER, K. MEHIČIĆ: »Metoda za određivanje standardnih i ugovornih uvjeta opskrbe potrošača električnom energijom«, 1980.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ: »Optimiranje struje jednopolnog kratkog spoja u mrežama uzemljenim preko maloomskog otpornika s obzirom na očekivane uvjete građenja«, 1981.

E. MIHALEK, J. MOSER, K. MEHIČIĆ: »Kategorizacija distributivnih potrošača obzirom na kriterij pogonske sigurnosti opskrbe električnom energijom,« 1981.

I. ČAUŠ, K. MEHIČIĆ: »Registriranje i obrada podataka o pogonskim događajima u svrhu održavanja, planiranja i upravljanja distributivnim mrežama«, 1981.

M. PUHARIĆ: »Izbor optimalnih osnovnih parametara i grupe spoja distributivnih transformatora 110/10 i 110/20 kV u gradskim i pokrajinskim mrežama«, 1982.

E. MIHALEK, J. MOSER, K. MEHIČIĆ: »Perspektivni naponski sustav u elektrodistributivnoj mreži SR Hrvatske«, 1982.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ, A. ŠALER, i ostali: »Relejna zaštita električne mreže grada Zagreba«, 1983.

E. MIHALEK, Ž. RAJIĆ: »Osigurači u mreži niskog napona — efekti zaštite i zadovoljavanje uvjeta nulovanja«, 1984.

E. MIHALEK: »Program dugoročnog razvoja i tipizacije elemenata distributivne električne mreže s procjenom ekonomskih efekata do 2000. g.«, 1986.

M. PUHARIĆ: »Terećenje energetskih uljnih transformatora«, 1985.

R. SCHENNER: »Osnovno rješenje 110-35 (10) kV električne mreže 'Elektrodalmacije' Split — područje PES-a Split«, 1985.

S. ŽUTOBRADIĆ: »Dimenzioniranje uzemljivača — impulsne karakteristike i program za proračun udarnog otpora«, 1985.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ: »Istraživanje i izbor sistema, zaštite u mreži niskog napona i kod potrošača s elementima za elektroenergetsku suglasnost«, 1985.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ: »Rad pod naponom«, 1986.

Z. KOVAČEVIĆ, R. SCHENNER: »Osnovno rješenje temeljne perspektivne električne mreže jadranskih otoka sa procjenom potrebne izgradnje mreže donjeg napona«, 1986.

S. ŽUTOBRADIĆ: »Ekonomska opravdanost uzemljenja zvjezdišta SN mreže u uvjetima lošeg specifičnog otpora tla s obzirom na nulovanje kao zaštitnu mjeru na niskom naponu«, 1986.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ, S. ŽUTOBRADIĆ: »Interaktivni program za proračun podešenja distantne zaštite«, 1986.

M. RIMAC, S. ŽUTOBRADIĆ: »Razvoj informacijskog sistema RO 'Elektroistra' Pula«, 1986.

S. ŽUTOBRADIĆ, B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ: »Izbor načina uzemljenja neutralne točke u mrežama srednjeg napona«, 1987.

D. BALDASARI i suradnici: »Prijedlog jedinstvene metodologije određivanja perspektivnog planskog razvoja distributivne mreže po OOUR-ima distribucije u Hrvatskoj«, 1988.

D. BALDASARI, Ž. RAJIĆ: »Uvođenje tehničkog informacijskog sustava u poslovanje 'Elektrodalmacije', OOUR 'Distribucija' Split«, 1988.

Ž. RAJIĆ, D. BALDASARI: »Kompenzacija jalove snage i utjecaj viših harmonika u elektrodistributivnoj mreži grada Zagreba«, 1988.

E. MIHALEK, D. BALDASARI, S. ŽUTOBRADIĆ: »Upute za projektiranje distributivnih nn mreža«, 1988.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ, S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER: »Upravljanje 110 kV mrežom grada Zagreba«, 1988.

Ž. RAJIĆ i suradnici: »Kompenzacija jalovih snaga u električnoj mreži OOUR-a 'Distribucija' Split«, 1989.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ, L. WAGMANN: »Proračun distantne zaštite i instaliranje programa DISTANZ na PC računalu«, 1990.

B. FILIPOVIĆ-GRČIĆ, D. KARAVIDOVIĆ i suradnici: »Zaštita od uzdužnih i visokoomskih zemljospojeva u mrežama srednjeg napona«, 1990.

S. ŽUTOBRADIĆ, L. DELBIANCO: »Koordinacija izolacije prilikom izgradnje distributivnih srednjonaponskih mreža«, 1990.

S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER, D. BALDASARI: »Dugoročni razvoj distributivne djelatnosti u Hrvatskoj do 2000. s projekcijom do 2005. godine«, 1990.

Ž. RAJIĆ: »Razvoj modela i metoda za optimalno planiranje srednjonaponskih distributivnih mreža (dio makroprojekta 'Planiranje razvoja elektroenergetskog sistema')«, 1991.

S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER: »Strategija sanacije i razvoja distribucijske mreže Hrvatske«, 1992.

S. ŽUTOBRADIĆ, R. ŠIMUNEC: »Idejni projekt tehničko-informacijskog sustava (TIS) distribucijske djelatnosti Hrvatske«, 1992.

E. MIHALEK, M. RIMAC: »Izbor i tipizacija optimalnih parametara energetskih distributivnih transformatora«, 1992.

E. MIHALEK, M. RIMAC: »Koordinacija gubitaka napona u niskonaponskim mrežama«, 1992.

I. HRS, V. KOMEN, V. ILIJANIĆ: »Tehnoekonomska opravdanost uvođenja metaloksidnih odvodnika prenapona u distributivne mreže«, 1992.

Ž. RAJIĆ, L. WAGMANN: »Programski paket za tehnoekonomsku analizu konfiguracija srednjonaponskih distribucijskih mreža«, 1993.

S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER: »Uvođenje napona 20 kV u distribucijsku mrežu Hrvatske s posebnim osvrtom na sanaciju ratom oštećenih postrojenja«, 1993.

S. ŽUTOBRADIĆ, I. HRS, V. ŠIMUNOVIĆ: »Alternativni način uzemljenja zvjezdišta u uvjetima visokog specifičnog otpora tla«, 1993.

S. ŽUTOBRADIĆ, D. BALDASARI, K. MEHIČIĆ, R. ŠIMUNEC: »TIS — Baza tehničkih podataka distribucijske djelatnosti« (posao kontinuiteta)

HIDROTEHNIČKI SISTEMI

Voditelj djelatnosti
mr. MLADEN PETRIČEC, dipl. ing.

M. ZELIĆ i suradnici: »Izvještaji o tehničkim promatranjima hidroelektrana (HE Varaždin od 1979. godine i HE Dubrava od početka eksploatacije)«

M. PETRIČEC, B. ŠTAJER: »NE Slavonija, prethodna istraživanja za izbor lokacije – hidrološka obrada Dunava i koncepcija rješenja dijela rashladnog sustava«, 1981.

N. ŠIMUNDIĆ, Đ. HATIĆ i suradnici: »Osnovni projekt vodoprivrednog rješenja i energetskog iskorištenja rijeke Mure na dionici od Gibine do ušća u Dravu«, 1982.

M. PETRIČEC, LJ. ALEKSIĆ, I. PAVIĆ: »Analiza malih i srednjih voda Dunava na profilu NE Slavonija«, 1983.

M. PETRIČEC, K. PLANTIĆ: »Određivanje posljedica uslijed iznenadnog rušenja brane 'Borovik'«, 1983.

Đ. HATIĆ, I. PAVIĆ, K. KLAK: »Hidrološka studija i rješenje odvodnje desnoobalnih pritoka Drave«, 1983.

H. KUNAJ, N. MALBAŠA, B. ŠTAJER, M. PETRIČEC: »Optimalna izvedba hladnog kraja NE Prevlaka«, 1983.

K. PLANTIĆ: »Određivanje posljedica i način uzbunjivanja u slučaju iznenadnog rušenja obodnih nasipa akumulacije 'Pakra'«, 1984.

A. EISENREICH, B. ŠTAJER: »Karakteristike preferentne mikrolokacije za NE Slavonija s obzirom na izbor i osiguranje posljednjeg ponora topline«, 1984.

M. PETRIČEC, K. PLANTIĆ, I. PAVIĆ: »Analiza velikih voda Dunava za potrebe NE Slavonija«, 1985.

I. PAVIĆ, B. ŠTAJER: »Hidrološka studija sliva Kupe, knjiga 1 (Analiza koincidencije protoka Kupe i pritoka)«, 1985.

»Studija utjecaja Dunava na VS Osijek u izgrađenom i neizgrađenom stanju«, 1985.

H. KUNAJ, B. ŠTAJER: »Optimalna izvedba hladnog kraja NE Slavonija«, 1985.

B. ŠTAJER, I. PAVIĆ, M. PETRIČEC: »Idejno rješenje transporta topline od NE Prevlaka do CTS Zagreb (građevinski dio, hidraulika)«, 1986.

N. MALBAŠA, M. ZELIĆ: »Izbor lokacije za toplanu na ugljen na području grada Zagreba«, 1986.

M. PETRIČEC, M. MARTINOVIĆ: »Višenamjensko uređenje i korištenje voda u slivu Krke — gospodarsko-tehničke analize«, 1987.

K. PLANTIĆ, B. GREGUR: »Obrada podataka nultog stanja na području utjecaja HE Dubrava«, 1987.

M. ZELIĆ, LJ. ALEKSIĆ i suradnici: »TE-TO Zagreb — odlaganje šljake i pepela s transportom i izrada prijedloga za odlaganje«, 1987.

N. MALBAŠA, Z. KISIĆ, LJ. ALEKSIĆ i suradnici: »Izbor lokacije za termoelektranu na uvozni ugljen na području Dalmacije«, 1987.

I. PAVIĆ i suradnici: »Rješenje deponiranja ugljena na lokaciji TE-TO Zagreb«,1987.

B. ŠTAJER, K. KLAK, I. PAVIĆ, S. HRŠAK: »Idejno rješenje NE Slavonija«, 1987. (graditeljski dio)

N. MALBAŠA, B. ŠTAJER i suradnici: »Prethodna studija utjecaja na okolinu NE Slavonija«, 1987.

M. PETRIČEC, M. MARTINOVIĆ: »Višenamjensko uređenje i korištenje voda u slivu Zrmanje — gospodarsko-tehničke analize«, 1987.

K. PLANTIĆ, A. RUSSO, A. SEKSO: »Prijedlog optimiranja mreže meteoroloških opažanja za potrebe elektroprivrede Republike Hrvatske«, 1988.

M. PETRIČEC, S. ALERIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Energetsko iskorištenje retencije Čaprazlije u hidroenergetskom sistemu Cetine«, 1988.

M. PETRIČEC, K. PLANTIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Kompleksno uređenje sliva Kupe«, 1988.
— Vodni nivoi velikih voda
— Gospodarsko-tehničke analize i izbor rješenja

M. ZELIĆ, LJ. ALEKSIĆ i suradnici: »Prethodna studija utjecaja deponije šljake i pepela TE-TO Zagreb na okolinu«, 1988.

M. ZELIĆ, LJ. ALEKSIĆ i suradnici: »Program istražnih radova na području lokacije predviđene za deponiranje šljake i pepela«, 1988.

N. MALBAŠA, H. KUNAJ, LJ. ALEKSIĆ, B. ŠTAJER i suradnici: »Prethodna studija utjecaja TE Jertovec na okolinu«, 1988.

N. MALBAŠA, LJ. ALEKSIĆ, B. ŠTAJER i suradnici: »Prethodna studija utjecaja TE-TO Resnik na okolinu«, 1988.

K. PLANTIĆ, B. ŠTAJER: »Studija mogućnosti čišćenja Plominskog zaljeva i smanjenje daljnjeg zasipavanja nanosom«, 1988.

LJ. ALEKSIĆ, N. ŠIMUNDIĆ i suradnici: »Prethodna studija utjecaja VS Mursko Središće i VS Podturen na okolinu«, 1989.

M. ZELIĆ: »Analiza stanja osnovne opreme HE Peruća i mogućnosti povećanja snage — Pregled i ocjena stanja građevinskih objekata«, 1989.

I. PAVIĆ, LJ. ALEKSIĆ, M. ĐOKIĆ: »Proračun vodnih lica rijeke Drave«, 1990.

M. PETRIČEC, D. PEŠUT, D. MIHELJČIĆ i suradnici: »Osnove upravljanja hidroenergetskim sistemom sliva Cetine«, 1990.

LJ. ALEKSIĆ: »Mogućnost i način odlaganja gipsa iz PODP TE Plomin 2«, 1990.

K. PLANTIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Utjecaj izgradnje HE Dubrava na okolinu — stanje za vrijeme građenja i stvaranje osnove za tehnička promatranja HE Dubrava u pogonu«, 1990.

K. PLANTIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Analiza režima voda rijeke Dobre nizvodno od HE Lešće«, 1991.

LJ. ALEKSIĆ, I. PAVIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Hidrološko-hidraulička istraživanja režima rijeke Save od ušća Save Dolinke i Save Bohinjke do ušća Kupe — I faza«, 1991.

D. BIONDIĆ, M. PETRIČEC, M. MARTINOVIĆ: »Hidrološko-hidraulička istraživanja režima rijeke Save od ušća Save Dolinke i Save Bohinjke do ušća Kupe — II faza«, 1991.

K. PLANTIĆ: »Dokumentacija o posljedicama iznenadnog rušenja ili preljevanja brane HE Lešće«, 1991.

K. PLANTIĆ, D. BIONDIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Hidrološke analize za slivno područje Zagorske Mrežnice«, 1992.

D. BIONDIĆ, M. PETRIČEC: »Hidrološko prognoziranje dotoka sa slivnog područja rijeke Dravinje — Razvoj, kalibracija i verifikacija determinističkog hidrološkog konceptualnog modela 'NAM'«, 1992.

K. PLANTIĆ, N. ŠIMIČIĆ: »Razvoj sustava za hidrološko prognoziranje i upravljanje vodama na slivu HE Vinodol«, 1992.

K. PLANTIĆ, D. BIONDIĆ: »Hidrološke analize za slivno područje Zagorske Mrežnice«, 1992.

M. ĐOKIĆ, M. PETRIČEC: »Razvoj baze hidrometeoroloških podataka u slivu Cetine — I faza«, 1992.

M. ĐOKIĆ, M. PETRIČEC, I. PAVIĆ, D. BIONDIĆ: »Vodoprivrednoenergetski aspekti izgradnje i izbor najpovoljnijih parametara, te tipova agregata VES 'Lučica' i HE 'Barilović'«, 1992.

D. BIONDIĆ, M. PETRIČEC, M. MARTINOVIĆ: »Dokumentacija za određivanje posljedica uslijed iznenadnog rušenja ili preljevanja brane i nasipa HE Drenje — Istraživanja na matematičkim simulacijskim modelima«, 1992.

B. ŠTAJER, M. PETRIČEC: »Zbrinjavanje šljake i pepela iz TE loženih ugljenom na području grada Zagreba — Analitičko-dokumentacijska osnova za valorizaciju dosadašnjih istraživanja s planom nastavka kompleksnih istraživanja«, 1992.

I. PAVIĆ, K. PLANTIĆ: »Razvoj hidrološkog informacijskog sustava — banka hidroloških podataka za korištenje«, 1993.

K. PLANTIĆ, LJ. ALERIĆ, D. BIONDIĆ, M. MARTINOVIĆ: »Analiza režima i proračun energetskog doprinosa izgradnje retencije Drežničko polje«, 1993.

ZAVOD ZA VISOKI NAPON I PRIJENOSNE MREŽE

Voditelj djelatnosti
mr. DRAGUTIN MIHALIC,
dipl. ing.

B. MARKOVČIĆ: »Pogonske prilike na 110 kV mreže Vinodol... Zagreb«, 1952.

B. MARKOVČIĆ: »Razvoj istarsko-primorske mreže«, 1953.

B. MARKOVČIĆ: »Kružni dijagrami DV 110 kV u NRH«, 1954.

B. STEFANINI: »Dijagrami vodova vrlo visokog napona za svrhe planiranja«, 1955.

B. MARKOVČIĆ: »Mreža 110 i 220 kV u Jugoslaviji (1958 – 1970)«, 1956.

M. JUNG: »Proračun kratkog spoja u 110 i 220 kV mreži Jugoslavije«, 1960.

B. MARKOVČIĆ: »Primjena meteoroloških podataka o brzini vjetra kod projektiranja dalekovoda«, 1962.

B. MARKOVČIĆ: »Kompenzacija jalovih snaga u mreži Hrvatske«, 1962.

J. MUŽNY: »Otklanjanje grešaka diferencijalne zaštite«, 1962.

B. MARKOVČIĆ: »Zaštitno uže na vodovima 110 kV i 220 kV«, 1963.

B. MARKOVČIĆ: »Regulacioni transformator u elektroprivrednom sistemu«, 1963.

M. JUNG: »Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja u visokonaponskim mrežama SR Hrvatske«, 1963.

M. JUNG: »Utjecaj struja dozemnog spoja na TT linije kod uzemljenja mreža 30(35) kV preko niskoomskog otpora«, 1964.

B. UZELAC, J. MUŽNY: »Ispitivanje i metode mjerenja napona koraka i dodira kod stupova dalekovoda«, 1965.

M. JUNG: »Izokeraunička karta SR Hrvatske«, 1965.

B. MARKOVČIĆ, M. PLAPER, S. DESPOTOVIĆ: »Superponirana mreža Jugoslavije za 1973, 1975. i 1980.«, IE, Zagreb, EI »Nikola Tesla«, Beograd, 1968.

S. DESPOTOVIĆ, B. MARKOVČIĆ, M. PLAPER: »Metodologija izbora, vrste, veličine i lokacije kompenzacionih uređaja«, IE Zagreb, EI »Nikola Tesla«, Beograd, 1969.

M. JUNG: »Proračun kratkog spoja 110 i 220 kV mreže Hrvatske«, 1970.

A. SEKSO: »Metodologija proučavanja tranzijentnih pojava u prijenosnim sistemima«, 1973.

J. MUŽNY: »Mjerenje putujućih valova u kabelima uzrokovanih parcijalnim izbijanjem u izolaciji«, 1973.

A. SEKSO, E. HOFLER, M. CVETKOVIĆ i drugi: »Problematika i registracija pojava prenapona vanjskog i unutarnjeg porijekla u prijenosnoj mreži SFRJ«, 1973.

Z. TONKOVIĆ: »Preplitanje faza u prijenosnom 380 kV sistemu Jugoslavije«, 1974.

B. MARKOVČIĆ, Z. TONKOVIĆ: »Mreža SR Hrvatske za dalju perspektivu, orijentaciono za 1982. i 1990. godinu«, 1974.

M. JUNG, D. NEVEČEREL: »Kontrola koeficijenta uzemljenja«, 1974.

M. JUNG, D. NEVEČEREL: »Uzemljenje zvjezdišta mreže 30 (35) kV na području Elektre, Zagreb«, 1975.

D. NEVEČEREL: »Proračun električnih parametara nadzemnih vodova pomoću elektroničkog digitalnog računala«, 1976.

M. JUNG: »Proračun početnog kratkog spoja u mrežama 220 i 380 kV SR Hrvatske oko godine 1982«, 1976.

A. SEKSO, I. HRS: »Posolica na izolaciji vodova i postrojenja visokih napona«, 1976.

J. MUŽNY: »Primjena kabela AXHSHS 12/20 kV za napajanje RTV objekata na Biokovu«, 1978.

B. UZELAC, J. KUČAK: »Studija praćenja stanja izolacionog ulja u energetskim transformatorima«, IE, 1978.

D. NEVEČEREL: »Optimiranje elektroenergetskog sistema Hrvatske — proračun kratkog spoja«, 1978.

J. KUČAK: »Smjernice za ispitivanje i preuzimanje 10 (20) kV opreme rasklopnih postrojenja«, 1979.

A. SEKSO: »Iznošenje potencijala iz postrojenja visokog napona — Mjerenja iznesenih potencijala iz postrojenja prijenosnih mreža«, 1979.

M. JUNG, A. SEKSO, I. HRS, A. ŠALER: »Ispitivanje sklopnih prenapona i kratkih spojeva u mreži 400 kV (sjeverni potez: Maribor – Zagreb – Ernestinovo)«, 1979.

A. SEKSO: »Studij zagađenja v.n. izolacije u našim uvjetima i moguće zaštitne mjere«, 1980.

A. SEKSO, B. MARKOVČIĆ, Z. TONKOVIĆ: »Stabilnost elektroenergetskog sistema«, 1980.

Z. TONKOVIĆ: »Proučavanje nesimetrije napona i preplitanje faza u 380 kV sistemu Jugoslavije (za II fazu izgradnje)«, 1980.

B. MARKOVČIĆ, Z. TONKOVIĆ: »Prilike u prijenosnoj mreži 1982. s obzirom na ulazak u pogon NE Krško«, 1980.

J. KUČAK: »Izolatorski lanci 35 i 110 kV sa regulacijom iskrišta i staklenim izolatorima KT-120«, 1981.

M. JUNG, D. NEVEČEREL, I. DREZGA: »Uzemljenje zvjezdišta kabelskih mreža 10 kV grada Pule«, 1981.

J. MUŽNY: »Iznalaženje najpogodnijih metoda za ispitivanje strana izolacije visokonaponskih električnih strojeva«, 1981.

D. MIHALIC: »Analiza stanja postojećih prijenosnih objekata i mjere koje bi trebalo poduzeti za poboljšanje pogonske spremnosti starih i dotrajalih objekata«, 1982.

Z. TONKOVIĆ: »Osnovno rješenje prijenosne 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije za godinu 1990. uz dopunsko angažiranje 1800 MW iz bazena Kosova za potrebe republika i Autonomne pokrajine Vojvodine«, 1982.

J. MUŽNY: »Istraživanje mogućnosti upotrebe kabela 10 kV, položenih u mrežama Rovinja i Siska, za pogon pod naponom 20 kV«, 1983.

F. ŠPRUNG, D. MIHALIC: »Uzroci preobilnog vlaženja cijevnih generatora HE Čakovec i njegovog utjecaja na stanje funkcionalnih i konstruktivnih komponenti generatora«, 1983.

Z. TONKOVIĆ: »Analiza pogonskih stanja i postupak puštanja u pogon južnog poteza 380 kV mreže na dijelu od Mostara do Divače«, 1983.

A. SEKSO: »Ograničenje prenapona u sekundarnim krugovima v.n. postrojenja i problemi elektromagnetske kompatibilnosti (EMC)«, 1983.

Z. TONKOVIĆ: »Parallel operation of Greek and Yugoslav electric power systems at the excanges ±600 MW from the viewpoint of the transmission network«, 1984.

D. POJE, A. SEKSO, S. BOJIĆ i drugi: »Studija praćenja meteoroloških fenomena za potrebe Elektroprivrede Hrvatske«, 1984.

M. JUNG, D. NEVEČEREL: »Nadomjesne impedancije elektroenergetskog sistema Jugoslavije, godine 1985; za potrebe proračuna kratkog spoja u mreži SUDEL-a, stanje 1986«, 1984.

Z. TONKOVIĆ: »Prijenosna mreža SR Hrvatske za razdoblje 1985 – 1990. godine«, IE, 1985.

S. BOJIĆ, P. PAVLOVIĆ, B. CIVIDINI, D. POJE, V. JURČEC: »Povećanje pogonske sigurnosti dalekovoda u otežanim klimatskim uvjetima na području 'Elektroprivrede' — Rijeka«, 1985.

A. SEKSO, Z. RIMAC: »Metodologija istraživanja zagađenja vanjske izolacije elektroenergetskih objekata«, 1985.

Z. TONKOVIĆ, M. JUNG, D. NEVEČEREL: »Tipizacija nadzemnih vodova za potrebe elektroenergetskog sistema«, 1985.

D. MIHALIC: »Razvoj prototipnih uređaja za zaštitu istosmjernih krugova u TS prijenosne mreže«, 1985.

A. RUSSO, N. MALBAŠA, Z. TONKOVIĆ: »Elektroenergetske podloge za prostorni plan SR Hrvatske«, 1985.

Z. TONKOVIĆ, D. NEVEČEREL, M. JUNG: »Tipizacija nadzemnih vodova za potrebe elektroenergetskog sistema Hrvatske«, 1985.

Đ. STANKOVIĆ, S. BOJIĆ, D. AVDEJEV: »Koncepcija organizacije održavanja postrojenja i opreme lanca hidroelektrana na Dravi i Muri«, IE, 1986.

D. VOJKOVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ, Z. TONKOVIĆ, D. MIHALIC: »Rad agregata HE Čakovec na izolirani konzum«, 1986.

Z. TONKOVIĆ: »Analiza raspada sistema 1. VIII 1986.«, 1986.

Z. TONKOVIĆ: »Razvoj prijenosne mreže 400 kV, 220 kV i 110 kV na području SAP Kosovo za utvrđene izvore i konzum za godine 1988, 1990, 1995, 2000. i vizijom do 2010. godine«

Z. TONKOVIĆ, G. JERBIĆ: »Sekcioniranje prijenosne mreže 110 kV na području Zagreb-makro (elektroenergetska analiza)«, 1987.

M. BLAŽIČKO, B. FILIPOVIĆ, D. MIHALIC: »Tehnička rješenja za povećanje pogonske sigurnosti i pouzdanosti RP 110 kV HE Vinodol u privremenom režimu rada«, 1987.

A. SEKSO: »Sumarni prikaz rezultata ispitivanja sklopnih prenapona u mreži 400 kV Hrvatske«, 1988.

A. PEHANI, K. BAKIĆ, I. VALENČIĆ, I. LEBAN, Z. TONKOVIĆ, G. JERBIĆ: »Mogućnosti tranzita električne energije iz elektroenergetskog sistema SSSR-a, preko mađarskog i jugoslavenskog, u elektroenergetski sistem Italije«, IE Zagreb, EI Milan Vidmar, IB Elektroprojekt Ljubljana, 1989.

D. POPOVIĆ, Z. TONKOVIĆ, V. STREZOVSKI, V. LEVI: »Analiza sigurnosti rada elektroenergetskih sistema Jugoslavije za karakteristične radne režime i poremećaje do 1990. godine«, IE Zagreb i Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd, 1989.

Z. TONKOVIĆ, K. BAKIĆ: »Superponirana mreža Jugoslavije u 1995. godini«, IE Zagreb i Elektroinštitut Milan Vidmar, 1989.

Z. TONKOVIĆ, G. JERBIĆ: »Razvoj prijenosne mreže na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89 – 2010. godina«, 1990.

S. BOJIĆ, D. MIHALIC: »Rezultati primarnih ispitivanja zaštite sabirnica sa zaštitom od otkazivanja prekidača RP 110 kV u HE Nikola Tesla Tribalj«, 1990.

Z. TONKOVIĆ: »Planiranje razvoja prijenosne mreže 110 kV Vojvodine i analiza njenog ostvrskog (rejoniziranog) rada do 2010. godine«, 1990.

Z. TONKOVIĆ u grupi autora: »Mogući scenarij razvoja Hrvatske elektroprivrede«, 1991.

Z. TONKOVIĆ: »Kompenzacija jalove energije«, 1991.

Z. TONKOVIĆ: »Studija izvodivosti 110 kV veze od TS 400/220/110 kV Melina preko otoka Krk, Rab i Pag do TS 110/35 kV Zadar 1«, 1991.

D. MIHALIC, D. NEVEČEREL, J. MUŽNY, D. NEMEC, S. ZUBIĆ: »Istraživanje iznošenja potencijala iz TS 110/10 (20) kV Matulji«, 1992.

D. MIHALIC, A. SEKSO, V. ILIJANIĆ: »Parametri okoline i prijenosna mreža — upute za rad ispitnih poligona«, 1992.

D. NEMEC, M. JURETIĆ: »Mjerenje gubitaka i korisnosti sinhronog generatora G1 120 MVA u HE Zakučac, 1992.

Z. TONKOVIĆ: »Stavljanje u pogon voda 400 kV Melina – Tumbri i očekivana nova situacija u elektroenergetskom sistemu 'Zapada'«, IE, 1992.

S. BOJIĆ, Đ. STANKOVIĆ: »Ocjena staja i procjena preostalog radnog vijeka sinkronih generatora HE Senj«, 1993.

M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ, E. VARGOVIĆ, D. NEMEC, D. GALIĆ: »Analiza upravljačko-zaštitnih funkcija sistema regulacije uzbude TE-TO Zagreb, agregat 3, 150 MVA«, 1993.

M. STOJSAVLJEVIĆ, M. MEHMEDOVIĆ, E. VARGOVIĆ, D. NEMEC, Đ. STANKOVIĆ, M. MOMIĆ: »Analiza i ocjena funkcijskog i tehničko-tehnološkog stanja postojećeg sustava uzbude sinkronih generatora u HE Senj i mogućih rješenja revitalizacije sustava uzbude«, 1993.

Godište 42 (1993) *Energija* Br. 5

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1080 UDK 621.313.12.005
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 309–312

PROCJENA PREOSTALOG RADNOG VIJEKA GENERATORA

Đuro Stanković, dipl. ing. — Srećko Bojić, dipl. ing. — Miroslav Blažičko, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Daje se prikaz osnovnih polaznih skupova podataka karakterističnih za pogonsku prošlost i dijagnostiku stanja te ostalih utjecajnih faktora relevantnih za analize i proračune pri procjeni preostalog radnog vijeka vitalnih dijelova generatora.

(Lit. 8, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/309–312/1993

ENERGIJA 1081 UDK 624/628:699.8
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 295–299

KONTROLA I ODRŽAVANJE GRAĐEVINA U FUNKCIJI POUZDANOSTI I OČUVANJA EKSPLOATACIJSKOG VIJEKA

Marijan Zelić, dipl. ing. — Stjepan Hršak

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Opisuje se utjecaj okoliša na konstrukcije, pojava degradacije materijala i konstrukcija, te zaštita konstrukcija. Sistematiziran je način kontrole starenja i održavanja građevina, dan je osvrt na stečena iskustva i na postojeću regulativu (zakon, pravilnici). Predlaže se uvođenje optimiranja kontrole i održavanja.

(Lit. — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/295–299/1993

ENERGIJA 1086 UDK 338.52:621.311.21
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 253–261

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE U MALIM HIDROELEKTRANAMA

Mr. Slavko Alerić, dipl. ing. — Marijan Magdić, dipl. ecc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Opisuje se postupak i proračunava otkupna cijena električne energije u malim hidroelektranama s dva stajališta: doprinosa male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu i sa stajališta investitora (vlasnika) male hidroelektrane.

(Lit. 15, sl. 3 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/253–261/1993

ENERGIJA 1086 UDK 338.52:621.311.21

1. Cijena električne energije u malim hidroelektranama
I. Alerić S. — Magdić M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Mala hidroelektrana
Doprinos male hidroelektrane elektroenergetskom sustavu
Cijena električne energije u malim hidroelektranama

ENERGIJA 1081 UDK624/628:699.8

1. Kontrola i održavanje građevina u funkciji pouzdanosti i očuvanja eksploatacijskog vijeka
I. Zelić M. — Hršak S.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Građevina
Materijal
Konstrukcija
Okoliš
Betonska konstrukcija
Metalna konstrukcija
Degradacija konstrukcija
Zaštita konstrukcija
Kontrola stanja i održavanja tokom građenja
Pravilnici i propisi
Optimiranje kontrole i održavanje

ENERGIJA 1080 UDK 621.313.12.005

1. Procjena preostalog radnog vijeka generatora
I. Stanković Đ. — Bojić S. — Blažičko M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Ekvivalentno radno vrijeme
Preostali radni vijek
Procjena preostalog radnog vijeka

Energija

Godište 42 (1993) Br. 5

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1077 UDK 620.92:621.31
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 235 – 246

ENERGIJA U HRVATSKOJ 1988. 1992.

Mr. Branko Vuk, dipl. ing. — mr. Damir Pešut, dipl. ing. — Franjo Klečina, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Analiza kretanja u hrvatskom energetskom sustavu tijekom proteklih pet godina polazi od proizvodnje primarne energije na području Republike Hrvatske. Ta proizvodnja nije dovoljna za zadovoljenje ukupnih energetskih potreba, pa se nedostatne količine energije osiguravaju iz uvoza, pri čemu se govori o ukupnoj potrošnji energije. Ukupno utrošena energija dovoljna je količinski, ali ne i strukturom za opskrbu neposrednih potrošača zbog čega sektor energetike provodi energetske transformacije. Energetske transformacije analizirane su po ulaznoj energiji, po proizvedenoj energiji i po postrojenjima. Ako se od ukupno utrošene energije oduzmu gubici energetskih transformacija, energija za pogon svih energetskih postrojenja, neenergetska potrošnja energije i gubici transporta i distribucije energije, dolazi se do neposredne potrošnje energije koja se opet prati kroz tri sektora potrošnje — industriju, promet i opću potrošnju. Takav tijek energije je analiziran na svim razinama kako po strukturi oblika energije, tako i po strukturi korisnika.

(Lit. 15, t. 13, sl. 9 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/235 – 246/1993

ENERGIJA 1078 UDK 621.31.001:681.39
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 247 – 251

REDIZAJN PROGRAMSKOG SUSTAVA ZA IZRADU ELEKTROENERGETSKE BILANCE NA UNIX/RDBMS PLATFORMI

Mr. Davor Tomašić, dipl. ing. — mr. Mladen Zeljko, dipl. ing. — mr. Mićo Klepo, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

U radu su opisana iskustva autora na redizajnu postojećeg programskog sustava za godišnje planiranje rada elektroenergetskog sustava. Dosada je sustav bio implementiran na VAX/VMS strojnoj opremi, uz korištenje ASCII datoteka za pohranu podataka. Prijelaz na novu hardversko-softversku platformu zahtijevao je definiranje i kreiranje baze podataka i redizajn FORTRAN-skih programa. Članak daje kratak funkcionalan opis programskog sustava, te opis nove strojne i programske opreme, kao i metodu transformacije te stečena iskustva.

(Lit. 8, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/247 – 251/1993

ENERGIJA 1079 UDK 621.316.93:621.3.015.52
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 42/1993/5, 263 – 269

POVEĆANJE POGONSKE SIGURNOSTI DISTRIBUTIVNIH MREŽA KORIŠTENJEM METALOKSIDNIH ODVODNIKA ZA PRENAPONSKU ZAŠTITU

Dr. Ivo Hrs, dipl. ing. — dr. Milan Puharić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Obrazložena je nužnost postupne primjene metaloksidnih odvodnika prenapona za prenaponsku zaštitu srednjonaponskih distributivnih mreža radi povećanja njihove pogonske sigurnosti. Prikazan je postupak izbora karakteristikama metaloksidnih odvodnika u ovisnosti o karakteristikama mreža. Dani su glavni rezultati ekonomskih analiza i predloženi su kriteriji za postupnu primjenu metaloksidnih odvodnika u srednjonaponskim distributivnim mrežama.

(Lit. 16, sl. 3 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/263 – 269/1993

ENERGIJA 1079 UDK 621.316.93:3.015.52

1. Povećanje pogonske sigurnosti distributivnih mreža korištenjem metaloksidnih odvodnika za prenaponsku zaštitu
I. Hrs I. — Puharić M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Odvodnik prenapona
Distributivna mreža
Pogonska sigurnost

ENERGIJA 1078 UDK 621.31.001:681.39

1. Redizajn programskog sustava za izradu elektroenergetske bilance na UNIX/RDBMS platformi
I. Tomašić D. — Zeljko M. — Klepo M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Godišnje planiranje rada sustava
Elektroenergetska bilanca
UNIX
RDBMS

ENERGIJA 1077 UDK 620.92:621.31

1. Energija u Hrvatskoj 1988. 1992.
I. Vuk B. — Pešut D. — Klečina F.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Energija
Proizvodnja primarne energije
Ukupna potrošnja energije
Energetske transformacije
Gubici energetskih transformacija
Energija u industriji
Energija u prometu
Energija u općoj potrošnji

Energija

Godište 42 (1993) Br. 5

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1082 UDK 621.039.5

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 287 – 294

MATEMATIČKI MODELI I BAZE PODATAKA OSNOVE PLANIRANJA, PROJEKTIRANJA I EKSPLOATACIJE VODOPRIVREDNIH SUSTAVA

Mr. Mladen Petričec — Krešimir Plantić, dipl. ing. — Danko Biondić, dipl. ing. — Irena Pavić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

U članku se daje prikaz značaja i primjene matematičkih modela i baza podataka u planiranju, projektiranju i korištenju vodoprivrednih sustava.

(Lit. 14, t.1, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/287 – 294/1993

ENERGIJA 1083 UDK 697.34

PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 301 – 307

JEDNA ANALIZA PRIKLJUČKA NOVOG SPOJNOG PROCESA NA ZAGREBAČKOM PODRUČJU U ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. — mr. Davor Nevečerel, dipl. ing. — Goran Jerbić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazan je metodološki pristup problematici uključivanja novog elektroenergetskog bloka u elektroenergetski sustav, s konkretnim primjerom uključenja kombi-bloka na lokaciji TE-TO Zagreb.

(Lit. 11, sl. 2, t. 2 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/301 – 307/1993

ENERGIJA 1088 UDK 621.31:621.313.1

STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 319 – 322

ISTRAŽIVANJE INTERAKCIJA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU POMOĆU OSJETLJIVOSTI ELEKTROMEHANIČKOG NJIHANJA S OBZIROM NA RELEVANTNE PARAMETRE

Mr. Muharem Mehmedović, dipl. ing. — mr. Milan Stojsavljević — Darko Nemec, dipl. ing. i Emil Vargović, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d. — Zagreb, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Rangiranjem osjetljivosti karaktera elektromehaničkog njihanja sinkronih generatora s obzirom na relevantne parametre, kao što su konstanta inercije agregata ili tranzijantna reaktancija generatora, može se istražiti interakcija u elektroenergetskom sustavu (EES) u području dinamičke stabilnosti. Prikazat će se i interpretirati značajniji rezultati istraživanja za konfiguraciju jednog elektroenergetskog sustava.

(Lit. 8, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/319 – 322/1993

ENERGIJA 1088 UDK 621.31:621.313.1

1. Istraživanje interakcija u elektroenergetskom sustavu pomoću osjetljivosti elektromehaničkog njihanja s obzirom na relevantne parametre
I. *Mehmedović M. — Stojsavljević M. — Nemec D. — Vargović E.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d. — Zagreb, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Istraživanje interakcija
Elektromehaničko njihanje
Relevantni parametri

ENERGIJA 1083 UDK 697.34

1. Jedna analiza priključka novog bloka spojnog procesa na zagrebačkom području u elektroenergetski sustav
I. *Tonković Z. — Nevečerel D. — Jerbić G.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Tokovi snaga
Kratki spoj
Dinamička stanja
Perspektivna elektroenergetska mreža Hrvatske

ENERGIJA 1082 UDK 621.039.5

1. Matematički modeli i baze podataka osnove planiranja, projektiranja i eksploatacije vodoprivrednih sustava
I. *Petričec M. — Plantić K. — Biondić D. — Pavić I.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d. 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Baze podataka
Hidrološko prognoziranje
Matematički modeli
Modeliranje otjecanja
Nestacionarno tečenje
Optimizacija
Osnove planiranja

Godište 42 (1993) *Energija* Br. 5

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1087 UDK 621.317.333
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 313–318

ISTRAŽIVANJE UTJECAJA ONEČIŠĆENJA NA VISOKONAPONSKE IZOLATORSKE KONSTRUKCIJE

Ante Sekso, dipl. ing. — mr. Dragutin Mihalic, dipl. ing. — mr. Velimir Ilijanić, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazane su vlastite metode ispitivanja izolacije sa stvarnim slojem onečišćenja u komori sa čistom maglom. Također je prikazana organizacija ispitivanja i početni rezultati.

(Lit. 13, t. 2, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7488
ENJAAC 42/5/313–318/1993

ENERGIJA 1084 UDK 621.316.1.001
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/5, 271–279

PROGRAMSKI PAKET ZA TEHNOEKONOMSKU ANALIZU KONFIGURACIJA SREDNJONAPONSKIH RAZDJELNIH MREŽA (PRM)

Mr. Željko Rajić, dipl. ing. — mr. Richard Schenner, dipl. ing. — mr. Ernest Mihalek, dipl. ing. — Lahorko Wagman, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

U radu je prikazan programski paket za tehnoekonomsku analizu srednjonaponskih razdjelnih mreža. Za poznate lokacije i nazivne snage napojnih transformatorskih stanica, trase i presjeke srednjonaponskih vodova te razmještaj i iznos točaka opterećenja računaju se energetske i troškovne karakteristike konfiguracije mreže. Programski paket ima odgovarajuću grafičku podršku i bazu podataka.

(Lit. 21, t. 4, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/271–279/1993

ENERGIJA 1085 UDK 621.316

ENERGIJA 42/1993/5, 281–285

O RAZVOJU TEHNIČKOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA DISTRIBUCIJSKE DJELATNOSTI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing. — Rudolf Šimunec — Krešimir Mehičić, ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

U članku su ukratko izloženi dosadašnji rezultati na uvođenju baze tehničkih podataka distribucijske mreže. Nakon toga prikazani su pravci razvoja tehničkog informacijskog sustava u budućnosti. Osnovna intencija je u integraciji postojećih, odvojenih podsustava, i u razvoju ekspertnih sustava.

(Lit. 10, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/281–285/1993

ENERGIJA 1085 UDK 621.316

1. O razvoju tehničkog informacijskog sustava distribucijske djelatnosti Hrvatske elektroprivrede
I. Žutobradić S. — Šimunec R. — Mehičić K.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

TBP tehnička baza podataka
Tehnički informacijski sustav

ENERGIJA 1084 UDK 621.316.1.001

1. Programski paket za tehnoekonomsku analizu konfiguracija srednjonaponskih razdjelnih mreža (PRM)
I. Rajić Ž. — Schenner R. — Mihalek E. — Wagmann L.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Razdjelna mreža
Planiranje
Grafika

ENERGIJA 1087 UDK 621.317.333

1. Istraživanje utjecaja onečišćenja na visokonaponske izolatorske konstrukcije
I. Sekso A. — Mihalic D. — Ilijanić V.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Izolacija
Onečišćenje
Zasoljavanje
Istraživanje
Metodologija
Ispitni poligon
Odabir

Energija

Volume 42 (1993) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1080 UDK 621.313.12.005

PROFFESIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/5, 309–312

ESTIMATION OF REMAINING GENERATOR WORK TIME

Đuro Stanković, B. Sc. — Srećko Bojić, B. Sc. — Miroslav Blažičko, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Basic starting data sets characteristics for the unit past run and the state diagnoses as well as other influencing factors are described related to analyses and calculation of the estimation of remaining work time of vital generator parts.

(No. of References: 8, Fig.: 4 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/309–312/1993

ENERGIJA 1081 UDK 624/628:699.8

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/5, 295–299

CONTROL AND MAINTENANCE OF BUILDINGS AS A FUNCTION OF RELIABILITY AND PRESERVATION OF EXPLOATATION TIME

Marijan Zelić, B. Sc. — Stjepan Hršak

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The influence of environment on the construction, degradation of material and constructions as well as the protection of construction are described. The way of controling a building growing old and the maintenance is systematized, a short review on existing experience and regulative (law, regulations) is given. There is a suggestion of an introduction of the control and maintenance optimisation.

(No. of References: — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/295–299/1993

ENERGIJA 1086 UDK 338.52:621.311.21

PROFESIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/5, 253–261

ELECTRIC ENERGY PRICE IN LITTLE HYDRO POWER PLANTS

Slavko Alerić, M. Sc. — Marijan Magdić, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Procedure is described and purchase price of electric energy in little hydro power plants is calculated from two viewpoints: contribution of little hydro power plant to the electric power system and from the viewpoint of the investor (owner) of a little hydro power plant.

(No. of References: 15, Fig.: 3 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/253–261/1993

ENERGIJA 1086 UDK 338.52:621.311.21

1. Electric Energy Price in Little Hydro Power Plants
I. Alerić S. — Magdić M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Little Hydro Power Plant
Contribution of Little Hydro-Power Plants to the Electric Power System
Electric Energy Price in Little Hydro-Power Plants

ENERGIJA 1081 UDK 624/628:699.8

1. Control and Maintenance of Buildings as a Function of Reliability and Preservation of Exploatation Time
I. Zelić M. — Hršak S.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Building
Material
Construction
Environment
Concrete Construction
Metallic Construction
Construction Degradation
Construction Protection
State and Maintenance
Control during Construction
Regulations
Control and Maintenance
Optimisation

ENERGIJA 1080 UDK 621.313.12.005

1. Estimation of Remaining Generator Work Time
I. Stanković Đ. — Bojić S. — Blažičko M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Eqvivalent Work Time
Remaining Work Time
Estimation of Remaining Work Time

Energija

Volume 42 (1993) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1087 UDK 620.92:621.31
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/5, 235–246

ENERGY IN CROATIA 1988, 1992

Branko Vuk, M. Sc. — Damir Pešut, M. Sc. — Franjo Klečina, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Trend analysis in the Croatian energy system during past five years starts from primary energy production at the territory of the Republic of Croatia. That production is not sufficient to meet total energy needs, so non-available quantities of energy are provided from import, whereby total energy consumption is mentioned. Total energy supply is enough in quantity but not in structure for the needs of final consumers that is why the energy sector applies energy transformation. Energy transformations are analysed by input energy, produced energy and by plants. If from total energy consumed the energy transformation losses, energy sector own use, non-energy consumption, transport and distribution losses are subtracted, it comes to final energy consumption, which is followed by three consumption sectors--industry, transport and other sectors. That energy flow is anlysed on all levels from the point of energy form structure and users' structure.

(No. of References: 15, Tables: 13, Fig. 9 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/235–246/1993

ENERGIJA 1077 UDK 621.31.001:681.39
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/5, 247–251

NEW DESIGN OF PROGRAM PACKAGE FOR ELECTRIC ENERGY BALANCE ON UNIX/RDBMS PLATFORM

Davor Tomašić, M. Sc. — Mladen Zeljko, M. Sc. — Mićo Klepo, M. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

In the paper the experience of authors on redesign of the existing program package for the yearly electric power system operations planning is described. Untill now the system has been implemented on VAX/VMS computer, using ASCII files for data storage. The transition to a new hardware — software platform asked for the definition and creation of the data base and redesign of FORTRAN programing. The paper gives a short functional description of the programing system, as well as the description of new computer and programing tools, and the transformation method and the experience gained.

(No. of References: 8, Fig.: 2 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/247–251/1993

ENERGIJA 1079 UDK 621.316.93:621.3.015.52
PRELIMINARY REVIEW

ENERGIJA 42/1993/5, 263–269

INCREASING OPERATION SECURITY OF DISTRIBUTION NETWORK BY METAL-OXID LIGHTNING ARRESTER FOR OVERVOLTAGE PROTECTION

Ivo Hrs, Ph. D. — Milan Puharić, Ph. D.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The need for gradual application of metal-oxid lightning arrester for overvoltage protection of mid-voltage distribution network to increase their operation security is explained. The procedure of a characteristic selection of metal-oxid lightning arrester depending on network characteristics is given. The main results of the economical analysis are given and criteria of gradual application of metal-oxid lightning arresters in the mid-voltage distribution networks are suggested.

(No. of References: 16, Fig.: 3 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/5/263–269/1993

ENERGIJA 1087 UDK 621.316.93:621.3.015.52

1. Increasing Operation Security of Distribution Network by Metal-Oxid Lightning Arrester for Overvoltage Protection
I. Hrs I. — Puharić M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Lightning Arrester
Distribution Network
Operation Security

ENERGIJA 1078 UDK 621.316.93:621.3.015.52

1. New Design of Program Package for Electric Energy Balance on UNIX/RDBMS Platform
I. Tomašić D. — Zeljko M. — Klepo M.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Yearly Electric Power System Planning
Electric-Energy Blance
UNIX
RDBMS

ENERGIJA 1087 UDK 621.92:621.31

1. Energy in Croatia 1988, 1992
I. Vuk B. — Pešut D. — Klečina F.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Energy
Primary Energy Production
Total Energy Supply
Energy Transformations
Energy Transformation Losses
Industry Demand
Transport Demand

Energija

Volume 42 (1993) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1082 UDK 621.039.5

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/5, 287 – 294

MATHEMATICAL MODELS AND DATA BASES OF HYDRO POWER SYSTEM PLANNING, DESIGN AND OPERATION

Mladen Petričec, M. Sc. — Krešimir Plantić, B. Sc. — Danko Biondić, B. Sc. — Irena Pavić, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

In the paper there is a review of the importance and application of mathematical models and data bases in the planning, design and usage of hydro power systems.

(No. of References: 14, Table: 1, Fig.: 4 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/287 – 294/1993

ENERGIJA 1083 UDK 697.34

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/5, 301 – 307

ANALYSIS OF NEW COGENERATION UNIT CONNECTION INTO ELECTRIC POWER SYSTEM OF THE ZAGREB REGION

Zdenko Tonković, M. Sc. — Davor Nevečerel, M. Sc. — Goran Jerbić, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

A methodological approach to the problems of connecting a new electric power unit into the electric power system is given, with an example of the cogeneration unit connection at the site of a Zagreb district heating plant.

(No. of References: 11, Fig.: 2 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/301 – 307/1993

ENERGIJA 1088 UDK 621.31:621.313.1

PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/5, 319 – 322

ELECTRIC POWER SYSTEM INTERACTION INVESTIGATION USING ELECTRO-MECHANICAL SENSITIVITY MODE WITH REGARD TO RELEVANT PARAMETERS

Muharem Mehmedović, M. Sc. — Milan Stojsavljević, M. Sc. — Darko Nemec, B. Sc. — Emil Vargović, B. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The electric power system interaction in the frame of dynamic stability could be explored by ranging the sensitivity of the electro-mechanical mode character of the synchronous generator with regard to relevant parameters, as for unit inertia constant or transient reactance. Some important results regarding configuration of an electric power system will be shown and discussed.

(No. of References: 8, Fig.: 2 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/319 – 322/1993

ENERGIJA 1088 UDK 621.31:621.313.1

1. Electric Power System Interaction Investigation Using Electro-Mechanical Sensitivity Mode with Regard to Relevant Parameters
I. *Mehmedović M., Stojsavljević M., Nemec D., Vargović E.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb Avenija Vukovar 37, Croatia

Electric Power System
Interaction Research
Electro-Mechanical
Oscillation
Relevant Parameters

ENERGIJA 1083 UDK 697.34

1. Analysis of New Cogeneration Unit Connection into Electric Power System of the Zagreb Region
I. *Tonković Z. — Nevečerel D. — Jerbić G.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Power Flows
Short Circuit
Dynamic States
Perspective Croatian
Electric Power Network

ENERGIJA 1082 UDK 621.039.5

1. Mathematical Models and Data Bases of Hydro System Planning, Design and Operation
I. *Petričec M. — Plantić K. — Biondić D. — Pavić I.*
II. Institut za elektroprivredu i energetiku d. d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Data Bases
Hydrological Forecasting
Mathematical Models
Outflow Modeling
Unstatic Flow
Optimisation
Planning Base

Energija

Volume 42 (1993) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1087

UDK 621.317.333

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/5, 313 – 318

RESEARCH OF POLLUTION INFLUENCE ON HIGH-VOLTAGE INSULATOR CONSTRUCTION

Ante Sekso, B.Sc. — Dragutin Mihalic, M.Sc. — Velimir Ilijanić, M.Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Own methods of insulation test are presented, using real pollution layer in a chamber with clean fog. Test organisation and first results are also presented.

(No. of References: 13, Tables: 2, Fig.: 2 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/313 – 318/1993

ENERGIJA 1084

UDK 621.316.1.001

ORIGINAL SCIENTIFIC POWER

ENERGIJA 42/1993/5, 271 – 279

PROGRAM PACKAGE FOR TECHNO-ECONOMICAL ANALYSIS OF MID — VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS

Željko Rajić, M.Sc. — Richard Schenner, M.Sc. — Ernest Mihalek, B. Sc. — Lahorko Wagmann, M.Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

In the paper a program package for techno-economical analysis of mid--voltage distribution networks is given. For known sites and nominal capacities of primary transformer stations, routes and sections of mid-voltage lines and location, and value of load points, energy and cost characteristics of network configuration are calculated. The program package has adequate graphic support and data base.

(No. of References: 21, Tables: 4, Fig.: 4 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/271 – 279/1993

ENERGIJA 1085

UDK 621.316

PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 42/1993/5, 281 – 285

DEVELOPMENT OF TECHNICAL INFORMATION SYSTEM OF CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY'S DISTRIBUTION ACTIVITIES

Srđan Žutobradić, Ph.D. — Rudolf Šimunec — Krešimir Mehičić, Eng.

Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

The paper offers a brief presentation of the existing results on the application of technical data base of the distribution network followed by the development scenarios of the technical information system in the future. The basic intention is the integration of the existing, separated subsystems and the development of an expert system.

(No. of References: 10, Fig.: 4 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/5/281 – 285/1993

ENERGIJA 1085 UDK 621.316

1. Development of Technical Information System of Croatian Electric Supply Company's Distribution Activities
I. Žutobradić S. — Šimunec R. — Mehičić K.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Technical Data Base
Technical Information System

ENERGIJA 1084 UDK 621.316.1.001

1. Program Package for Techno-Economical Analysis of Mid-Voltage Distribution Networks
I. Rajić Ž. — Schenner R. — Mihalek E. — Wagmann L.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Distribution Network
Planning
Graphics

ENERGIJA 1087 UDK 621.317.333

1. Research of Pollution Influence on High-Voltage Insulator Construction
I. Sekso A. — Mihalic D. — Ilijanić V.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d., 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Insulation
Pollution
Salted Pollution
Research
Methodology
Test Field
Selection

UDK 621.31 ENJAAC 42 (1 – 6) 1 – 396 ISSN 0013 – 7448

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Zagreb, prosinac 1993.

SADRŽAJ ENERGIJE U 1993. GODINI

UDK 621.31 ENJAAC 42 (6) — (1993) 331 – 396 ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 42 (1993) Zagreb 1993 Br. 6

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

Redakcija završena 1993 — 11 — 10

SADRŽAJ

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, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328, telefax: 041/530-604

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 40 DEM, a za poduzeća i ustanove 80 DEM (za studente 20 DEM). Cijena pojedinog broja u prodaji 8 DEM.

Pretplata je iskazana u DEM, a uplaćuje se u dinarskoj protuvrijednosti na dan uplate.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišeji — Print: TIZ 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 A—4 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 članaka 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, originaljnaja 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 saopštenje, 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, profesional paper, profesionaljnaja 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.

NUKLEARNE ELEKTRANE U ENERGETICI HRVATSKE

Dr. Goran Granić — dr. Branka Jelavić — mr. Branko Vuk, Zagreb

UDK 621.039.5:621.311.1
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Energetski prostor, kao i ukupno gospodarstvo Republike, pod utjecajem su ukupnih događanja na ovom prostoru. Takva situacija zahtijeva promišljen odnos prema svim pojavama i mogućnostima razvoja.
Izgradnju nuklearnih elektrana treba promatrati kao jednu od mogućih opcija razvoja elektroenergetskog sustava nakon 2010. godine. Zbog toga je potrebno pratiti tehnološki napredak u korištenju nuklearne energije, kao i razvoj sigurnosti rada nuklearnih elektrana, te pitanje gospodarenja gorivom i ostalim otpadom.

Ključne riječi: energetika, energetske potrebe, nuklearne elektrane.

1. UVOD

Treba li Hrvatska graditi nuklearne elektrane, pitanje je koje se u hrvatskoj javnosti postavlja već dulje od 10 godina. Suprotstavljene strane, za i protiv, dokazivale su i pobijale potrebu izgradnje nuklearnih elektrana. Jednako tako dokazivani su rizici i prihvatljivost njihove izgradnje. Smatralo se da su zastupnike teze o potrebi izgradnje zapravo potkupile velike nuklearne kompanije. One pak koji su bili protiv izgradnje proglasili su »zelenim« i nekompetentnima, koji zanemaruju potrebe razvoja i realnih odnosa u energetici.
Moguću izgradnju nuklearnih elektrana aktualizirali su predstavnici Vlade Republike Hrvatske u jesen 1992. godine, a u svezi s problemom opskrbe električnom energijom u Dalmaciji. Reakcija javnosti u Dalmaciji imala je snažno izražen negativni emotivni naboj, što nije ostavljalo nikakva prostora za raspravu. Moguća izgradnja nuklearnih elektrana doživljena je kao poseban oblik pritiska na sredinu koja je u energetskom kolapsu, pa je odbačena.
Za raspravu o mogućoj izgradnji nuklearnih elektrana potrebno je analizirati sve aspekte izgradnje, od potreba do rizika i prihvaćanja javnosti. Hrvatska je u potrebi i prilici da odredi gospodarski i energetski razvoj sukladan državnim interesima, a u potpuno novim uvjetima i filozofiji razvoja. Osim toga, ta rasprava mora se održati u stabilnim gospodarskim i političkim prilikama, kakve danas sasvim sigurno nisu. Brzina stabilizacije političkih prilika, uspostave pravnog i političkog sustava na cijelom području Hrvatske, gospodarskih promjena i funkcioniranja tržišta odredit će i trenutak rasprave o potrebi izgradnje nuklearnih elektrana. Do tada je potrebno istraživati i stvarati pretpostavke za stručnu raspravu koja mora biti potpuno otvorena javnosti.

2. ENERGETSKI TRENUTAK HRVATSKE

U razdoblju 1988 – 1990. godine potrošnja energije u Hrvatskoj smanjivala se zbog gospodarske i političke krize u Jugoslaviji i Hrvatskoj. Pad potrošnje nastavljen je i u idućim godinama. U 1991. godini potrošnja se u usporedbi s prethodnom godinom smanjila za 17,6% što je izravna i posredna posljedica rata iz drugog dijela 1991. godine, a pad je nastavljen i u 1992. god. za sljedećih 10,2%. U podacima za 1991. i 1992. godinu nisu uključeni podaci o potrošnji na okupiranim područjima (nekoliko postotaka ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj).

Tablica 1. Struktura ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj u razdoblju 1988 – 1992.

Jedinica: PJ	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.
Kruta goriva	60,46	59,24	56,75	37,67	31,38
Tekuća goriva	206,80	193,82	192,60	135,40	127,29
Plinovita goriva	100,52	105,90	98,22	87,80	90,53
Vodne snage	50,94	42,12	38,55	55,07	43,34
Nuklearno gorivo	21,07	23,88	23,49	25,23	20,13
Električna energija	18,76	19,82	17,53	10,61	3,27
Ukupno	458,56	444,76	427,14	351,78	315,95

U potrošnji energije s najvećim udjelom sudjeluju tekuća goriva, do 1990. godine s približno 45%, u 1991. godini 38%, a u 1992. godini 40%. Nakon toga slijedi prirodni plin sa stalnim porastom udjela od otprilike 22% na 28,6% u 1992. godini. Udio krutih goriva zadržavao se praktički konstantnim na približno 13% uz umjeren pad u 1991. 1992. godini za približno 2,5 i 1%.

Tablica 2. Struktura ukupne proizvodnje transformiranih oblika energije u Hrvatskoj

Jedinica: PJ	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.
Kruta goriva	23,54	24,80	18,37	14,19	12,27
Tekuća goriva	272,20	263,91	275,40	186,98	173,29
Plinovita goriva	26,94	24,82	26,08	15,37	10,37
Električna energija	38,36	37,21	39,18	38,77	38,78
Toplinska energija	45,91	45,38	44,55	35,41	30,78
Ukupna proizvodnja	406,96	396,11	403,58	290,73	265,48
Ukupni gubici	79,42	77,11	74,64	77,79	73,77
Ukupna potrošnja	486,38	473,22	478,22	368,52	339,25

Godine 1988. ostvarena je najviša razina proizvodnje, a 1992. najmanja, manja za 30,25% u odnosu prema ostvarenju s početka promatranog razdoblja.

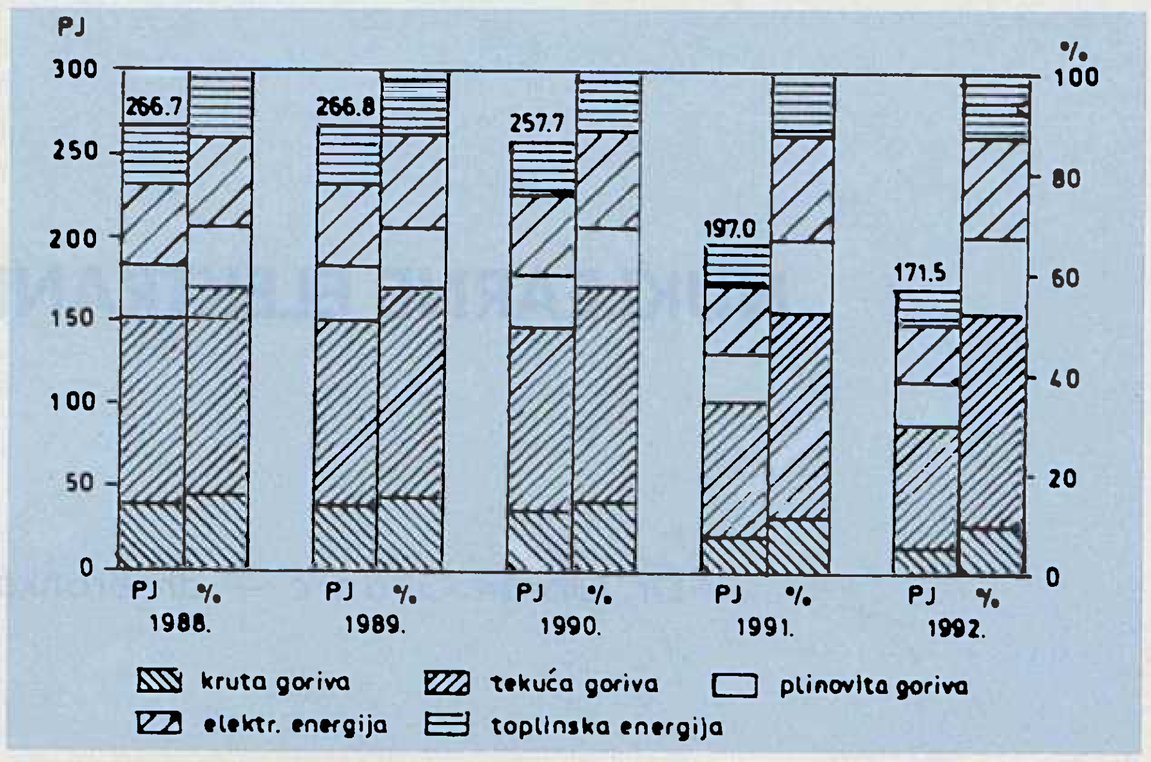
U ukupno utrošenoj energiji neposredna (finalna) potrošnja sudjeluje s približno 60% uz pad na 54,3% u 1992. godini. Gubici energetskih transformacija u prve tri godine gotovo su konstantni, na razini nešto većoj od 17%, da bi u 1991. godini porasli na 21,7%, a u 1992. godini na čak 23,3%. Utrošak energije za pogon energetskih postrojenja varira u rasponu od 10 do 13%, a neenergetska potrošnja energije oko 8 – 11%. Rat i ukupna gospodarska situacija u Hrvatskoj nisu imali za posljedicu samo smanjenje potrošnje već i smanjenje djelotvornosti ukupnoga energetskog sustava.

Energija iskorištena u neenergetske svrhe jest od 8 do 11%. Neenergetsku potrošnju čini utrošak prirodnog plina za proizvodnju umjetnih gnojiva, utrošak primarnog benzina u petrokemijskoj industriji i utrošak niza tzv. neenergetskih derivata kao što su bitumen, maziva ulja, masti itd. u posve neenergetske svrhe.

Tablica 3. Struktura potrošnje energije u Hrvatskoj

Jedinica: PJ	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.
Ukupna potrošnja	458,56	444,76	427,14	351,78	315,95
Gubici transformacija	79,42	77,11	74,64	77,79	73,77
Pogonska potrošnja	53,49	50,39	54,26	37,22	30,81
Neenergetska potrošnja	50,31	41,86	32,79	29,23	32,56
Gubici tran. i distrib.	8,63	8,58	7,71	10,55	7,35
Neposredna potrošnja	266,70	266,81	257,74	196,98	171,47

Neposredna potrošnja energije u 1992. godini smanjena je za 33,5% u usporedbi s 1990. godinom. Smanjivala se potrošnja svih oblika energije a u odnosu prema 1990. godini najviše je smanjena potrošnja krutih goriva za 55,1%, zatim potrošnja tekućih goriva za 34,2% i toplinska energija za 32,3%.



Slika 1. Struktura neposredne potrošnje energije

U odnosu prema maksimalnom ostvarenju neposredne potrošnje energije u 1990. godini, u 1992. godini najveći se pad dogodio u potrošnji prometa, i to za 33,2%.

Tablica 4. Struktura neposredne (finalne) potrošnje energije u Hrvatskoj

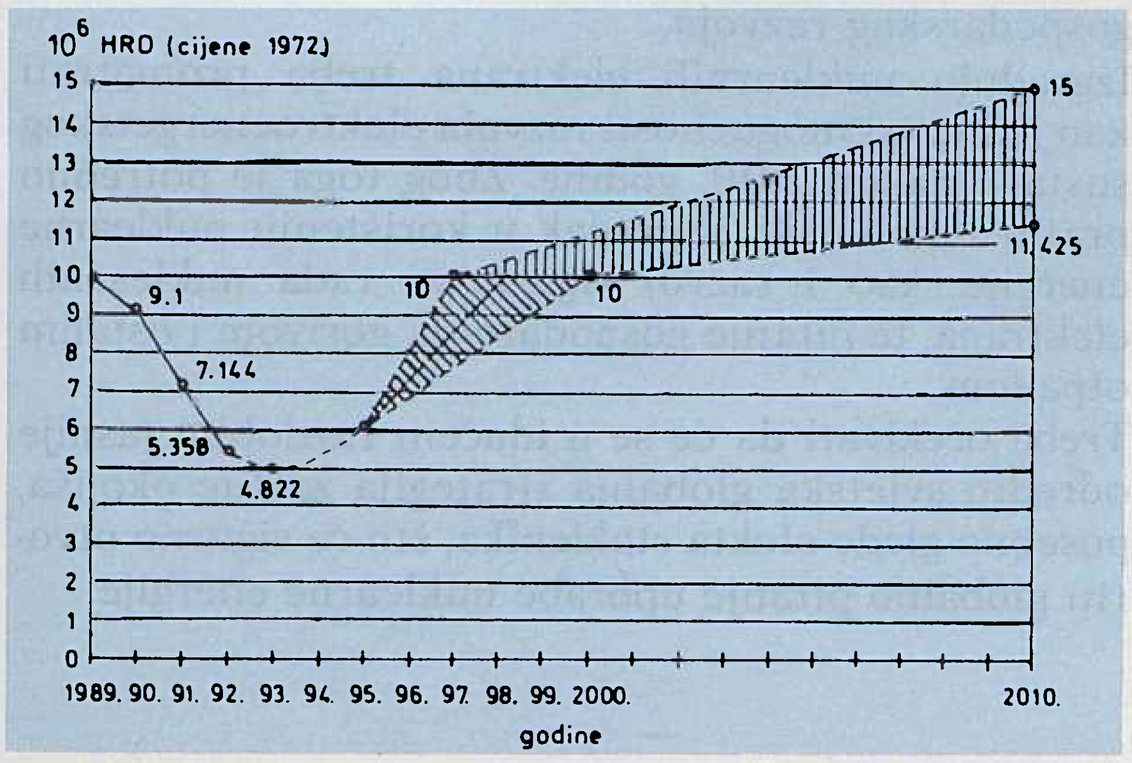
Jedinica: PJ	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.
Industrija	97,27	98,47	88,93	65,37	54,24
Promet	58,95	58,66	61,24	43,06	40,91
Opća potrošnja	110,48	109,69	107,57	88,56	76,32
Ukupno	266,70	266,81	257,74	196,98	171,47

U energetskom smislu Hrvatska se do 1990. godine promatrala kao dio Jugoslavije i u sklopu takvih ograničenja i siromaštva primarnih izvora energije Hrvatska je financirala izgradnju elektroenergetskih proizvodnih kapaciteta u Bosni i Hercegovini, Sloveniji i Srbiji. Mogućnost korištenja tih kapaciteta danas je (osobito u BiH i Srbiji) neizvjesna, a oni čine 23% u strukturi izgrađenih elektrana Hrvatske i mogu proizvesti oko 6 000 GWh (što je činilo 40-ak% potrošnje Hrvatske u 1990. god.).

Tijekom rata energetska postrojenja bila su često cilj napada srpskih agresora. Ukupne ratne štete Hrvatske elektroprivrede (HEP) (prema podacima iz travnja 1993. god.) iznose 410 milijuna USD. Dio Hrvatske, pa i dio EES-a, još su uvijek nedostupni (iako pod zaštitom UNPROFOR-a), a ratna razaranja u ovom trenutku (lipanj 1993) još uvijek traju, pa se pravi opseg razaranja ne zna. Prekid dalekovodnih veza između sjeverozapadne Hrvatske i Dalmacije rezultirao je raspadom EES-a Hrvatske, na dva dijela. Dalmacija radi u otočnom pogonu i ovisi o porječju Cetine i eventualnoj isporuci iz hidroelektrane na porječju Neretve i HE Čapljine. Elektroenergetski kolaps Dalmacije danas je važan problem Hrvatske, a njegovo rješenje ponajviše ovisi o razvoju političkih prilika u Hrvatskoj i BiH.

3. MOGUĆE POTREBE ENERGIJE U HRVATSKOJ

Društveni je proizvod osnovna odrednica energetske potrošnje i on je tijesno vezan s razvojem gospodarskih prilika. Godine 1990. društveni proizvod Hrvatske pao je za 9% (sl. 2.), a u 1991. godini za sljedećih 22%. U 1992. godine nastavljen je dalji pad od 25%. Uz pretpostavku usporavanja pada društvenog proizvoda u 1993. i postupnog rasta nakon toga, vraćanje društvenog proizvoda Hrvatske na razinu osamdesetih godina moglo bi se očekivati između 1997. i 2000. god. u ovisnosti o razvoju političkih i gospodarskih prilika u Hrvatskoj, završetku rata i vraćanju okupiranih područja pod nadležnost hrvatskih vlasti. Nakon tog »oporavka« društvenog proizvoda moguć je njegov stalni rast po stopi 1,35% godišnje, što je očekivana donja brzina rasta u zemljama donedavnog real-socijalizma. To znači da bi 2010. godine društveni proizvod Hrvatske dosegnuo 11,425 · 10^6 HRD (cijene iz 1972. godine).



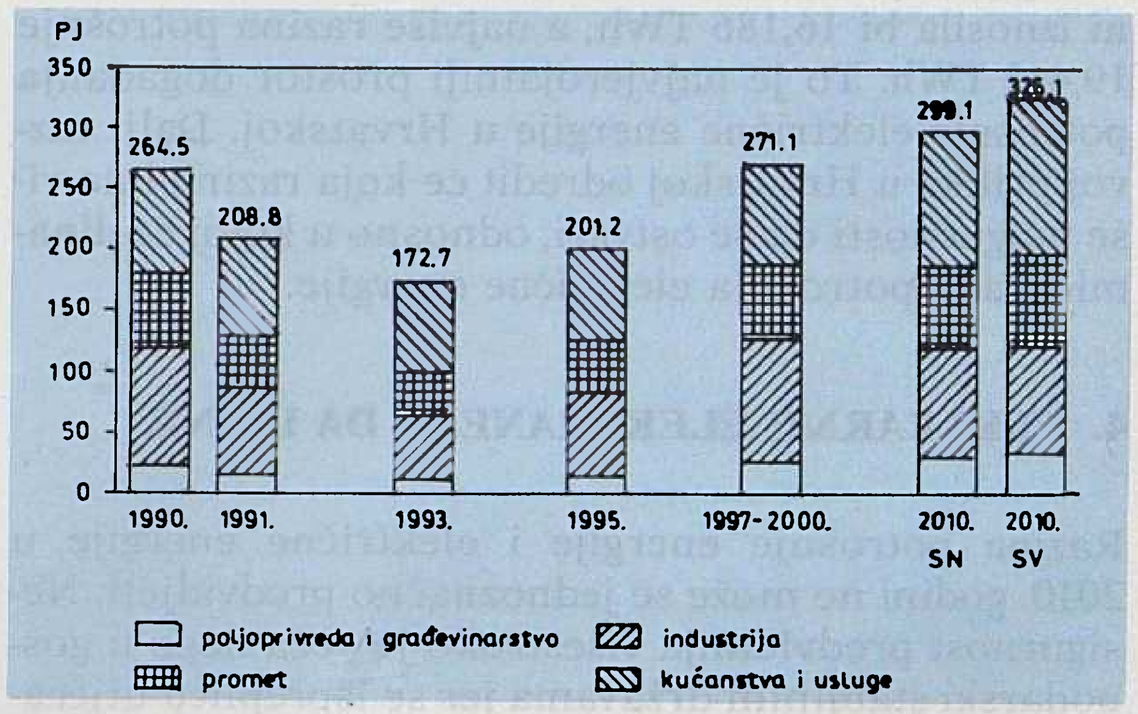
Slika 2. Društveni proizvod Hrvatske

Ako se pretpostavi optimistička varijanta razvoja nakon 1997. godine odnosno 2000. godine i rast društvenog proizvoda po stopi 4,2% godišnje, tada će društveni proizvod Hrvatske dosegnuti 15 · 10^6 HRD (cijene iz 1972. god.) u 2010. godini (sl. 2.). Za usporedbu: razina društvenog proizvoda od 11,425 · 10^6 HRD (cijene iz 1972. god.) ostvarila bi se prema studiji »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede« Instituta za elektroprivredu iz 1991. godine [1] za nižu razinu rasta društvenog proizvoda u 2000. godini, a razina od 15 · 10^6 HRD u 2010. godini.

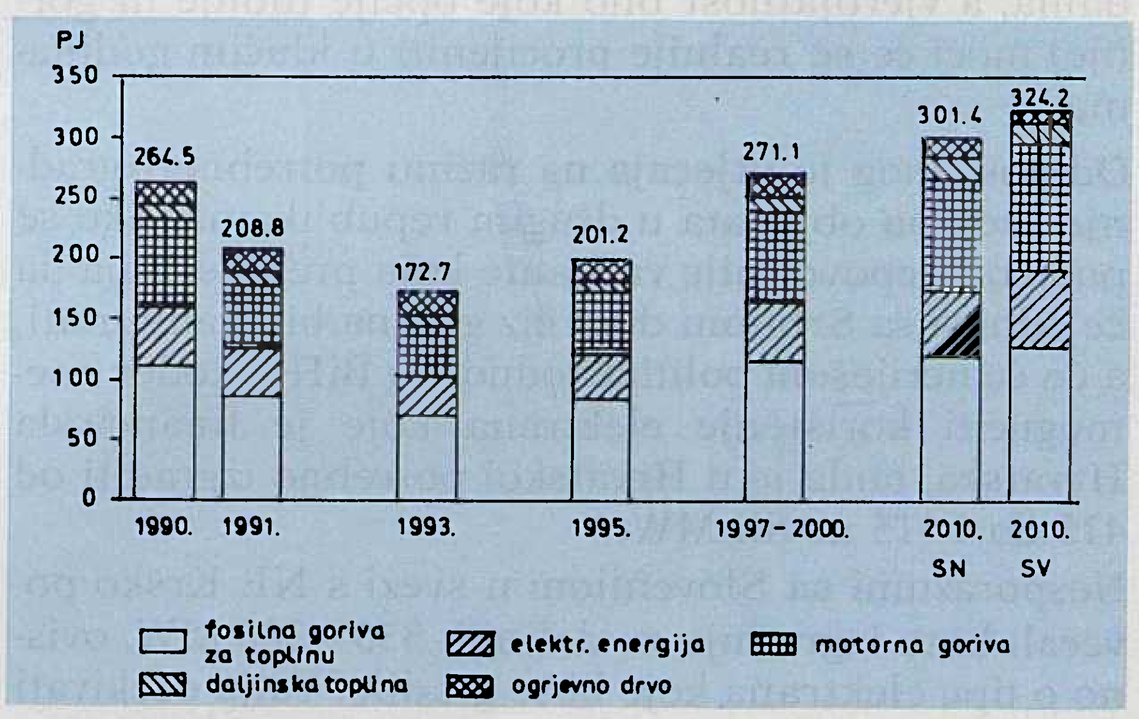
Unatoč značajnom smanjenju društvenog proizvoda Hrvatske, njegova struktura nije bitnije promijenjena. Misli se na zastupljenost primarnog, sekundarnog i tercijarnog sektora. Međutim, unutar sekundarnog sektora, tj. industrije, nastale su bitne promjene. Društveni proizvod potrošnih dobara (hrana i tekstil) povećao je svoj udio, dok se udio baznih materijala i trajnih dobara smanjio.

Pretpostavljeno je da će 1997—2000. godine zastupljenost primarnog sektora, poljoprivrede i građevinstva porasti zbog obnove i zbog gradnje prometnica. Tercijarni sektor, tj. uslužne djelatnosti, trebale bi povećati svoju zastupljenost u društvenom proizvodu s 40% na barem 43%. Zastupljenost industrije ne bi se bitnije mijenjala, ali se očekuje poboljšana struktura, u kojoj bi trajna dobra bila zastupljenija, a bazni materijali manje.

Za takav scenarij razvoja društvenog proizvoda napravljena je pojednostavnjena procjena razvoja ostalih odrednica potrošnje energije: broja stanovnika, broja stanova, strukture stanova, mobilnosti stanovništva u prometu, kupovne moći stanovništva i slično. Rezultati predviđanja krajnje potrošnje energije prikazani su na sl. 3. i 4.



Slika 3. Struktura potrošnje energije krajnjih potrošača po sektorima



Slika 4. Struktura potrošnje energije krajnjih potrošača

Pri predviđanju potrošnje u razdoblju do 2010. godine očekuje se strukturna promjena udjela uslužne djelatnosti od prijeratnih 40% na 50%. Također se očekuje da će tržište postupno djelovati na efikasnost korištenja energije, kao i da će tehnički napredak također donijeti relativno smanjenje potrošnje energije i električne energije.

Također nije predviđen ni rast energetski intenzivne industrije. Važno je da se u navedenom razdoblju ne donose investicijske odluke koje bi za zapadne zemlje značilo rješenje energetski i ekološki neprihvatljive industrije, a za Hrvatsku brzo započinjanje gospodarske aktivnosti, ali s trajnim posljedicama na gospodarstvo i zaštitu okoliša.

Moguće razine potrošnje električne energije navedene su u tablici 5. Nije predviđeno obnavljanje proizvodnje u razrušenim industrijskim postrojenjima energetski intenzivnih potrošača, pa se u odnosu pre-

Tablica 5. Razvoj potrošnje električne energije udružene elektroprivrede Hrvatske (TWh)

	1970.	1975.	1980.	1985.	1990.	1997 – 2000.	2010.	
Potrošnja							SN	SV
Ostvarena	5,575	8,515	11,607	13,638	14,745			
Predviđena						13,811	16,186	19,442

ma stanju prije rata predviđa smanjenje potrošnje električne energije za 1 000 GWh u energetski intenzivnih potrošača. Najniža razina potrošnje električne energije koja se namiruje iz javne mreže u 2010. godini iznosila bi 16,186 TWh, a najviše razina potrošnje 19,442 TWh. To je najvjerojatniji prostor događanja potrošnje električne energije u Hrvatskoj. Dalji razvoj prilika u Hrvatskoj odredit će koja razina ima više mogućnosti da se ostvari, odnosno u kojoj će dinamici rasti potrošnja električne energije.

4. NUKLEARNE ELEKTRANE — DA ILI NE

Razina potrošnje energije i električne energije u 2010. godini ne može se jednoznačno predvidjeti. Nesigurnost predviđanja višestruko je veća nego u gospodarski stabilnim državama jer se isprepliću utjecaji gospodarske krize, tranzicije i rata. Raspon od 3 250 GWh (oko 700 MW) jest prostor mogućeg događanja, a vjerojatnost bilo koje opcije (donje ili gornje) moći će se realnije procijeniti u idućim godinama.

Od posebnog je utjecaja na razinu potrebne izgradnje sudbina objekata u drugim republikama. Ako se pođe od nepovoljnije varijante koja pretpostavlja da će odnosi sa Srbijom dugi niz godina biti zamrznuti, a da će neriješeni politički odnosi u BiH također onemogućiti korištenje elektrana koje je financirala Hrvatska, onda je u Hrvatskoj potrebno izgraditi od 415 do 1 115 novih MW.

Nesporazumi sa Slovenijom u svezi s NE Krško povećali bi tu izgradnju za daljnjih 330 – 380 MW, ovisno o tipu elektrana koje bi se gradile. Valja očekivati da će se iznaći odgovarajuća rješenja za NE Krško, pa se kao manjak snage do 2010. godine može uzeti raspon od 415 do 1 115 MW.

Do 2010. godine, uz povoljna rješenja sa susjednim državama, moglo bi se iskoristiti u hidroelektranama približno 1 800 GWh s iskoristivom snagom 350 MW. Izgradnjom hidroelektrana smanjio bi se manjak snage na iznos 65 MW do 765 MW.

Za takvu razinu potrebne izgradnje novih elektrana do 2010. godine može se procijeniti da nije potrebna izgradnja novih nuklearnih elektrana. U prednosti je izgradnja termoelektrana na plin (kombinirani proces) ili termoelektrana na ugljen (nove tehnologije uz zadovoljenje kriterija zaštite okoliša).

5. ZAKLJUČAK

Energetski prostor, kao i ukupno gospodarstvo Republike, pod utjecajem su ukupnih zbivanja na ovom prostoru. Takva situacija zahtijeva promišljen odnos prema svim pojavama i mogućnostima razvoja. Također je važno da se u potpuno neodređenim odnosima ne donose odluke koje mogu imati dugoročne posljedice. Važno je napomenuti da pravci djelovanja ukupne energetske politike trebaju otvarati prostor racionalnijem gospodarenju energijom i električnom energijom.

Do stabilizacije ukupnih prilika, hrvatska energetika treba biti otvorena prema svim opcijama koje nisu u suprotnosti sa strateškim opredjeljenjima razvoja. Tu se ubraja i zaštita okoliša koja nije samo u funkciji kvalitete življenja, nego i sastavni dio strategije gospodarskog razvoja.

Izgradnju nuklearnih elektrana treba promatrati kao jednu od mogućnosti razvoja elektroenergetskog sustava nakon 2010. godine. Zbog toga je potrebno pratiti tehnološki napredak u korištenju nuklearne energije, kao i razvoj sigurnosti rada nuklearnih elektrana, te pitanje gospodarenja gorivom i ostalim otpadom.

Treba očekivati da će se u idućem razdoblju jasnije odrediti svjetska globalna strategija zaštite okoliša, posebno glede efekta staklenika, što će sigurno otvoriti globalno pitanje uporabe nuklearne energije.

LITERATURA

[1] G. GRANIĆ, B. JELAVIĆ i niz autora: »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991. god.

[2] G. GRANIĆ, D. PEŠUT, B. VUK, B. JELAVIĆ: »Moguće potrebe energije do 2010. godine u Hrvatskoj«, Forum Dan energije u Hrvatskoj, Zagreb, 1992. god.

[3] D. PEŠUT: »Energetske potrebe krajnjih potrošača u Hrvatskoj tijekom devedesetih«, Forum Dan energije u Hrvatskoj, Zagreb, 1992. god.

[4] B. VUK: »Energetska bilanca Republike Hrvatske za 1991. godinu«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1992. god.

NUCLEAR POWER PLANTS IN CROATIAN ENERGETICS

Energy field as well as the whole Croatian economy are influenced by all the events in this region. The situation demands a thoughtful relationship to all occurrences and possibilities of development.

The construction of nuclear power plants should be regarded as a possible development option of the electric power system after the year 2010. Therefore it is necessary to follow the technological development in the usage of nuclear energy, as well as the development of nuclear power plants security and the questions on economy of fuel and waste handling.

KERNKRAFTWERKE IN DER KROATISCHEN ENERGETIK

Das energetische Gebiet, als auch die ganze Wirtschaft der Republik sind unter dem Einfluss aller Ereignisse auf diesem Raum. So eine Situation verlangt ein überdachtes Verhalten gegenüber allen Erscheinungen und Entwicklungsmöglichkeiten. Den Ausbau der Kernkraftwerke sollte man als eine der möglichen Optionen der Entwicklung des elektroenergetischen Systems nach dem Jahr 2010 betrachten. Aus diesem Grund ist es notwendig den technologischen Fortschritt bei der Nutzung der Kernenergie zu verfolgen, ebenso wie die Entwicklung der Betriebssicherheit der Kernkraftwerke sowie die Frage des Umgangs mit dem Brennstoff und der Entsorgung.

Naslov pisaca:

Dr. Goran Granić, dipl. ing.
Dr. Branka Jelavić, dipl. ing.
Mr. Branko Vuk, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d. — Zagreb
41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993 – 07 – 20.

PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabeli za napone:

1 kV - s termoplastičnom izolacijom
10 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen propilena

20 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- termoplastičnog polietilena
35 kV - s izolacijom od:
- umreživog polietilena
- etilen-propilena

Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeli.
Brodski kabeli izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
Kabeli i konektori za aerodromske instalacije.
Samonosivi kabelski snopovi Elkalex-1.
Telekomunikacijski kabeli s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
Optički kabeli.
Specijalni vodovi i kabeli.
Rudarski kabeli.
Kabelski setovi sa konektorima.
Lakirana žica.
Alumunijska, alu-čelična i užad iz aluminijske legure.
Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.
Umreživi polietilen.

»ELKA« Tvornica električnih kabela - Zagreb, Žitnjak bb, P. O. B. 150
Tel.: 232-200; Telex: 21-193; Telefax: 223-898

ELEKTROENERGETSKI SUSTAV HRVATSKE
Kako dalje

Ive-Vice Cukrov, Zagreb

UDK 621.311.1
STRUČNI ČLANAK

U stručnom članku se govori kako je razvijan elektroenergetski sustav Hrvatske, te se postavljaju pitanja na koja je potrebno odgovoriti prije obnavljanja razrušenih vodova i trafostanica, te građenja novih.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, prijenosna mreža.

UVOD

Hrvatska je svoj elektroenergetski sustav (prijenos) razvijala i izgrađivala u sklopu bivše Jugoslavije. Uz prijenosnu mrežu Hrvatska je i proizvodne kapacitete (termoelektrane) gradila na resursima primarne energije (ugljen) bivše Jugoslavije (Kakanj, Tuzla, Gacko, Obrovac). Nuklearna elektrana Krško zajednički je sa Slovenijom izgrađena u Sloveniji, a druga je trebala biti izgrađena u Hrvatskoj.

Okosnica prijenosne mreže bio je prsten 380 kV pod nazivom »Nikola Tesla«. U Hrvatskoj taj prsten uzdužno prolazi po sjevernom i južnom dijelu istok — zapad. Sjeverni dio ide od Krškog (NE Krško) preko Zagreba (Tumbri), Osijeka (Ernestinovo) do »Mladosti« (Srbija), a južni dio od Divače (Slovenija) preko Rijeke (Meline), Obrovca (RHE Obrovac), Splita (Konjsko) do Mostara (Bosna i Hercegovina).

Od Osijeka (Ernestinovo) izgrađena je veza s Bosnom i Hercegovinom (Ugljevik). Hrvatska je sjevernu i južnu trasu spojila vodom Rijeka – Zagreb.

Osim te prijenosne veze Hrvatske sa susjednim republikama u bivšoj Jugoslaviji, a sadašnjim samostalnim državama, postojali su prijenosni vodovi napona 220 kV i 110 kV (slika 1).

Tokovi energije bili su s istoka prema zapadu po sjevernoj trasi dalekovoda 380 kV i po južnoj trasi jer je Hrvatska u Srbiji i Bosni i Hercegovini izgradila termoelektrane 600 MW. Također je Srbija izvozila ugovorene količine energije na zapad. Vodovi napona 220 kV građeni su za povezivanje proizvodnih objekata s centrima potrošnje unutar Hrvatske i veze prema drugim republikama. Tako razrađena prijenosna mreža udovoljavala je traženim zahtjevima, ali se u Hrvatskoj ozbiljno razmišljalo o napuštanju napona 220 kV.

STANJE MREŽE

U uvjetima prije ovog rata prijenosnom mrežom 380 kV upravljano je iz Beograda (Zajednica jugoslavenske elektroprivrede), a nižim naponima 220 kV i 110 kV upravljali su dispečeri republika.

Ratna razaranja podijelila su elektroenergetski sustav na više sustava, odnosno otoka, koji su paralelno mogli raditi sa susjednim zemljama ili sami kao zaseban otok (područje) u Hrvatskoj. [1]

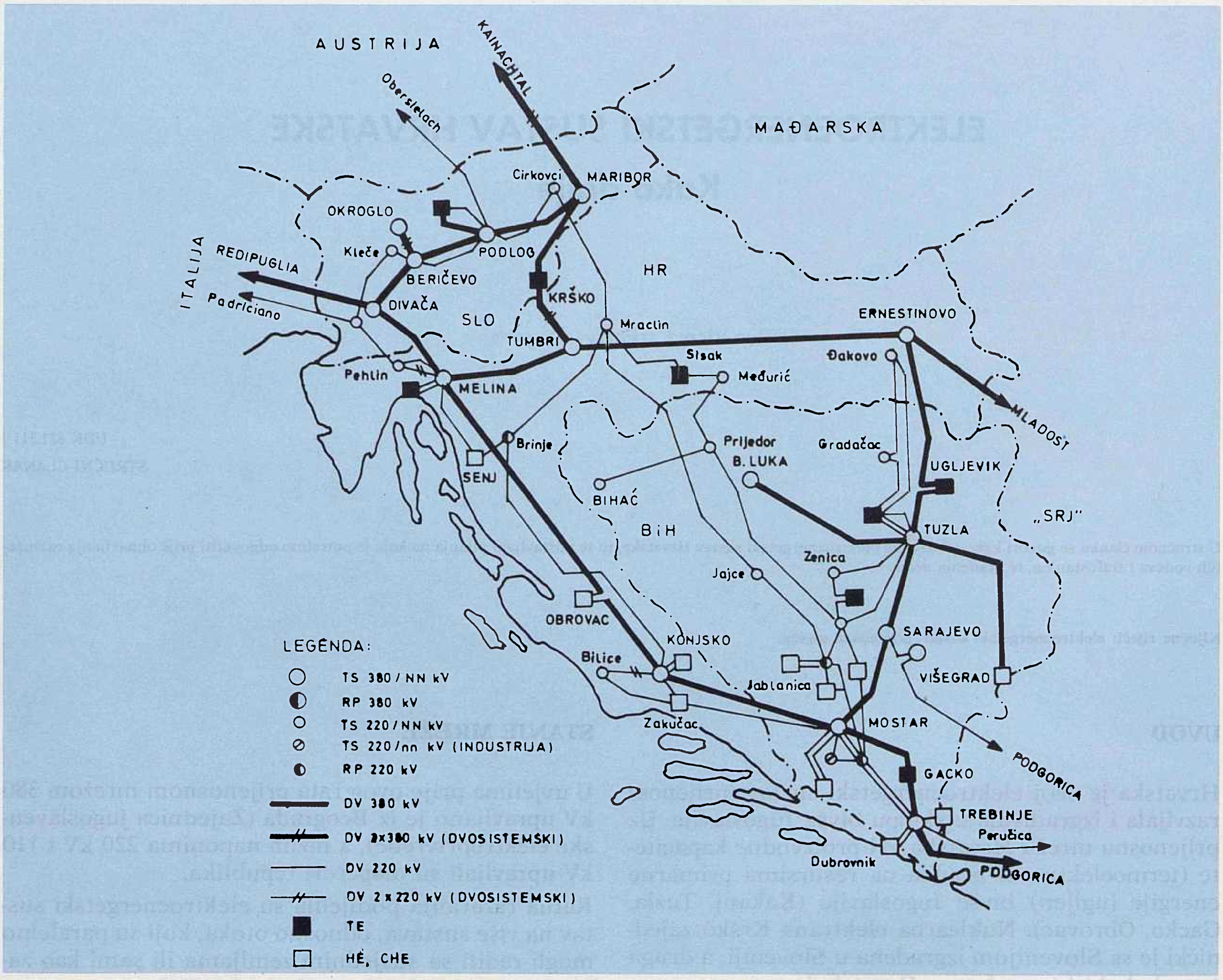
Hrvatski elektroenergetski sustav naponske razine 380 kV prekinut je bombardiranjem trafostanice Ernestinovo (velika oštećenja), i to prema Srbiji i prema Bosni i Hercegovini (Ugljevik) na sjevernoj trasi, a razaranjem trafostanice Mostar prema Bosni i Hercegovini na južnoj trasi.

Uz prekide dalekovoda napona 380 i 220 kV između Hrvatske i susjednih joj istočnih država pobunjenici su prekinuli (više ili manje oštetili) i dalekovode na teritoriju Hrvatske. Tako su oštećenjima ostali izvan funkcije i ovi dalekovodi:

* Meline — Obrovac 380 kV
* Obrovac — Konjsko 380 kV
* Tumbri — Ernestinovo 380 kV
* Mraclin — Brinje 220 kV
* Brinje — Konjsko 220 kV.

Dalekovod Tumbri — Ernestinovo vrlo je brzo popravljen i stavljen pod napon 220 kV. Ostali oštećeni dalekovodi prolaze dijelom preko okupiranog područja pa im je pristup onemogućen, a time i popravak.

Dalekovodi 220 kV od HE Dubrovnik do TS Trebinje također su oštećeni, pa HE Dubrovnik ne može proizvoditi jer nema spoja na elektroenergetski sustav. Oštećenjem dalekovoda prema istočnim susjednim



Slika 1. Elektroenergetski sustavi Bosne i Hercegovine, Hrvatske i Slovenije, mreža 380 kV i 220 kV (stanje prije rata)

državama i na teritoriju Hrvatske, njezin elektroenergetski sustav podijeljen je u dva dijela (otoka):

a) Prijenosna područja Zagreb, Rijeka i Osijek čine jedan sustav i vezani su preko Slovenije s UCPT, te nesmetano rade. Lošija veza ostvarena je s prijenosnim područjem Osijek jer je dalekovod 380 kV Tumbri – Ernestinovo stavljen pod napon 220 kV.

b) Prijenosno područje Split čini drugi elektroenergetski sustav koji radi otočno (u pravilu), uz nesigurnu vezu prema Bosni i Hercegovini naponom 220 kV čiji je elektroenergetski sustav također razdijeljen na više otoka.

STANJE IZVORA

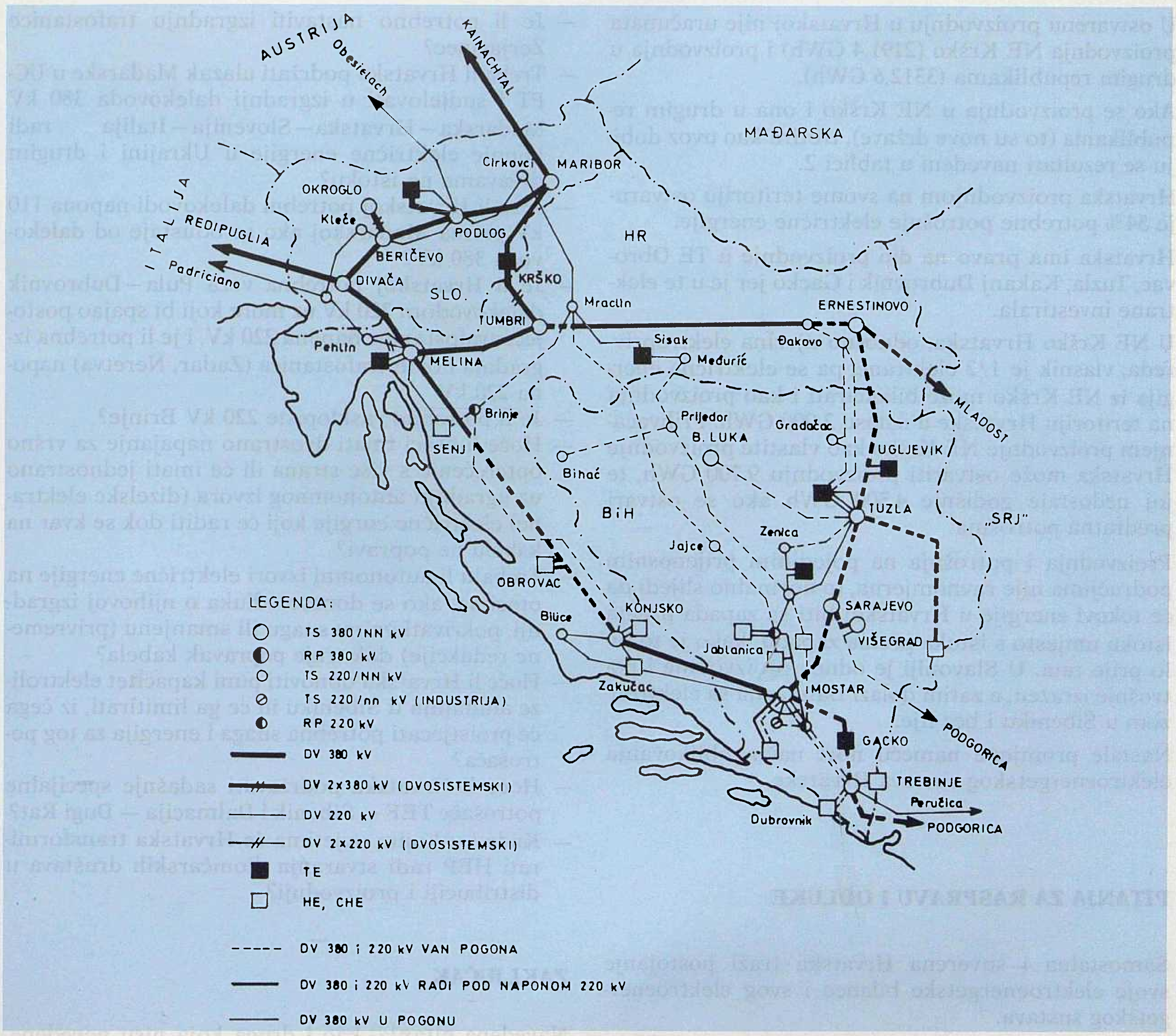
Sve elektrane na području Zagreba, Rijeke i Osijeka su na raspolaganju i proizvode električnu energiju manje ili više pouzdano (ovisi o stanju i redovitosti održavanja) ako ima goriva.

Na području Dalmacije elektrane Obrovac, Manojlovec i Golubić su okupirane, Dubrovnik radi u posebnom režimu, a Peruća je oštećena zajedno s branom i radi smanjenim kapacitetom. Takvo stanje prijenosne mreže i elektrana uz nezapamćenu sušu uvjetovalo je velik nedostatak električne energije na području Dalmacije.

KAKVU PRIJENOSNU MREŽU TREBA HRVATSKA

Hrvatska je svoju prijenosnu mrežu gradila u sklopu Jugoslavije kao zatvorenoga elektroenergetskog sutava s vezama prema UCPT. Ujedno je prijenosna mreža građena ovisno o lokacijama elektrana u zatvorenom elektroenergetskom sustavu. Više ili manje izgrađena elektroprijenosna mreža u bivšoj Jugoslaviji zadovoljavala je traženo, ali to ovdje ne analiziramo s obzirom na to da su ratna razaranja dokazala raspoloživost i pouzdanost tako izgrađene mreže.

Nakon raspada Jugoslavije, a prema tomu i njezina zatvorenoga elektroenergetskog sustava, osnovane su nove samostalne države koje hitno moraju učiniti analizu funkcioniranja elektroenergetskog sustava na svojem teritoriju radi daljeg razvoja, odnosno dogradnje nedostajućih i nesigurnih dijelova.



Slika 2. Elektroenergetski sustavi Bosne i Hercegovine, Hrvatske i Slovenije, mreža 220 kV i 320 kV (stanje za vrijeme rata)

Hrvatska ima pet izgrađenih trafostanica gornjeg napona 380 kV (Ernestinovo, Konjsko, Meline, Obrovac i Tumbri). Počela je izgradnja šeste trafostanice (žerjavinec) gornjeg napona 380 kV. Hrvatska ima i četiri prijenosna područja i Direkciju u Zagrebu.

Izgrađeni proizvodni objekti na prijenosnim područjima (Osijek, Split, Opatija, Zagreb) jesu:

Tablica 1.

Prijenosno područje	Instalirana snaga		
	TE	HE	ukupno
Split	—	1 251	1 251
Opatija	396	359	755
Osijek	89	—	89
Zagreb	685	286	971
Ukupno	1 170	1 896	3 066

Ovdje nije uračunata instalirana snaga NE Krško (316 MW) koliko pripada Hrvatskoj, dok je kod HE Dubrovnik uračunata snaga 86 MW.

Na prijenosnim područjima ostvarena proizvodnja i potrošnja u 1990. godini [2] daje se u tablici 2.

Tablica 2.

Prijenosno područje	Proizvodnja	Potrošnja	Razlika + više proizvedeno — manje proizvedeno	Opaska
Split	1 679,6	4 320,7	—2641,1	uključena je potrošnja TLM 1172,5 GWh
Opatija	2 310,7	2 243,8	+ 66,9	
Osijek	106,6	1 918,2	—1 811,6	
Zagreb	3 587,4	5 762,0	—1 174,6	
Ukupno	7 684,3	14 244,7	—6 560,4	

U ostvarenu proizvodnju u Hrvatskoj nije uračunata proizvodnja NE Krško (2191,4 GWh) i proizvodnja u drugim republikama (3312,6 GWh).

Ako se proizvodnja u NE Krško i ona u drugim republikama (to su nove države), tretira kao uvoz dobiju se rezultati navedeni u tablici 2.

Hrvatska proizvodnjom na svome teritoriju ostvaruje 54% potrebne potrošnje električne energije.

Hrvatska ima pravo na dio proizvodnje u TE Obrovac, Tuzla, Kakanj Dubrovnik i Gacko jer je u te elektrane investirala.

U NE Krško Hrvatska, odnosno njezina elektroprivreda, vlasnik je 1/2 elektrane, pa se električna energija iz NE Krško može bilancirati i kao proizvodnja na teritoriju Hrvatske u iznosu 2 000 GWh. Prihvaćanjem proizvodnje NE Krško kao vlastite proizvodnje Hrvatska može ostvariti proizvodnju 9 700 GWh, te joj nedostaje godišnje 4 500 GWh ako se ostvari predratna potrošnja.

Proizvodnja i potrošnja na pojedinim prijenosnim područjima nije ravnomjerna, te normalno slijedi da će tokovi energije u Hrvatskoj biti sa zapada prema istoku umjesto s istoka prema zapadu, kako je to bilo prije rata. U Slavoniji je odnos proizvodnje i potrošnje izražen, a zatim dolazi Dalmacija sa elektrolizom u Šibeniku i bez nje.

Nastale promjene nameću novi način oblikovanja elektroenergetskog sustava Hrvatske.

PITANJA ZA RASPRAVU I ODLUKE

Samostalna i suverena Hrvatska traži postojanje svoje elektroenergetske bilance i svog elektroenergetskog sustava.

Ratno stanje, razrušenost gospodarstva i elektroenergetskih objekata (mreža, trafostanice, elektrane), te okupacija elektrana doveli su elektroenergetski sustav u podijeljenost na dva dijela (otoka). Proizvodnja i potrošnja smanjeni su i dovedeni na razinu prije 1980. godine.

Prije početka stvaranja zatvorenoga elektroenergetskog sustava Hrvatske (bilanciranje proizvodnje i potrošnje) s vezama prema susjednim državama nužno je raspraviti ove dileme:

— Treba li Hrvatska nastaviti graditi prijenosnu mrežu 380 kV ili je dovoljno da kao gornji napon definira onaj od 220 kV?
— Treba li Hrvatska obnavljati postojeće dvije trase dalekovoda 380 kV koje nisu na njezinu teritoriju međusobno spojene na istočnom dijelu i služe za tranzit energije drugim državama?
— Treba li zadržati sjevernu ili južnu trasu 380 kV ako se donese odluka o postojanju samo jedne trase?
— Je li potrebno obnavljati ili graditi novu trafostanicu gornjeg napona 380 kV Ernestinovo ili negdje u blizini Osijeka?
— Je li potrebno nastaviti izgradnju trafostanice Žerjavinec?
— Treba li Hrvatska podržati ulazak Mađarske u UCPT i sudjelovati u izgradnji dalekovoda 380 kV Mađarska – Hrvatska – Slovenija – Italija radi kupnje električne energije u Ukrajini i drugim državama na istoku?
— Jesu li Hrvatskoj potrebni dalekovodi napona 110 kV prema Mađarskoj ako se odustaje od dalekovoda 380 kV?
— Je li Hrvatskoj potrebna veza Pula – Dubrovnik dalekovodom 220 kV uz more koji bi spajao postojeće trafostanice napona 220 kV, i je li potrebna izgradnja novih trafostanica (Zadar, Neretva) napona 220 kV
— Je li potrebno rasklopište 220 kV Brinje?
— Hoće li otoci imati dvostrano napajanje za vršno opterećenje s više strana ili će imati jednostrano uz ugradnju autonomnog izvora (dizelske elektrane) električne enrgije koji će raditi dok se kvar na kabelu ne popravi?
— Trebaju li autonomni izvori električne energije na otocima, ako se donese odluka o njihovoj izgradnji, pokrivati vršnu snagu ili smanjenu (privremene redukcije) dok traje popravak kabela?
— Hoće li Hrvatska obnoviti puni kapacitet elektrolize aluminija u Šibeniku ili će ga limitirati, iz čega će proistjecati potrebna snaga i energija za tog potrošača?
— Hoće li Hrvatska podržavati sadašnje specijalne potrošače TEF — Šibenik i Dalmacija — Dugi Rat?
— Kada i u kojim uvjetima će Hrvatska transformirati HEP radi stvaranja dioničarskih društava u distribuciji i proizvodnji?

ZAKLJUČAK

Navedena pitanja, kao i druga koja nisu navedena, traže hitno raspravu stručnih ljudi i stručnih udruga radi definiranja konkretnih zadataka, i to:

— izradu studije tokova električne energije na razini Hrvatske i prijenosnim područjima
— izradu studije o potrebnim izvorima vezano za raspoložive vrste primarnih energenata (ugljen, plin, nafta, voda) i stupnja iskoristivosti razvojem tehnologije (diselski agregati, plin u kombi-procesu).

LITERATURA

[1] Izvještaji o oštećenjima (HEP) 1991 – 1992.
[2] Elektroenergetska bilanca HEP 1990. godine

CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM
What to do further?

In this professional paper the development of the Croatian Electric Power System is described, and questions are passed that are to be answered before the reconstruction of the destroyed transmission lines and transformer substations and construction of new ones.

ELEKTROENERGETISCHES SYSTEM KROATIENS
Wie soll es weitergehen?

Im Fachartikel spricht man über die Entwicklung des kroatischen elektroenergetischen Systems. Man stellt Fragen die man vor der Erneuerung der zerstörten Leitungen und Trafostationen sowie der neuerbauten beantworten müsste.

Naslov pisca:

Ive-Vice Cukrov, dipl. ing.
Skupština grada Zagreba
41000 Zagreb
Avenija Vukovar 45

Uredništvo primilo rukopis:
1993–4–23.

INSTITUT
ZA ENERGETIKU
I
ZAŠTITU
OKOLIŠA

HRANA I ČOVJEK — POLJOPRIVREDA I ENERGIJA

Prof. dr. Zvonko Katić, Zagreb

UDK 620.9:63
PREGLEDNI ČLANAK

»Za djedove i bake ... koji su trebali 110 KWh po osobi dnevno,
Za roditelje ... koji su mislili da je 150 KWh po osobi dnevno dovoljno
Za braću i sestre ... koji su trošili 250 KWh po osobi dnevno
Za našu djecu ... koja će vjerojatno zaključiti da kod 350 KWh dnevno — trebaju početi štedjeti
Za naše unuke ... koji će morati zaključiti da je 110 KWh dnevno dovoljno«.

Richard C. Bailie (1978)

Analiza energetske valjanosti proizvodnje hrane upućuje na sve lošije iskorištavanje uložene energije. Uzrok tome je težnja za povećanjem prinosa i smanjivanjem ljudskog rada upotrebom mehanizacije, povećane prihrane bilja, zaštite bilja i konzerviranjem nedozrelog uroda.
Od 1940. do 1970. godine odnos dobivena energija u hrani: uložena energija za proizvodnju (input: output) smanjio se u SAD od 1:4 na 1:2,82, a u Francuskoj od 1:3 na 1:0,82.
Porast energije koja se troši za modernu poljoprivrednu proizvodnju porastao je za 17 puta u posljednjih trideset godina i u Francuskoj 1975. iznosi 9,7% od ukupne potrošnje energije u zemlji.

Ključne riječi: proizvodnja hrane, biomasa, energetski potencijal.

Zemlja je zatvoreni ekosustav koji svoj dosadašnji i dalji opstanak uvjetuje raspoloživoj energiji. Zalihe energije i potrošnja energije moraju biti usklađene s obnovom energije koju zemlja isključivo dobiva sa Sunca.

Sunčana insolacija je tisućljećima dolazila na Zemlju, a to čini i danas. Energija koju nam sunce zračenjem dobavlja je i danas 30.000 puta veća od ukupne potrošnje energije i iznosi približno 200.000×10^{12} wata (J/sek) [1]. Fotosintezom stvarana biomasa bila je polazna osnova za sve zalihe fosilnih goriva. Kemijska reakcija fotosinteze je

$$H_2O + CO_2 + \text{svjetlo} \rightarrow CH_2O + 0_2.$$

Tom se reakcijom sunčana energija veže u organsku tvar, koristeći se ugljikom iz atmosfere, vodikom i kisikom iz vode, a istovremeno se obogaćuje atmosfera kisikom. Dugo neriješena tajna razlaganja vode na njezine elemente konačno je razjašnjena pronalaskom da su u listovima biljaka smještene stanice koje, kao sunčane baterije, proizvode električnu struju. Poznato nam je i otprije da električna struja razlaže vodu na elemente: vodik i kisik. Trebalo je samo naći način kako biljka fotone pretvara u eletričnu struju.

Pri dodjeli Nobelove nagrade za kemiju 1988, koju su dobili biokemičari Michael Hartmut, Johan Deisenhofer i Robert Huber, gotovo je nezamjećeno prošla spoznaja da je njihovo otkriće »odškrinulo vrata« prirode koja je tijekom tri milijarde godina razvijala svoj proces biološle pretvorbe energije, da ga prvotno primijeni kod nekih bakterija, a zatim na širokoj paleti zelenih biljaka. Bez biokemijske pretvorbe energije, poznatom kao »fotosinteza«, današnji život u sadašnjem obliku ne bi bio zamisliv.

»Čvor« je, prema Nobelovcima, naziv molekule koja u svom kompleksu podsjeća na gordijski čvor. Ovaj »čvor« je trebalo razriješiti, a ne presjeći, u čemu je i zasluga navedenih biokemičara. Njihov uporan rad donio je uvid u procese u centru biološke pretvorbe sunčane energije. Znanstvenici su razriješili temeljnu biološku strukturu tzv. centra reakcije. Time se misli na makropostrojenje, bez kojega je nezamisliv život na zemlji u današnjem vidu.

»Centar reakcije« je nešto kao biološki transformator energije. On pribavlja, punjen sunčanom energijom, kemijsku energiju potrebnu svim živim bićima.

Otkriće nije samo zanimljivo istraživačima procesa fotosinteze. I kod razvoja solarnih stanica ovo će otkriće revolucionirati dalja istraživanja. Uvid u »trikove« prirode pokazuje da je priroda odavno riješila dva glavna problema koja se pojavljuju pri primjeni solarnih stanica:

1. Kako iskoristiti malenu gustoću toka solarne energije,
2. Kako se »uhvaćena energija« može skladištiti i transportirati na mjestu gdje je potrebna.

»Fotosinteza je slijed mnogih postupnih djelomičnih koraka u kojima sudjeluju mnogi čimbenici staničja

lista. Središnji kotačić koji pokreće cijeli proces je tzv. »centar reakcije«. Ovdje nastaje pretvorba svjetlosne energije u elektrokemijsku energiju i, napokon, u kemijsku. U »centrima reakcije« **svjetlosnom se energijom proizvedena električna energija koristi za cijepanje vode** nama svima poznatim procesom elektrolize. Pri tome se nastali vodik i kisik koristi za biološke veze. Iz više od 1200 osnovnih struktura aminokiselinskih elemenata sastavljena molekula »centra reakcije« nastavlja kemijsku pretvorbu biovodika u staničje biljke i tako skladišti i akumulira uhvaćenu svjetlost u oblik lako »prenosiv na mjesto potrošnje«

Koristeći se prirodom kao uzorom, a nakon razjašnjenja nekih nepoznanica fotosinteze, danas znanstvenici intenzivno rade na razvoju fotostanica po uzoru na tzv. molekularnu fotostanicu. Iako su solarne stanice od amorfnog silicija neusporedivo jednostavnije i jeftinije, problem skladištenja u elektroničnu energiju pretvorene svjetlosti još je uvijek problematičan. Razvoj akumulatorskih baterija napreduje, ali već je sada jasno da takav pristup neće dati pravo rješenje. Istraživači ga vide u »sintetskoj molekularnoj fotostanici« [2].

Gorenjem karbohidrati oslobađaju 468 832 J/gmolu. Energija potrebna za oblikovanje molekule karbohidrata jest prema tome 4.86[eV/molekuli].

Mehanizam oblikovanja molekula karbohidrata je složen, ali je poznato da je potrebno 8 – 10 fotona po molekuli. Jedino vidljivi dio svjetla koristi biljka za fotosintezu. Ako je za pretvorbu molekule potrebno 9 fotona, onda fotoni u crvenom dijelu spektra (koje se ne koristi za fotosintezu) imaju energiju.

$$9\,[\text{fotona}] \times 1{,}9[\text{eV/fotonu}] = 17{,}1\ [\text{eV}].$$

Prema tome je energetski učinak fotosinteze

$$\eta_{fs} = 4{,}86\,[\text{eV}]/17{,}1\,[\text{eV}] = 0{,}28\ (28\,\%).$$

Nije ni sva energija zračenja sunca iskoristiva za biljke. Samo približno 45% područja spektra koriste biljke. Uz to biljka zrcali i vraća u atmosferu približno 15% zračenja, što ponovno umanjuje iskorištenje na

$$\eta_b = (0{,}28)(0{,}45)(0{,}85) = 0{,}107 \text{ ili } 10{,}7\,\%.$$

Treba uzeti u proračun i činjenicu da se samo tijekom polovice kalendarske godine može računati predviđeni rast biljke a u prosjeku je i prinos polovičan od teorijskoga. Zato se iskorištenje zračenja treba ispraviti:

$$\eta_{uk} = 0{,}107\,(0{,}5)\,(0{,}5) = 0{,}026 \text{ ili } 2{,}6\,\%.$$

S tom vrijednosti je uobičajeno računati pri procjeni prinosa biomase na Zemlji kao globusu. Biomasom se smatra ukupnim vegetacijskim prirastom.

Ako se pri rastu biljaka može kontrolirati temperatura i atmosfera (povećanjem koncentracije CO_2), prinos biomase može nadmašiti 100 t/ha.

Prinos biomase pojedinih biljaka, prikazan u sljedećoj tablici, daje neke vrijednosti za normalne uvjete u SAD (1974. godine).

Tablica 1. Godišnji prinos biomase nekih kultura

Biljka	Mjesto uzgoja	Prirast t/ha/god.
suncokret	Kalifornija	3,75
suncokret + artičok	Rusija	33,75
sirak	Kansas	30
slatki sirak	Mississippi	18,75 – 22,5
silažni kukuruz	Georgia	15 – 17,5
vodeni zumbul	Florida	40
šeć. repa	Mississippi	50
šeć. repa (maks)	Teksas (jug)	125
sudanska trava	Kalifornija	37,5 – 40
eukaliptus sp.	Kalifornija	60,25
alge (svj. voda)	Kalifornija	20 – 97,5
tropska prašuma	prosjek	45,75

Biomasom, kao zamjenu za toplinsku energiju iz fosilnog goriva, možemo koristiti direktnim spaljivanjem. Za zamjenu potrošnje prirodnog zemnog plina u SAD bilo bi potrebno ukupno 300 milijuna ha s prosječnim prinosom od 75 t/ha biomase. To je gotovo cjelokupna poljoprivredna površina u SAD [3].

Za proizvodnju električne energije u termoelektrani snage 100 MWel, koja bi radila s godišnjim prosjekom opterećenja 80%, bila bi potrebna biomasa s 620 km², a dnevno bi u termoelektranu trebalo dopremiti 15 000 tona mase.

Iz tih je primjera uočljivo da se biomasom ne može potpuno zamijeniti fosilna goriva. Razmotrimo zato i druge razloge koji sve više upućuju na potrebu korištenja biomase iz poljoprivrede i kao djelomičnog izvora energije, a ne samo hrane i krme.

Čovjek je zajedno sa svim živim bićima nerazdvojiv dio globalnog ekosustava. Ekosustav crpi svoju energiju od Sunca i sa svim živim organizmima međusobno ovisan je jedan o drugom. Naše današnje razumijevanje međusobne ovisnosti različitih vrsta u ekosustavu temelji se na radovima Raymondsa L. Lindemana, koji je u časopisu »Ekologija« 1942. objavio studije o kvalitativnim međusobnim odnosima različitih korisnika energije iz prirode. Energiju koju koristi jedna životinjska ili biljna vrsta može samo djelomično iskoristiti iz druge vrste, i to uništenjem njezine populacije.

Tako jedna vrsta može hraniti drugu prema Lindermanu »po pravilu 10%«, što bi značilo da životinja koja pase može iskoristiti do 10% energije skupljene u biljkama, a mesožderi oko 10% energije iz biljoždera.

Jednako važan faktor za životnu ravnotežu prirode jest i lanac raspadanja mrtvih organskih bića — biljaka, fekalija, životinja i ostaloga — radi stvaranja hrane za žive organizme.

Približno dvije trećine ukupne suhe organske tvari proizvedene fotosintezom jest na kopnu, a jedna trećina u vodi. Iskustveno se sva konzumira respiraci-

jom organizama koji nisu zelene biljke i koji stvaraju vodu, ugljik-dioksid i toplinu. Samo malen dio organskih tvari skuplja se kao humus u zemlji, u tkivu živih organizama ili u organskim sedimentima koji su u prošlosti proizveli zalihu nafte, plina i ugljena. Svake se godine na Zemlji fotosintezom iz sunčane energije koju Zemlja prima zračenjem — proizvede između 80 – 200 milijardi tona organske tvari, koja je dobivena s manje od 0,1 % iskorištenja ukupne energije koju Sunce zrači na Zemlju. Ta organska tvar služi čovjeku i životinjama kao hrana i osnova je života cijele biosfere.

Prosječno se za cijeli svijet računa s proizvodnjom 280 – 700 t/km² biomase drva u šumama [4]. Uz tu biomasu treba računati i s poljoprivrednim nusproizvodima (negdje netočno nazvanim »otpadom«).

Prema procjeni FAO, danas ima u svijetu približno 1 800 × 10⁶ tona poljoprivrednih »otpadaka« koji ne moraju biti samo »otpad«, već mogu služiti i kao izvor toplinske energije. Ukupna energija u poljoprivrednim »otpacima« iz kućanstava čini približno 40 % ukupno utrošene energije u svijetu (Požar 1980).

Na Zemlji općenito nema dovoljno hrane za sve ljude. Intenzivirajući poljoprivrednu proizvodnju, čovjek je narušio prirodni ekosustav i, da bi ostvario povećanu proizvodnju, umjetno zahvaća u taj sustav. Time ostvaruje veću proizvodnju, ali i povećava ulaganja energije u tu proizvodnju.

Od 1940. do 1970. godine odnos dobivene energije u hrani: uloženoj energiji za proizvodnju (input/output) smanjio se u SAD od 1:4 na 1:2,82. Isto je i s primarnom poljoprivrednom proizvodnjom, gdje su ulaganja energije najveća u umjetnim gnojivima [5]. Godine 1975. je od ukupnih potreba energije u Francuskoj poljoprivreda potrošila 9,7 % (16 mil. TEP). [6]

U proizvodnji žitarica koje ne treba umjetno sušiti, ili se samo djelomično dosušuju, vrijednost energije dodana umjetnim gnojivom iznosi više od 50 % od ukupne energije utrošene za cjelokupnu proizvodnju. Za kukuruz i ostale kulture koje zahtijevaju djelotvorno sušenje, energija koja se troši pri sušenju dosiže i do 30 % ukupne utrošene energije.

U stočarstvu je iskorištenje energije u proizvodnji mesa 1945. god. bilo 60 %, da bi je 1975. god. smanjilo na 22 % [6].

KOJE SU MOGUĆNOSTI SMANJIVANJA POTROŠNJE FOSILNE ENERGIJE U POLJOPRIVREDNOJ PROIZVODNJI?

Energiju koja se troši u poljoprivredi dijelimo na:

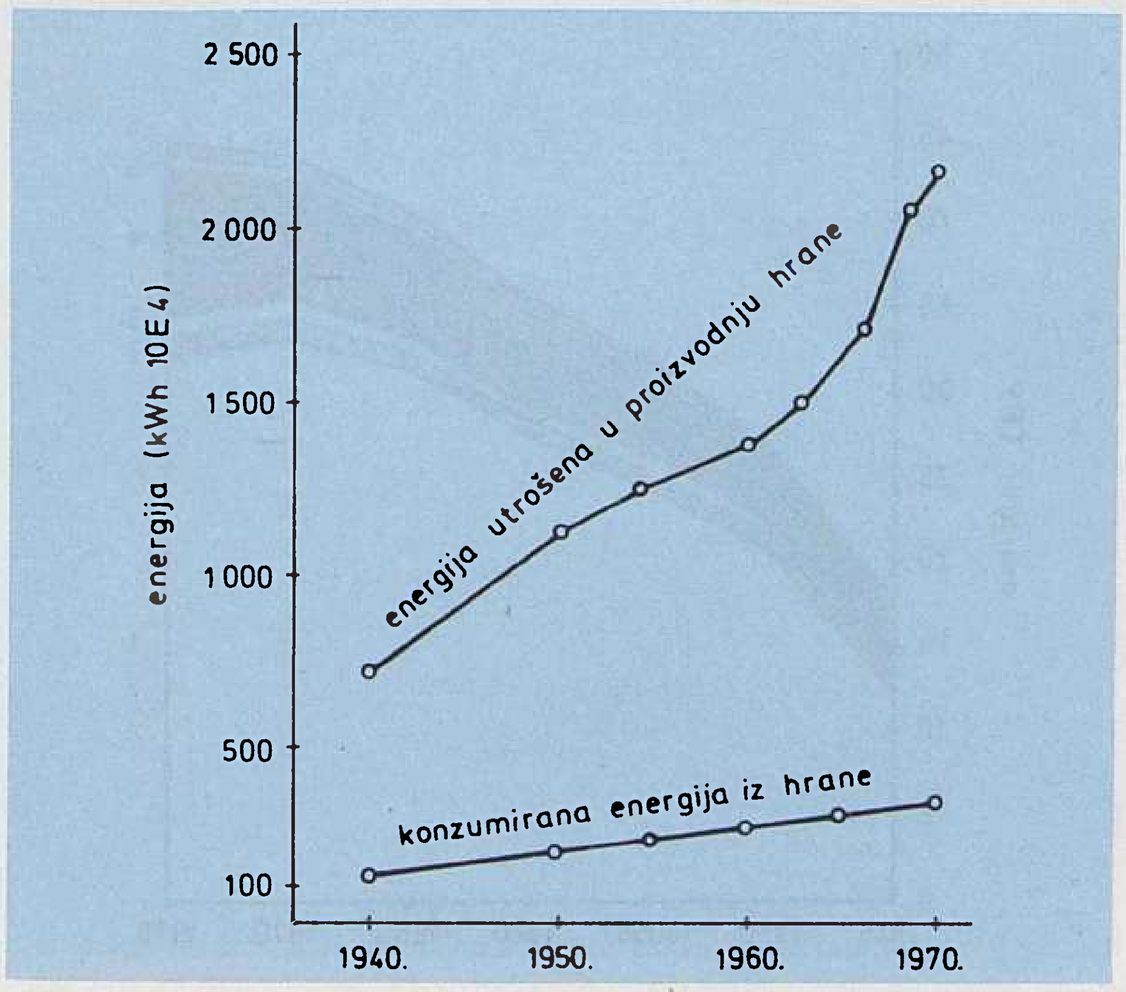
a) energiju za neposrednu proizvodnju i
b) energiju posredno utrošenu za proizvodnju strojeva, umjetnoga gnojiva, pribora i svega drugoga čime se koristimo za pripremu zemljišta, zaštitu, prijevoz, skladištenje i sl.

Neposredno utrošena energija je gorivo za traktore pri obradi zemljišta, za prijevoz, grijanje staja i nastambi, sušenje zrnja itd. Na primjer, 1975. god. je u francuskoj poljoprivredi za pogon traktora utrošeno 3,75 milijuna TEP (Tona Ekvivalenta Petrola).

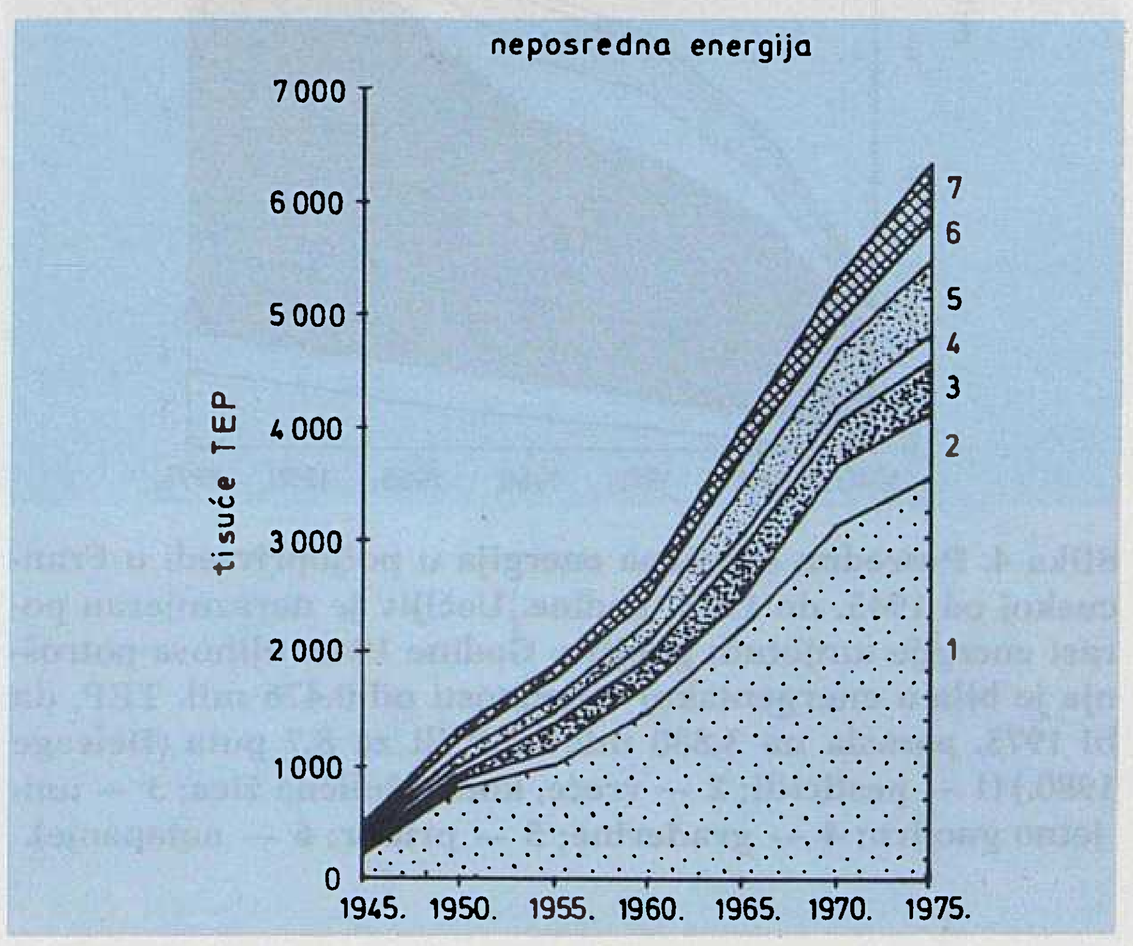
(TEP je energetska vrijednost jedne tone dizelskoga goriva. Automobil može prijeći 10 000 km ako troši 10 l/km. Traktor koji troši 6 litara/sat može raditi 8 sati dnevno tijekom 20 dana.)

Posredna potrošnja je ona koju troši industrija pri izradi čelika za strojeve kojima se koristi poljoprivreda, pri izradi tih strojeva, pri proizvodnji pesticida, herbicida i ostalih zaštitnih sredstava, pri izradi umjetnoga gnojiva itd.

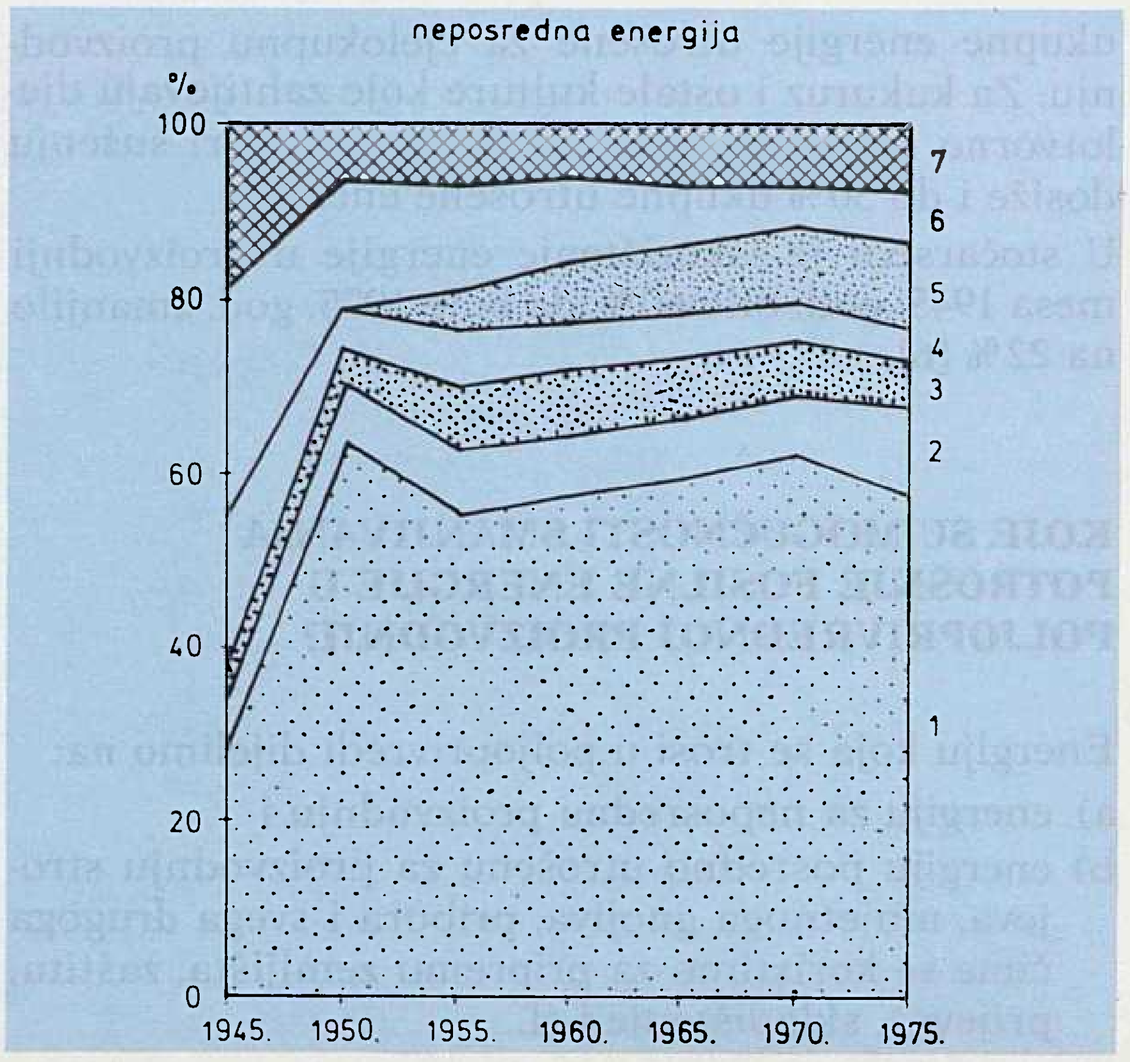
Za jednu tonu nafte za pogon traktora potrebno je utrošiti 1,17 tona sirove nafte. Tu energiju nazivamo GER (Gross Energy Requirement). Za 1 kWh električne GER je veći od 3 kWh.



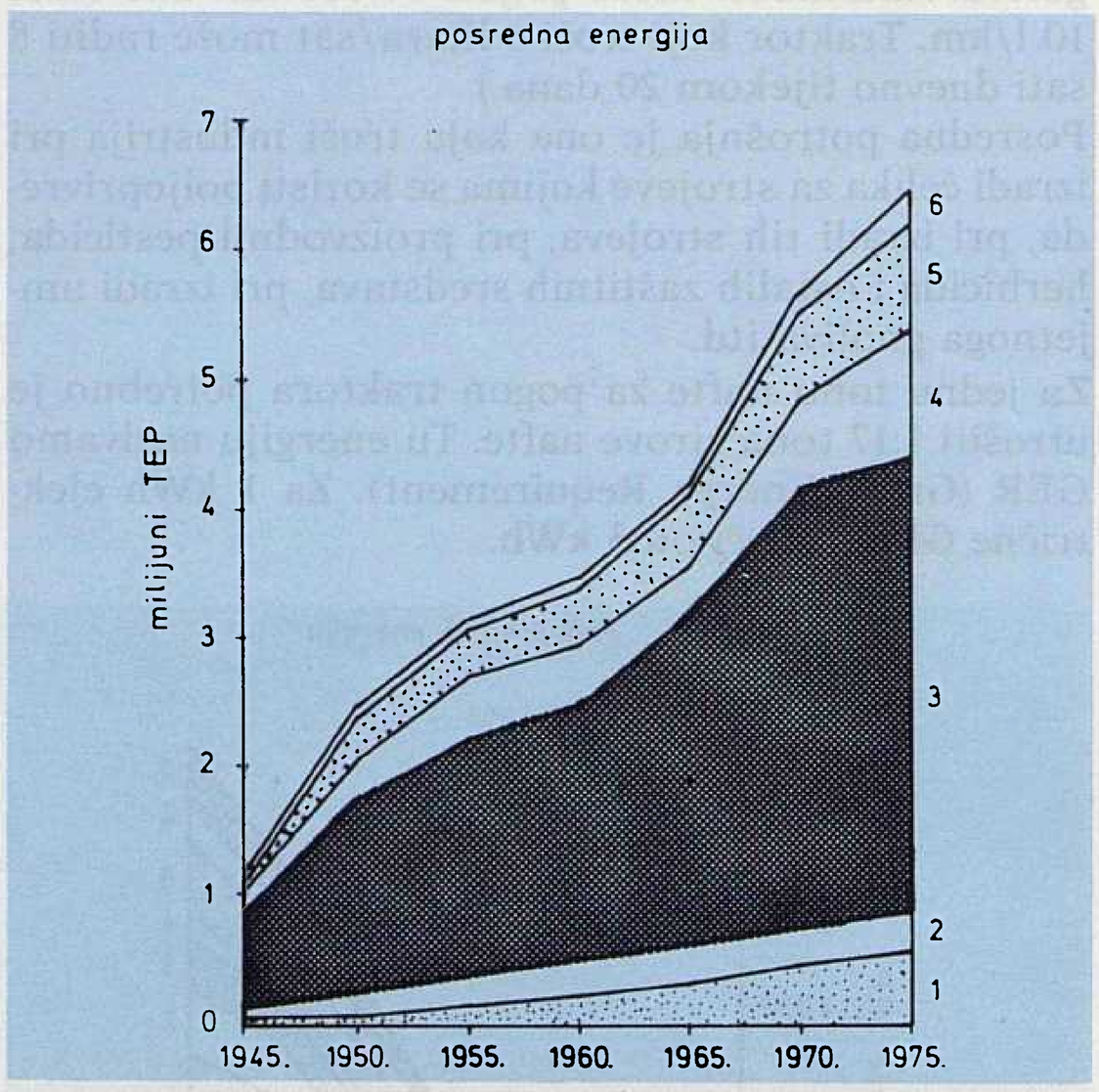
Slika 1. Za proizvodnju hrane trošimo sve više energije. Hlađenje, konzerviranje i prerada pojedinih sirovina u vrednije oblike (npr. krumpir u prahu) trebaju mnogo više energije neko korištenje hrane u prirodnom obliku. Iskorištenje te hrane je, međutim, u oba slučaja isto.



Slika 2. Analizom neposredno utrošene energije u francuskoj poljoprivredi od 1945. do 1975. godine, uočljiv je velik porast potrošene energije od 0,428 mil. TEP u 1945. god. na 7,231 mil. TEP u 1975. godini (1 — traktori; 2 — transport; 3 — dehidratori; 4 — sušare; 5 — staklenici; 6 — silosi i skladišta; 7 — el. struja (GER).) (Deleage 1970).

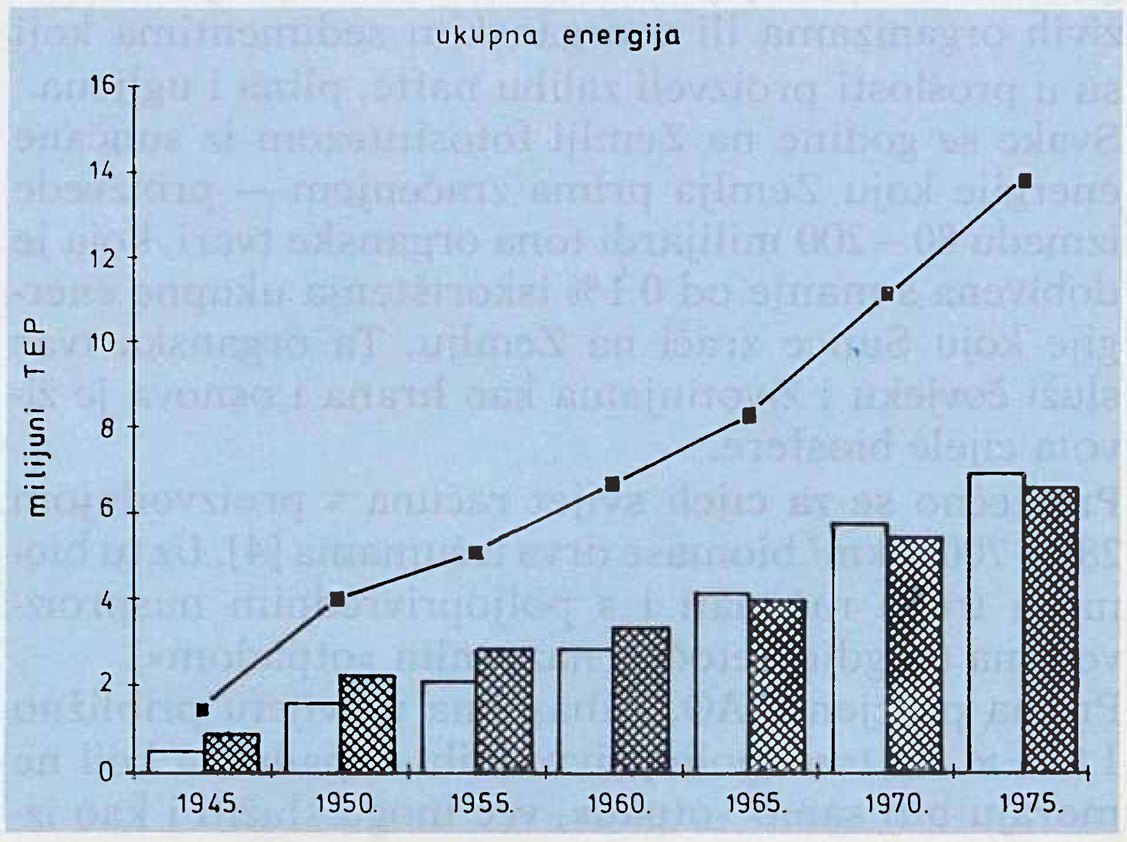


Slika 3. Odnosi potrošnje neposredne energije u poljoprivredi Francuske od 1945. do 1975. godine. Približno ustaljeni odnosi uočljivi su od 1955. godine (1 — traktori; 2 — transport; 3 — dehidratori; 4 — sušare; 5 — staklenici; 6 — silosi i skladišta; 7 — el. struja (GER)) (Deleage 1970)



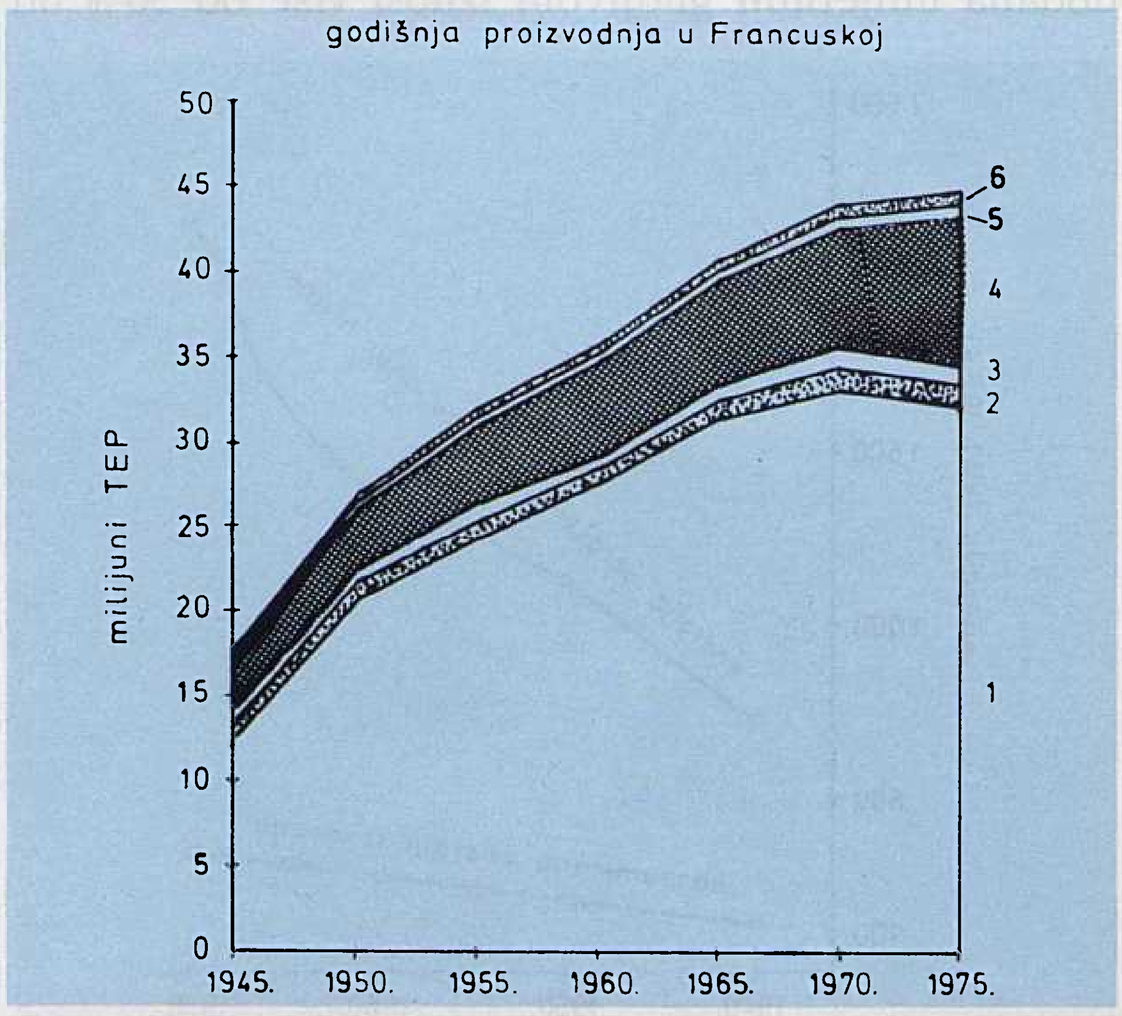
Slika 4. Posredno utrošena energija u poljoprivredi u Francuskoj od 1945. do 1975. godine. Uočljiv je nerazmjeran porast energije umjetnih gnojiva. Godine 1945. njihova potrošnja je bila u energentskoj vrijednosti od 0,476 mil. TEP, da bi 1975. porasla na 3,880 mil. TEP ili za 8,7 puta (Deleage 1980.) (1 — pesticidi; 2 — vreće, konac čelična žica; 3 — umjetno gnojivo; 4 — građevine; 5 — pribor; 6 — natapanje).

Odnosi pojedinih vrsta posredno utrošene energije u francuskoj poljoprivredi od 1945. do 1975. godine pokazuju prilično razmjeran odnos između potrošene energije umjetnih gnojiva i ostalih potrošača. To su uglavnom pesticidi, natapanje, građevine i potrošni materijali, kao npr. vreće, konac, žice i dr. (Deleage 1980).

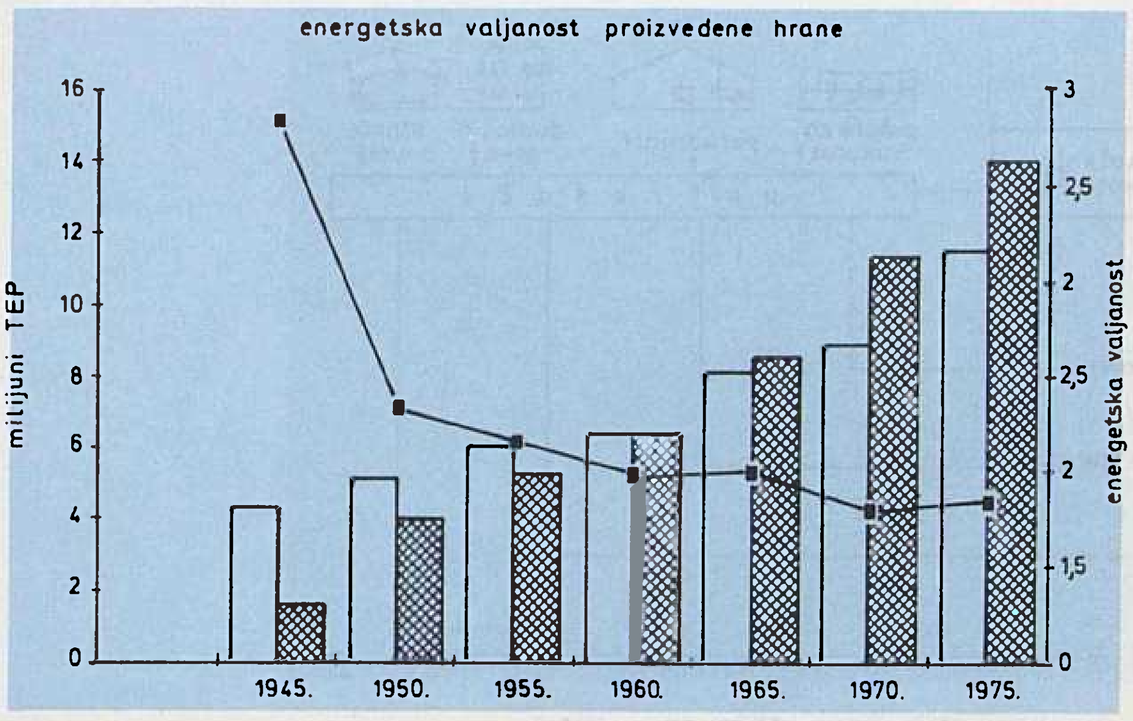


Slika 5. Ukupno utrošena energija u francuskoj poljoprivredi od 1945. do 1975. godine. (Deleage 1980). Bijeli stupići su neposredna, a sivi posredna energija. Od 1965. god. neposredna energija prelazi potrošnju posredno potrošene energije. To je vjerojatno zbog velikog korištenja mehanizacije, umjetnoga grijanja staklenika i nastambi i sve većeg korištenja sušara. Od 1,52 mil. TEP u 1945. god. potrošnja ukupne energije porasla je za 9,27 puta na 14,083 mil. TEP.

Posve je prirodno da se za isto razdoblje prikaže i ukupna energija hrane koju je francuska poljoprivreda proizvela uz 9,27 puta povećana ulaganja neposredne i posredne energije u tu proizvodnju. Ukupna energetska vrijednost proizvodnje 1945. god. bila je 4,378 mil. TEP, a 1975. godine 11,572 mil. TEP. Dakle je porast bio 2,64. To je u odnosu na 9,27 gubitak uložene energije za 357%



Slika 6. Porast proizvodnje u poljoprivredi nije pokriven ulaganjima u proizvodnju. U 1945. god. energetska valjanost proizvodnje bila je 1:2,8, da bi 1975. bila negativna, tj. 1:0,82. 1 — krma; 2 — mlijeko za teliće; 3 — meso; 4 — žitarice; 5 — mlijeko; 6 — jaja (Deleage 1980).

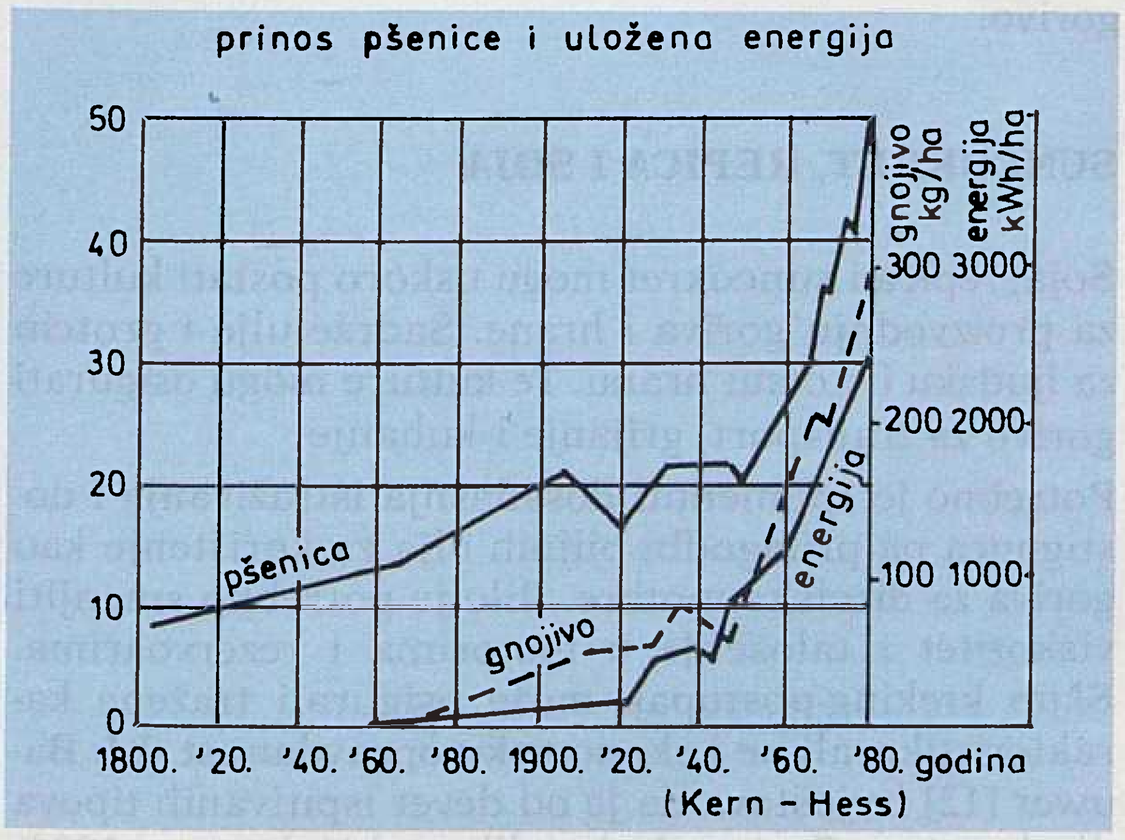


Slika 7. Energetska valjanost proizvodnje hrane je u Francuskoj s koeficijenta η = 3 u 1945. godini postala negativna s koeficijentom η = 0,82 u 1975. godini. Ta negativna energetska valjanost može se popraviti korištenjem nusproizvoda iz poljoprivrede, ponajprije za proizvodnju toplinske energije.

Istraživanja potrošnje energije po fazama poljoprivredne proizvodnje daju ujedno i odgovor u kojim se fazama proizvodnje može najlakše uštedjeti energija, a u kojim se energija iz fosilnih goriva (nafte, zemni plin, električna energija iz termoelektrane) može zamijeniti obnovljivom bioenergijom.

Vidimo da je za umjetno gnojivo potrošeno najviše energije. Za to je povećan prinos, ali nerazmjerno uloženoj energiji.

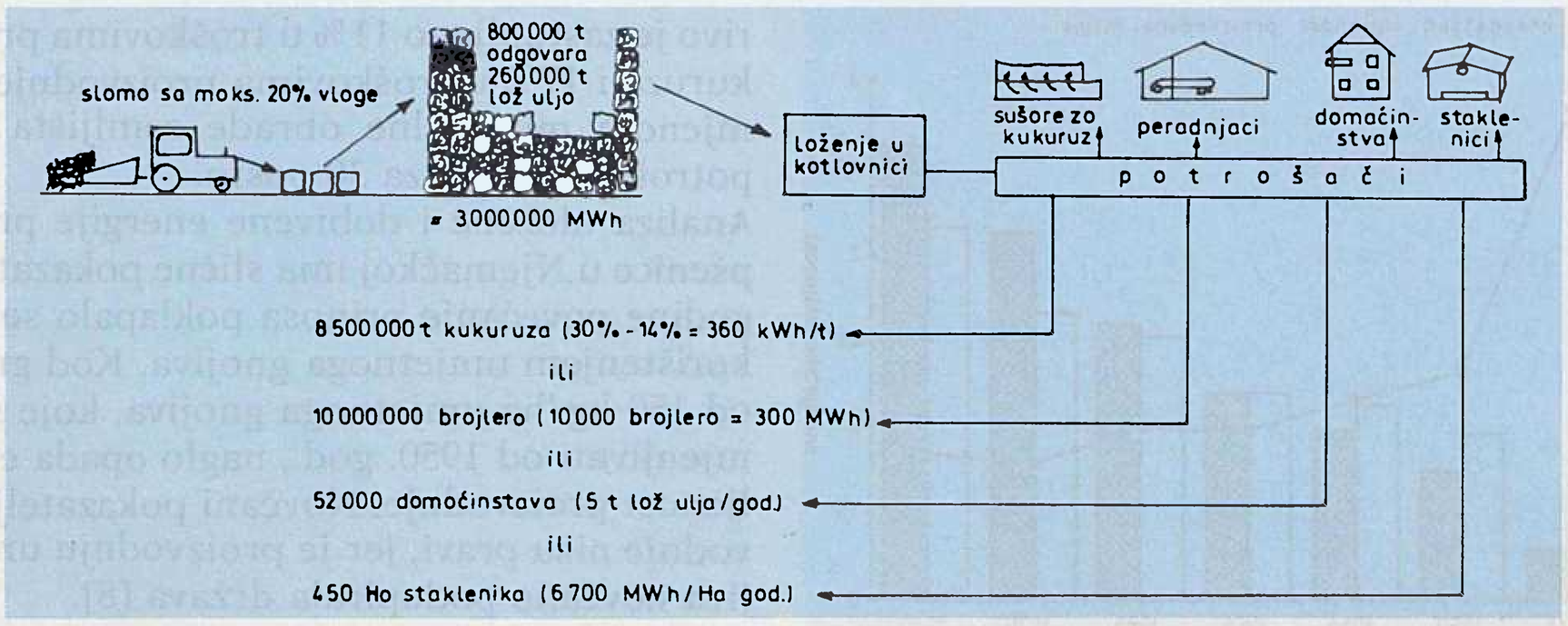
Moguću uštedu povećanim iskorišćivanjem dušika od biljke u ovim razmatranjima ne bismo detaljnije obuhvatili. Djelomična zamjena umjetnoga gnojiva stajskim gnojem i gnojnicom uz proizvodnju bioplina dala je zadovoljavajuće učinke. Kod korištenja bioplina očuvan je dušik u gnojnici, tako da jedno uvjetno grlo (UG) može godišnje putem gnojnice u kojoj je očuvan dušik osigurati i do 70 kg dušika [7].
Američka poljoprivreda za svoju neposrednu proizvodnju troši 3,2% od ukupne energije potrošene u SAD. 93% te energije su benzin i dizelsko gorivo. Gorivo je zastupljeno 11% u troškovima proizvodnje kukuruza i 17% u troškovima proizvodnje pšenice. Primjenom minimalne obrade zemljišta smanjena je potrošnja goriva za 30 posto.
Analiza uložene i dobivene energije pri proizvodnji pšenice u Njemačkoj ima slične pokazatelje. Do 1945. godine povećanje prinosa poklapalo se s povećanim korištenjem umjetnoga gnojiva. Kod gnojidbe s više od 150 kg/ha umjetnoga gnojiva, koje se počelo primjenjivati od 1950. god., naglo opada energetska valjanost proizvodnje. Novčani pokazatelji takve proizvodnje nisu pravi, jer je proizvodnju umjetnoga gnojiva novčano podupirala država [8].



Slika 8. Povećani prinos žitarica ostvarujemo velikim ulaganjem energije, osobito umjetnim gnojivom. To se povećano ulaganje energije, nažalost, ne vraća u punoj vrijednosti povećanim prinosom.

BIOMASA — NJEZINO SKUPLJANJE, TRANSPORT I SKLADIŠTENJE

U biljnoj proizvodnji, uz plod kao željeni proizvod, nužno se proizvodi i biomasa koja ostaje kao nusproizvod. To je kod žitarica slama, kod kukuruza kukuruzovina i oklasak, kod šećerne repe list, kod duhana stabljika, granje kod obrezivanja voćnjaka ili rozgva kod obrezivanja vinograda. Redovito su odnosi težene zrnja i slame kod žitarica takvi da je težina finalnog proizvoda (zrna) približna težini preostale biomase. To bi značilo da će na 100 tona pšenice — težina slame i ostaloga neiskorištenoga dijela biljke biti također približno 100 tona.
Znači da se više od 50% od ukupne biomase većine poljoprivrednih proizvoda (žitarice, kukuruz, grah, pamuk, rajčica, duhan itd.) ne skuplja i ne koristi. Prije nego što razmotrimo mogućnost korištenja biomase nusproizvoda, moramo razmotriti i strojeve kojima bi se skupljala preostala biomasa.
Treba naglasiti da ratari ponovno razmatraju jednofazno (istovremeno) skupljanje uroda i biomase. Na polju se odjednom (silokombajnom) skuplja cjelokupna biomasa i odvozi u skladište. Pored skladišta (silosa) su vršalice i sušare. Cijela biljka suši se u rotacijskoj sušari. Pri sušenju se jedan dio zrnja ovrši, a ostatak se ovrši u vršalici. Prednost ovoga načina skupljanja uroda trebala bi biti u tomu da se na jedno mjesto donosi slama i zrnje. Pri doradi nema gubitaka rasipanjem u polju, a nepokretni strojevi za čišćenje mogu zrnje bolje čistiti nego kombajn koji je u pokretu.
Silažni kombajni koji u polju skupljaju zrnje i slamu su jednostavniji i većeg učinka od kombajna za zrnje. Manje ovise o uvjetima rada, npr. vlage zrnja, dozrijevanja i sl. Tako ubran urod ima veliku težinu i volumen. Stoga je njegov prijevoz ograničen dimenzijama vozila [9].
Žetva silokombajnom i skupljanje cjelokupne biomase (slame i zrnja) može kod nekih kultura biti energetski valjanije od žetve kombajnom ako se skupljeni nusproizvodi dorađuju i koriste kao krma ili gorivo [10].
Uređaji koji se koriste za odvajanje plodova ne moraju podlijegati strogim zahtjevima rada u polju kao što je npr. težina, dimenzija, trešnja, zaštita kombajnera, ograničeno radno vrijeme itd.



Slika 9. Godišnja proizvodnja biomase u poljoprivredi R Hrvatske

EKONOMIKA LOŽENJA BIOMASE

Kod proračuna ekonomičnosti upotrebe biomase treba znati sve troškove skupljanja, transporta, dorade (prešanja ili mljevenja) i sagorijevanja [11].

Za obračun mogu poslužiti kao jedinice energija ili novčani troškovi.

Energetska je vrijednost slame (kukuruzovine, stabljike, suncokreta itd.) u ovisnosti s njezinom vlagom između 12 – 15 MJ/kg (mrki ugljen 20 MJ/kg; kameni ugljen 32,5 MJ/kg; drvo 14,4 — 16,2 MJ/kg; lož-ulje 42,7 MJ/1).

Energija utrošena za skupljanje i transport do 20 km udaljenosti iznosi 6 – 8% od skupljene ogrjevne vrijednosti, a energija usitnjavanja 1 – 1,5% i eventualno briketiranje ili prešanje dodatnih 0,8 — 1%.

Energetsko je iskorištenje ložišta između 75 – 95% (piroliza — loženje — ohlađeni generatorski plin).

Osim navedenih troškova skupljanja, dorade i iskorištenja u ložištu, moramo još slamu vrednovati kao gnojivo i humus u slučaju da ostane na njivi (ako nije posrijedi čist višak).

U tablici 2. prikazane su te vrijednosti za količinu od 45 dt/ha slame.

Tablica 2.

Slama kao gnojivo u polju (45 dt/ha) sadrži:			
18,45 kg dušika	(0,41 kg/dt) × 0,3	= 5,53 kg	(gubici truljenjem 70%)
16,20 kg fosfora	(0,36 kg/dt) × 1,0	= 16,20 kg	
53,86 kg kalija	(1,18 kg/dt) × 1,0	= 53,86 kg	

Za vrijednost organske mase možemo uzeti troškove naknadne zelene gnojidbe = (priprema, sjetva i zaoravanje). Za sijanje soje nakon pšenice upotrebom tanjurača sa sijačicom potrebno je između 4,9 — 5,2 l/ha goriva, ovisno o brzini rada sijačice (6 — 11,3 km/h).

Za zaoravanje zelene biomase ne računamo dodatnu energiju, jer se i slama mora zaorati.

Znači da će organska tvar slame biti nadoknađena zelenom masom postrne sjetve uz dodatnih 5 l/ha goriva.

Vrednujući slamu energijom potrebnom za njezino skupljanje, pripremu i zamjenu, dobivamo za 45 dt/ha skupljene slame njezinu energetsku vrijednost kao gnojivo:

5,53 kg dušika	× 58,15 MJ/kg	= 321,57 MJ
16,20 kg fosfora	× 6,48 MJ/kg	= 104,98 MJ
53,86 kg kalija	× 4,60 MJ/kg	= 250,40 MJ
		677,00 MJ

istovremeno je utrošeno za postrnu sjetvu soje:

5 l/ha × 40 = 200,00 MJ.

Ukupna izgubljena vrijednost slame kao organske tvari za gnojidbu jest:

877,00 MJ

Energetska vrijednost slame kao goriva jest:

= 4 300 kg/ha × 13 MJ	= 58 500,00	MJ/ha
manje energija za skupljanje 6%	= 3 310,00	MJ
i energija za pripremu 2,5%	= 1 462	MJ
Neto-energija slame kao goriva	53 528	MJ/ha
Zamjena za biomasu	877	
Neto-energetska vrijednost prikupljene slame	**52 631**	**MJ/ha**

ili približno 1 TEP/ha.

(3,46 kg slame energetski zamjenjuju kg nafte.)

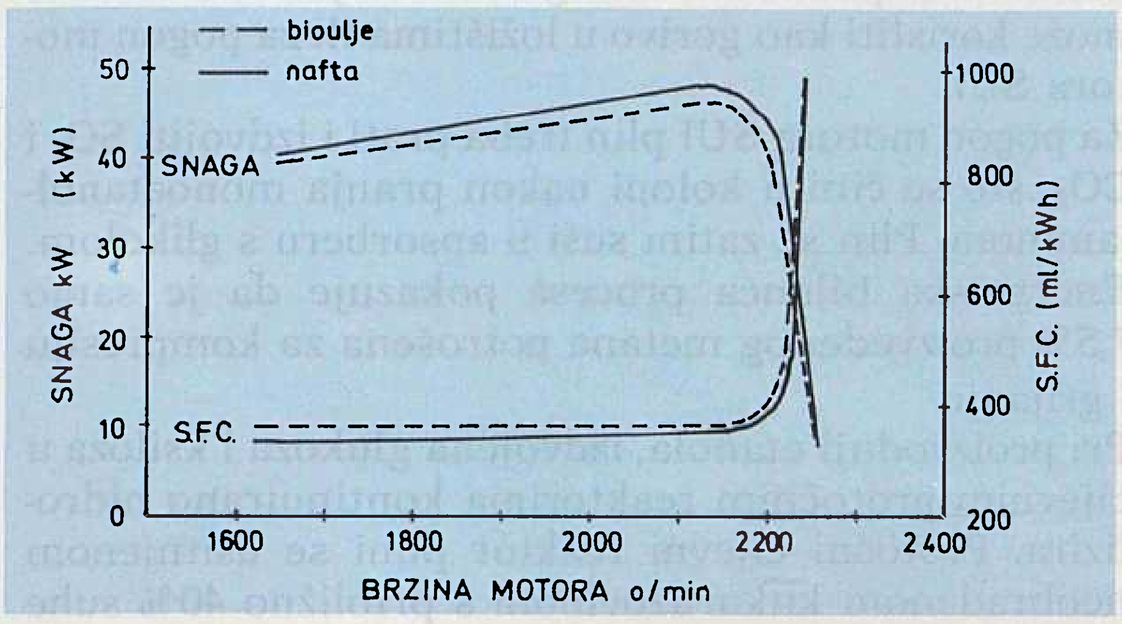
Sličnu računicu možemo načiniti i za druge prinose i druge kulture zrna čiju slamu želimo iskoristiti za biogorivo.

SUNCOKRET, REPICA I SOJA

Soja, repica i suncokret mogu uskoro postati kulture za proizvodnju goriva i hrane. Sadrže ulje i protein za ljudsku i stočnu hranu. Te kulture mogu osigurati gorivo za transport, grijanje i kuhanje.

Potrebno je spomenuti dosadašnja istraživanja i dostignuća na prilagodbi biljnih ulja za korištenje kao goriva za dizelske motore. Bilo je potrebno smanjiti viskozitet i taloženje u motorima i rezervoarima. Skup kreking-postupak može osigurati tražene karakteristike, ali ne i ekonomsku opravdanost. J.J. Bauwer [12] izvještava da je od devet ispitivanih tipova dizel-motora 7 startalo i radilo uobičajeno sa 100% suncokretova ulja uz približno 3% lošije karakteristike nego kad rade s mineralnim gorivom. Maksimalna snaga motora je bila 3% niža uz 10% veću specifič-

nu potrošnju goriva. Smatra se da se razlika u povećanoj potrošnji sastoji u 6,5% manjoj prostornoj ogrjevnoj vrijednosti suncokretova ulja, a ne samo u lošijem učinku izgaranja.



Slika 10. Snaga i specifična potrošnja motora koji se umjesto dizelskoga goriva koristi suncokretovim uljem ne razlikuju se više od 3 % od rada s dizelskim gorivom.

Velik napredak postignut je posljednjih godina u Austriji. Projekt »BIODIESEL«, koji izvode poduzeća Gaskoks-Vertrieb GmbH, OÖ Warenvermittlung GmbH i Prochaska & Cie GmbH, treba osigurati godišnju preradu 30 000 tona sjemena uljane repice (što predstavlja proizvodnju na približno 10 000 ha površina) u 10 000 tona BIODIESEL goriva za traktore. Uz gorivo ostaje i 19 000 tona repičinih pogača kao dodatna hrana za stoku.

Proizvodnja se ostvaruje u dva stupnja tehnološkog procesa. Prvo se iz sjemenki tlačenjem ocjeđuje ulje, a zatim se repični metil-ester<RME> dalje prerađuje. Pri ovoj preradi ostaje glicerin kao sirovina koja se može koristiti kao gorivo u proizvodnji BIODIESEL-a ili kao sirovina za dalju preradu u kemijskoj industriji.

Austrijska vlada računa da će time **smanjiti proizvodnju subvencioniranih žitarica** na 10 000 ha, čime će i smanjiti izvoz za približno 80 000 tona pšenice. Prema projektu je to ušteda otprilike 100 mil. ASL ili 10 000 ASL po ha.

Prema navodima proizvođača [13], tehnički podaci s osobinama goriva BIODIESEL navedeni su u tablici 3.

Tablica 3. Karakteristike RME i dizelskoga goriva

Tehnički podaci	Dizelsko gorivo	RME
spec. težina kod 15 °C	0,820 g/cm³	0,88 g/cm³
cetanski broj	najmanje 45	najmanje 53
stinište	– 15 °C	– 9 °C
sumpor	0,15 %	0,002 %
plamište	> 55 °C	93 °C

Postrojenje goriva BIODIESEL koje u 300 dana rada u tri smjene (24 h/dan) godišnje proizvodi 1 050 000 lit RME stoji bez zgrade 12 900 000 ATS (1993. god.). Za proizvodnju potrebne uljane repice potrebna je površina otprilike 1 000 ha (3 000 t repice). Uz RME ostaje 2 000 t pogača za stočnu hranu i 250 t glicerina. Po ha površine zasijane repicom, proizvodi se 1 000 litara goriva za motore i 2 000 kg repičine sačme koja se koristi kao krma za stoku.

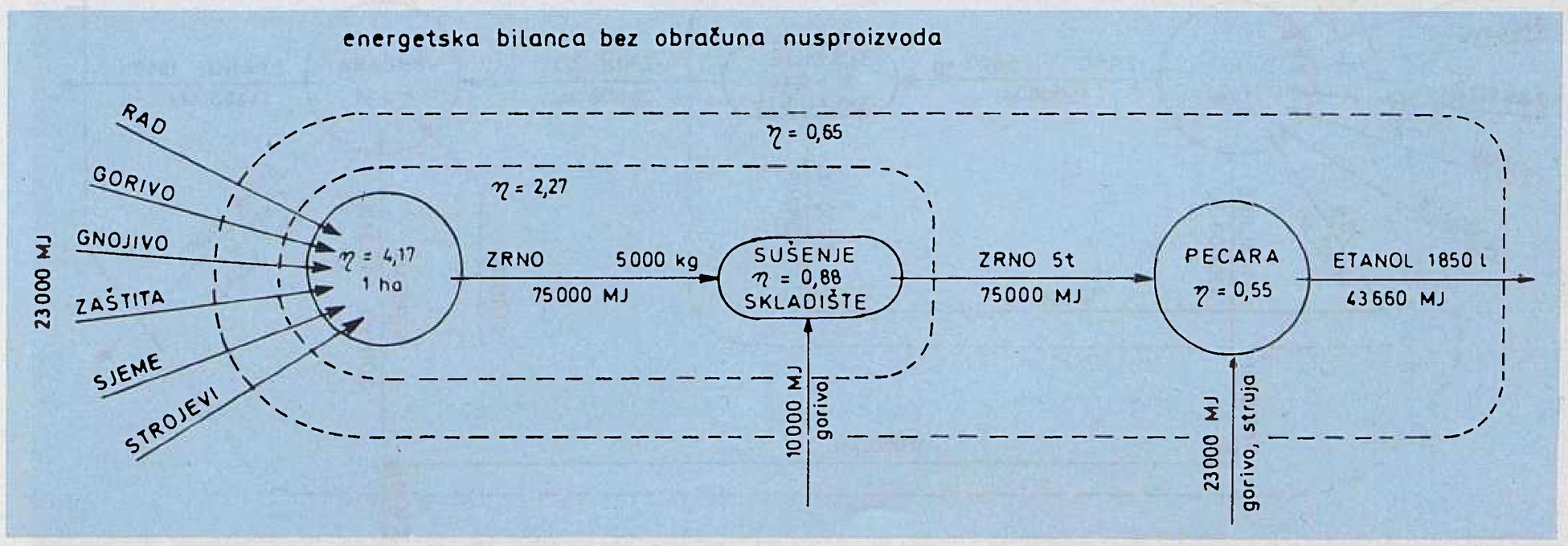
Dobiveno bioulje za zamjenu fosilnog goriva jest **1 000 l nafte / ha.**

Za ishranu stoke ostaje 2 000 kg peleta od repičinog sjemena, ali ulje nije iskorišteno za ljudsku hranu.

NEDOUMICA JE: ENERGIJA ZA HRANU ILI HRANA ZA ENERGIJU?

Proizvodnja alkohola (etanola) iz kukuruza i ostalih žitarica iz primarne proizvodnje za zamjenu fosilnih goriva ima prividan pozitivni energetski učinak unatoč navodima nekih autora o energetskoj učinkovitosti η = 1:5 do 1:10 [14]. Ukupna energetska bilanca takve proizvodnje, kad se u obzir uzima sva stvarno utrošena energija za proizvodnju kukuruza, negativna je i s energetskog stajališta neprihvatljiva [15], [16], [17].

Proizvodnja alkohola iz ostalih poljoprivrednih kultura, kada se u obračun uzme i energija utrošena za njihovu proizvodnju, vjerojatno ne bi dala mnogo bolji rezultat.



Slika 11. Ako se umjesto benzinom za pogon automobilskih motora koristimo alkoholom koji je proizveden iz kukuruznog zrna, moramo znati da smo od ukupno uložene energije za kukuruzno zrno dobili u alkoholu samo 65 % energije.

U tablici 4. navedene su količine etanola po pojedinim sirovinama, kao i moguća proizvodnja po ha površine [18].

Tablica 4.

Kultura	Etanol/biomasa lit/toni	Biomasa prirod/ha tona/ha	Etanol/ha lit/ha
šećerna trska	70	50	3 500
proso-šećerac	86	35	3 010
pšenica	370	6	2 220
kasava	180	12	2 160
krumpir	125	15	1 875

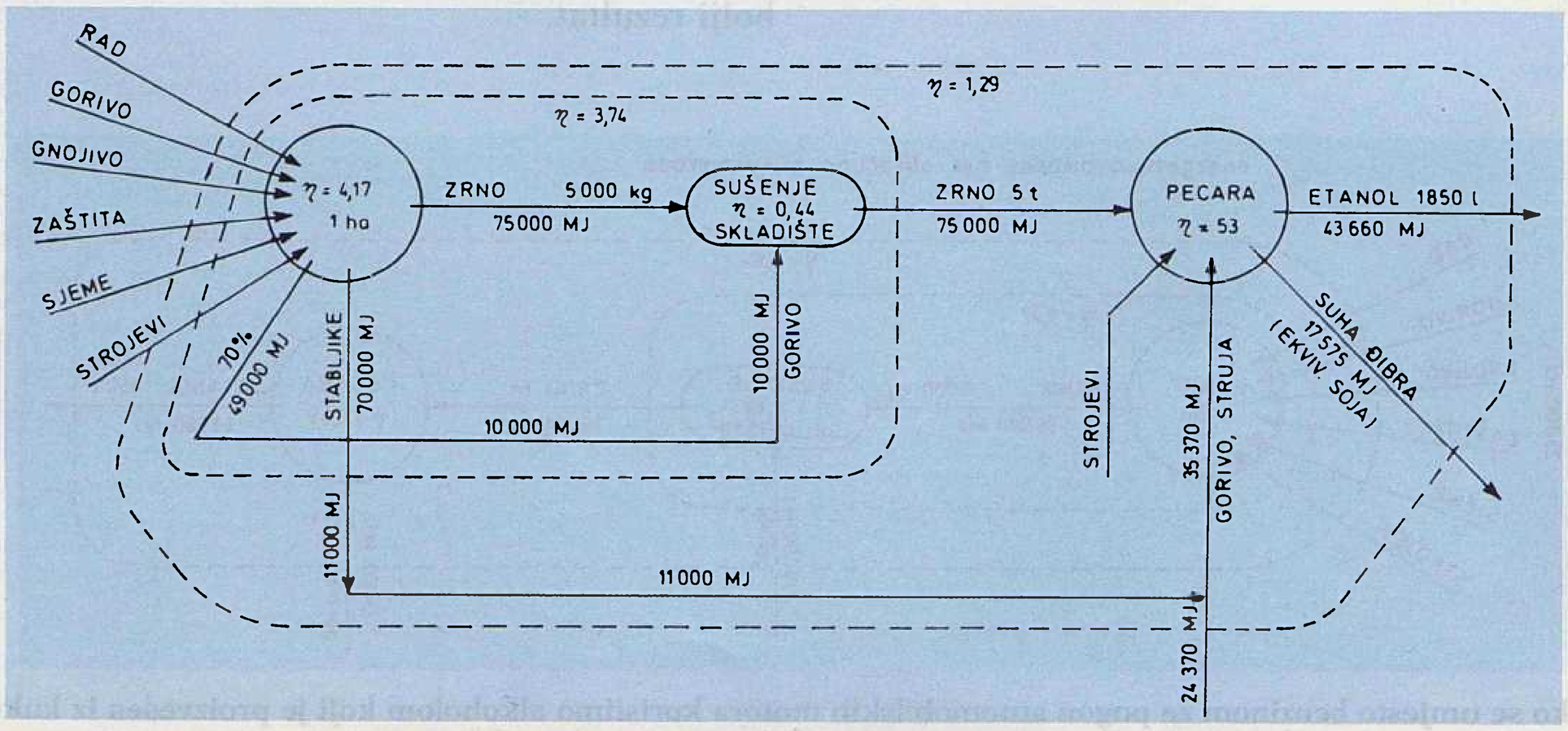
Proizvodnja metanola iz metana koji se dobiva fermentacijom poljoprivrednog nusproizvoda (kukuruzovine, slame i sl.) ili iz drvene mase šuma ima drugačiju energetsku valjanost.

METANOL I ETANOL IZ KUKURUZOVINE?

Kukuruzovina, najmasovniji poljoprivredni nusproizvod, sastoji se od približno 15% pentosana, 35% heksosana i 15% lignina. Pentosan i heksosan (hemiceluloza i celuloza) mogu se pretvoriti u energiju ili kemikaliju. Konverzija može biti izravnim izgaranjem, pirolizom ili biološkom pretvorbom.
Oklasak se može preraditi u metan anaerobnom digestijom ili u etanol kiselom hidrolizom i naknadnom fermentacijom. Ekonomičnost proizvodnje uvjetovana je cijenom oklaska ili ostale polazne sirovine. Cijena 20 US$/tona na polju pokriva troškove proizvodnje. Dodatni troškovi transporta mase i njezina uskladištenja dovode proizvodnju u gubitke [19].
Biopretvorba je najvaljanija zbog visoke valjanosti procesa i čuvanja minerala i hraniva za kasniji povrat u zemlju radi gnojidbe. Metan se proizvodi anaerobnom digestijom, kukuruzovina se sječka, miješa s vodom i dovodi u reaktore gdje kultura bakterija proizvodi metan. Plin se može komprimirati, a odljev iz digestora koristi se kao dobro gnojivo za polja jer sadrži cjelokupne minerale i dušik iz stabljike.
Anaerobnom fermentacijom proizvedeni metan također ima pozitivnu energetsku valjanost. Plin se može koristiti kao gorivo u ložištima ili za pogon motora SUI.
Za pogon motora SUI plin treba prati i izdvojiti SO_2 i CO_2, što se čini u koloni nakon pranja monoetanol-aminom. Plin se zatim suši u apsorberu s glikolom.
Energetska bilanca procesa pokazuje da je samo 7,5% proizvedenog metana potrošena za kompresiju i grijanje.
Pri proizvodnji etanola, izdvojena glukoza i ksiloza u cijevnim protočnim reaktorima kontinuirano hidrolizira. Protočni cijevni reaktor puni se usitnjenom neobrađenom kukuruzovinom s približno 40% suhe tvari. Celuloza se prevodi u glukozu, hemiceloza u furfurol, a lignin i nerazgrađena celuloza koriste se kao gorivo u procesu. Od 100 kg ST kukuruzovine može se dobiti 20 kg glukoze ili 12 kg etanola.
Preostaje 5 kg furfurola, a 20 kg lignina daje 600 MJ raspoložive energije za proces proizvodnje.
Energetsku valjanost proizvodnje etanola iz kukuruza možemo učiniti pozitivnom ako se kukuruzovinom koristimo kao gorivom u procesu.
Kao alternativa preradi kukuruzovine moguća je prerada alga iz plantaža koje mogu proizvesti 36 kg/m² ST godišnje iz koje se može dobiti 11 litara alkohola [20]. To znači da se s plantažne površine može dobiti **110 tona/ha alkohola,** koji se djelomično može dodavati benzinu.

METAN IZ BIOMASE: JEFTINO GORIVO BUDUĆNOSTI?

Konverzija biomase u metan vrlo je valjana s neosporno pozitivnom energetskom bilancom. Kao plin metan se lako transportira već postojećim ili novopostavljenim plinovima. Metan je jedno od najčistijih goriva koje postoje i najmanje zagađuje okolicu pri izgaranju.



Slika 12. Ako se u bilancu proizvodnje alkohola uključi biomasa kukuruzovine, energetska bilanca je pozitivna.

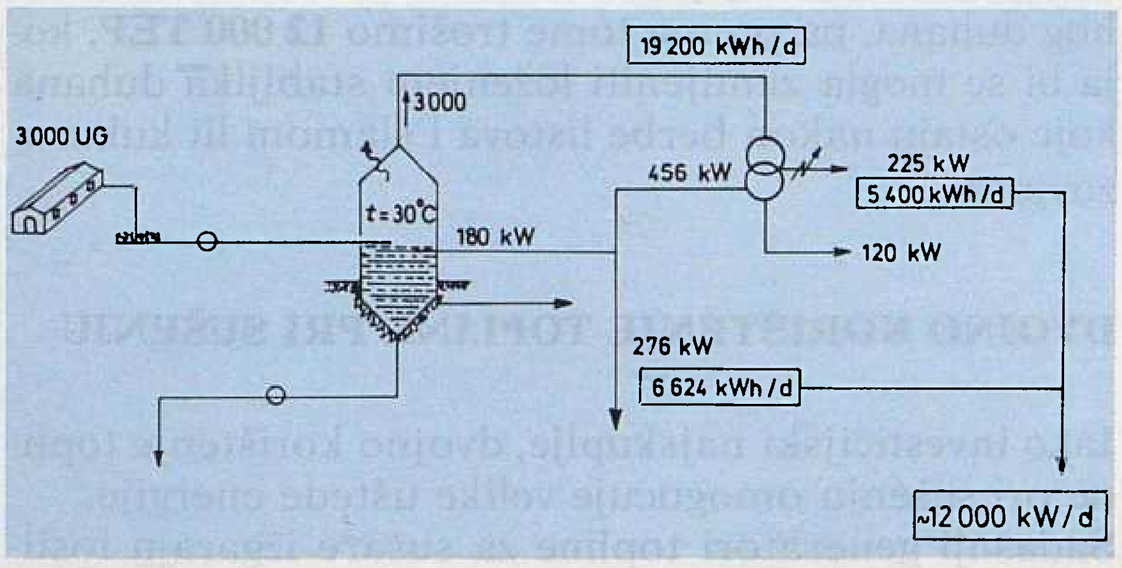
Kao gorivo u motorima SUI ima oktanski broj više od 130, tako da motori mogu biti građeni s većim stupnjem kompresije, a time i boljim iskorištenjem goriva.

Mana mu je u teškom ukapljivanju. Približno 1 m³ plina odgovara 1 litri benzina. Pod pritiskom 25 MP-a može se sabiti otprilike 14,2 m³ ili 10 kg u spremnik s promjerom 300 mm i dugim 1 300 mm. Zbog visokog tlaka komprimiranog plina spremnik je vrlo masivan i teži otprilike 85 kg, tako da je kod motornih vozila ograničen radijus kretanja vozila na približno 100 km između dva punjenja.

Vjerojatno će primjena metana kao goriva za motore koji pogone generatore struje i istovremeno se njihova tzv. otpadna toplina koristi i kao izvor topline (toplane), a zbog vrlo povoljnoga energetskog stupnja iskorištenja, naći širu primjenu u poljoprivredi, npr. u velikim sušarama.

Korištenje takvih sistema već se poprilično primjenjuje u industriji i komunalnim objektima centralnih toplinskih sustava.

Prema F.L. Foutchu za dnevnu proizvodnju 1,5 milijuna m³ metana (potreba grada od milijun stanovnika) potrebno je dnevno preraditi 5 560 t kukuruzovine. Područje opskrbe moralo bi biti približno 64 km². Investicija za postrojenje iznosi približno 50 mil. $



Slika 13. Fermentacijom stajskog gnoja od 3 000 UG (uvjetno grlo = 500 kg) možemo proizvesti metan čija je energetska vrijednost otprilike 20 000 kWh na dan. Nema tehničkih zapreka da se i druge biomase fermentacijom ne pretvaraju u metan. Metan je najčišće gorivo i izgaranjem najmanje zagađuje okoliš. Može se koristiti i za pogon motora SUI.

Energetsku valjanost proizvodnje metana fermentacijom smanjuje potreba topline za reaktor u zimskim danima. Za poljoprivredu energija metana ima drugorazredno značenje. Najveća dobit je u gnojnici u kojoj je očuvan dušik i koja nakon fermentacije nema neugodan miris. Fermentirana gnojnica može se koristiti kao gnojivo u svako doba i u svakom stadiju rasta biljke, ako je potrebno i prskanjem lišća.

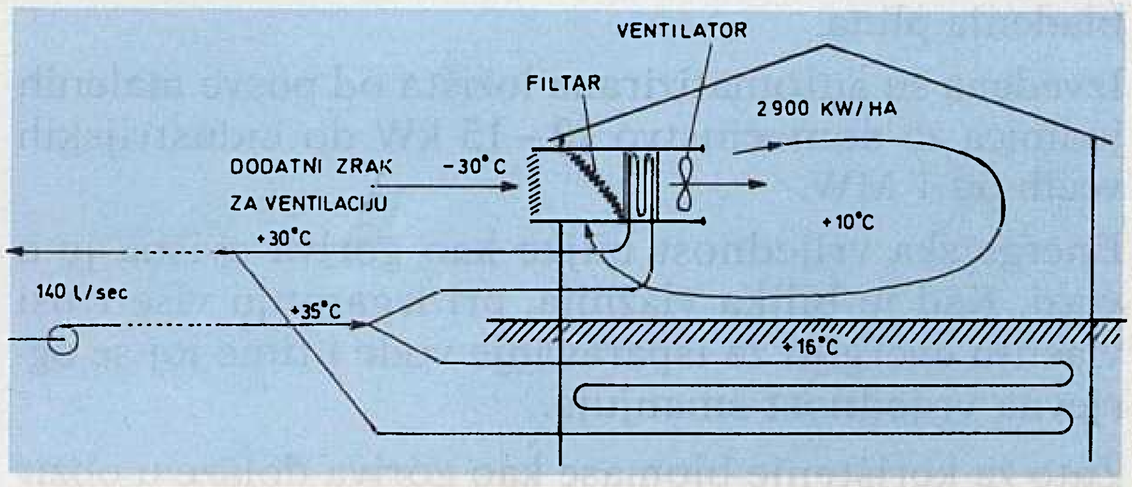
Energija za proizvodnju umjetnoga gnojiva iznosila je 1975. god. u Francuskoj 2 867 000 TEP, dok je teorijska vrijednost gnojnice bila 3 410 000 TEP. Godine 1970 taj je odnos bio približno 1:1.

KORIŠTENJE OTPADNIH TOPLINA TERMOELEKTRANA ZA GRIJANJE STAKLENIKA

Termoelektrane u proizvodnji električne energije imaju loš termički stupanj djelovanja zbog velikih količina toplinske energije (otpadne topline) koja ostaje neiskorištena, jer je na niskoj temperaturnoj razini (oko 30 °C). Ta se toplina u termoelektranama više ne može iskoristiti i redovito se smatra izgubljenom.

Staklenici idealno mogu koristiti tu tzv. otpadnu toplinu, odgovarajuće rješenim sistemima zagrijavanja. Prosječni toplinski gubici staklenika su približno 2 800 kW/ha, odnosno dnevno treba stakleniku dobaviti **67 MWh/ha.** Tu količinu može nadoknaditi 0,13 m³/s tople vode koja se cirkulacijom dovodi iz rashladnog sustava termoelektrane 5 MW.

Objekti u pokusnom radu na ovom sistemu (The SHEBURNE COUNTY MINNEAPOLIS) potvrđuju tu mogućnost.



Slika 14. Veliki su potencijali u korištenju otpadnih toplina termoelektrane. Za grijanje 1 ha staklenika dostaje otpadna toplina termocentrale snage 7 MW.

Zagrijavanje staklenika niskim temperaturama otpadnih voda termoelektrana zahtijeva i određene preinake u do sada uobičajenim sustavima grijanja. Glavno zagrijavanje je grijanje zemlje i time korjenovog sistema biljke. Zrak se grije u stakleniku samo dodatno koliko je nužno da se biljka razvija.

Jasno je da se ovaj način grijanja staklenika može primijeniti i s termalnim vodama kojih u Hrvatskoj ima dovoljno na više mjesta, a da se u tu svrhu uopće ne koriste.

KORIŠTENJE BIOMASE KAO GORIVA

Ovaj način korištenja biomase je najjednostavniji i u poljoprivredi najkorišteniji.

Drvo je bilo glavni izvor topline za cjelokupno čovječanstvo od časa kad je čovjek zagospodario vatrom. S vremenom u industriji drvo gubi značenje kao gorivo otvaranjem mehaniziranih rudnika ugljena, a kasnije i korištenjem nafte i plina. Za domaćinstva i nerazvijene zemlje drvo je i danas jedan od glavnih izvora energije. Želja povratku korištenja mase drva kao izvora toplinske energije jest očita, posebno u domaćinstvima. Ovaj naoko lako izvediv preokret je privid, jer drvena masa postaje sve dragocjenija. Neće proći mnogo vremena a da se i ovdje ne pokažu posljedice kratkovidnih energetskih poteza.

Znanstvenici za 21. stoljeće predviđaju krizu pitke vode i drvene mase. **Šumske površine se ne mogu povećati ako se ne smanje poljoprivredne površine!** A njih nema dosta. Stoga je izlaz i u korištenju biomase biljaka koje služe za proizvodnju hrane i u gajenju posebnih energetskih biljaka koje brzo rastu i imaju velik energetski potencijal.

Ložišta za biomasu danas su toliko usavršena da možemo slobodno reći kako je loženje biomase jednako (glede rada i posluživanja) loženju ugljena ili čak tekućih goriva. Automatizacija ložišta je potpuna, učinci izgaranja povoljni.

Ustaljena su uglavnom tri sistema kod loženje biomase, i to:

— neposredno izgaranje u ložištu
— piroliza i istovremeno izgaranje plina
— generatorski plin.

Energetska valjanost svih sistema je približno 0,7 – 0,9. Ako se koristi generatorski plin zbog pogona motora SUI, iskorištenje je manje zbog pranja i hlađenja plina.

Izvedena su automatizirana ložišta od posve malenih jedinica za domaćinstvo 10 – 15 kW do industrijskih većih od 1 MW.

Energetska vrijednost biljke kao goriva ovisna je o vlazi. Kad je biljka vlažnija, pri izgaranju više troši vlastitu energiju za isparavanje vode i time joj se ogrjevna vrijednost smanjuje.

Zato za korištenje biomase kao goriva dolaze u obzir samo relativno suha masa, kao i masa koja se lagano prikuplja. To može biti slama žitarica, kukuruzovina ili ostale relativno suhe stabljike drugih kultura (suncokret, duhan i sl.).

Ogrjevna vrijednost biomase ovisi o njezinoj vlazi pri spaljivanju. Prije skupljanja najbolje je masu pustiti da se prosuši na polju tijekom nekoliko sunčanih dana. Ako ju onda skupljamo, masa je lakša, a bale se bolje skladište. Kukuruzovina se s polja može skupljati strojevima, kao i slama. Strojevi je prešaju u bale težine 25 do 250 kg (i više). Mehaniziranim linijama skupljaju se bale i donose do spremišta. Za skupljanje tako pripremljene biomase, kao i za njezin transport do 30 kg udaljenosti troši se približno 6 – 7 % skupljene energije.

Energetski potencijal kukuruzovine kao goriva vrlo je velik. U Hrvatskoj proizvodimo otprilike 3 milijuna tona kukuruznog zrna, što daje isto toliko kukuruzovine. Teorijski bi to bilo adekvatno energiji od 0,8 milijuna tona nafte.

Jasno je da računicu moramo dopuniti potrebama kukuruzovine kao djelomične hrane za goveda, te potrebama održavanja biološke ravnoteže ekosustava koji zahtijeva dio mase za stvaranje humusa. Pretpostavimo da bi realno bilo za loženje trošiti samo 20 % ukupne proizvedene mase.

Preostaje nam, dakle 600 000 tona kukuruzovine koja ima energetsku vrijednost
180 000 TEP.

Za pšeničnu je slamu računica slična. Slame imamo u RH 800 000 tona. Loženjem te slame mogli bismo osušiti 8,5 mil. tona kukuruza ili grijati peradnjake za uzgoj 10 milijuna brojlera, ili grijati 52 tisuće domaćinstava, ili 450 ha staklenika. I ovdje ne moramo računati s teorijskim potencijalom, već realnim mogućnostima koje su također 20 – 30 % ukupnog potencijala.

Spaljivanje biomase moguće je u različim sistemima ložišta i na različite načine. Najjednostavnije je izravno izgaranje u lošitu, ali se koristi i pirolitičko ložište, kod kojega se dobiveni plin odmah pali, i isplinjavanje.

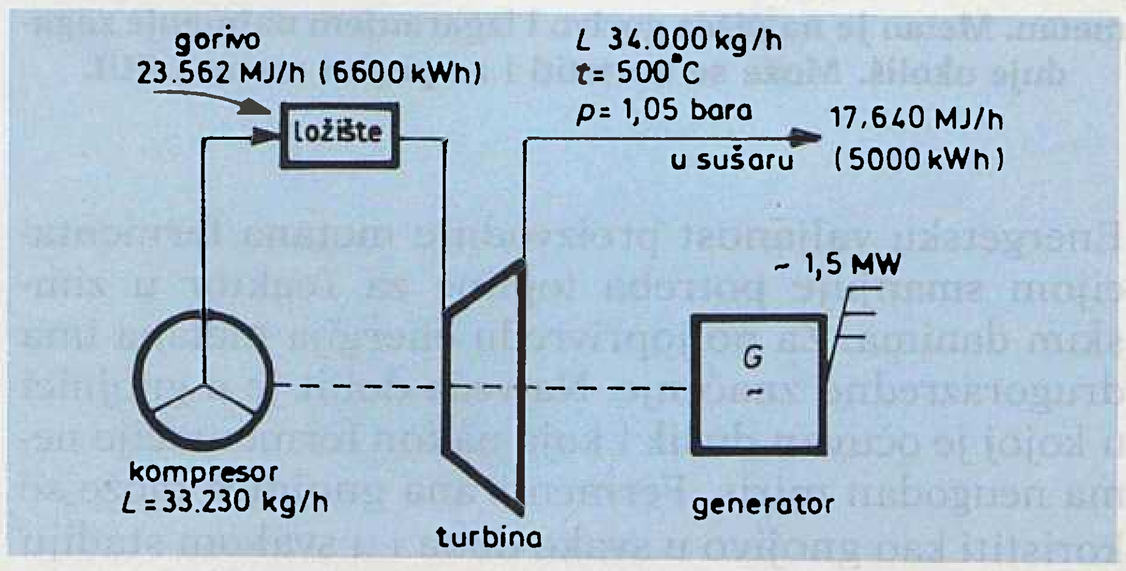
U Europi radi već više energana koje se koriste biogorivom i to ponajprije kao energane za sušare (Francuska), energene za centralne toplinske sisteme (Austrija). Postoji već više sušara za sjemenski kukuruz koje se lože oklaskom (u Hrvatskoj je najduže u radu pirolitičko ložište sjemenske sušare u Vinkovcima i kotlovnica za biomasu u Novoj Gradiški).

Za sušenje 100 kg suhog kukuruznog zrna treba utrošiti 2 – 3 kg nafte. Za sušenje 2 mil. tona kukuruznog zrna potrebno je osigurati 40 000 – 60 000 tona nafte ili njezine energetske istovrijednosti. Koristimo li se kao gorivom kukuruzovinom, ušteda u fosilnim gorivima je **50 000 TEP**.

Uz sušare za žitarice, tehnički najjednostavnija je primjena biomase kao goriva u sušarama za duhan. Za sušenje duhana treba 1 kg nafte za 1 kg suhog duhana. U Hrvatskoj proizvodimo 12 – 15 000 tona suhog duhana, pa prema tome trošimo **12 000 TEP**, koja bi se mogla zamijeniti loženjem stabljika duhana koje ostaju nakon berbe listova i slamom ili kukuruzovinom.

DVOJNO KORIŠTENJE TOPLINE PRI SUŠENJU

Iako investicijski najskuplje, dvojno korištenje topline pri sušenju omogućuje velike uštede energije. Sadašnji generatori topline za sušare izgaraju fosilna goriva samo za proizvodnju topline, što je sa energetskog stajališta vrlo nepovoljno. Uključivanje is-



Slika 15. Ako na industrijskoj lokaciji nekog silosa postoji sušara koja suši 20 t/h kukuruznog zrna, generator topline te sušare ima snagu otprilike 5 000 kW. Uključivanjem plinske turbine (za plinsko ili tekuće gorivo) ispred sušare snage približno 1 500 kW možemo proizvesti dodatnih 1 400 kWh električne energije, a za sušenje se koristimo vrućim plinovima koji izlaze iz turbina s temperaturom približno 500 °C. Proizvedena električna energija je, tako reći, dobivena energetski besplatno.

tovremene proizvodnje električne energije omogućuje dobivanje električne struje uz neznatno dodatno korištenje toplinske energije [21], [22], [23].

Uzmemo li u obzir da je instalirana snaga generatora topline na nekim lokacijama naših kombinata veća od 20 MW, postaje jasno koliko se električne energije na taj način može proizvesti upravo onda kad elektropriveda nema vode u akumulacijama hidroelektrana (rana jesen).

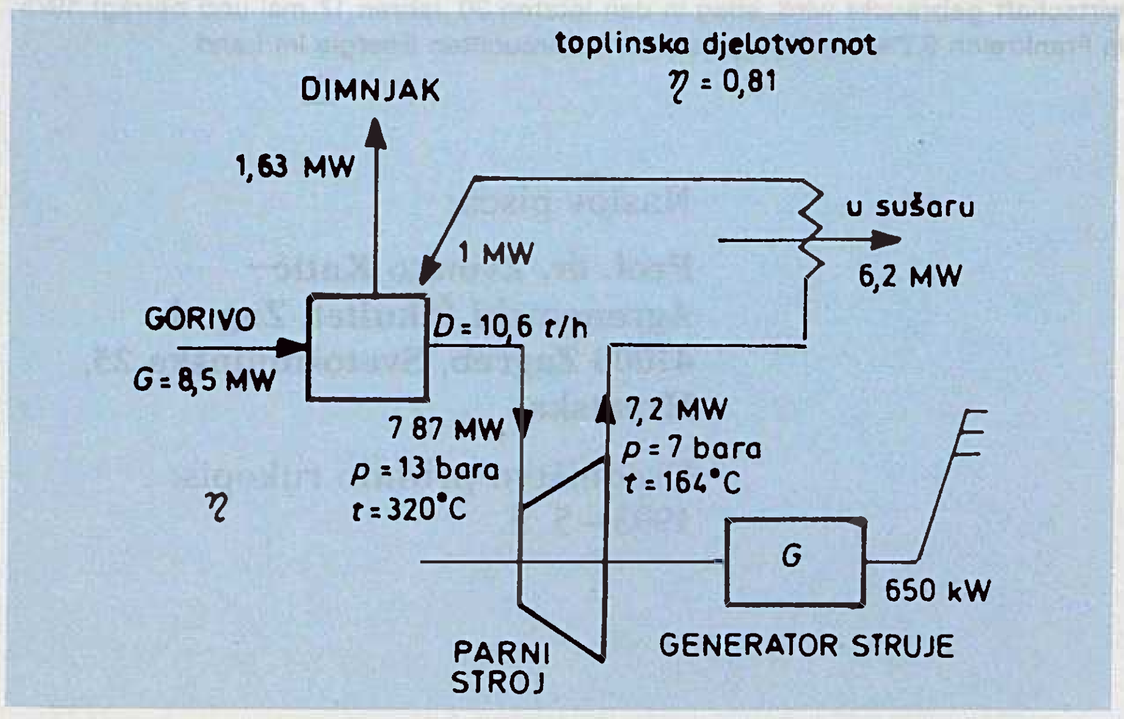
U Hrvatskoj su na 41 mjestu izgrađene 84 veće sušare, uvijek uz velike silose. Povoljne uvjete za ugradnju plinskih turbina ima samo 6 – 7 mjesta (npr. Osijek, Vinkovci, Valpovo, D. Miholjac, Čačinci, Virovitica ili već posjeduju toplane: Županja, Đakovo, Sl. Brod, N. Gradiška, Vinkovci). U svakom navedenom mjestu ukupna toplinska potreba sušara veća je od 20 MW. Prilagođene plinske turbine mogu imati snagu 5,5 MW el. ili ukupno **30 – 40 MW el.** Za tu proizvodnju potrebno je utrošiti samo približno istu količinu toplinske energije, što je 3 – 4 puta manje od proizvodnje u najboljim elektranama. To znači da je za 60 dana rada 5 – 6 sušara proizvedeno, uz sušenje, i dodatnih 43 – 57 600 MWh električne energije s uštedenih 86 000 – 115 200 MWh toplinske energije ili **8 600 – 11 500 TEP.**

Nažalost, ovaj se sistem, zbog velikog ulaganja i dosadašnjeg stava elektroprivrede pri obračunu proizvedene struje (»za 3 kWh — dajem 1 kW«) do sada ne koristi, iako ovdje ne bi trebalo zanemariti sigurnost opskrbe potrošača koji sebi na taj način osiguravaju električnu energiju i na udaljenim mjestima.

Ovakav sustav dvojnog korištenja topline moguć je i u sušarama koje imaju parne kotlove za prijenos toplinske energije. Umjesto plinske turbine, ovdje se uključuje parna turbina, a energetska bilanca je slična [24].

Investicije su, ako već ne postoji kotlovnica, srazmjerno više.

Zanimljivo je utvrditi da u nekim mjestima u Hrvatskoj uz sušare već postoje kotlovnice, neke ložene biomasom, ali su sve bez dvojnog korištenja energije.



Slika 16. Direktno korištenje goriva za toplinsku energiju je neracionalno. Ako npr. uz parni kotao koji proizvodi paru za grijanje sušare dodamo parnu turbinu, a paru iza turbine koristimo za grijanje sušare, možemo proizvoditi električnu energiju. Kod sušare kapaciteta 20 t/h kukuruza možemo prigraditi generator snage približno 650 kW, dakle dovoljno za sve motore sušare i silosa.

ZAKLJUČAK

Ukupna biomasa u poljoprivrednoj proizvodnji veća je od dijela koji se upotrebljava kao hrana za ljude. Kod nekih kultura ta se »nusproizvedena« biomasa ne može koristiti za ishranu stoke. Danas se takva biomasa uglavnom upotrebljava, ako nije suviše »odrvenila«, za održavanje humusa u zemlji koji se dobiva zaoravanjem te biomase.

Primjenom te prirodno osušene biomase kao izvora toplinske energije (ne samo za poljoprivredu) može se **nadoknaditi cjelokupna energija upotrijebljena za poljoprivrednu proizvodnju.** Potrebna biomasa za stvaranje humusa morala bi se osigurati postrnom sjetvom.

Uz smanjivanje upotrebe energije iz fosilnih goriva, ovakvo korištenje obnovljive energije biomase poljoprivrednih »nusproizvoda« pomaže održavanju ravnoteže biosfere Zemlje kruženjem ugljika u zatvorenom kružnom toku, a da se ne povećava sadržaj CO_2 u atmosferi.

Energetski potencijal biomase u Hrvatskoj, kao goriva, vrlo je velik. Kukuruzovina kao gorivo može zamijeniti 0,8 milijuna tona nafte. Kod pšenične slame računica je slična. Loženjem slame mogli bismo osušiti 8,5 mil. tona kukuruza, ili grijati peradnjake za uzgoj 10 milijuna brojlera, ili grijati 52 tisuće domaćinstava, ili 450 ha staklenika. Dovoljno je računati s realnim mogućnostima koje su otprilike 20 – 30% od postojećih.

U 86 sušara za zrnje u Hrvatskoj izgara fosilno gorivo samo za proizvodnju topline. Uključivanjem istovremene proizvodnje električne energije postoji mogućnost dobivanja električne struje uz neznatno dodatno korištenje toplinske energije. Na taj način 5 – 6 sušara mogu godišnje uštedjeti više od 8 000 tona nafte i ujedno proizvesti više od 50 000 MWh električne energije.

Veliki su potencijali i pri korištenju otpadnih toplina termoelektrana i termalnih voda. Za grijanje 1 ha staklenika (izgrađenog na današnjim spoznajama) dostaje otpadna toplina temoelektrana snage 7 MW.

Fermentacijom stajskog gnoja možemo proizvesti metan. Nema tehničkih zapreka da se i druge biomase fermentacijom ne pretvaraju u metan. Metan je najčistije gorivo i izgaranjem najmanje zagađuje okoliš. Može se iskoristiti i za pogon motora SUI.

Od 3 000 UG (uvjetno grlo = 500 kg) proizvedeni metan ima energetsku vrijednost otprilike 20 000 kWh dnevno. Za poljoprivredu energija metana ima drugorazredno značenje. Najveća dobit je u gnojnici u kojoj je očuvan dušik i koja nakon fermentacije nema neugodan miris. Energija za proizvodnju umjetnog gnojiva je u Francuskoj 1975. god. iznosila 2 867 000 TEP, dok je teorijska vrijednost gnojnice bila 3 410 000 TEP. Godine 1970. taj je odnos bio približno 1:1.

Uska je povezanost između čuvanja okoliša i uštede energije u poljoprivrednoj proizvodnji. Zato bi poreznim i kreditnim mjerama trebalo poticati primjene navedenih mogućnosti koje danas tehnologija i znanost nudi na tom području.

LITERATURA

[1] R. C. BAILE, 1978., »Energy conversion engineering« London, Addison – Wesley publ.

[2] B. KOBBE and R. A. ZELL. »Das Zentrum der grünen Kraft«, BDW. 26, (1989.): 2-februar '89, (48 – 61)

[3] R. L. LOFTNESS, 1978, »Energy handbook«, New York, Van Nostrand Reinhold N. Y 10020, 741

[4] H. POŽAR, 1980, »Izvori energije«, Zagreb, Sveučilišna naklada Liber, 275.

[5] D. PIMENTEL, 1975, »World food, Energy, Man and Environment«, Energy, Agriculture and Waste Management, Cornell Ithaca; New York, Ann arbor science, 1, 1,5 – 16,

[6] J. P. DELEAGE, J. M. JULIEN and C. SOUCHON. »Agriculture-special Energie.« 1980. 1 – 36.

[7] W. J. JEWELL, 1975., »Energy, Agriculture and Waste Management,« Cornell Agricultural waste Management, Ithaca, New York, Abror science, 1,1.

[8] M. KERN and V. HESS, Das super Korn, BDW, 18, (1981) 10 oktober 1981, (46 – 57)

[9] Z. KATIĆ, 1979, »Mogućnost uključivanja dehidratora u monofazno ubiranje ljetine«, aktualni zadaci poljoprivrede, Opatija, 409 – 414.

[10] Z. KATIĆ, »Jugoslavensko postrojenje za oplemenjivanje slame«, Krmiva, (21), (1979): 8/79, (155 – 157)

[11] Z. KATIĆ, 1985, »Sušenje zrna — Energetska bilanca i tehnološka rješenja«, savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Stubičke toplice, Institut za mehanizaciju, FPZ – Zagreb, 1,1,4 – 55

[12] J. J. BRUWER, »Sunflower Power: Grow your Fuel.« — Agric. Eng. 61., (1980.):10, (39)

[13] ANON, 1993, »Das Arge Biodiesel Projekt«

[14] A. SCHMIDT, 1992, »Biosprit Für Österreich,« Oberöster-, Stärke und Chemische Industrie

[15] Z. KATIĆ, 1981, »Energetska bilanca proizvodnje kukuruza«, Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Poreč, 269 – 276

[16] Z. KATIĆ, 1982, »Energetska valjanost poljoprivredne proizvodnje i njena zavisnost s granicama energetskog obračuna« Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Zagreb, 25 – 34

[17] R. Y. OFOLY and B. A. STOUT, 1981, »Ethil Alcohol Production for Fuel: »Energy balance«., B. L. Clary, Agricultural Energy, Kansas City, Asae, 2,3, 292 – 298

[18] F. V. GÖRICKE and M. REIMAN, 1982, »Triebstoff stat Nahrungsmittel«, Hamburg, Rowohlt Verlag

[19] G. L. FOUTCH, G. C. MAGRUDER and J. L. GADDY, 1981, »Production of Ethanol and Methane from Corn Stover«, B. L. CLARY., Agricultural Energy, Kansas Citty, Asae, 2,3, 671

[20] J. T. PATTON and P. F. PHELAN, 1981, »Comercial Aspects of hight Intensity Algae Culture«, B. L. CLARY, Agricultural Energy, Kansas City, Asae, 2,3, 316 – 323

[21] Z. KATIĆ, 1974, »Neke mogućnosti uštede i racionalnijeg korištenja energije u poljoprivredi«, Poljoprivredno mašinstvo i nauka, Novi Sad, 187 – 194

[22] Z. KATIĆ, 1980, »Neke mogućnosti zajedničkog iskorištavanja energije u elektro i poljoprivredi«, Elektroenergetika in elektronika v kmetinjstvu in industriji EEK-80, Radenci, 55 – 76.

[23] Z. KATIĆ, 1982, »Energetska valjanost poljoprivredne proizvodnje i njena zavisnost s granicama energetskog obračuna«, Aktualni problemi mehanizacije poljoprivrede, Zagreb, 25 – 34

[24] Z. KATIĆ, 1982, »Energetika u poljoprivrednoj proizvodnji« Energija u proizvodnji hrane, Zagreb, 28 – 37.

FOOD AND MAN — AGRICULTURE AND ENERGY

»For grandfathers and grandmothers. . who needed 110 kWh pro person a day, for parents. . . who thought 150 kWh pro person a day was enough, for brothers and sisters. . . who used 250 kWh pro person a day, for our children. . . who will probably conclude that by 350 kWh daily — they should start to save, for our grand-children. . . who will have to conclude that 110 kWh daily is enough«

Richard C. Bailie (1978)

Analysis of energy worth of food production informs us on bad usage of submitted energy. The reason is the intention for crops increase and decrease of human work by using mechanisation, increased feed of plants, plant protection and conservation of unripe crops. From 1940 to 1970 the relationship between obtained food energy and energy submitted for production (input: output) has decreased in USA from 1:4 to 1:2,82 and in France from 1:3 to 1:0,82.
The increase of energy needs for modern agriculture has grown 17 times during the last thirty years and in France in 1975 it made 9,7% of total energy usage of the country.

MENSCH UND NAHRUNG — LANDWIRTSCHAFT UND ENERGIE

»Für Grossväter und Grossmütter die täglich 110 kwh pro Person brauchen, für Eltern die dachten 150 kwh täglich pro Person wären genug.
Für Brüder und Schwestern die täglich 250 kwh pro Person verbrauchten. Für unsere Kinder die wahrscheinlich einsehen werden, dass sie bei 300 kwh zu sparen beginnen sollten.
Für unsere Enkelkinder die zum Schluss kommen müssen, dass 110 kwh täglich genügen.«

Richard C. Bailie (1978)

Die Analyse des energetischen Wertes der Nahrung weist auf eine immer schlechtere Nutzung der investierten Energie. Der Grund dafür ist der Wunsch nach einem grösseren Ertrag und der geringeren menschlichen Arbeitskraft durch die Mechanisierung, einer grösseren Versorgung der Pflanzen, des Pflanzenschutzes durch das Konservieren des unreifen Ertrags.
Von 1940 — 1970 — das Verhältnis — Die gewonnene Energie in der Nahrung: Investierte Energie für die Herstellung (input: output) sank in den USA von 1:4 auf 1:2,82 und in Frankreich von 1:3 auf 1:0,82. Die Energie die für die moderne Landwirtschaft gebraucht wird, stieg in den letzten 30 Jahren 17 mal und beträgt 1975 in Frankreich 9,7% von der gesamten verbrauchten Energie im Land.

Naslov pisca:

Prof. dr. Zvonko Katić
Agronomski fakultet, Zagreb
41000 Zagreb, Svetošimunska 25,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993 – 5. 6.

POTENCIJALNE ENERGETSKE MOGUĆNOSTI AGRARA — SUŠARE ŽITARICA

Mr. Mirko Rigo, Osijek

UDK 621.31:620.91
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Sušare troše velike količine fosilnog goriva za proizvodnju toplinske energije. Znatna količina biomase agrarne proizvodnje nezaobilazan je energetski potencijal prikladan za uporabu pri sušenju žitarica. Koristeći se toplinsko-energetskom pretvorbom, povećavamo iskoristivost primarne energije.

Ključne riječi: agrar, biomasa, energija, sušenje.

1. DEFINIRANJE PROBLEMA

Svjetski trend energetske politike, koji se, svakako, odražava i u razvoju energetike općenito, polazi od štednje energije. Pri tome i energetska postrojenja moraju zadovoljavati sve strože kriterije zaštite okoliša. Ove smjernice traže seriozan pristup u rješavanju energetskih problema, iz čega proizlaze i mogućnosti proizvodnje svih oblika energije i upotrebe.
Da bi se zadovoljile postavljene smjernice, pri rješavanju zadataka treba se pridržavati ovih temeljnih odrednica:

1. Na svim **mogućim** mjestima valja zamijeniti izvore neobnovljive energije izvorima obnovljive (domaće!) energije.
2. Treba povećati stupanj djelovanja pri pretvorbi primarne energije u konačnu energiju.
3. Osigurati proizvodnju energije na mjestima njezine potrošnje.
4. Nadomjestiti visokotemperaturne toplinske sustave niskotemperaturnim.[1]

Navedena načela nam određuju smjernice za istraživanja problematike energije u nas.
Potreba, ali i realna mogućnost uporabe neiskorištenih velikih količina biomasa agrarne nusproizvodnje, pa i šire [2], kao i njezina uporaba na mjestima nastajanja u sušarama žitarica potpuno se uklapa u prvu temeljnu odrednicu domaćinskoga gospodarenje energijom. Za poboljšanje stupnja djelovanja u pretvorbi primarne energije POTREBNO je i MOGUĆE postaviti toplinsko-energetski proces da bi se sa zadovoljavajućim iskorištenjem toplinske energije dobila i električna energija [3]. Ta se postavka potpuno uklapa u drugu temeljnu odrednicu. Izgrađene sušare sa svojim prilično ravnomjernim razmještajem, i to uglavnom na teritoriju Slavonije i Baranje, potenciraju primjenu i treće temeljne energetske odrednice, jer se pri proizvodnji električne energije na mjestima njezine potrošnje smanjuju gubici prijenosa električne energije, čime je ostvarena dalja ušteda energije.
Ovaj rad treba upozoriti na zanemarenost energetske mogućnosti agrara te prednosti u upotrebi biomasa na objektima sušara žitarica, gdje se spaljivanjem biomasa u toplinsko-energetskoj pretvorbi postižu znatni energetski učinci.

2. SUŠARSKI SUSTAVI ŽITARICA

Sigurno skladištenje poljoprivrednih kultura (žitarica i uljarica) zahtijeva njihovo sušenje na određenu vlažnost. Sušenje zrna uglavnom se obavlja u stojećim sušarama, čiji je kapacitet od 10 t/h do 40 t/h (najčešće 30 t/h), direktnim ili indirektnim postupkom. Pri direktnom postupku sušenja produkti izgaranja goriva ubacuju se pomoću ventilatora u sekcije sušare koje su napunjene vlažnim zrnom. Strujanjem produkata izgaranja preko vlažnog zrna odvodi se prekomjerna vlaga. Rad sušare kontroliran je automatikom vlage i temperature. U indirektnim sušarama dovedena (primarna) energija pretvara se u kotlovnici u paru, koja (indirektno) zagrijava zrak. Tako zagrijani zrak suši zrna žitarica na isti način kao i u direktnim sušarama. Kao energent sušara koristi se tekuće ili plinovito gorivo koje izgara u ložištima. Osim toplinske, sušara troši i električnu energiju za potrebe dopreme vlažnog i otpreme suhog zrna, cirkulaciju (ventilaciju) zraka. Instalirana snaga elektrouređenja iznosi nekoliko stotina kW (ovisno o kapacitetu sušare). Osim sušare, i ostali prateći skladišno-prerađivački objekti, kao i drugi prateći objekti smješteni u blizini sušare troše znatne količine električne energije. Ovisno o veličini izgrađenih prerađivačkih kapaciteta na pojedinoj lokaciji, vršna snaga električnih trošila iznosi između 1 MW i 2 MW.

1 Pri takvoj se zamjeni za 4 % – 10 % smanjuju gubici energije isijavanja prijenosnog toka i dimnih plinova [1].

Na veličinu sušara i njihov ukupan kapacitet odlučujući su utjecaj imale obradive površine i postotak njihove godišnje zasijanosti žitaricama. Kapacitet je usklađen s kontinuiranim radom sušare u ljetnom i jesenskom razdoblju (10+20) dana/24h. Međutim, uslužno sušenje žitarica seljacima, nepostignuta optimalna organizacija žetve uz nepredviđene vremenske prilike uvjetuje godišnji rad sušare 60 dana pa i duže.

U Hrvatskoj su instalirane sušare na 43 lokacije ukupnog kapaciteta 1816 t/h, koje za svoj godišnji rad potroše 39 987 tEU (tona ekvivalenta nafte)[2][2].

3. SUŠARSKI KAPACITETI ISTOČNOGA DIJELA SLAVONIJE I BARANJE

Istočna Slavonija i Baranja kao poljoprivredna regija i žitnica Hrvatske ima najveću koncentraciju izgrađenih sušara. Na ovom području sušarski kapaciteti su izgrađeni na 15 lokacija s ukupnim kapacitetom većim od 50 % ukupnoga instaliranoga kapaciteta sušara u Hrvatskoj. Budući da su na cjelokupnom području regije obradive površine, to su i sušare izgrađene u ravnomjernom rasporedu po regiji, što pokazuje i njihov međusobni odnos udaljenosti 15 – 40 km. Tablica 1. prikazuje mjesta izgrađenih sušara, njihov broj pojedinačnih jedinica, kapacitet pojedinačnih sušara i ukupno instalirani kapacitet lokacije te vrstu goriva.

Tablica 1.[3]

R. br.	Lokacija sušare	Br. jed. kom	Pojed. kapac. t/h	Ukupno t/h	Gorivo
1.	D. Miholjac	3	40+25+25	90	plin
2.	Vukovar	3	15+20+30	65	lako ulje
3.	Darda	2	20+20	40	lako ulje
4.	Osijek	4	15+15+20+30	80	lako ulje+plin
5.	Našice	2	15+30	45	plin
6.	Beli Manastir	1	30	30	lako ulje
7.	Čačinci	4	15+15+15+30	75	lako ulje
8.	Slatina	2	15+15	30	plin
9.	Valpovo	2	25+25	50	lako ulje
10.	Đakovo	5	10+15+20+30+30	105	mazut, l. ulje
11.	Požega	3	10+30+30	70	lako ulje
12.	Vinkovci	2	25+40	65	mazut
13.	Županja	4	15+20+20+20	75	mazut, l. ulje
14.	Slavonski Brod	1	40	40	lako ulje
15.	Virovitica	2	20+30	50	lako ulje

Na 15 lokacija izgrađeno je ukupno 40 sušarskih jedinica ukupnog instaliranog kapaciteta od 910 t/h. Svaka od izgrađenih sušara na pojedinoj lokaciji radi kao nezavisna jedinica. Klasifikacija sušara prema izgrađenim kapacitetima i broju istih jedinica, uz ukupno instalirani kapacitet po određenim jedinicama, prikazana je u tablici 2.

Tablica 2.

Kapacitet sušare	Broj jedinica	Ukupni kapacitet t/h
10	2	20
15	11	165
20	9	180
25	5	125
30	10	300
40	3	120

Veličinu ukupno instaliranih sušarskih kapaciteta jedne lokacije, kao i broj lokacija glede izgrađenih istih kapaciteta daje tablica 3.

Tablica 3.

Kapacitet lokacije	Br. lokacija	Ukupni kapacitet t/h
30	2	60
40	2	80
45	1	45
50	2	100
65	2	130
70	1	70
75	2	150
80	1	80
90	1	90
105	1	105

4. SMJERNICE ZA MOGUĆE POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Pri sušenju kukuruza sušara troši, ovisno o njezinom kapacitetu, od 3 MW do 12 MW primarne toplinske energije, da bi se ta snaga prema instaliranom kapacitetu lokacije popela i do 31,5 MW. Sušare iz tablice 1., ukupnog sušarskog kapaciteta 910 t/h, troše toplinsku energiju u veličini 273 MWh/h, što čini količinu goriva od 24,45 tEU/h ili približno 2,5 vagona tEU/h.

Spaljivanje bilo kojeg energenta u velikim količinama na jednom mjestu samo za proizvodnju toplinske

2 Za sušenje pšenice troši se 150 kWh/t zrna, a za sušenje kukuruza 300 kWh/t zrna toplinske energije.

3 Tablica prikazuje stanje na navedenim lokacijama prije rata. Dio objekata je oštećen, a za dio objekata nisu dostupni podaci o njihovu fizičkom stanju.

energije zločin je prema energiji. Takve toplinske procese treba prilagoditi djelotvornijem korištenju primarne energije, za što postoje poznata rješenja. Posebno se ta prilagodba mora provesti na mjestima s tako izraženim mogućnostima za prilagodbu. Nedopustivo je zato i korištenje energetskih resursa (uvoz!) uz zanemarivanje domaćih (OBNOVLJIVIH!) za što jedini razlog može biti komoditet uz smanjenu komfornost.

Svojim energetskim potencijalom agrar može zadovoljiti energetske potrebe na području sušenja žitarica, pa i u širem području [3],[4] te olakšati i zatvaranje elektroenergetske bilance Hrvatske, za što je potrebno:

a) koristiti se otpadom biljne proizvodnje (biomase) za dobivanje toplinske energije potrebne u procesu sušenja, gdje se mogu uštedjeti goleme količine primarne energije [2].[5]
b) uvesti u postojeće sušarske sustave procese toplinsko-energetske pretvorbe, gdje se uz neznatno povećanje primarne energije na ulazu u proces dobiva i električna energija u visini približno 30 % od dovedene energije. Pri tome otpada toplinska energija takvoga toplinsko-turbinskog procesa (protutlačna — kondenzaciona) upravo zadovoljava parametre sušenja.

Potencijalna energija biomasa mora zaokupiti pozornost s obzirom na njezinu postojanost, moguću iskoristivost, ali i potrebnu organiziranost u smislu opravdane uporabe. Ako je potvrđena postojanost i moguća iskoristivost, organiziranost je imperativ našeg vremena, kada se svakom potencijalnom džulu mora obratiti nužna pozornost. Dakako da ozbiljnost pristupa ovoj problematici mora imati težinski impuls na državnoj razini. Ravnomjerni razmještaj sušara u sklopu agrarnih površina olakšava rješavanje ovoga problema s obzirom na činjenice da se biomase produciraju u neposrednoj blizini njihova korištenja.[6]

Važan razlog uvođenja toplinsko-energetskog procesa jest znatna potrošnja električne energije oko sušarskih sustava, i to najviše u vremenu ljeto-jesen kada je i inače elektroenergetski sustav osiromašen elektroenergetskim potencijalima. Dakako da se i smanjeni gubici u prijenosu (proizvodnja na mjestu potrošnje), mogućnost podržavanja proizvodnog sustava HEP-a, ali i mogućnost proizvodnje za potrebe HEP-a u redovnim ili izvanrednim okolnostima ubrajaju u odlučujuće kriterije takva izbora. Međutim, primarni razlog je, svakako, bolja iskoristivost energije.

Radi jednostavnijeg ulaženja u predložena rješenja potrebno je ukratko prikazati mogućnosti uporabe biomasa kao energenta, za što su dobro poznati postupci i rješenja.

4 Slamom oranične površine 1 ha pšenice može se osušiti rod pšenice sa 17 ha, odnosno rod kukuruza s površine 5,75 ha (4).

5 Ako se količini potrebnoga goriva za sušenje od 39 987 tEU doda i energetska vrijednost biomasa od 721 717 tEU.

6 Za skupljanje, baliranje (presanje) i transport do 20 km udaljenosti troši se približno 10% od prikupljene energije biomasa. Energetski, litru nafte zamjenjuje 3,46 kg slame. S 1 ha pšeničnog usjeva ostvaruje se energetska vrijednost slame u ekvivalentu 1 300 litara nafte [4].

4.1. Tehničke mogućnosti energetskog korišćenja biomasa

Važna je značajka uporabe biomase kao energenta tijekom same žetve, gdje se koristi stabljika žitarice čije se zrno suši. To omogućuje istovremenu dopremu do sušare i žitarice i biomase-biootpada. Vlažnost stabljike, vrsta žitarice i vremenski uvjeti žetve utječu na potrebnu količinu biomase za sušenje zrna, ali 20 % – 40 % ukupno raspoložive količine biomase je u svim uvjetima dostatno[5].[7]

Iz biomasa se toplinska energija može dobiti na više načina, poštujući stroge ekološke zakone. Može se zaključiti da loženje biomasom nije ništa veći problem od loženja uobičajenim krutim, tekućim ili plinovitim gorivima. Biomasa se može koristiti kao energent da izgara:

1. izravno u ložištima,[8]
2. pirolizom i u pirotehničkom ložištu,[9]
3. isplinjavanjem u generatorski plin.[10]

Svaka od metoda dobivanja primarne energije iz biomasa ima svoje dobre i loše strane, ali i mogućnost uporabe primarne energije u najprihvatljivijem obliku s obzirom na odabrani proces toplinsko energetske pretvorbe.

4.2. Toplinsko-energetski procesi pretvorbe

Goleme količine primarne energije, koje u sušarskim sustavima izgaranjem daju potrebnu toplinu za stabilizaciju zrna, mogu se primjenom poznatih tehničkih rješenja bolje iskoristiti, postižući uz tražene toplinske učinke i dodatne elektroenergetske. Dodatno iskorištenje primarne energije postiže se procesom toplinsko-energetske pretvorbe, gdje se uz neznatno povećanje primarne energije dobiva i elektroenergija s povoljnim stupnjem djelovanja, jer se otpadna energija u ovoj pretvorbi koristi za sušenje. Kao prihvatljivi procesi toplinsko-energetske pretvorbe mogu se koristiti [6]:

a) parnoturbinska pretvorba (sl. 1),
b) plinskoturbinska pretvorba,
c) plinski motor,
d) plinskoparnoturbinska pretvorba.

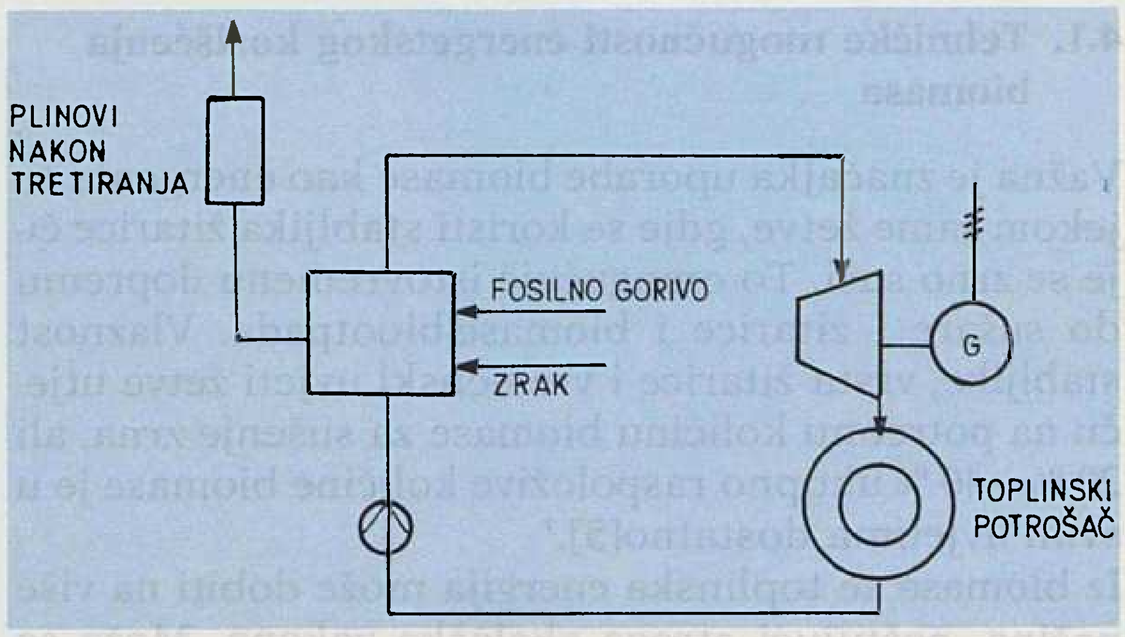
Prema nazivima navedenih pretvorbi može se zaključiti koje su osnovne mehaničke jedinice pretvorbe. Kod parnoturbinske pretvorbe dovodi se para na turbinu, gdje već i relativno niski parametri pare mogu dati dovoljno energije za pogon turbine i proiz-

7 Ako to zahtijevaju agrotehnički ili drugi uvjeti, ostatak biomase može se vratiti zemlji ili iskoristiti za potrebe stočarstva. To dokazuje energetski potencijal goriva agrara, ali mu dodaje i ostale biljne otpade koje treba koristiti pri sušenju [2].

8 Poteškoće mogu nastati kod biomasa s mnogo silicija (slama), gdje se stvara staklasta drozga, što se poznatim tehničkim rješenjima ložišta jednostavno odstranjuje.

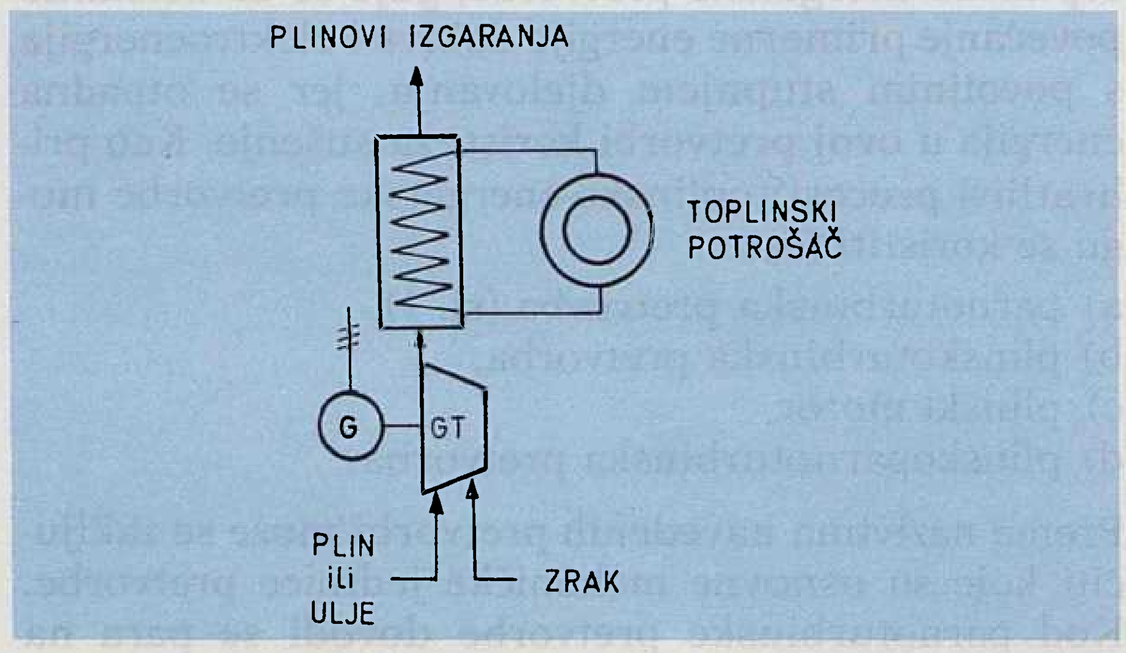
9 Za biomasu vlažniju od 25% vrlo je pogodno pirotehničko ložište. Djelomičnim izgaranjem biomase i njezinim isplinjavanjem nastaju gorivi plinovi vodika i ugljika. Paljenjem te smjese na temperaturu približno 1 000°C plinovi potpuno izgaraju, a ložišta ostaju čista. Gorivo se iskorištava do 95 %. Pirotehnička ložišta izrađuju se s automatskom dobavom biomase u ložište.

10 Vrlo pogodan postupak za iskorištavanje biomase kao goriva, osobito u tehnologiji sušenja, jest uplinjavanje u generatorski plin. Zadaća je plinskog generatora da potpuno rasplini zadano gorivo, uz dovođenje kisika i vodene pare. Tako dobiveni generatorski plin ima ogrjevnu moć do 14,1 MJ/m³.



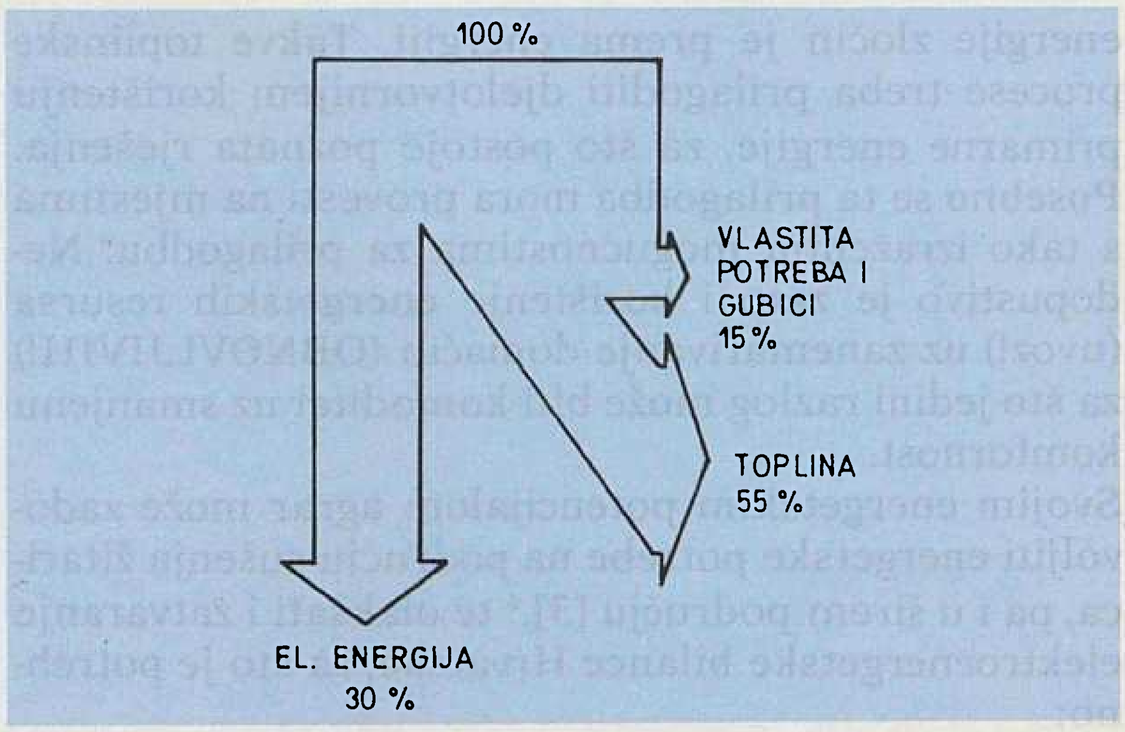
Slika 1. parnoturbinska pretvorba (načelni dijagram)

vodnju električne energije, da bi se toplinska energija nakon izlaza iz turbine (kondenzacijska s oduzimanjem ili protutlačna kondenzacijska) koristila u procesu sušenja. Navedena pretvorba najbolje bi odgovarala za indirektnu sušaru. Kod direktne sušare najbolje bi se uklopila plinskoturbinska pretvorba, gdje bi se uključivanjem plinske turbine ispred sušare za šitarice sušenje obavljalo izravnim dovođenjem plinova izgaranja iz turbine (približno 500 C) pomiješanih sa zrakom u sekcije sušare. Kod plinskog motora mehanička se energija dobiva dovođenjem plina, da bi se kod plinskoparne turbinske pretvorbe ostvarivala mehanička energija provođenjem izgaranog plina, a zatim pare, kao otpadne energije iza plinske turbine, kroz posebne turbinske sustave. Na slici 2. prikazan je načelni dijagram plinskoturbinske pretvorbe, a dijagrami pretvorbi c) i d) zasad manje zanimljivi, ne prikazuju se.

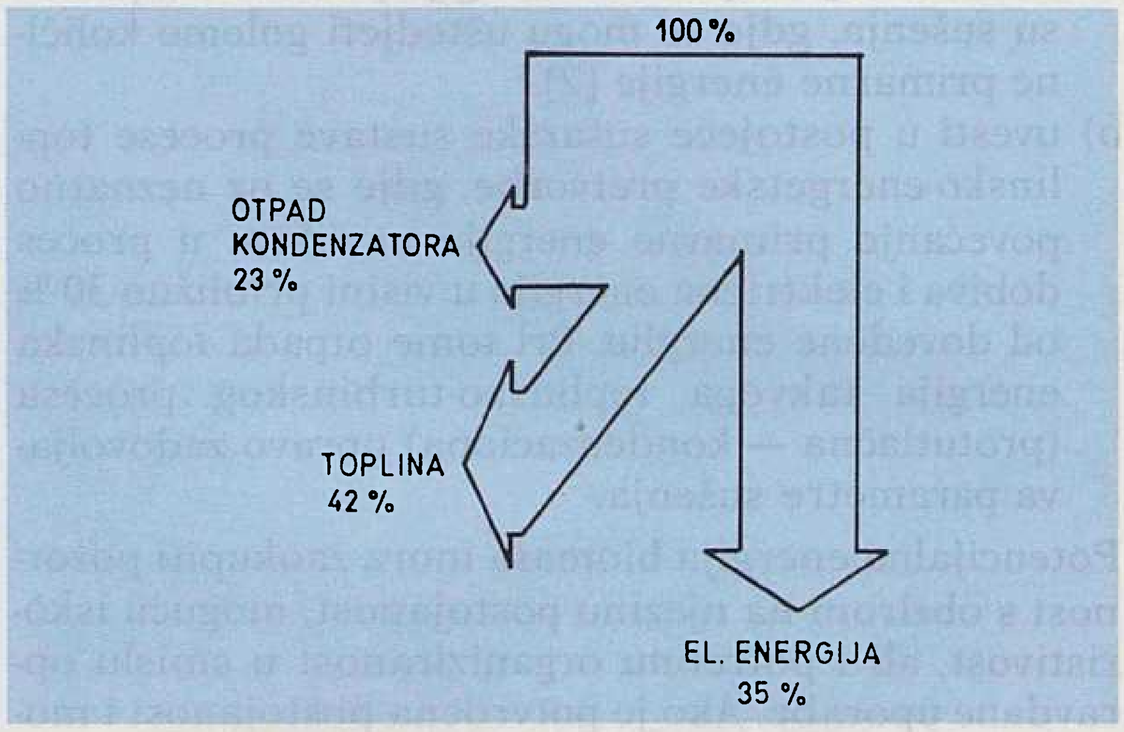


Slika 2. plinskoturbinska pretvorba (načelni dijagram)

U svim navedenim primjerima toplinskoenergetskih procesa nastala toplina, kao otpadna odnosno gubici, zadovoljava potrebe sušarskog sustava gdje se sušenje obavlja na temperaturama 90°C — 130°C.
Sankeyevi dijagrami (sl. 3. i 4) prikazuju za toplinsko energetske pretvorbe a) i b) mogućnost proizvodnje električne energije s obzirom na dovedenu primarnu energiju. Proizvedeni udio električne energije od 30% do 35% u pretvorbi a) i b) zaista mora biti zapažen i s obzirom na relativno visok stupanj djelovanja elektroagregata koji je postignut uz korisno upotrijebljenu otpadnu toplinsku energiju.



Slika 3. Sankeyjev dijagram



Slika 4. Sankeyjev dijagram

4.3. Energetske prednosti izgrađenih sušarskih sustava

Sušarski sustavi lociraju se prema kriterijima agropolitike. Međutim, može se ustvrditi solidno uklapanje postojećeg rasporeda u elektroenergetske kriterije vezane za energetske mogućnosti agrara. Biomase se mogu koristiti praktički na mjestu njihova nastanka,[11] a proizvedena električna energija može zadovoljiti i dio potreba distributivnog područja HEP-a koji pokriva lokaciju sušara. HEP može preuzeti višak električne energije proizveden u vrijeme sušenja, a mogao bi koristiti i instalirane elektroenergetske kapacitete kao rezervne (vršne) izvore, gdje bi mu proizvodnja na mjestima potrošnje smanjila mnoge troškove, a posebno investicijske. Takav pristup politici investiranja HEP-a u nove elektroenergetske kapacitete znatno bi smanjio ulaganja u nove izvore, a sufinanciranje s agrarom pridonijelo bi bržem osiguranju potrebnih izvora. Locirani na već postojećim mjestima, ti izvori imaju i prednosti s obzirom na sigurnu dobavu, kao i smanjene gubitke na svim razinama transformacije i napona, što također nije zanemarivo. Ukupna instalirana snaga elektroenergetskih izvora na području kojim se bavi ovaj rad jest 81,9 MW, što prikazuje tablica 4.

11 Postojeći raspored sušara omogućuje i uporabu granjevina nastalih rezidbom voćnjaka i vinograda, čišćenja šuma, kao i ostalih biljnih masa kao nusprodukata i druge biljne proizvodnje, a ne samo žitarica.

Tablica 4.

R. br.	Kapacitet sušare t/h	Mogući agregat MW	Broj komada	Ukupno MW
1	10	0,9	2	1,8
2	15	1,35	11	14,85
3	20	1,8	9	16,2
4	25	2,25	5	11,25
5	30	2,7	10	27,0
6	40	3,6	3	10,8

U istoj tablici klasificirane su moguće veličine agregata prema pojedinačnim kapacitetima sušarskih sustava. Iz tablice proistječu i brojevi mogućih jedinica koji olakšavaju uvid u moguću tipizaciju ovih veličina.

Kao mogući pristup u rješavanju problema toplinsko-energetske pretvorbe jest izgradnja jednog agregata na svakoj od navedenih lokacija. Takvo rješenje traži više izmjena u postojećem stanju, ali zato daje manji broj većih jedinica, što može biti zanimljivo HEP-u, a klasificirano je u tablici 5.

Tablica 5.

Kapacitet lokacije t/h	Mogući agregat MW	Broj kom.	Ukupno MW
30	2,7	2	5,4
40	3,6	2	7,2
45	4,05	1	4,05
50	4,5	2	9,0
65	5,85	2	11,7
70	6,3	1	6,3
75	6,75	2	13,5
80	7,2	1	7,2
90	8,1	1	8,1
105	9,45	1	9,45

Moguća snaga agregata određena je prema količini energije potrebne pri sušenju kukuruza, čije sušenje i vremenski traje dvostruko duže od sušenja pšenice. Kukuruz se suši u listopadu, kada su akumulacije hidroelektrana smanjene, a potrošnja raste. I taj bi argument trebao odigrati važnu ulogu u određenju prema toplinsko-energetskim procesima.

Prema navedenim kriterijima, u Hrvatskoj je moguće, s obzirom na izgrađene sušarske sustave, izgraditi elektroenergetske izvore snage 163 MW. Da ta snaga nije zanemariva, pokazuju i rezultati stanja. Ta je snaga više od 1,5 puta veća od snage TE Plomin, više od 50% instalirane snage našega dijela NE Krško (1) itd. Znači, to je snaga — energija na koju se mora računati. Ovakve energane, izgrađene u skladu s energetskim, ali i ekonomskim pravilima, mogli bi prerasti u toplinske objekte koji bi uz usputnu proizvodnju struje (ako nije u interesu HEP-a) proizvodili i distribuirali toplinsku energiju da bi njome grijali i dio okruženja (stanove, poslovne prostore i dr.), koristeći se najprije nepotrošenom za sušenje i preostalom biomasom, a zatim i nekim od klasičnih resursa. Stvaranje samo topline u ovakvim objektima za potrebe zagrijavanja povećalo bi iskoristivost goriva, komfornost života, a ujedno bi motiviralo i njegove korisnike (uglavnom seljake) na prodaju viška svoje biomase, kao i ostaloga biootpada, što u konačnici daje dvostruki učinak — energetski i financijski.

Prednosti korištenja biomasa kao energenta, odnosno njezina korištenja u dvojnom procesu, mnogostruke su. Osim već napomenutih, potrebno je naglasiti pojeftinjenje u procesu sušenja, pa time i gotovog proizvoda, što sve utječe na veću konkurentnost na tržištu. Proizvodnja električne energije daje veću sigurnost u procesima prerade, smanjujući ovisnost o mogućnostima isporuke HEP-a, što također treba naglasiti.

5. ZAKLJUČAK

Cijena proizvoda, a pri tome i veličina profita, i u agraru ovisi o energiji. Djelotvorno korištenje energije postaje izazov konkurentnosti na tržištu, što vodi do osnovnih ciljeva tržišnog gospodarenja. Međutim, energija ima svoju vrijednost koja se može vrednovati samo na temelju ciljeva razvoja društva. Zato se korištenje energije biomasa ne smije zapostaviti.

Predloženim pristupom korištenja energije postiže se bolja iskoristivost primarnih resursa upotrebom biomasa i proizvodnje električne energije u dvojnom procesu, za što su potrebna manja ulaganja uz bržu izgradnju elektroenergetskog izvora. Dislokacija toplinsko-energetskih objekata znači i manje gubitke u transformaciji i prijenosu električne energije, kao i znatne prednosti u zagrijavanju poslovnih i stambenih objekata u krugu toplinskog objekta. Takvim rješenjima povećava se i iskoristivost primarnih energetskih resursa u globalu.

Nezaobilazna činjenica ovakvog energetskog pristupa jest bolje zaposljenje naše strojogradnje u izradi toplinsko-energetskih jedinica u tipiziranim jedinicama, kao i izradom strojeva za proces i u procesu pripreme biomase.

Možda je ipak najveća vrijednost ovakvih rješenja u formiranju svijesti ljudi, angažiranih u cjelokupnom lancu energetskih potreba, za energetskom gladi, koja će već i u neobaviještenih proizvesti motivaciju u smislu poštivanja svakoga džula energije.

Problem biomasa i dvojnog korištenja energije zaslužuje punu pozornost[12], a njegovo rješavanje veliku angažiranost. Rješavanje ovoga problema zahtijeva dopunske napore u organizaciji, provođenju, a prije svega u podizanju svijesti onih koji bi rješavanju ovoga problema morali dati poticaj, a zatim ga i podržati u cjelokupnoj realizaciji. Napore koje to angažiranje donosi ne smijemo štedjeti (sposobni smo ih podnijeti!), jer upravo o njima ovisi brzina našeg hvatanja priključka za prisutnost u Europi.

12 Pri sušenju kukuruza, instalirani sušarski sustavi troše približno 5 vagona nafte na sat.
Za proizvodnju $3{,}495 \times 10^9$ kWh HEP je potrošio 596 800 tEU, što je činilo 28,34% ukupno proizvedene električne energije na razini Hrvatske [2]. Energija biomasa, godišnje raspoloživih, uz ušteđenu energiju goriva koja sada koriste sušarski sustavi ima veličinu 164 904 tEU, koja energija omogućuje proizvodnju električne energije 27,6% iznad ovdje dokumentirane proizvedene električne energije.

Nastavni radovi na temu potencijalne energetske mogućnosti agrara daju za sušare žitarica praktična rješenja koja uvažavaju izgrađenu konfiguraciju lokacija i sušara s osnovnim tehnološkim karakteristikama i spregnute u optimalne toplinsko-energetske procese.

LITERATURA

[1] W. HANDROCK: »Neue Anwendungsgebiete für Erdgas-Herausforderungen und Perspektiven«, GAS, Heft 6/90, 23 – 32

[2] M. RIGO: »Energetske potrebe i potencijalne energetske mogućnosti agrara«, »Energija« 1/1993.

[3] M. RIGO: »Skladišno prerađivački objekti žitarica u novom energetskom okruženju«, VIII. međunarodno savjetovanje FPZ, Zagreb, Stubičke Toplice, 1992, Zbornik radova

[4] M. MARTINOV: »Mogućnost korišćenja slame kao izvora toplinske energije«, FPZ Zagreb, magistarski rad 1982.

[5] Z. KATIĆ: »Sušenje zrna — energetska bilanca i tehnološka rješenja«, Savjetovanje FPZ Zagreb, Stubičke Toplice, 1985, Zbornik radova

[6] M. GIETZELT: »Kraft-Wärme-Kopplung-ein ökologisches Gebot«, časopis ETZ Bd. 112 (1991) Heft 24, 1340 – 1343

POTENTIAL ENERGY POSSIBILITIES OF AGRICULTURE-CEREAL DRIERS

Cereal driers consume large quantities of fossil fuels for heating energy production. Significant quantities of bio-mass of agricultural production make very suitable energy potential in cereal driers. Using heat-energy transformation we increase the efficiency of primary energy forms.

POTENTIELLE ENERGETISCHE MÖGLICHKEITEN DES AGRARS — TROCKENANLAGEN FÜR GETREIDE

Die Trockenanlagen verbrauchen grosse Mengen des fossilen Heizstoffes für die Erzeugung der Wärmeenergie. Eine bedeutende Menge der Biomasse der Agrarherstellung ist ein unumgängliches energetisches Potential, geeignet für das Trocknen des Getreides. Durch die Nutzung der wärme — energetische Umwandlung vergrössern wir die Nutzbarkeit der Primarenergie.

Naslov pisca:

Mr. Mirko Rigo, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Osijek,
54000 Osijek, Istarska 3,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993-5-27.

MODELIRANJE RAZDIOBA ZA RAZLIČITE VRSTE ZASTOJA NA NADZEMNIM VODOVIMA 10 (20) kV

Dr. Franjo Majdandžić, Zagreb

UDK 621.315.1.005
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazane su teorijske mogućnosti i praktički značaj utvrdivanja odredenih razdioba: normalna, log-normalna, Reyleighova, gamma, binomna i Poissonova za 14 vrsta zastoja na nadzemnim vodovoma 10 (20) kV testirajući hipotezu testom: hi-kvadrat i Kolmogorov-Smirnov (d_α) i prihvaćajući razdiobu s vjerojatnosti $P \geq 0{,}95$.

Ključne riječi: razdioba, kvar (zastoj), statistički testovi, modeliranje razdiobe, nadzemni vodovi.

1. UVOD

Istraživanja su koncipirana tako da se na osnovi podataka o broju zastoja na sistemu i komponentama sistema (u ovom primjeru nadzemnih vodova 10 (20) kv) za određeno vremensko razdoblje od 10 godina utvrdi prosječan broj zastoja po mjesecima tijekom godina na 100 km voda, te se po metodi najmanjih kvadrata, testiranjem testom hi-kvadrat i Kolmogorov-Smirnov utvrđuju odgovarajuće razdiobe funkcija zastoja.

Glede teorijskog aspekta ovo su pionirska i vjerojatno značajna istraživanja koja se mogu primijeniti na bilo kakve vrste zastoja na tehničkim odnosno elektroenergetskim sistemima i komponentama sistema.

Aplikacije istraživanja odnose se na programiranje strategije održavanja, osobito u raznim oblicima preventivnog održavanja, na osnovi analize prethodnih događaja (zastoja), kako bi se produžilo vrijeme ispravnog rada tehničkoga sistema ili komponenti sistema, a mnogo utječu na kvalitetniji pristup projektiranju i izgradnji nadzemnih vodova (k što bliže željenoj pouzdanosti i raspoloživosti u svim uvjetima eksploatacije).

Za ulazne podatke korišteni su podaci o eksperimentalnom broju zastoja 10 (20) kV nadzemnih vodova u dimenziji: prosječan broj zastoja/100 km, mjesec, za 14 vrsta zastoja (od toga 8 na komponentama sistema i 6 vrsta prinudnih namjernih zastoja na sistemu) u razdoblju od 1975. do 1984. godine, tj. za 10 godina i na 10 nadzemnih vodova 10 (20) kV, na različitoj konfiguraciji terena.

Podaci o ovim zastojima dani su u tablici 1.

Testiranje su neprekidne funkcije razdioba: normalna, log-normalna, Reyleighova, gamma i diskretne razdiobe: binomna i Poissonova, testom hi-kvadrat, Kolmogorov-Smirnov (d_α) -test i prihvaćanjem hipoteze s vjerojatnosti $P \geq 0{,}95$.

2. NAČELO IZRAČUNA

Načelo je po metodi najmanjih kvadrata, minimiziranjem sume kvadrata eksperimentalne funkcije zastoja $Y(I) = f(\lambda)$ i teorijske funkcije YF(I) za odgovarajuću razdiobu po formuli:

$$S = \sum_{i=1}^{n} [Y(I) - YF(I)]^2,$$

gdje je I broj mjeseci eksperimentalne funkcije zastoja.

Apsolutna greška:

$$AGR\ (I) = [Y(I) - YF(I)]$$

i relativna greška

$$RGR\ (I) = \frac{AGR(I)}{Y(I)}\ 100.$$

Testiranje hipoteze testom hi-kvadrat (χ^2) po formuli:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{[Y(I - YF(I)]^2}{Y(I)}$$

testom Kolmogorov-Smirnov (d_α-test) po formuli

$$d_\alpha = \max[\,|\,YF(I) - Y(I)\,|\,]$$

prihvaćanjem teze s vjerojatnosti $P \geq 0{,}95$.

U ovom članku dani su podaci o testiranju zastoja na izolatorima (zastoj br. 5) i analiza izračuna za 14 vrsta zastoja, prema izračunima dani u literaturi [2].

3. IZRAČUN I TESTIRANJA ODREĐENIH RAZDIOBA

U ovom članku dan je izračun i testiranja odabranih razdioba: Reyleighova, normalna, binomna, Poissonova, log-normalna i gamma, za zastoje na komponentama sistema, glede kvara na izolatorima, dok su u točki 4. dani rezultati testiranja za svih 14 vrsta zastoja, prema izračunu i testiranju danom u literaturi [2].

Tablica 1. Eksperimentalni podaci o prosjeku 14 vrsta zastoja tijekom godine, po mjesecima, na 100 kM voda, za razdoblje od 10 godina i 10 nadzemnih vodova 10 (20) kV (od 1975. do 1984. godine), ($Y(I) = f(\lambda)$)

Vrsta zastoja / Mjeseci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. *Zastoj na komponentama sistema nadzemnog voda*												
1. Zastoji od zemnog spoja	0,291296	0,58151	0,110696	0,0239207	0,038429	0,177338	0,198309	0,1455597	0,0464497	0,026968	0,3852431	0,080746
2. Zastoj na kablu i transformatoru snage, tj. neustanovljenih kvarova	0,0746267	0,081151	0,1561197	0,086866	0,052616	0,0971577	0,161839	0,24443	0,185575	0,111451	0,036603	0,010566
3. Zastoj glede kvara na linijskim rastavljačima	0,039825	0,067387	0,086259	0,015753	0,059083	0,108971	0,174243	0,1306147	0,0760177	0,0638511	0,0833007	0,067396
4. Zastoj glede kvara na katodnim odvojcima	0,000000	0,01179	0,018582	0,078868	0,004125	0,089758	0,022791	0,029925	0,0390534	0,01179	0,000000	0,022717
5. Zastoj glede kvara na izolatorima	0,033126	0,009817	0,000000	0,043354	0,0765774	0,047809	0,143958	0,1565281	0,019341	0,018985	0,032778	0,054179
6. Zastoji prouzrokovani na čeliji dalekovoda	0,0409277	0,042826	0,0530084	0,12044	0,028399	0,069942	0,182466	0,051148	0,025527	0,0211337	0,068248	0,054162
7. Zastoj glede kvara na stupovima	0,068234	0,0294975	0,042647	0,1372757	0,078963	0,15358	0,0804329	0,08421	0,089923	0,041636	0,098981	0,046476
8. Zastoj glede kvara na užetu voda	0,106042	0,0974907	0,071802	0,048858	0,137036	0,23118	0,0443377	0,1812951	0,14909	0,033825	0,161111	0,2166287
B. *Ostali namjerni i prinudni zastoji na nadzemnim vodovima*												
1. Ukupni zastoji	2,7415145	1,9918049	2,8757501	2,2178395	2,2288578	3,6681095	3,6264504	3,6228825	2,5864889	2,4823042	4,1412192	2,9142416
2. Zastoji glede kvara na vodu	1,5054539	0,8623672	1,5279677	0,9374434	0,9884096	2,2223706	2,3258331	2,1209218	1,2485869	1,319929	2,6403722	1,5005027
3. Zastoji glede remonta	0,1244307	0,1527461	0,2832358	0,2317967	0,2919546	0,219110	0,1035321	0,2202157	0,167035	0,138904	0,1100697	0,104160
4. Zastoji glede manipuliranja	0,6962498	0,5595577	0,6265464	0,774466	0,7049804	0,8931332	0,7297074	0,8238427	0,7545588	0,7283994	1,1877671	0,8995801
5. Zastoji glede popravka	0,3176935	0,4059079	0,4513032	0,255495	0,2371348	0,3057925	0,4139675	0,3511291	0,3409222	0,1633511	0,2435215	0,3668294
6. Zastoji glede atmosferskih nepogoda	0,3418964	0,1696788	0,275856	0,1596587	0,1900591	0,3895074	0,5358423	0,2346378	0,130381	0,1500518	0,3379963	0,2718798

Reyleighejeva

$X(I)$	$Y(I)$	$YF(I)$	$AGR(I)$	$RGR(I)$
1	3.3126000 – 002	1.3295720 – 001	9.9831203 – 002	3.0136811 + 002 %
2	9.8170000 – 003	2.1464351 – 001	2.0482651 – 001	2.0864471 + 003 %
3	.0000000	2.2530398 – 001	2.2530398 – 001	.0000000 %
4	4.3354000 – 002	1.8224321 – 001	1.3888921 – 001	3.2036077 + 002 %
5	7.6577400 – 002	1.1980890 – 001	4.3231500 – 002	5.6454646 + 001 %
6	4.7809000 – 002	6.5551400 – 002	1.7742400 – 002	3.7111004 + 001 %
7	1.4395800 – 001	3.0229039 – 002	1.1372896 – 001	7.9001487 + 001 %
8	1.5652810 – 001	1.1838475 – 002	1.4468963 – 001	9.2436836 + 001 %
9	1.9341000 – 002	3.9565053 – 003	1.5384495 – 002	7.9543429 + 001 %
10	1.8985000 – 002	1.1321829 – 003	1.7852817 – 002	9.4036434 + 001 %
11	3.2778000 – 002	2.7806139 – 004	3.2499939 – 002	9.9151683 + 001 %
12	5.4179000 – 002	5.8714373 – 005	5.4120285 – 002	9.8981628 + 001 %

Kolmogorov – Smirnov .2253039777 + 000, $P \geq 0{,}95$
vrijednost .5684384298 + 002 HIK testa prevelika.

Binomna

$X(I)$	$Y(I)$	$YF(I)$	$AGR(I)$	$RGR(I)$
1	3.3126000 – 002	1.0684484 – 003	3.2057552 – 002	9.6774592 + 001 %
2	9.8170000 – 003	7.1120108 – 003	2.7049892 – 003	2.7554132 + 001 %
3	.0000000	2.8691108 – 002	2.8691108 – 002	.0000000 %
4	4.3354000 – 002	7.8127874 – 002	3.4773874 – 002	8.0209147 + 001 %
5	7.6577400 – 002	1.5128719 – 001	7.4709790 – 002	9.7561147 + 001 %
6	4.7809000 – 002	2.1361174 – 001	1.6580274 – 001	3.4680235 + 002 %
7	1.4395800 – 001	2.2159221 – 001	7.7634208 – 002	5.3928378 + 001 %
8	1.5652810 – 001	1.6761415 – 001	1.1086047 – 002	7.0824642 + 000 %
9	1.9341000 – 002	9.0158010 – 002	7.0817010 – 002	3.6614968 + 002 %
10	1.8985000 – 002	3.2734200 – 002	1.3749200 – 002	7.2421387 + 001 %
11	3.2778000 – 002	7.2030299 – 003	2.5574971 – 002	7.8024803 + 001 %
12	5.4179000 – 002	7.2645738 – 004	5.3452543 – 002	9.8659152 + 001 %

Kolmogorov – Smirnov .1658027377 + 000, $P \geq 0{,}95$
HI-kvadrat .5285797060 + 001 6.179 uz vjerojatnost $P = .80$

Normalna

$X(I)$	$Y(I)$	$YF(I)$	$AGR(I)$	$RGR(I)$
1	3.3126000 – 002	1.0411668 – 002	2.2714332 – 002	6.8569497 + 001 %
2	9.8170000 – 003	2.3224504 – 002	1.3407503 – 002	1.3657434 + 002 %
3	.0000000	4.4911391 – 002	4.4911391 – 002	.0000000 %
4	4.3354000 – 002	7.5292289 – 002	3.1938289 – 002	7.3668610 + 001 %
5	7.6577400 – 002	1.0942799 – 001	3.2850593 – 002	4.2898549 + 001 %
6	4.7809000 – 002	1.3787652 – 001	9.0067517 – 002	1.8839030 + 002 %
7	1.4395800 – 001	1.5060386 – 001	6.6458583 – 003	4.6165158 + 000 %
8	1.5652810 – 001	1.4261520 – 001	1.3912898 – 002	8.8884344 + 000 %
9	1.9341000 – 002	1.1707913 – 001	9.7738132 – 002	5.0534166 + 002 %
10	1.8985000 – 002	8.3325339 – 002	6.4340340 – 002	3.3890092 + 002 %
11	3.2778000 – 002	5.1411304 – 002	1.8633304 – 002	5.6846983 + 001 %
12	5.4179000 – 002	2.7499455 – 002	2.6679545 – 002	4.9243332 + 001 %

Kolmogorov – Smirnov .9773813188 – 001, $P \geq 0{,}95$
HI-kvadrat .3500129096 + 000 2.088 uz vjerojatnost $P = .99$

Poissonova

$X(I)$	$Y(I)$	$YF(I)$	$AGR(I)$	$RGR(I)$
1	3.3126000 – 002	5.7667385 – 003	2.7359262 – 002	8.2591503 + 001 %
2	9.8170000 – 003	2.0524746 – 002	1.0707746 – 002	1.0907350 + 002 %
3	.0000000	4.8700572 – 002	4.8700572 – 002	.0000000 %
4	4.3354000 – 002	8.6666568 – 002	4.3312568 – 002	9.9904433 + 001 %
5	7.6577400 – 002	1.2338408 – 001	4.6806679 – 002	6.1123358 + 001 %
6	4.7809000 – 002	1.4638123 – 001	9.8572234 – 002	2.0617924 + 002 %
7	1.4395800 – 001	1.4885550 – 001	4.8974995 – 003	3.4020335 + 000 %
8	1.5652810 – 001	1.3245014 – 001	2.4077959 – 002	1.5382515 + 001 %
9	1.9341000 – 002	1.0475806 – 001	8.5417060 – 002	4.4163725 + 002 %
10	1.8985000 – 002	7.4570143 – 002	5.5585143 – 002	2.9278453 + 002 %
11	3.2778000 – 002	4.8255833 – 002	1.5477833 – 002	4.7220187 + 001 %
12	5.4179000 – 002	2.8625040 – 002	2.5553961 – 002	4.7165803 + 001 %

Kolmogorov – Smirnov .9857223369 – 001, $P \geq 0{,}95$
HI-kvadrat .4332637861 + 000 2.558 uz vjerojatnost $P = .99$

Log-normalna

$X(I)$	$Y(I)$	$YF(I)$	$AGR(I)$	$RGR(I)$
1	3.3126000 – 002	4.0464866 – 003	2.9079514 – 002	8.7784560 + 001 %
2	9.8170000 – 003	3.9549427 – 003	5.8620573 – 003	5.9713326 + 001 %
3	.0000000	3.7801967 – 003	3.7801967 – 003	.0000000 %
4	4.3354000 – 002	3.6091629 – 003	3.9744837 – 002	9.1675132 + 001 %
5	7.6577400 – 002	3.4536240 – 003	7.3123776 – 002	9.5490022 + 001 %
6	4.7809000 – 002	3.3139904 – 003	4.4495010 – 002	9.3068271 + 001 %
7	1.4395800 – 001	3.1885160 – 003	1.4076949 – 001	9.7785107 + 001 %
8	1.5652810 – 001	3.0752253 – 003	1.5345288 – 001	9.8035352 + 001 %
9	1.9341000 – 002	2.9723535 – 003	1.6368647 – 002	8.4631853 + 001 %
10	1.8985000 – 002	2.8784149 – 003	1.6106585 – 002	8.4838477 + 001 %
11	3.2778000 – 002	2.7921819 – 003	2.9985818 – 002	9.1481536 + 001 %
12	5.4179000 – 002	2.7126408 – 003	5.1466360 – 002	9.4993188 + 001 %
Kolmogorov – Smirnov		.1534528751 + 000,	$P \geq 0{,}95$	
HI-kvadrat		.1815561080 + 002	21.666 uz vjerojatnost $P = .01$	

Gamma

$X(I)$	$Y(I)$	$YF(I)$	$AGR(I)$	$RGR(I)$
1	3.3126000 – 002	8.4837140 – 002	5.1711140 – 002	1.5610439 + 002 %
2	9.8170000 – 003	1.3591409 – 000	1.3493239 – 000	1.3744768 + 004 %
3	.0000000	1.9181397 – 000	1.9181397 – 000	.0000000 %
4	4.3354000 – 002	3.6290395 – 000	3.5856855 – 000	8.2707144 + 003 %
5	7.6577400 – 002	1.6059794 – 000	1.5294020 – 000	1.9971975 + 003 %
6	4.7809000 – 002	1.3922010 – 000	1.3443920 – 000	2.8120060 + 003 %
7	1.4395800 – 001	3.4425340 – 001	2.0029540 – 001	1.3913461 + 002 %
8	1.5652810 – 001	1.8814183 – 001	3.1613730 – 002	2.0196840 + 001 %
9	1.9341000 – 002	3.1790904 – 002	1.2449904 – 002	6.4370527 + 001 %
10	1.8985000 – 002	1.2573483 – 002	6.4115170 – 003	3.3771488 + 001 %
11	3.2778000 – 002	1.6046714 – 003	3.1173329 – 002	9.5104425 + 001 %
12	5.4179000 – 002	4.9544436 – 004	5.3683556 – 002	9.90855410 + 001 %
Kolmogorov-Smirnov		.3585685521 + 001	$P \geq 0{,}95$	
HI-kvadrat		.1613922048 + 002	18.307 uz vjerojatnost $P = .05$	

4. REZULTATI IZRAČUNA I TESTIRANJA ODABRANIH RAZDIOBA

A. Kontinuirane razdiobe

1. *Normalna razdioba*

— Prihvaća se testom $d\alpha$ za zastoje: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13 i 14, a ne prihvaća se za zastoje: 9, 10 i 12.
— Prihvaća se testom χ^2 za zastoje: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 11, a ne prihvaća se za zastoje: 1, 9, 10, 12, 13 i 14.
— Prihvaća se normalna razdioba testom $d\alpha$ i χ^2 za zastoje: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 11.

Rezultati testiranja dani su u tablici 2.

2. *Log-normalna razdioba*

— Prihvaća se testom $d\alpha$ za zastoje: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 i 13, a ne prihvaća se za zastoje: 9, 10, 12 i 14.
— Prihvaća se testom χ^2 za zastoj 4, a ne prihvaća se za sve ostale zastoje.
— Prihvaća se log-normalna razdioba testom: $d\alpha$ i χ^2 za zastoj 4 (zastoje glede kvara na katodnim odvodnicima), a ne prihvaćaju se svi ostali zastoji.

Rezultati testiranja dani su u tablici 3.

3. *Reyleighova razdioba*

— Prihvaća se testom $d\lambda$ za zastoje: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 i 13, a ne prihvaćaju se zastoji: 9, 10, 12 i 14.
— Ne prihvaća se Reyleighova razdioba za sve vrste zastoja, a time i ova razdioba za oba testa ($d\alpha$ i λ^2).

Rezultati testiranja dani su u tablici 4.

4. *Gamma-razdioba*

— Ne prihvaća se gamma razdioba za bilo koju vrstu zastoja.

Tablica 2.

Vrsta zastoja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$test_{d\alpha}$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	–	–	0,95	–	0,95	0,95
$test_{\chi^2}$	–	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	–	–	0,95	–	–	–

Tablica 3.

Vrsta zastoja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$test_{d\alpha}$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	–	–	0,95	–	0,95	–
$test_{\chi^2}$	–	–	–	0,99	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tablica 4.

Vrsta zastoja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$test_{d\alpha}$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	–	–	0,95	–	0,95	–
$test_{\chi^2}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

B. Diskretne razdiobe

1. *Poissonova razdioba*

— Prihvaća se Poissonova razdioba sa $d\alpha$ i χ^2 — testom za sljedeće vrste zastoja: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 11, a ne prihvaća se za zastoje: 1, 9, 10, 12, 13 i 14.
— Prihvaća se Poissonova razdioba samo sa $d\alpha$ — testom za zastoje 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13 i 14, a ne prihvaća se za zastoje: 9, 10 i 12.
— Ne prihvaća se Poissonova razdioba sa χ^2 — testom za sljedeće vrste zastoja: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 11, a ne prihvaća se za zastoje: 1, 9, 10, 12, 13 i 14.

Rezultati testiranja dani su u tablici 5.

2. *Binomna razdioba*

— Prihvaća se binomna razdioba sa $d\alpha$ i χ^2 — testom za zastoj 3 (zastoj glede kvara na linijskim rastavljačima), a ne prihvaća se za sve ostale vrste zastoja.
— Prihvaća se binomna razdioba sa $d\alpha$ — testom za zastoje: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 i 13, a ne prihvaća se za zastoje: 9, 10, 12 i 14.
— Prihvaća se binomna razdioba testom χ^2 za zastoj 3, a ne prihvaća se za sve ostale vrste zastoja.

Rezultati testiranja dani su u tablici 6.

Tablica 5.

Vrsta zastoja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$test_{d\alpha}$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	—	—	0,95	—	0,95	0,95
$test_{\chi^2}$	—	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	—	—	0,99	—	—	—

Tablica 6.

Vrsta zastoja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$test_{d\alpha}$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	—	—	0,95	—	0,95	—
$test_{\chi^2}$	—	—	0,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5. ZAKLJUČAK I PRIMJENA ISTRAŽIVANJA

5.1. Prikazan je postupak izračuna i testiranje normalne razdiobe broja zastoja na izolatorima kao komponente sistema nadzemnog voda, testom hi-kvadrat, s izračunom osnovnih parametara koji su dani u tablici 7:

— najveća je frekvencija pri $x=8$, te je ishodište koordinatnog sistema točka $x=8$, gdje je odstupanje varijable $\xi=0$
— prosječna vrijednost: $\xi=\frac{\Sigma f(\lambda)\cdot\xi}{\Sigma f(\lambda)} = \frac{-0{,}5611471}{0{,}6364525} = -0{,}8816796$
— srednja vrijednost:
$\bar{X} = X + \xi = 8+(-0{,}8816796) = 7{,}1183204$
— standardna devijacija: $\delta=\sqrt{\mu 2}$, $\mu'_2 = \frac{\Sigma f(\lambda)\xi^2}{\Sigma f(\lambda)} = \frac{4{,}9517876}{0{,}6364525} = 7{,}7802941$
— moment:
$\mu_2 = \mu_2 - \xi^2 = 7{,}7802941-(-0{,}8816796)^2 = 7{,}0029352$, $\delta=\sqrt{\mu_2}=\sqrt{7{,}0029352}=2{,}646306$

Tablica 7.

Mjeseci (X)	Broj zastoja $f(\lambda)$	$\xi = x - a$	$f(\lambda)\cdot\xi^2$	$f(\lambda)\cdot\xi^2$	$t=\frac{x-\bar{x}}{\rho}$	$f(t)^*$	$F(x)$	$(f(\lambda)-F(x))^2$	$(f(\lambda)-F(x))^2\ F(x)$
1.	0,033126	−7	−0,231882	1,623174	−2,312023	0,027554	0,0066269	0,000702202	0,1059624
2.	0,009817	−6	−0,058902	0,353412	−1,9341378	0,061462	0,0147819	0,0000246502	0,0016676
3.	0,00000	−5	0,00000	0,00000	−1,5562525	0,118885	0,0285925	0,000817531	0,0285914
4.	0,043354	−4	−0,173416	0,693664	−1,1783673	0,199244	0,0479193	0,0000208419	0,0004349
5.	0,0765774	−3	−0,2297322	0,6891966	−0,800482	0,28969	0,069671	0,0000470102	0,0006747
6.	0,47809	−2	−0,095618	0,191236	−0,4225967	0,364857	0,0877502	0,00159529	0,0181800
7.	0,143958	−1	−0,143958	0,143958	−0,0447115	0,398535	0,09585	0,00231437	0,0241458
7,1183204		—	—	—	0,00000	0,39894	0,0959474	—	—
8.	0,1565281	0	0,0000	0,00000	0,3331737	0,37774	0,908487	0,00431378	0,0474831
9.	0,019341	1	0,019341	0,019341	0,7110589	0,30983	0,0745159	0,00304426	0,0408539
10.	0,018985	2	0,03797	0,07594	1,0889442	0,22053	0,0530322	0,00115921	0,0218586
11.	0,032778	3	0,098334	0,295002	1,4668295	0,136054	0,0327218	0,00000000316	0,000000096
12.	0,054179	4	0,2167616	0,866864	1,8447147	0,07277	0,01756016	0,00134523	0,0768633
	$\Sigma f(\lambda) = 0{,}6364525$		$\Sigma f(\lambda)\cdot\xi = 0{,}5611472$	$\Sigma f(\lambda)\cdot\xi^2 = 4{,}9517876$					$\chi^2 = \Sigma = 0{,}366715796$

$f(t)^*$ = interpolirane tablične vrijednosti

— za normalnu razdiobu $f(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{X})^2}{2\delta^2}}$ u pojedinim točkama, mjesecima uvodimo supstituciju $t = \frac{x-\bar{x}}{\delta}$ i time transformiramo u standardni oblik $f(t) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{t^2}{2}}$ korištenjem tablice za vrijednosti parametara »t«, pripadajuću funkciju u pojedinim mjesecima izračunamo po formuli:

$$F(x) = \frac{\Sigma f(\lambda)}{\delta} \cdot f(t) = \frac{0{,}6364525}{2{,}646306} = 0{,}240506\ f(t)$$

— testiranje normalne razdiobe izvršeno je testom hi-kvadrat (χ^2) po izrazu:

$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{[f(\lambda) \times Ff(X)]^2}{F(X)}$ gdje je $f(\lambda)$ funkcija o broju zastoja na izolatorima, $F(x)$ funkcija broja zastoja na izolatorima po utvrđenoj normalnoj razdiobi po prihvaćanju iste, testiranjem testom hi-kvadrat

— za broj stupnjeva slobode 10, na osnovi razrada 12 umanjeno za $n = 2$ (jer smo pretpostavili srednju vrijednost x i standardnu devijaciju δ) vjerojatnost prihvaćanja normalne razdiobe s testom χ^2 je $P = 0{,}99$ kako je $\chi^2 < 2{,}558$, ($2{,}558 < 0{,}366715796$).

5.2. Rezultati testiranja 14 vrsta zastoja (tablica 7) s testom $d\alpha$ *i* χ^2 dani su u točki 4. tablice 2, 3, 4, 5. i 6, a postupak izračuna i testiranja (na računalu) je dan (2).

Rezultati testiranja potvrđuju tezu da je moguće bilo kakve događaje u određenim vremenskim intervalima (a za nas je najinteresantnije promatrati zastoje ili intenzitet zastoja) testirati testom χ^2 ili $d\alpha$ ili jednim i drugim i utvrditi da li se koja disperzija zastoja pokorava zakonima razdiobe s određenom vjerojatnosti, obično $P \geq 0{,}95$.

— Kod kontinuirane razdiobe najveći broj zastoja (s oba testa) pokorava se normalnoj razdiobi (zastoji: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 11), dok se log-normalnoj razdiobi pokorava samo zastoj 4, a Reyleighovoj razdiobi ni jedan zastoj.

Također vidimo da su povoljniji rezultati testiranja $d\alpha$ — testom od χ^2 — testa.

— Za diskretne razdiobe prihvaća se Poissonova razdioba s oba testa za najveći broj zastoja (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 11), dok se binomna razdioba prihvaća za zastoj 3.

5.3. Utvrđivanje optimalnih pregleda do pronalaženja kvara za normalnu razdiobu zastoja po metodi »CAUSSU« (7), a u ovom primjeru dana je za zastoje na izolatorima.

— Očekivani trošak jednoga optimalnog pregleda stanja, po ovoj metodi, s parametrima C_i, C_q, δ i μ, ekvivalentan je očekivanom trošku jednog pregleda za koji odgovara minimumom prema izrazu:

$$E(C) = \delta C_q\left(\frac{C}{P} + \sum_{i=1}^{\infty} Z_i q^{(i-1)} \cdot p\right), \quad \frac{dE(C)}{dp} = 0,$$

gdje su:

$$z_i = \frac{t_i - \mu}{\delta} \quad \text{i} \quad C = \frac{C_i}{C_2 \cdot \delta} = \text{const.}$$

Pri tome je:

$E(C)$ = očekivani trošak jednog optimalnog pregleda stanja po ovoj metodi

C_q = trošak kvara u određenom vremenu (o, t)

C_i = trošak pregleda stanja u istom vremenu (o, t)

p = vjerojatnost kvara između pregleda »i« i »2 – 1« data je sa $(1-p)^{2-1} \cdot p$, odnosno produktom vjerojatnosti stanja da kvar neće nastati prije, pomnoženo produktom vjerojatnosti stanja da će kvar nastati u ispitivanom intervalu i biti otkriven u i-tom periodu

μ_i = srednji broj pregleda do kvara, te imamo:

$$\mu_i = \sum_{i=1}^{\infty} i(1-p)^{i-1)} \cdot p = \frac{1}{p}$$

q = vjerojatnost da neće nastati kvar između »i« i »– 1« pregleda, te vrijedi: $q = 1 - p$.

— Za promatrani prosječan broj zastoja na izolatorima, kao komponentama sistema (nadzemnog voda), tablica 1 zastoja broj 5, testiranjem je utvrđena normalna razdioba s vjerojatnosti $P = 0{,}99$ sa standardnom devijacijom $\delta = 0{,}2205255$ god. (1905 sati), srednja vrijednost

$\bar{X} = \mu = 7{,}1183204$ mjeseca (0,5971933 god — 5125 sati).

— U tablici 8. dane su vrijednosti (za prvih 6 pregleda) parametara $Z_1, Z_2, Z_3, \ldots Z_6$ ovisnosti od troškova »C« pri vrijednosti »P«, a za vrijednosti troškova $C = 0{,}1$; 0,5; 1 i 2 što odgovara odnosu troškova pregleda stanja prema troškovima kvara $-\frac{C_i}{C_q}$ = 1:45,35; 1:9,07; 1:4,53 i 1:2,27 pri $\delta = 0{,}2205255$. Također je moguće primjenom tablice 8. normalizirati varijable Z_i za bilo koju kombinaciju parametara μ, δ, C_i i C_q i utvrditi optimalna vremena za prvih šest pregleda do pronalaženja kvara, računajući od početka kad je komponenta nova.

Tablica 8.

C	p opt.	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
0,1	0,3103	–0,500	0,60	0,450	0,750	0,010	1,240
0,5	0,5897	0,225	0,960	1,485	1,770	2,270	2,590
1	0,7189	0,580	1,890	2,320	2,420	2,505	3,300
2	0,8278	0,945	2,010	2,573	3,190	3,620	4,060

— Izračun optimalnih vremena za prvih šest pregleda (t_1, t_2, t_3, . . . t_6) za vrijednost troš-

kova $C = 0{,}1$; 0,5; 1 i 2 pri konstantnim vrijednostima normalne razdiobe zastoja na izolatorima kao komponente sistema nadzemnog voda, prikazan u tablici 9.

Tablica 9.

C	$\frac{C_i}{C_q}$	δ sati	μ sati	t_1 sati	t_2 sati	t_3 ti	t_4 sati	t_5 sati	t_6 sati
0,1	1:45,35	1905	5125	4173	5239	5989	6554	8049	7487
0,5	1:9,07	1905	5125	5554	6954	7954	8497	9449	10059
1	1:4,53	1905	5125	6230	8725	9545	9716	9897	11412
2	1:2,27	1905	5125	6925	8954	10027	11202	12021	12859

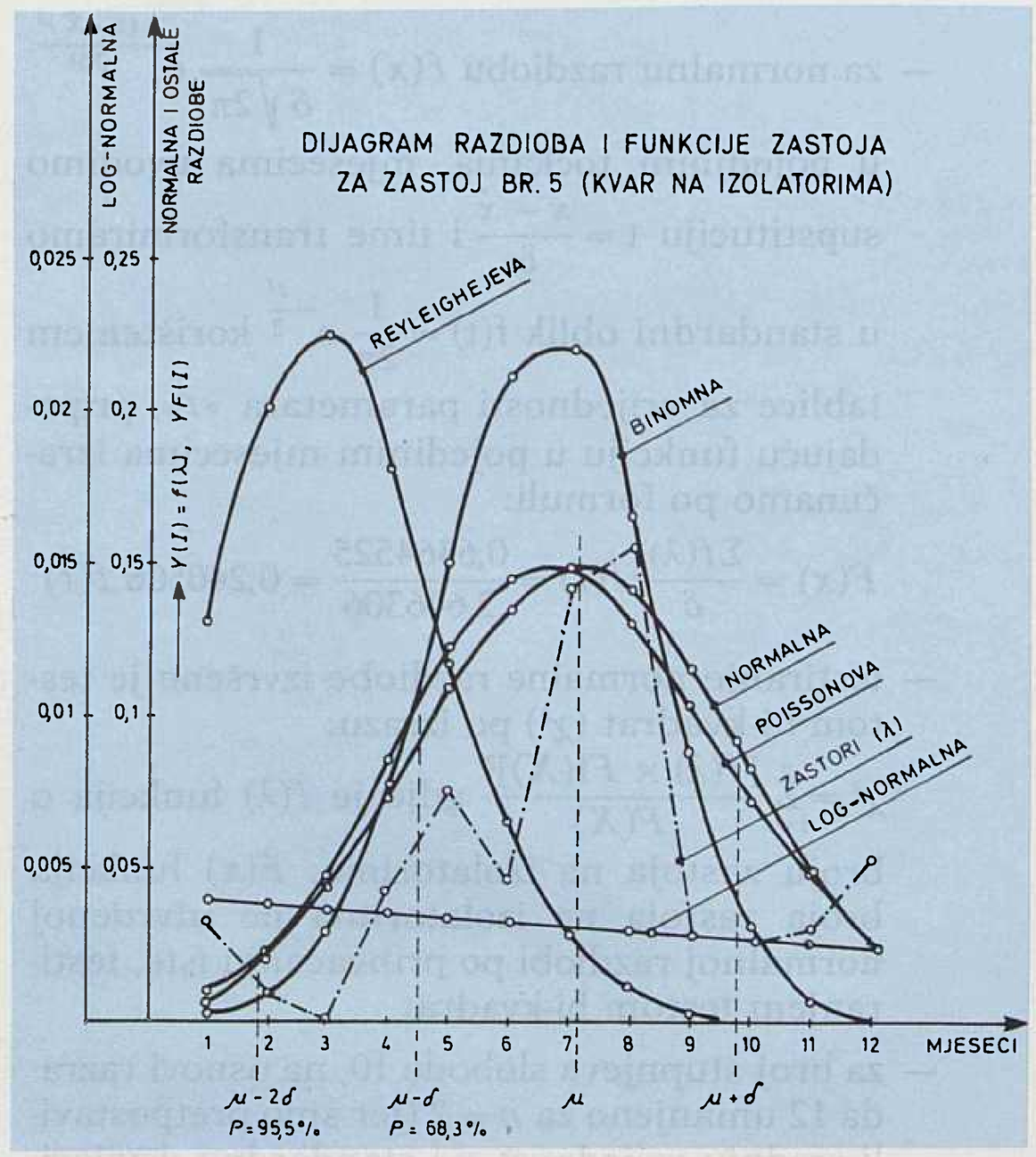
Iz tablice 9. vidimo kako se mijenjaju optimalna vremena za prvih šest pregleda u funkciji troškova C. Također je moguće pokazati promjenu optimalnih vremena pregleda (t_1, $t_2, \ldots t_n$) za konstantnu vrijednost troškova pregleda stanja C_1 prema troškovima kvara C_q, ($\frac{C_i}{C_q}$ = const.), a za različitu disperziju zastoja, po normalnoj razdiobi, tj. za promjenu faktora δ, a time i za promjenu faktora C kako je $C = \frac{C_i}{C_q \cdot \delta} = \frac{k}{\delta}$.

Optimalne preglede stanja (t_1, t_2, $t_3, \ldots t_n$) u slučaju da se u tom intervalu pronađe kvar, recimo pri trećem pregledu (t_3) vrijeme za četvrti i sljedeće optimalne preglede, računa se s početnim vremenim, te je: $t_4 = t_3 + t_1$; $t_5 = t_3 + t_2$; $t_6 = t_3 + t_3$; $t_7 = t_3 + t_4'$; $t_8 = t_3 + t_5'$ gdje su t_4' i t_5' vremena optimalnih pregleda stanja prije pronalaska kvara.

5.4 Aplikacija ovih istraživanja, kojima se utvrđuju razdiobe određene vrste zastoja, vrlo je značajna za projektiranje, održavanje i eksploataciju predmetnih vodova. Poznajemo određenu razdiobu, a ovdje je, uglavom, riječ o normalnoj zakontinuirane razdiobe i Poissonovoj za diskretne razdiobe, poznate su nam sve ostale zakonitosti koje u obliku konstruktivnih i eksploatacijskih uvjeta imaju odaziv djelovanja na predmetne vodove glede navedenih funkcija. To je posebno važno za programiranje raznih vrsta preventivnog održavanja, gdje na osnovi iznesenih analiza možemo kazati u kojem je mjesecu svrsishodnije izvršiti koju operaciju preventivnog održavanja i popravke i na kojoj vrsti komponente predmetnog voda.

Posebno je zanimljivo da se zastoji glede kvara na linijskim rastavljačima pokoravaju Poissonovoj i binomnoj razdiobi (a koji ovise isključivo o eksploatacionim uvjetima).

Također su to značajni podaci za kvalitetniji pristup u projektiranju i izgradnji nadzemnih vodova (koja vrsta atmosferskih nepogoda je značajnija za odabir i dimenzioniranje nadzemnog voda, vrste zaštite, uzemljeni ili izolirani sistem mreže i slično). Na slici 1. prikazane su testirane razdiobe za zastoje na izolatorima (zastoj br. 5, tablica 1).



Slika 1. Dijagram razdioba i funkcije zastoja za zastoj br. 5 (kvar na izolatorima)

LITERATURA

[1] V. VRANIĆ: »Vjerojatnost i statistika«, Tehnička knjige, Zagreb, 1970

[2] F. MAJDANDŽIĆ: Doktorska dizertacija »Matematički model funkcije zastoja u analizi pozornosti, raspoloživosti i efikasnosti visokonaponskih nadzemnih vodova«, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990.

[3] M. N. ROZNAR: »Nadležnost elektroenergetski sistem«, Časopis »Energija«, Moskva, 1974

[4] D. J. SMITH: »Relibity engineering«, Pitman Publishing, London, 1972.

[5] P. ROZENBLIM: »Statističeskoe ocenivanie harakteristik nadležnosti i efektivnosti složenih sistem«, Riga, Zinakne, 1979, Centraljnij naučnoissledovateljskih institut avtomatizirovaij sistem upravlenija graždanskoj aviaciji

[6] E. STIPANIĆ: »Teorija vjerovatnoće i matematička statistika«, Građevinski fakultet Beograd — Naučna knjiga, Beograd, 1985.

[7] A. BALDEN, L. FRLANETO, A. ROVERSKI, F. TURCO: »Manualedella manutenzione degli implanti industriali«, Sekonda edizione 1977, Capjnight 1975. by Franko Angli Editore, Milano

DISTRIBUTION MODELLING FOR DIFFERENT TYPES OF INTERRUPTIONS ON OVERHEAD (10)20 kV LINES

The paper presents the theoretical possibilities and practical significance of distribution determination for: normal log-normal, Reyleighs', gamma, binomial and Poissons' for 14 types of interruptions on overhead 10(20) kV lines by testing the hypothesis using the hisquare test or Kolmogorov-Smirnov test and accepting the distribution having probability $P \geq 0{,}95$.

Energija, god. 42 (1993) 6, 363 – 369

DAS MODELLIEREN DER VERTEILUNGEN FÜR VERSCHIEDENE STÖRUNGEN BEI ÜBERLAND LEITUNGEN 10(20) kV

Hier werden theoretische Möglichkeiten und die praktische Bedeutung der Festlegung der bestimmten Verteilunge: normale, log — normale, Reyleigh, gamma, binome und Poisson für 14 Arten Arten der Störungen auf Überland Leitungen 10(20) kV — mit dem Test der Hypothese: hi — Quadrat und Komologov — Smirnov (da) und mit der Annahme der Teilung mit der Wahrscheinlichkeit P 0,95.

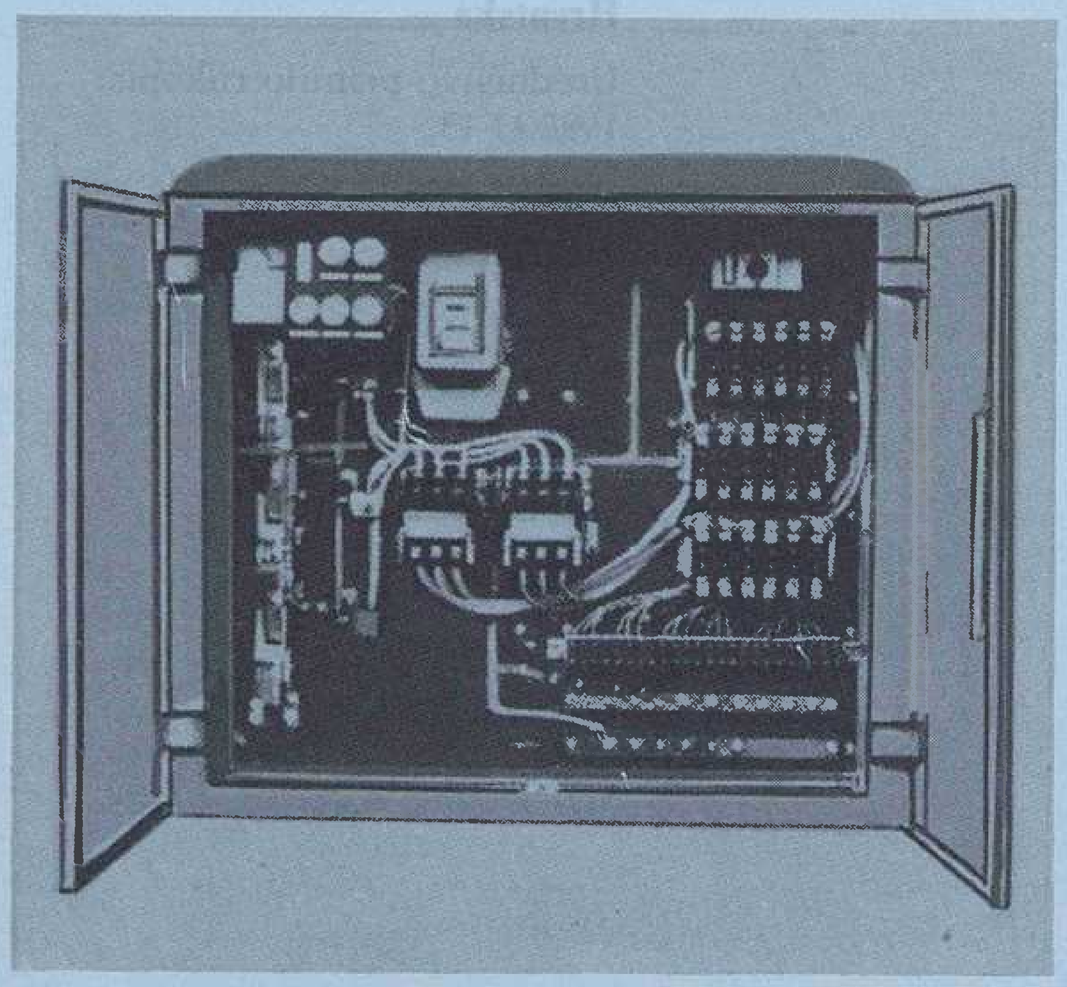
Naslov pisca:

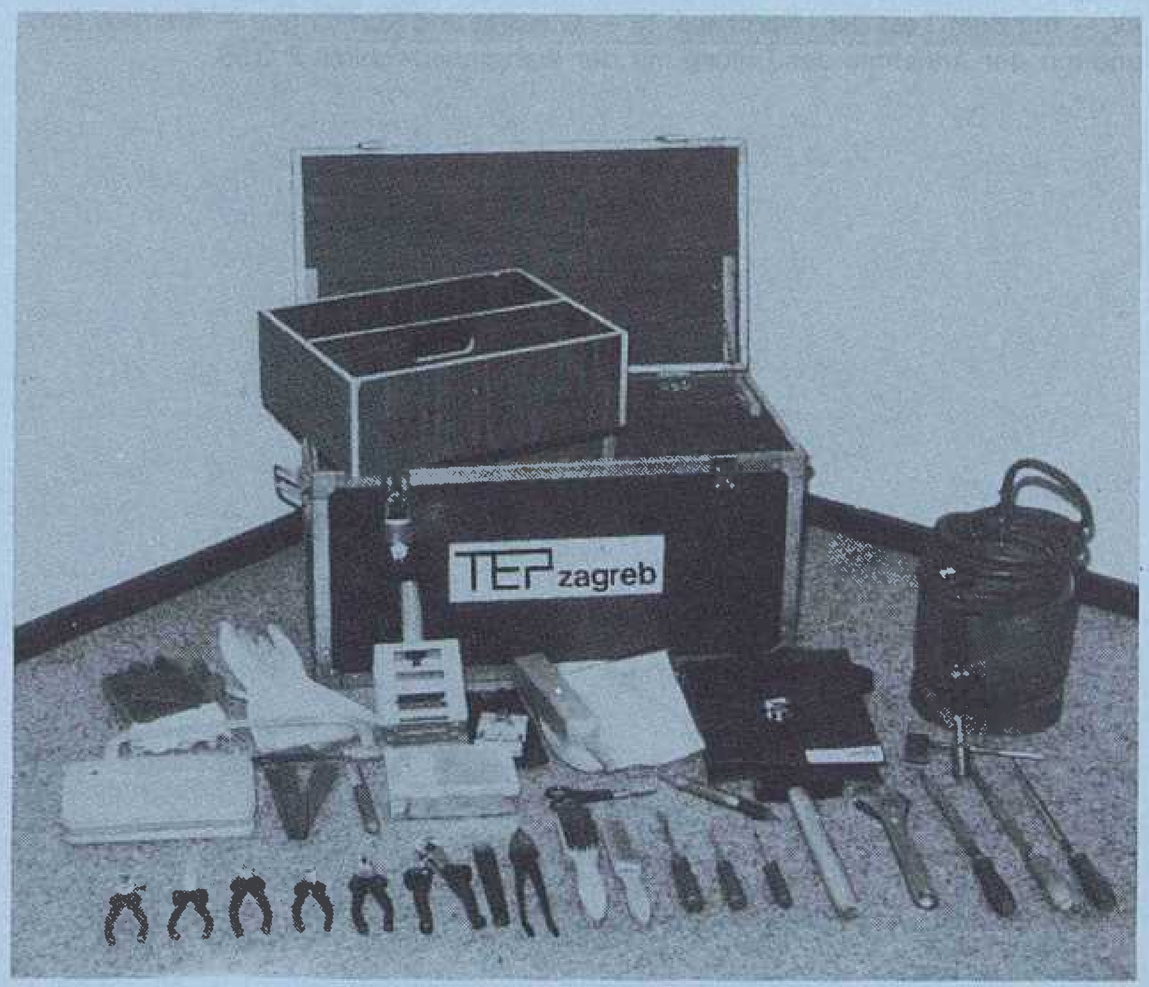
Dr. Franjo Majdandžić, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet Osijek,
54000 Osijek, Istarska 3,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-11-13.

TEP tvornice elektrotehničkih proizvoda • zagreb

41090 ZAGREB, Medarska 69 — Telefon: 041/156-522, Telex: 21361, Telefax: 041/156-539, 156-520





TEP-PROGRAM ZA ELEKTRODISTRIBUCIJU

KABELSKI PRIBOR

- za impregniranim papirom izolirane kabele 1 – 35 kV
- za plastikom izolirane kabele 1 – 35 kV
- pribor za spajanje vodiča Al i Cu

ORMARI I ORMARIĆI

ZA NAPONSKO PODRUČJE DO 1 kV

- kabelski razvodni ormari
- kućni priključni ormarići za kabelski priključak*
- kućni priključni ormarići za priključak samonosivim kabelom*
- mjerno-priključni ormari*

* ormari i ormarići su opremljeni stezaljkama za direktno spajanje Al i Cu vodiča

VANJSKA RASVJETA

- svjetiljke za saobraćajnice
- svjetiljke za parkove
- elektronički regulatori rasvjete

SISTEM ZA OGRANIČAVANJE SNAGE

- potrošački prekidači
- sklopnici za upravljanje trošilima

ZAŠTITA ULJNIH ENERGETSKIH TRANSFORMATORA TERMOSLIKOM

Dr. Zdenko Godec, Zagreb

UDK 621.314.212
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Termoslika je još uvijek najbolja i najpouzdanija zaštita transformatora od preopterećenja i pregrijavanja. Opisan je matematički model koji se u termoslici najčešće rabi, te istaknute prednosti s obzirom na zaštitu transformatora kontaktnim termometrom ili termostatom. Mjerna nesigurnost dobro podešene termoslike procijenjena je na približno +/− 6 °C ($P = 0{,}95$). Procijenjeno je, također, da se primjenom otporničkih termometara (Pt − 100) i mikroprocesora nesigurnost može smanjiti za polovicu. Potencijalno bolja zaštita na temelju izravnog mjerenja temperature najtoplijeg mjesta namota svjetlovodnim termometrom još je u eksperimentalnoj fazi.

Ključne riječi: **energetski transformatori, termoslika, temperatura najtoplijeg mjesta namota, matematički model, zaštita, pregrijavanje, preopterećenje, analiza mjerne nesigurnosti.**

1. UVOD

Temperatura najtoplijeg mjesta namota najvažniji je čimbenik koji ograničava opterećenje transformatora [1]. Zbog visokih napona ta se temperatura vrlo teško može izravno mjeriti i za sada ne postoji standardizirana metoda izravnog mjerenja temperature najtoplijeg mjesta namota. Najviše obećavaju metode koje se temelje na svjetlovodima [2−4]. Njihova je primjena još uvijek u eksperimentalnoj fazi, a zbog mehaničke osjetljivosti, poteškoća pri ugradnji u transformator, neizvjesne pouzdanosti tijekom duljeg vremena i visoke cijene pitanje je hoće li se u skoroj budućnosti često ugrađivati u transformatore, osim u izuzetnim slučajevima radi istraživanja i razvoja. Danas se za određivanje temperature najtoplijeg mjesta namota najčešće rabi termoslika. To je uređaj koji temperaturu najtoplijeg mjesta namota ne mjeri, nego simulira.

Tablica 1. Relativna brzina starenja izolacije (V) ovisno o temperaturi ϑ_h

	ϑ_h [°C]	V	Trajanje	Potrošen vijek
Usporeno starenje	80	0,125	8 g.	1 g.
	86	0,25	4 g.	1 g.
	92	0,5	2 g.	1 g.
Normalno starenje	98	1	1 g.	1 g.
Ubrzano starenje	104	2	6 mj.	1 g.
	110	4	3 mj.	1 g.
	115	7	1,5 mj.	1 g.
	120	13	1 mj.	1 g.
	125	23	16 d.	1 g.
	130	40	9 d.	1 g.
	140	128	3 d.	1 g.

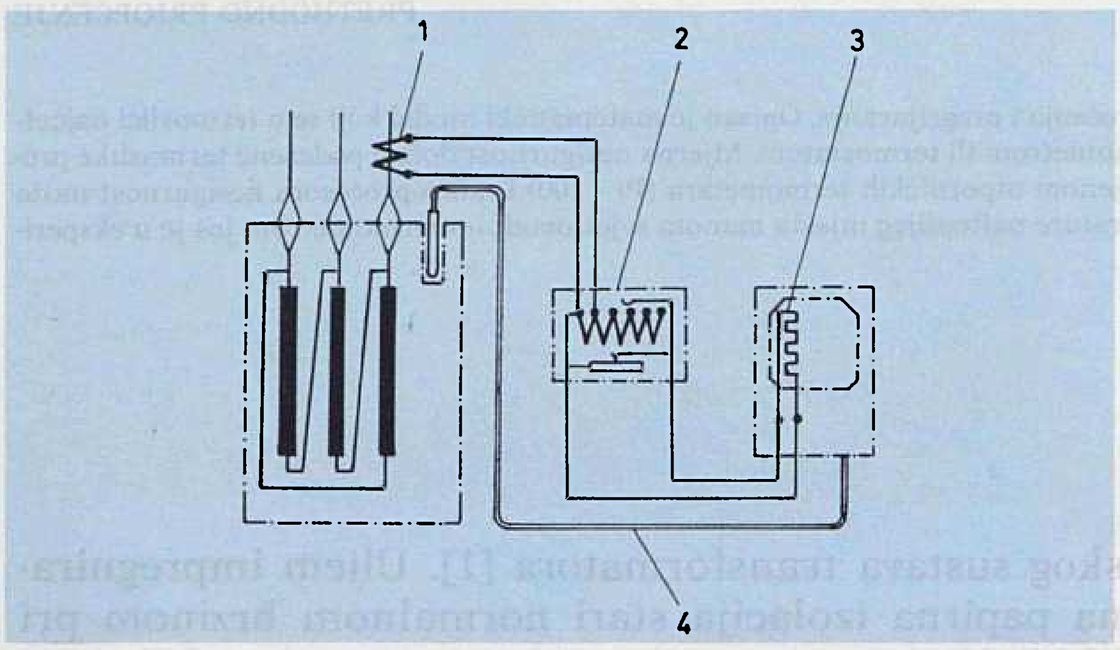
Za optimalno korištenje uljnih transformatora potrebno je poznavati temperaturu najtoplijeg mjesta namota, jer ona uvelike određuje trajnost izolacijskog sustava transformatora [1]. Uljem impregnirana papirna izolacija stari normalnom brzinom pri 98 °C. Na temperaturi povišenoj samo za 6 K brzina starenja izolacije (V) se udvostručuje, tj. trajanje izolacije transformatora smanjuje se na polovicu (vidjeti tablicu 1). Osim toga, prekoračenje graniče temperature od 140 °C lokalno može znatno smanjiti naponsku čvrstoću izolacijskog sustava zbog stvaranja mjehurića plina [5]. U nedavno provedenoj anketi o stanju starosti energetskih transformatora u Hrvatskoj, naponske razine 245 i 400 kV [6], zapaženo je da relativno malo energetskih transformatora ima termosliku i da su one često isključene. Budući da je termoslika danas još uvijek najbolja zaštita transformatora od preopterećenja i previsokih temperatura, bit će opisano njezino djelovanje i prednosti u odnosu na zaštitu kontaktnim termometrom ili termostatom.

2. TERMOSLIKA — SIMULATOR TEMPERATURE NAJTOPLIJEG MJESTA NAMOTA

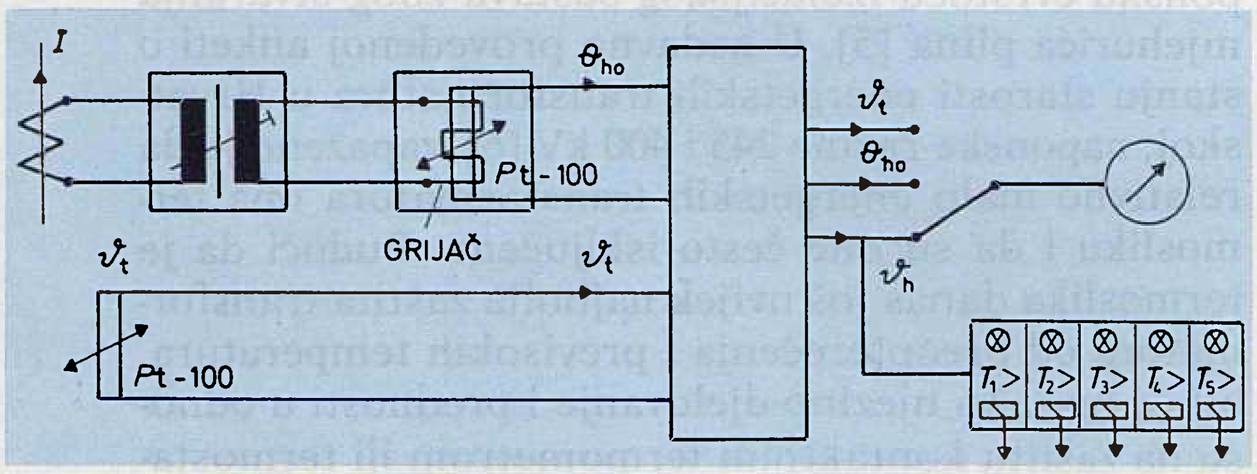
U pogonu transformator malokad postiže ustaljeno toplinsko stanje. Opterećenje transformatora i temperatura okoline stalno se mijenjaju. Posljedica toga su promjene temperatura dijelova transformatora. Za ispravno vođenje pogona transformatora potrebno je u svakom trenutku znati vrijednost karakterističnih temperatura, kako ne bi prekoračile dopuštene granične vrijednosti. Za trajanja poremećaja u električnoj mreži, kada su preopterećenja transformatora neizbježna, potrebno je znati iznos i trajanje temperature najtoplijeg mjesta namota da bi se mogao procijeniti ubrzani potrošak vijeka trajanja transformatora.

Kako za sada ne postoji dovoljno jeftin i jednostavan uređaj kojim bi se ta temperatura izravno mjerila, iz-

rađene su naprave koje simuliraju promjene temperature najtoplijeg mjesta namota pri promjenljivim uvjetima pogona. Te su naprave toplinski simulatori namota transformatora [7] i nazvane su termoslika. Postoji mnoštvo različitih izvedbi termoslika [8 – 13]. Slikama 1. i 2. prikazane su dvije izvedbe termoslika. Osim simulatora, termoslika sadrži i releje koji se uključuju (i isključuju) na unaprijed podešenim temperaturama. Pomoću njih transformator se može zaštititi od štetnih pregrijavanja namota, te automatizirati upravljanje rashladnim sustavom transformatora — kada za to postoji potreba.



Slika 1. AKM termoslika deklarirane točnosti mjerenja ± 3 °C i prorade releja ± 4 °C (nema mogućnost podešavanja vremenske konstante zagrijavanja namota prema ulju): 1 — strujni mjerni transformator, 2 — sklop za podešavanje, 3 — grijač, 4 — kapilarni termometar



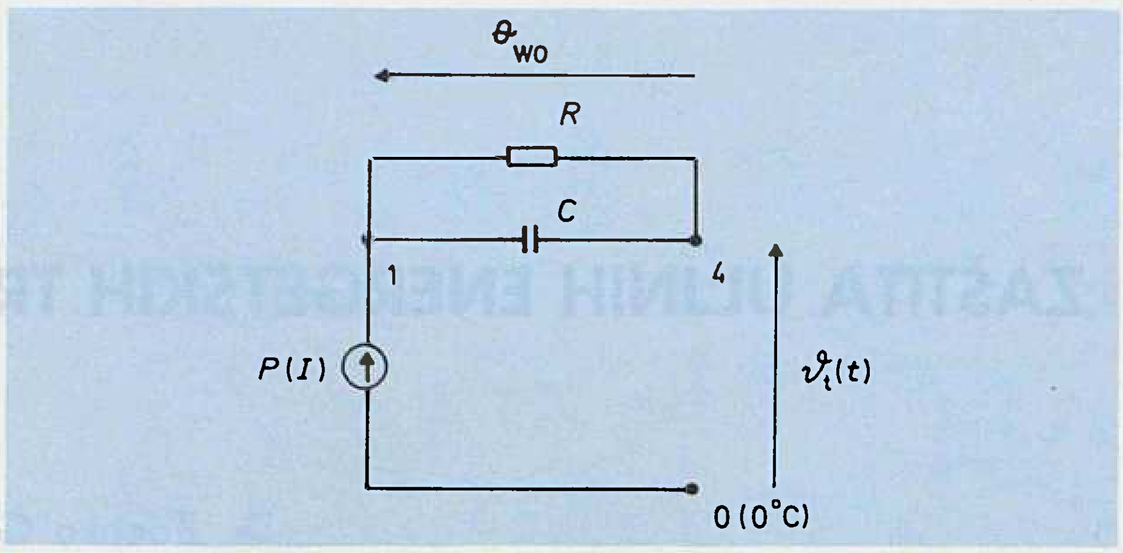
Slika 2. KONČAR termoslika deklarirane točnosti mjerenja ± 1,5 % i prorade releja ± 1 °C (ima mogućnost podešavanja vremenske konstante zagrijavanja namota prema ulju)

Simulacija temperature najtoplijeg mjesta namota najčešće se temelji na jednostavnom modelu (slika 3) u kojem je temperatura najtoplijeg mjesta u svakom trenutku ($_h$) jednaka zbroju temperature ulja u najvišem sloju (t) i zagrijanja najtoplijeg mjesta namota u odnosu na ulje u najvišem sloju (Θ_{ho}):

$$\vartheta_h(t) = \vartheta_t(t) + \Theta_{ho}(I, t) = \vartheta_t(t) + H\,\Theta_{wo}(I, t). \quad (1)$$

Θ_{wo} je srednje zagrijanje namota prema ulju (cijeli namot je modeliran kao homogeno tijelo), a H je koeficijent kojim se ono množi da se dobije zagrijanje najtoplijeg mjesta namota prema ulju. Koeficijent H ovisi o konstrukciji transformatora i najčešće ima vrijednosti između 1,1 i 1,5.

Budući da se temperatura ulja u najvišem sloju lako mjeri, simulirati treba samo drugi član u jednadžbi



Slika 3. Analogni električki model za simulaciju temperature najtoplijeg mjesta namota (1), koji se temelji na mjerenoj temperaturi ulja u najvišem sloju ϑ_t i simulaciji razlike temperatura između najtoplijeg mjesta namota i ulja u najvišem sloju ($\vartheta_1 - \vartheta_4$)

(1). Ustaljena vrijednost tog člana je funkcija struje opterećenja transformatora (I):

$$\Theta_{ho,u} = H\,\Theta_{wo,n}\,(I/I_n)^{1,6}. \quad (2)$$

Zato je struja, koja je proporcionalna struji opterećenja namota energetskog transformatora koji se termoslikom štiti, druga ulazna mjerna veličina termoslike. $\Theta_{wo,n}$je srednje zagrijanje namota prema ulju pri nazivnoj struji I_n. Vremenska promjena zagrijanja Θ_{wo} dobije se rješenjem diferencijalne jednadžbe:

$$C\frac{d\Theta_{wo}}{dt} + \frac{\Theta_{wo}}{R} = P, \quad (3)$$

gdje je C toplinski kapacitet namota, R je toplinski otpor i P je toplinska snaga (gubici električne snage) namota. Uz pretpostavku da u svakom trenutku vrijedi jednakost $\Theta_{ho} = H\,\Theta_{wo}$, za skokovitu (step) promjenu struje opterećenja ($P = f(I)$ slijedi:

$$\Theta_{ho} = \Theta_{ho,i} + (\Theta_{ho,u} - \Theta_{ho,i})\,[1 - \exp(-t/T_w)], \quad (4)$$

gdje je $\Theta_{ho,i}$ početna vrijednost zagrijanja Θ_{ho}, $\Theta_{ho,u}$ ustaljena vrijednost pri novom opterećenju, a T_w je vremenska konstanta zagrijanja namota prema ulju. Simulator se najčešće ostvaruje grijačem odgovarajuće snage i toplinske tromosti, koji se pomoću strujnoga mjernog transformatora napaja strujom proporcionalnoj struji opterećenja namota tranformatora i odgovarajućeg termometra. Izvedba simulatora mora biti takva da se vrijednost koeficijenta proporcionalnosti struje i vremenska konstanta mogu prilagoditi svakom namotu transformatora koji se simulira.

3. ZAŠTO TERMOSLIKA

Energetski se transformatori od preopterećenja i pregrijavanja najčešće štite nadtemperaturnim relejem. Pod tim nazivom razumijevat ćemo kontaktni termometar i termostat. Kontaktni termometar mjeri temperaturu ulja u najvišem sloju. U pravilu, osim što pokazuje trenutnu temperaturu, ima i povlačnu kazaljku koja pokazuje maksimalno postignutu temperaturu nakon zadnjeg podešavanja na trenutnu vrijednost. Kontaktni termometar može imati dva

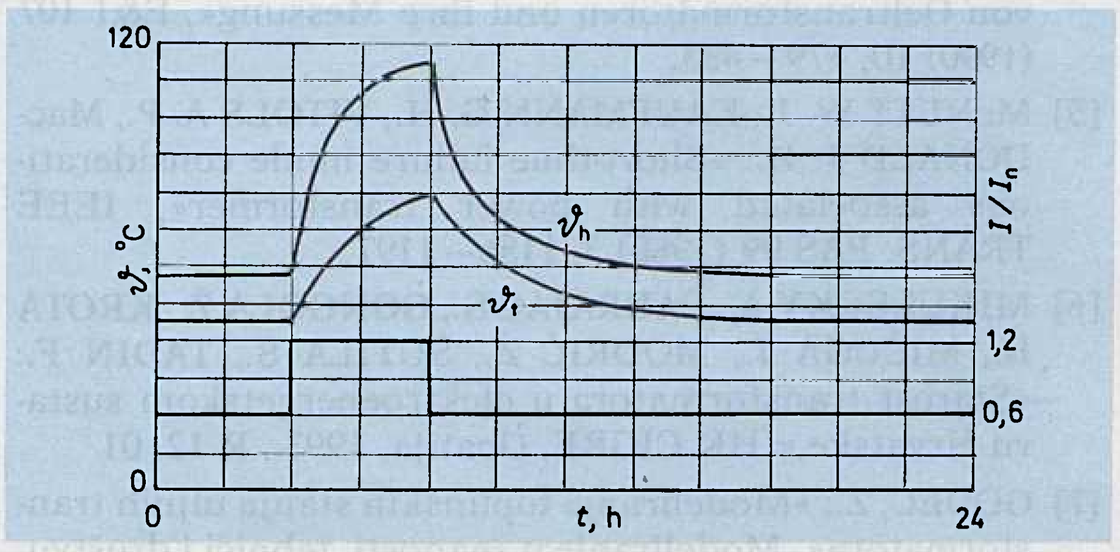
kontakta ili više. Temperature na kojima se kontakti aktiviraju mogu se po volji podesiti. Kada ima samo dva kontakta, prvi obično aktivira signal za uzbunjivanje (alarm) zbog povišene temperature ulja, a drugi isključuje transformator kada temperatura ulja prekorači podešenu graničnu temperaturu. Termostati također mjere temperaturu ulja u najvišem sloju, imaju samo kontakte i, za razliku od kontaktnih termometara, ne pokazuju temperaturu.

Nadtemperaturni releji mogu aktivirati svoje kontakte samo pri određenim temperaturama ulja u najvišem sloju. Ta je temperatura povezana s temperaturom najtoplijeg mjesta namota, koja je mjerodavna za vijek trajanja izolacije transformatora, izrazom (1). Vrijednost drugog člana u toj jednadžbi mijenja se ovisno o opterećenju (2), pa se ograničenjem temperature ulja u najvišem sloju ne može jednoznačno ograničiti temperatura najtoplijeg mjesta namota. To najbolje ilustrira tablica 2, koja prikazuje ustaljene temperature najtoplijeg mjesta namota (ϑ_h), konstantne struje opterećenja u odnosu prema nazivnoj struji (I/I_n) i relativne brzine starenja izolacije (V) tipičnog ONAN transformatora [1] ($\Theta_{t,n}$ = 52 K, d = 6, x = 0,9, $\Theta_{wo,n}$ = 20 K, H = 1,3, y = 1,6) — ovisno o temperaturi okoline, kada se temperatura ulja u najvišem sloju ograniči na 85 °C.

Tablica 2. Koeficijent stalnog opterećenja, temperatura najtoplijeg mjesta namota i relativna brzina starenja — ovisno o temperaturi okoline kada se nadtemperaturni relej podesi na 85 °C

ϑ_a[° C]	−20	−10	0	10	20	30	40
I/I_n	1,54	1,45	1,36	1,26	1,15	1,04	0,91
ϑ_h[° C]	137	132	127	122	117	112	107
V	90,9	52,5	30,1	17,2	9,7	5,4	2,9

Nedjelotvornost takve zaštite još je očitija kad se opterećenje mijenja (slika 4), jer su razlike između prolaznih temperatura najtoplijeg mjesta namota i temperature ulja u najvišem sloju još veće zbog malene vremenske konstante zagrijanja namota prema ulju (5 do 20 min) i velike vremenske toplinske konstante ulja (60 do 300 min). Promjene temperature ulja kasne iza temperature najtoplijeg mjesta namota. Takva zaštita potpuno je nedjelotvorna pri naglim i kratkotrajnim povećanjima opterećenja koja mogu ugroziti pouzdan rad transformatora zbog izrazito visokih temperatura najtoplijeg mjesta namota i neosjetljivosti zaštite zbog tromosti temperature ulja u najvišem sloju.



Slika 4. Prolazne temperature najtoplijeg mjesta namota i temperature ulja u najvišem sloju pri cikličkom dvorazinskom opterećenju

Treba istaknuti vrlo nepovoljno svojstvo zaštite nadtemperaturnim relejem koje se očituje u nepotrebnom ograničenju opterećenja ljeti ili nedovoljnom ograničavanju zimi [14]. Ta bi se zaštita mogla djelomično poboljšati ako bi se nadtemperaturnom releju dodao nadstrujni relej i njihovo djelovanje međusobno uskladilo [14]. Stanovito poboljšanje postiglo bi se i sezonskim podešavanjem graničnih temperatura nadtemperaturnog releja.

Tih problema kod termoslike nema. Međutim točnost termoslike nije velika. Mjernu nesigurnost termoslike tipičnog ONAN/ONAF transformatora [1] s ispravno podešenom simulacijom procjenjujem (s vjerojatnošću od 95 %) na približno ± 6 °C (od 4 do 8 K — ovisno o opterećenju; vidjeti Dodatak). Ali pogreška nadtemperaturnog releja znatno je veća, te se nesigurnosti mjerenja temperature od približno ± 3 °C treba pri tipičnom ONAN/ONAF transformatoru dodati promjenljiva sustavna pogreška od −14 do −42 °C (ovisi o opterećenju, vidjeti Dodatak).

4. ZAKLJUČAK

Ako izuzmemo skupe svjetlovodne termometre, koji su još u eksperimentalnoj fazi, najbolju zaštitu transformatora od preopterećenja i pregrijavanja omogućuje termoslika. Zato termosliku treba rabiti za zaštitu svih velikih i važnih energetskih transformatora.

DODATAK

Procjena mjerne nesigurnosti termoslike i kontaktnog termometra

Statistička granična pogreška klasične (kapilarne) termoslike određena je metodom procjene mjerne nesigurnosti posrednih mjerenja [15]:

$$* \; G(F) = \sqrt{\Sigma \left[\frac{\partial F}{\partial x_i} G(x_i)\right]^2}, \qquad (5)$$

gdje je F složena funkcija nezavisnih veličina x_i koje se mjere (određuju ili podešavaju) s graničnim pogreškama G_i.

Termoslika simulira temperaturu najtoplijeg mjesta namota za ustaljena toplinska stanja pomoću funkcije

$$\vartheta_h = \vartheta_t + H\,\Theta_{wo,n}\,(I/I_n)^y. \qquad (6)$$

Pojedinačne granične pogreške iznose: mjerenja temperature ulja u najvišem sloju ± 3 K, određivanja koeficijenta najtoplijeg mjesta namota ± 0,1 (10 %), mjerenja ili određivanja srednjeg zagrijanja namota prema ulju ± 3 K, podešavanja tog zagrijanja u simulatoru ± 2 K, mjerenja struje ± 0,01 i eksponenta y, koji simulira ovisnost zagrijanja namota prema ulju o opterećenju, ± 0,1. U tablici 3. dane su

granične pogreške za tipičan ON.. transformator prema [1] (H = 1,3, $\Theta_{wo,n}$ = 20 K) i opseg opterećenja od 0,6 do 1,5. Naime, maksimalno dopušteno preopterećenje ove skupine transformtora jest 50%, a pri opterećenjima manjim od 60% (s obzirom na uključeni stupanj rashladnog sustava) temperature najtoplijeg mjesta namota niže su od 80 °C i stoga starenje izolacije zanemarivo. Eksponent y za tipične ON.. transformatore iznosi prema [1] 1,6, pa bi s takvim eksponentom trebale biti izrađene i termoslike. Međutim, istraživanjima je utvrđeno da zagrijanja namota prema ulju u transformatoru znatno manje ovise o opterećenju, tj. da je vjerojatnija vrijednost eksponenta oko 1,2 [4,16,17]. Zato su granične pogreške procijenjene za tu najvjerojatniju vrijednost eksponenta y, smatrajući da simulacija s eksponentom 1,6 uzrokuje sustavnu pogrešku (SP), koja je pri malim opterećenjima negativna a pri velikim pozitivna (što je sa stajališta zaštite transformatora povoljna okolnost).

Tablica 3. Statističke granične pogreške i dodatne sustavne pogreške klasične termoslike za tipičan transformator s prirodnim strujanjem ulja (ON..)

I/I_n	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
* G[± °C]	3,9	4,2	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,9
SP[°C]	−2,6	−2,3	−1,7	−0,9	0,0	1,1	2,4	3,9	5,6	7,4

Kod termoslika na kojima se ne može podesiti vremenska konstanta zagrijanja namota prema ulju postoji još jedna, istina kratkoktrajna pogreška zbog neusklađenosti vemenskih konstanti simultora i namota koji se simulira. U tablici 4. navedene su sustavne pogreške koje nastaju u slučaju skokovite promjene opterećenja s 0,6 na 1,2 kad je vremenska konstanta namota (T_w) 5, odnosno 20 minuta, a termoslike (T_s) 10 min.

Tablica 4. Prolazne sustavne pogreške zbog neusklađenosti vremenskih konstanti simulatora (T_s = 10 min) i simuliranih namota (T_w)

T_w[min]	t[min]									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
5	0	−2,7	−4,0	−4,5	−4,5	−4,3	−3,8	−3,4	−2,9	−2,5
20	0	1,6	2,7	3,5	4,0	4,4	4,5	4,6	4,5	4,4

Točnosti, odnosno bolje, mjerne nesigurnosti koje navode proizvođači ne odnose se na ukupne granične pogreške simuliranja stvarne temperature najtoplijeg mjesta namota i ne sadrže sve izvore pogrešaka koji su ovdje razmatrani. Oni navode mjernu nesigurnost termoslike uz pretpostavku da je simulacija idealna (y = 1,6) i da je vrijednost zagrijanja najtoplijeg mjesta namota prema ulju, koja se podešava na simulatoru, poznata bez pogreške.

Posredni rezultat analize mjerne nesigurnosti simulacije temperature najtoplijeg mjesta namota jest spoznaja da se statističke granične pogreške mogu smanjiti približno na polovicu primjenom točnijih otporničkih osjetila temperature (Pt−100), a sustavna pogreška eliminirati uvođenjem mogućnosti prilagođenja eksponenta simulacije y stvarnim vrijednostima koje bi se mogle izmjeriti na namotima transformatora pri pokusu zagrijavanja. Na dobroj termoslici treba postojati mogućnost podešavanja vremenske konstante. Ta poboljšanja najlakše se mogu ostvariti upotrebom mikroprocesora. Tako poboljšane termoslike mogle bi s obzirom na mjernu nesigurnost konkurirati svjetlovodnim termometrima s točkastim osjetilom. Treba podsjetiti da obje naprave ne mogu simulirati, odnosno mjeriti lokalne temperature koje se mogu pojaviti na mjestima grešaka nastalih tijekom proizvodnje transformatora. Takva nepredvidiva lokalna zagrijanja mogu se locirati i izmjeriti jedino svjetlovodnim termometrima s linijskim osjetilom postavljenim uzduž cijele duljine vodiča namota [18].

Pogreška mjerenja temperature najtoplijeg mjesta namota pomoću kontaktnog termometra koji mjeri temperaturu ulja u najvišem sloju mnogo je veća. Osim granične pogreške mjerenja temperature (± 3 K), postoji i sustavna pogreška iznosa $H\Theta_{wo,n}I/I_n)^y$. Za tipičan ON.. transformator ta pogreška iznosi od −14 K (za I/I_n = 0,6) pa do −42 K (za I/I_n = 1,5). Problem je u tome što kontaktni termometar nema neposrednu informaciju o opterećenju I/I_n, pa je ta sustavna pogreška neodredljiva, tj. mjerenje se ne može korigirati. Ako bi se npr. učinio popravak od −28 K, pri namještanju graničnih temperatura prorade zaštite (alarma i isključenja), tada bi zaštita kod niskih opterećenja proradila pri suviše niskim temperaturama najtoplijeg mjesta namota (za −14 K pri I/I_n = 0,6), a pri preopterećenjima 50% na + 14 K previsokim temperaturama najtoplijeg mjesta namota.

LITERATURA

[1] IEC Standard: Loading guide for oil-immersed power transformers, Publication 354, 1991.

[2] WG 09 SC12: Direct measurement of the hot-spot temperature of transformers, ELECTRA 129, March 1990., 47, 49, 51.

[3] COSAERT F., GOOSSENS J., PLATTEAU C., LEEMANS P., MOULAERT G.: »Dynamic analysis of thermal behaviour of transformers using opitcal fibre measurements, CIGRE – PARIS, 1992. R. 12 – 305

[4] SCALA M.: »Das Verhlaten der Hot-Spot-Temperatur von Oeltransformatoren und ihre Messung«, E&I 107 (1990) 10, 479 – 483.

[5] McNUTT W. J., KAUFMANN G. H., VITOLS A. P., MacDONALD J. D.: »Short-time failure mode considerations associated with power transformer«, IEEE TRANS. PAS-99 (1980) 3, 1186 – 1197.

[6] MIKULECKY A., ČABRAJAC S., GONGOLA Ž., KROTA B., MIČUGA J., MODRIĆ Ž., ŠUTILA S., TADIN F.: »Starost transformatora u elektroenergetskom sustavu Hrvatske,« HK CIGRE, Opatija, 1993., R 12. 01.

[7] GODEC, Z.: »Modeliranje toplinskih stanja uljnih transformatora«, Modeliranje u znanosti, tehnici i društvu, Prvi kolokvij: Modeli izmjene topline u električnim uređajima, Hrvatsko društvo za sustave, Zagreb, 1992, 51 – 72

[8] KAMBER, W.: »Thermal image for transformers in oil«, CIGRE-PARIS, 1952, paper 116

[9] BROWN W. J., KERR H. W., SINGER D. E., WALSHE L. C.: »Accessories and parts for transformers«, CIGRE-PARIS, 1966, paper 101

[10] ROZENKRON Ja. K., BIMANIS V. V., BIKI M. A.: »Kosvennyj kontrol' temperatury obmotk silovyh transformatorov«, Elektrotehnika, 1991, br. 6, 65 – 67

[11] MARCZONEK S., MICHALIK M.: »Modelling of thermal phenomena in medium voltage power transformers for digital overload protection purposes«, MODELLING, SIMULATION & CONTROL, A, AMSE PRESS 23(1989)1, 31 – 40

[12] DESAI B. T., GUPTA H. O., VASANTHA M. K.: »Microprocessor-based on-line monitoring of hot-spot temperature, total consumed life and consumed/saved life in a day for load limit control of power transformer«, J. of Microcomputer Applications 12(1989)1. 41 – 51.

[13] BURTON P. J., GRAHAM J., HALL A. C., LAVER J. A., OLIVER A. J.: »Recent developments by CEGB to improve the prediction and monitoring of transformer performance«, CIGRE-PARIS, 1984, paper 12 – 09

[14] GODEC, Z.: »Zaštita uljnih distributivnih transformatora od preopterećenja«, Energija 41 (1992) 5, 303 – 309

[15] BREZINŠČAK M.: »Mjerna nesigurnost«, Tehnička enciklopedija, svezak 8, Zagreb, 604 – 610

[16] FOGELBERG T.: »Discussion on group 12«, CIGRE – PARIS, 1990.

[17] LAMPE W.: »Discussion on group 12«, CIGRE – PARIS, 1984

[18] BOSS P., RAVOT J. F., MATHIS P., BRAENDLE H.: »Mesure du profil de temperature dans les transformateurs a l'aide d'un capteur distribue a fibre optique«, CIGRE SYMPOSIUM, Berlin, 1993, ref. 110 – 07

WINDING THERMAL IMAGE PROTECTION OF POWER TRANSFORMERS

Winding thermal image is still the best and the most reliable transformer protection against overload and overheating. The mathematical model is described for hot-spot temperature simulation that is most frequently used for winding thermal image, pointing out the advantages of this kind of protection compared to transformer protection with contact thermometer or thermostat.
Uncertainty of well adjusted winding thermal image is estimated at about +/– 6 °C (P = 0,95). It is also estimated that uncertainty can be halved if resistance thermometer (Pt-100) and microprocessor are used. A potentially better protection based on the direct hot-spot measurement with fibber-optic thermometer is so far at the stage of experiment.

SCHUTZ DER ÖL – ENERGETISCHEN TRANSFORMATOREN DURCH DAS THERMOBILD

Das Thermobild ist immer noch der beste und zuverlässigste Schutz der Transformatoren vor der Überlastung und Überheizung. Hier wurde das mathematische Modell, das in dem Thermobild am häufigsten verwendet wird beschrieben und es werden die Vorteile mit Bezug auf den Schutz des Transformators durch das Kontaktthermometer oder den Thermostat hervorgehoben.
Die Messunsicherheit eines gut eingestellten Thermobildes wurde ungefähr auf +-/– 6°C (P = 0,95) geschätzt. Es wurde geschätzt, dass man durch die Anwendung der Widerstandsthermometer (P+ –100) und der Mikroprozessoren die Unsicherheit um die Hälfte senken könnte. Der potentiell bessere Schutz auf Grund der direkten Messung der Temperatur des wärmsten Platzes der Wicklung durch lichtleitende Thermometer ist noch in einer experimentellen Phase.

Naslov pisca:

Dr. Zdenko Godec, dipl. ing.
Končar — Institut za elektrotehniku, d.o.o,
41 000 Zagreb, Baštijanova bb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993 – 08 – 05

Novi proizvodi »TEHNOMEHANIKE« za elektroprivredu

U svome proizvodnom programu proizvoda za elektroprivredu (prikolične ljestve, hidrauličke dizalice, radne platforme, rovokopači, automobilske ljestve, podizne platforme, itd.) »TEHNOMEHANIKA« je proizvela i ispitala nekoliko novih proizvoda koje ćemo Vam predstaviti.

1. **DIZALICA HAK-2S (2 tm)**

Univerzalna mala dizalica, nosivosti 1200 kg na 1,8 m, odnosno 600 kg na 3 m, omogućuje utovare, istovare i montaže, montirana na vozila »B« kategorije. To je postignuto primjenom suvremenih konstrukcijskih čelika velike čvrstoće.

2. **DIZALICA HAK-12**

Koncepcija dizalice je klasična, a dodaci su prilagođeni tehnologiji betonskih stupova.
Tako se na vozilo (kamion bruto mase 15 t, npr. TAM-190 T 15, 4 × 4) postavi konstrukcija za nošenje betonskog stupa od ceste do rupe.
Bušaća garnitura na dizalici iskopa rupu (od ∅ 200 do ∅ 800 — po potrebi i od 2 – 6 m dubine).
Dizalica potom postavi stup, a da se garnitura NE skida. Posebni alat može se nakon toga postaviti na dizalicu i iskopati kanal za uzemljenje oko stupa.

3. **NOVA GENERACIJA TELESKOPSKIH PLATFORMI**

Suradnjom sa švicarskom firmom, »TEHNOMEHANIKA« je omogućila Elektroprivredi ugradnju platformi na vozila »B« kategorije čak do 16 m radne visine.
Da podsjetimo, klasično rješenje 17 m platforme zahtijevalo je vozilo bruto mase otprilike 11 tona.
Na zahtjev elektroprivrede usvojene su i izvedbe za rad pod NAPONOM.

Svim djelatnicima Hrvatske elektroprivrede želimo

SRETAN I ČESTIT BOŽIĆ

i mnogo uspjeha u 1994. godini.

Tehnomehanika — Marija Bistrica

KOMPAKTIRANJE I PRETVORBA DALEKOVODA 35 kV, 110 kV i 220 kV U DALEKOVODE 110 kV, 220 kV I 400 kV

Privremeni dalekovod sjever – jug

Ivan Grozdanić, Zagreb

UDK 621.315:621.316
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazana su rješenja (postupci), kompaktiranja i pretvorbe dalekovoda: 35 kV, 110 kV, i 220 kV u dalekovode: 110 kV, 220 kV i 400 kV. Rješenja su postignuta za postojeće i nove tipske i druge stupove, jednosistemske oblika »jela« i dvosistemske oblika »bačva«.
Rješenja smanjuju troškove građenja, poboljšavaju odnos dalekovoda i okoliša, i štite prirodu.

Ključne riječi: dalekovodi, prijenosna mreža, kompaktiranje, pretvorba.

UVOD

Ideja kompaktiranja i pretvorbe potaknuta je tehnološkim dostignućima izolacije i užeta, kao i aktualnim stanjem u mreži HEP-a. Uočena je mogućnost povoljne primjene svojstava kompozitne štampe izolacije i svojstava novih užeta od aluminijske legure, a osobito »crnih« termootpornih »vrućih« užeta. Kombinacija svojstava izolacije, užeta postojećih i novih, tipskih i drugih stupova, oblika glave »jela« i »bačva« omogućuje kompaktiranje na stupovima istoga napona, kao i kompaktiranje i pretvorbu dalekovoda nižega napona u dalekovode višega napona, radi povećanja prijenosne snage objekta. Uvjerenje je autora da je zbog tehničkih i ekonomskih razloga, kao i zbog hitnog povezivanja prekinutih elektroenergetskih veza Dalmacije s ostatkom zemlje nužno pristupiti kompaktiranju i pretvorbi. Prednost bi trebalo dati kompaktiranju i pretvorbi dalekovoda 35 kV i 110 kV u dalekovode 110 kV i 220 kV.

TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI PRIKAZ

Postignuta su kompaktirana elektromontažna i građevinska rješenja (postupci), primjenjiva na postojećim i novim, nosivim i zateznim, jednosistemskim i dvosistemskim stupovima dalekovoda 35 kV, 110 kV i 220 kV, za izvedbu dalekovoda 110 kV, 220 kV i 400 kV. Rješenja su postignuta na stupovima tipa »jela« i »bačva«.
Za nove dalekovode 110 kV, 220 kV i 400 kV kompaktirana rješenja su primjenjiva na klasičnim čeličnorešetkastim stupovima 35 kV, 110 kV i 220 kV tipa »jela« i »bačva«; na nosivim stupovima bez konzola, a na zateznim stupovima bez izmjena stupova. Postignuta riješenja izvediva su i na drugim stupovima s razmještajem vodiča glave oblika »jela« i »bačva«.
Na postojećim i novim tipskim i drugim stupovima, oblika glave »jela« i »bačva«, izvedivi su kompaktirani dalekovodi istoga i višega napona.
Ugradnjom nove izolacije i novih adekvatnih užeta, postojeći dalekovod nižega napona, pretvara se u objekt višega napona, s većom prijenosnom snagom.
Prijenosna snaga limitirana je dopustivim strujnim opterećenjem, odnosno dopustivim provjesom vodiča.
Kod pretvorbe postojećih i izgradnje novih dalekovoda za vodiče se mogu odabrati i ugraditi »crna« užeta dopuštene radne temperature 150 °C. Mehaničke karakteristike »crnih« užeta zadržavaju se kod trajnog rada s višim temperaturama. Povećani provjes »crnih« užeta omogućuje se rješenjima kompaktiranja glava nosivih stupova s povišenjima ovjesišta donjih vodiča za Δh.
Prema deklaraciji proizvođača, kod 100% nazivne struje, »crno« uže se zagrijava približno 25% manje od adekvatnog svijetlog užeta, što ima kao posljedicu manji rast provjesa.
Povišenjem ovjesišta donjih vodiča kod nosivih stupova ostvaruje se mogućnost povećanja provjesa odnosno struje »crnih« užeta.
Kod kompaktiranja i pretvorbe postojećih dalekovoda 110 kV i 220 kV u dalekovode 220 kV i 400 kV postižu se približno trostruko veće prijenosne snage.
Kod kompaktiranja i pretvorbe postojećih dalekovoda 35 kV u 110 kV povećanje prijenosne snage dostiže približno 4,5 puta veću vrijednost.
Kod kompaktiranja i pretvorbe postojećih jednosistemskih dalekovoda 220 kV u 400 kV predviđa se ugradnja zatečenih užeta ili zamjena novim »crnim« ili »svijetlim« užetima, koji omogućuju približno dvostruko veću prijenosnu snagu.
Kod primjene kompaktiranih riješenja i crnih užeta na postojećim i novim dalekovodima istoga napona postižu se više od 50% veće prijenosne snage.

Energija, god. 42 (1993) 6, 377 – 384

Kod kompaktiranja postojećih dalekovoda, za povećani provjes »crnih« užeta, ako bi postojala potreba, projektant bi se koristio rezervom u statici i temelju stupa. Projektirala bi se ugradnja nove etaže stupa. U postojećim grupama projektiranih i izvedenih stupova i temelja često postoji rezerva za ugradnju nove etaže stupa koja bi se samo iznimno koristila.

Stanovita rezerva kod nosivih stupova i temelja proistječe iz kompaktiranih rješenja glava i primjene »pokretnih konzola«.

Visoke radne i srednje godišnje temperature vodiča uvjetovale bi niža radna naprezanja vodiča, što bi također predstavljalo rezervu za sigurnost stupova i temelja.

Uz podignuta ovjesišta donjih vodiča, bolje odvođenje topline, tj. manje zagrijavanje »crnih« vodiča, manji provjes te rezerve stupova i temelja moguća su propisna projektna rješenja, kompaktiranja i pretvorbe postojećih i izvedbe novih dalekovoda. Dosadašnjim stanjem tehnike, na postojećim i novim tipskim i drugim stupovima 35 kV, 110 kV i 220 kV, oblika glave »jela« i »bačva«, nije izvedeno kompaktiranje i pretvorba u dalekovode 110 kV, 220 kV i 400 kV. Za naznačena povećanja prijenosnih snaga bilo je potrebno graditi nove dalekovode.

Izolacija je konzolna i »klasična« štapna, kompaktiranoga dizajna. Na nacrtima sl. 1 – 12. prikazana su nova kompaktirana rješenja na jednosistemskim i dvosistemskim, nosivim i zateznim tipskim stupovima dalekovoda 35 kV, 110 kV i 220 kV za pretvorbu u dalekovode 110 kV, 220 kV i 400 kV.

Na nosivim stupovima montira se složena konzolna izolacija. Da ne bi nastalo mehaničko oštećenje u trenutku normiranog prekida vodiča, predviđena je primjena »pokretnih konzola«. Demontiraju se postojeće konzole stupova.

Na zateznim stupovima predviđa se klasično dizajnirana štapna izolacija. Glave zateznih stupova ostaju s postojećim hvatištima zavješenja vodiča.

Radi ostvarenja sigurnosnih razmaka dijelova pod naponom i dijelova stupa, na vrhovima konzola zateznih stupova, u oštrijim kutovima loma trase, predviđa se izrada hvatišta za ovješenje pomoćnih izolatora, koji bi pridržavali strujne mostove. Zbog istih razloga pomoćni izolatori bi se montirali i u produžetku zateznih izolatorskih lanaca. Na nacrtima je prikazan način montaže pomoćnih izolatora.

Prema nacrtima, evidentni su radovi koji bi se izvodili na postojećim stupovima. Isti radovi, bez demontažnih radova, izvodili bi se i na novopodignutim stupovima.

Na osnovi rezultata kontrole razmaka užeta, u rasponima dalekovoda, na trećinama razmaka stupova, između vodiča s iste strane stupova, montirali bi se međufazni odstojnici.

Za izradu projekata kompaktiranja bilo bi potrebno dogovoriti granski standard koji bi se koristio do usvajanja pravilnika za pretvorbu postojećih i izgradnju novih kompaktiranih dalekovoda. Pravilnik će se moći usvojiti nakon izlaska IEC standarda za konzolnu nosnu izolaciju koji se očekuje.

Granskim standardom trebalo bi normirati:

— uvjete proračuna vodiča i zaštitnog užeta, poglavlje II. Pravilnika koji je na snazi
— rješenja složene nosne konzolne izolacije da budu u skladu s Američkim nacionalnim električnim kodom, faktor sigurnosti 2.5,
— rješenja zateznih izolatora, pomoćnih izolatora i međufaznih odstojnika, da budu u skladu sa standardom IEC 1109/03. 1992.

Uz navedeno, kompaktirana rješenja na stupovima i u rasponima bila bi izvediva u skladu s Pravilnikom koji je na snazi. Primjenom kompaktiranih rješenja na stupovima istoga napona, kao i kompaktiranjem i pretvorbom dalekovoda nižega napona u dalekovode višega napona, postojećim i novim stupovima i temeljima, u novim uvjetima opterećenja, sigurnost se ne bi smanjila.

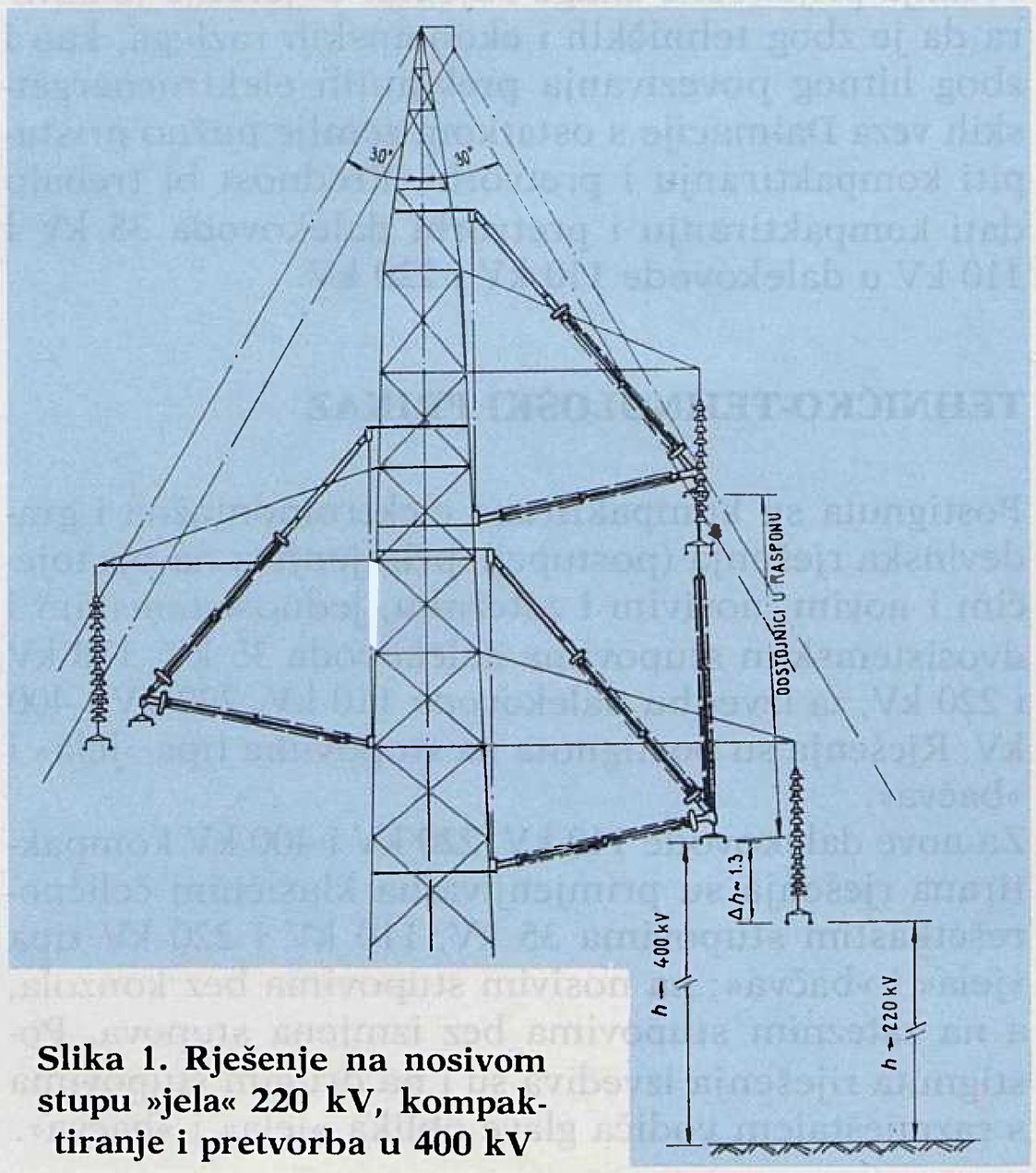
IDEJNA RJEŠENJA NA STUPOVIMA

Nova rješenja za kompaktiranje i pretvorbu dalekovoda

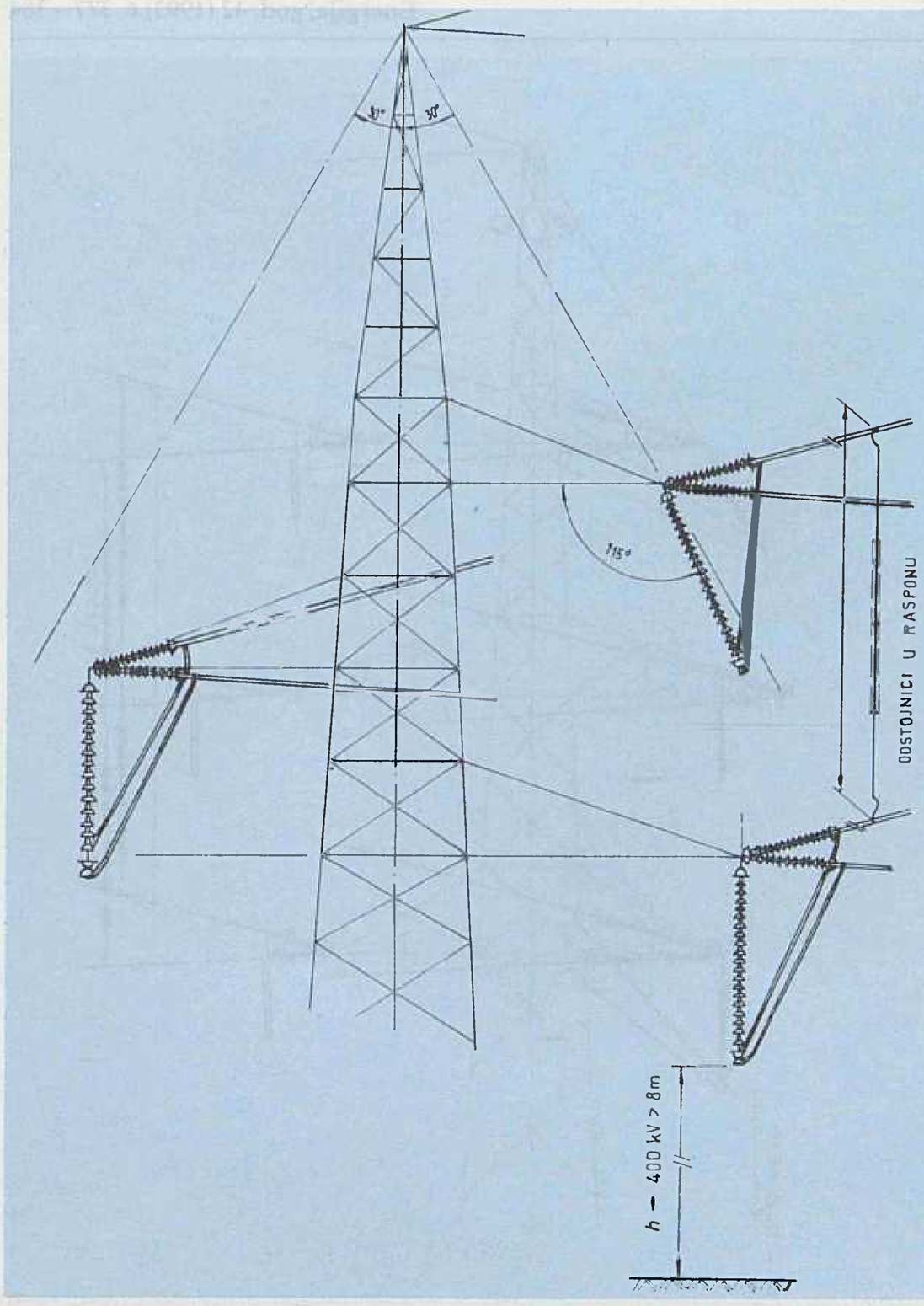
35 kV, 110 kV, 220 kV u dalekovode
110 kV, 220 kV, 400 kV

postignuta su na postojećim i novim tipskim stupovima i temeljima dalekovoda 35 kV, 110 kV i 220 kV glava oblika »jela« i »bačva«. Rješenja su izvediva i na novim stupovima 35 kV, 110 kV i 220 kV s pripadajućim temeljima, oblika glava »jela« i »bačva«, za gradnju dalekovoda 110 kV, 220 kV i 400 kV. Rješenja su postignuta za izvedbu na nosivim i zateznim stupovima, jednosistemskim i dvosistemskim.

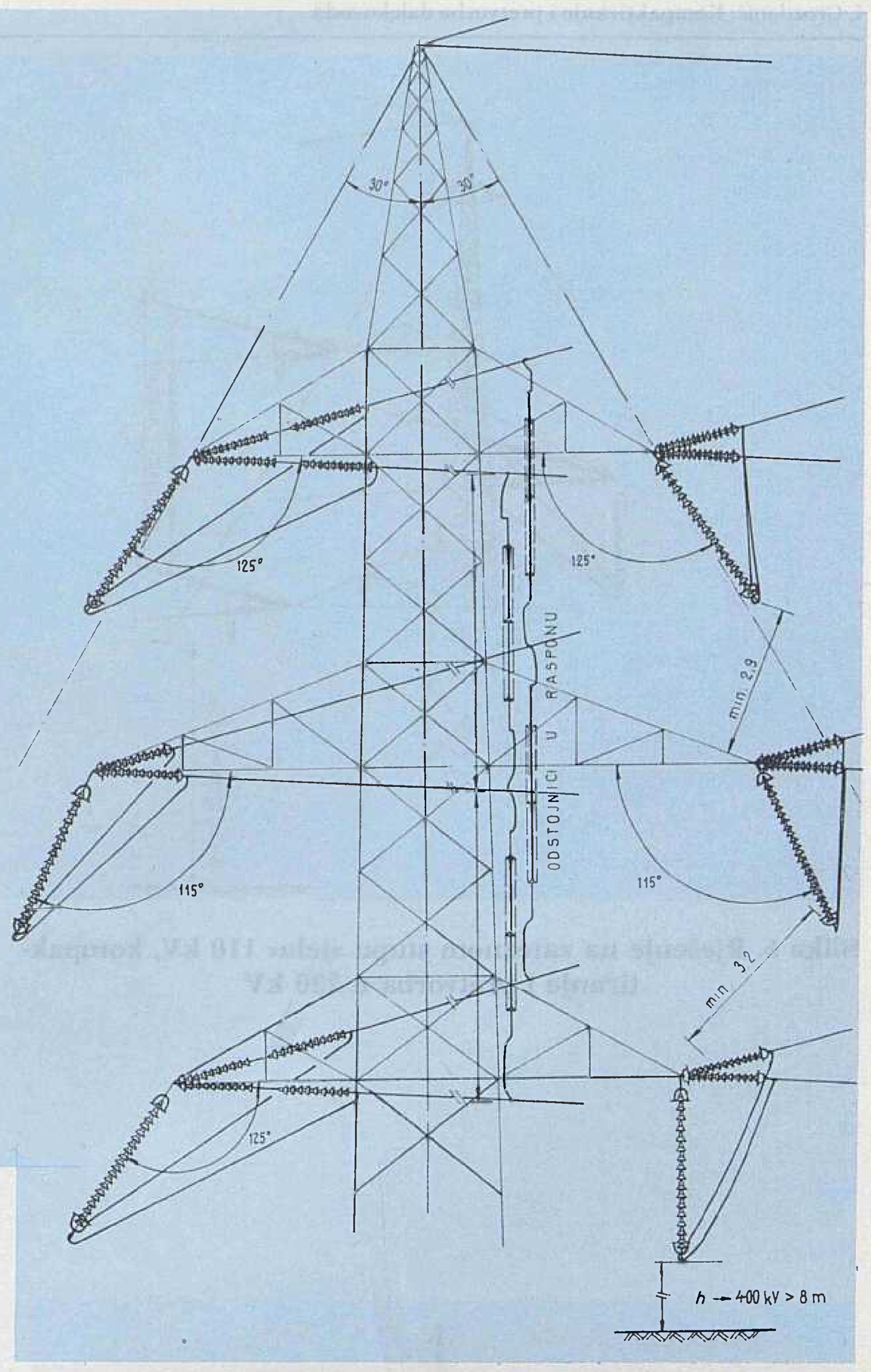
Rješenja su prikazana na sl. 1 – 12. Za kompaktiranu izvedbu 110 kV postojećeg objekta s istim naponom, rješenja su data na sl. 13 – 16.



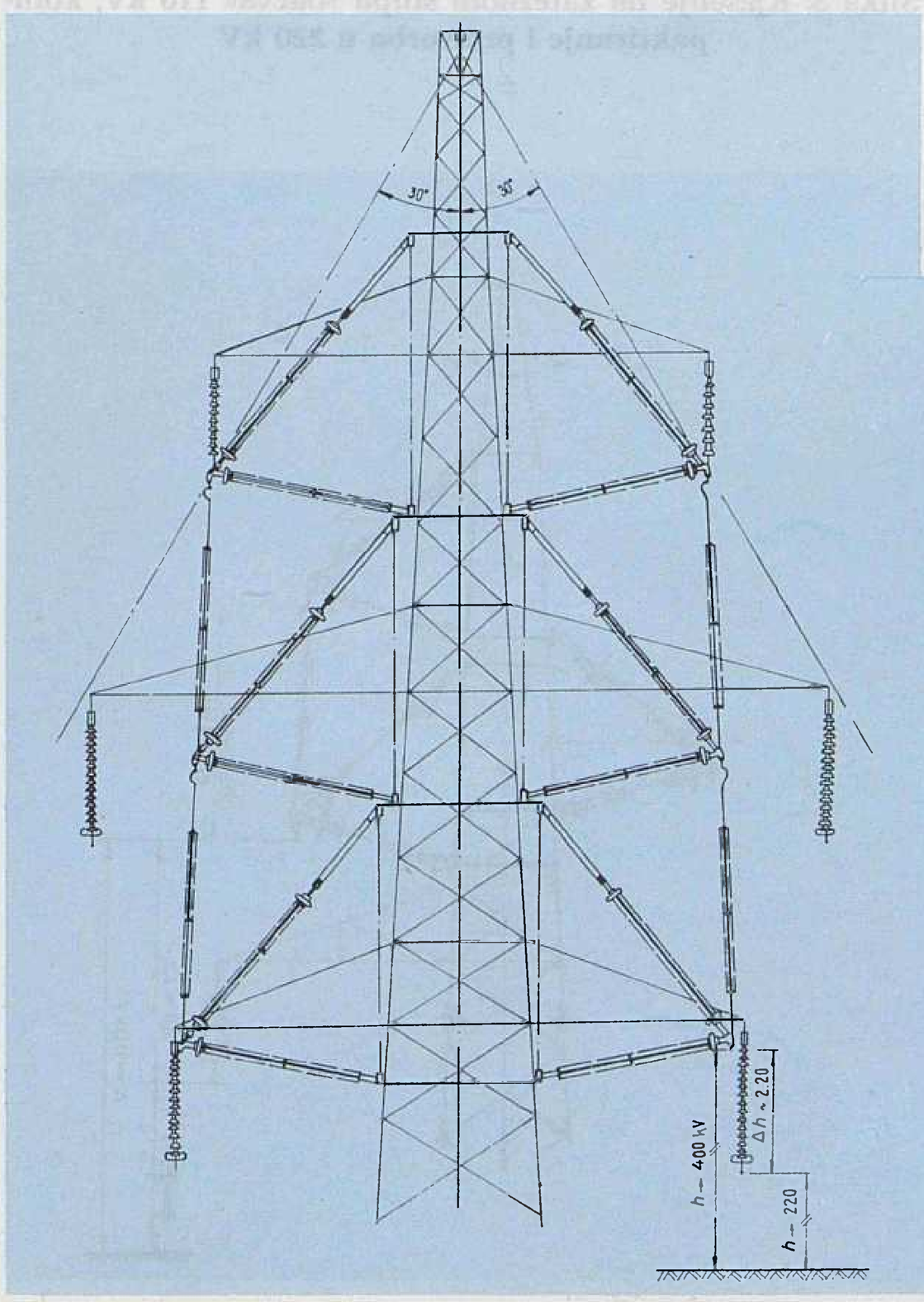
Slika 1. Rješenje na nosivom stupu »jela« 220 kV, kompaktiranje i pretvorba u 400 kV



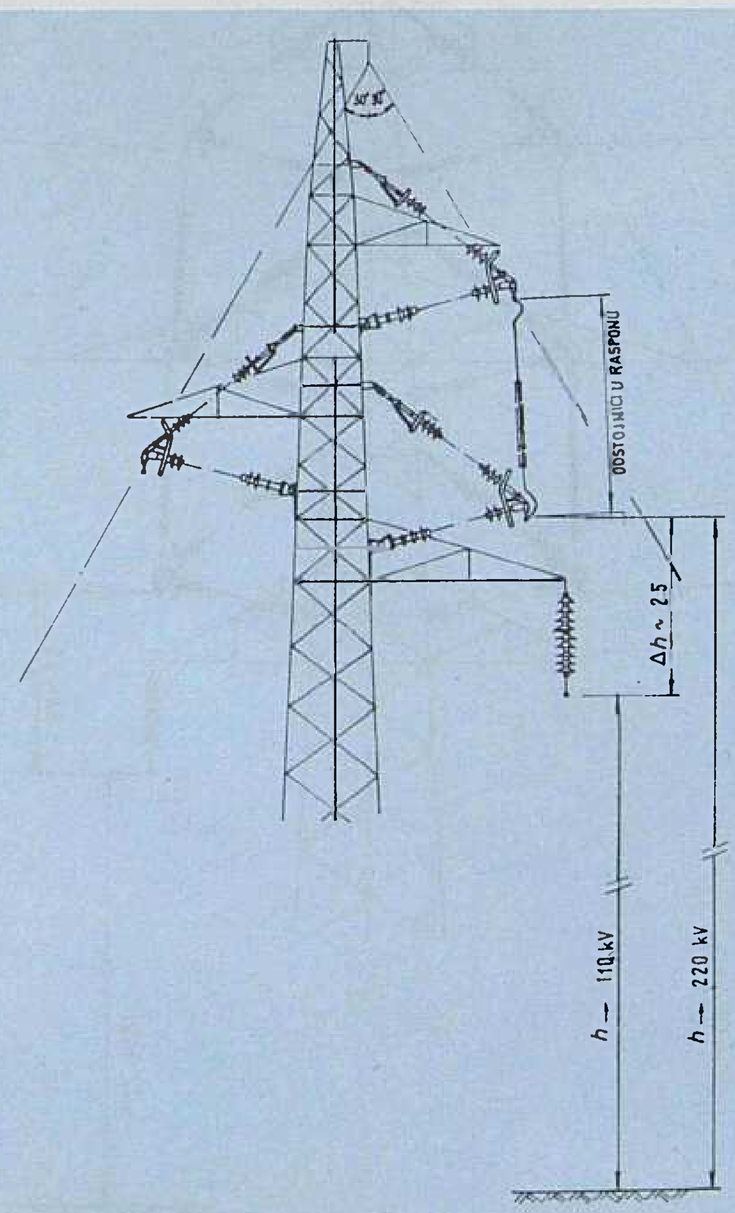
Slika 2. Rješenje na zateznom stupu »jela« 220 kV, kompaktiranje i pretvorba u 400 kV



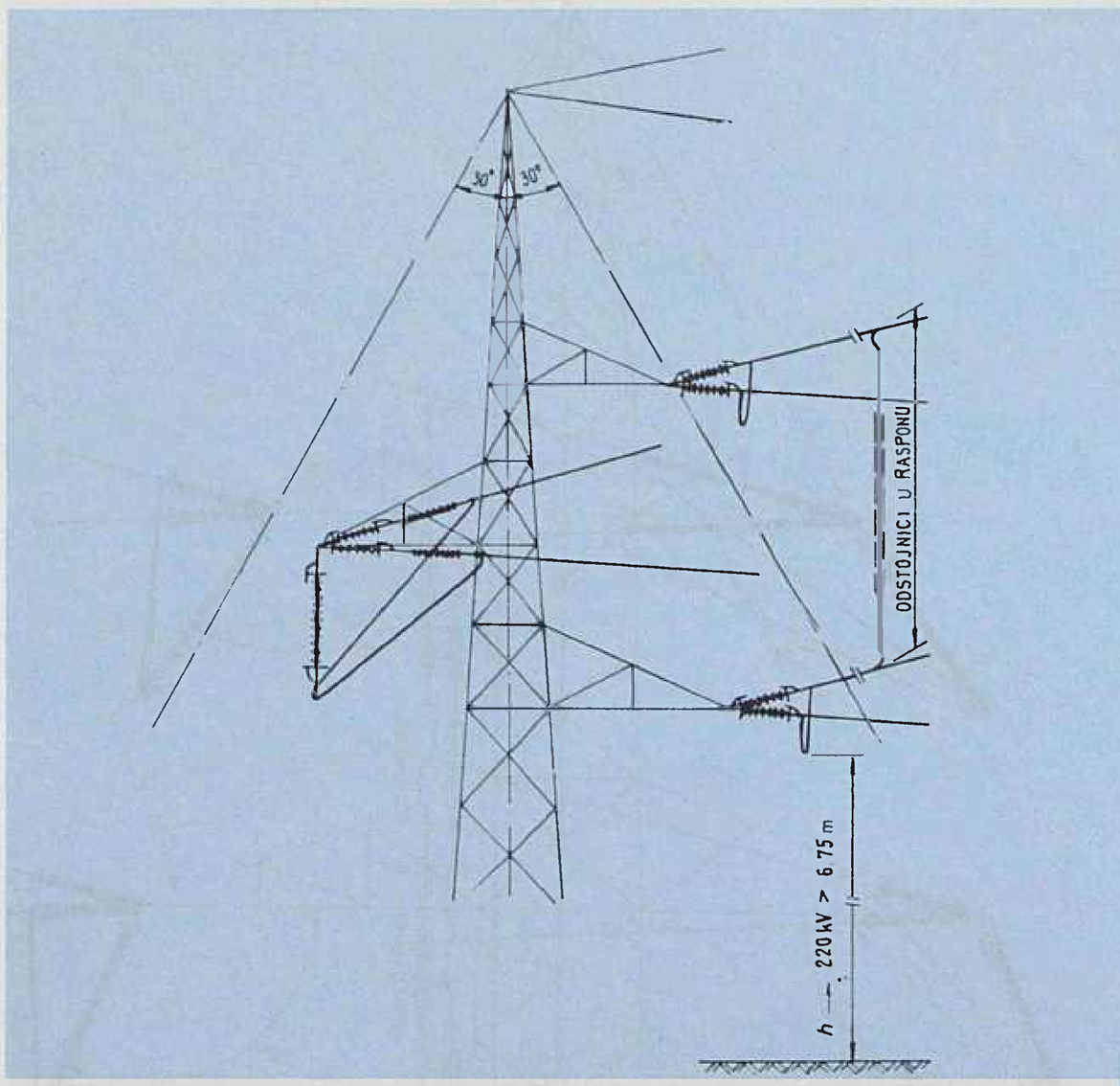
Slika 4. Rješenje na zateznom stupu »bačva« 220 kV, kompaktiranje i pretvorba u 400 kV



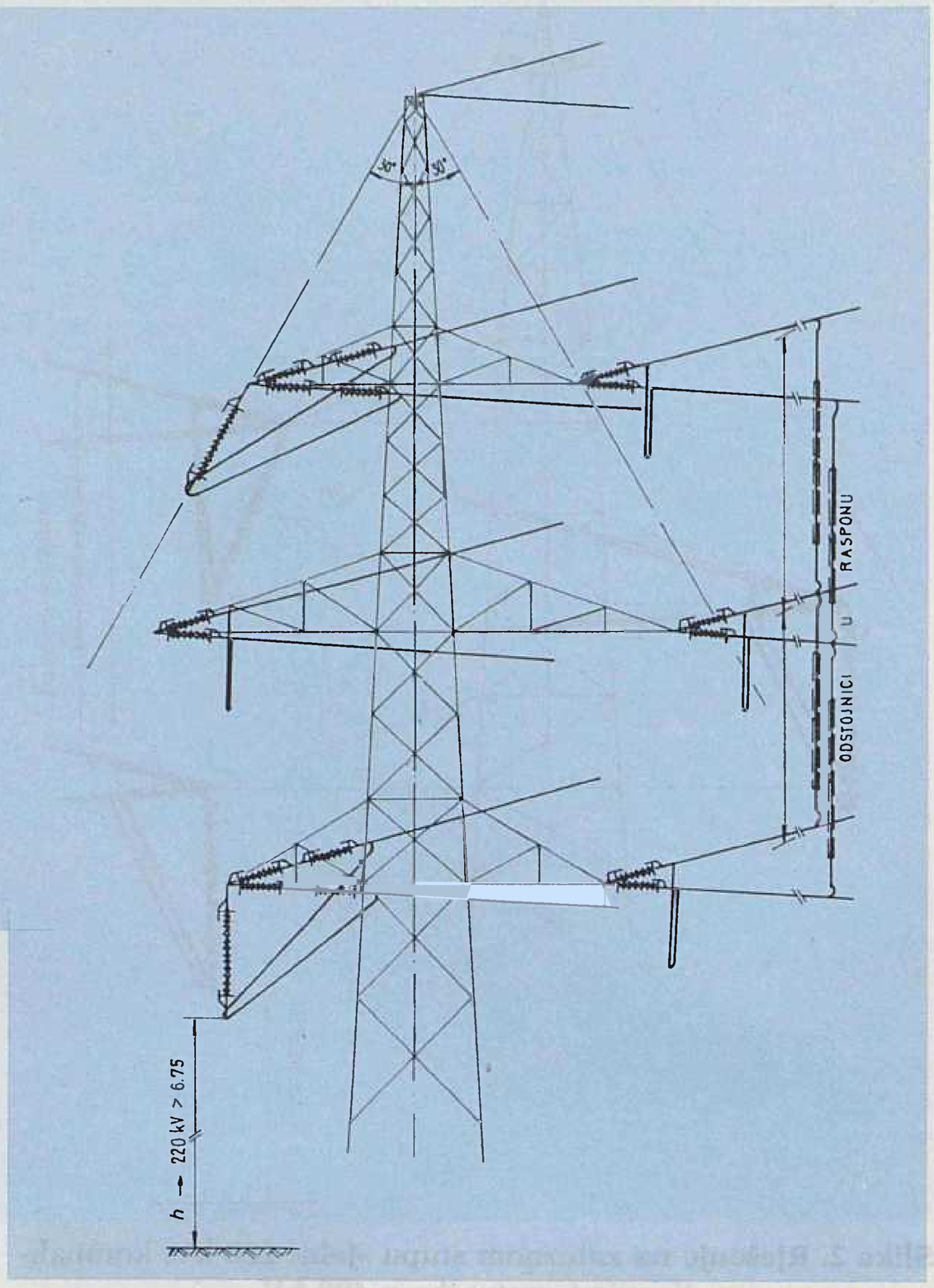
Slika 3. Rješenje na nosivom stupu »bačva« 220 kV, kompaktiranje i pretvorba u 400 kV



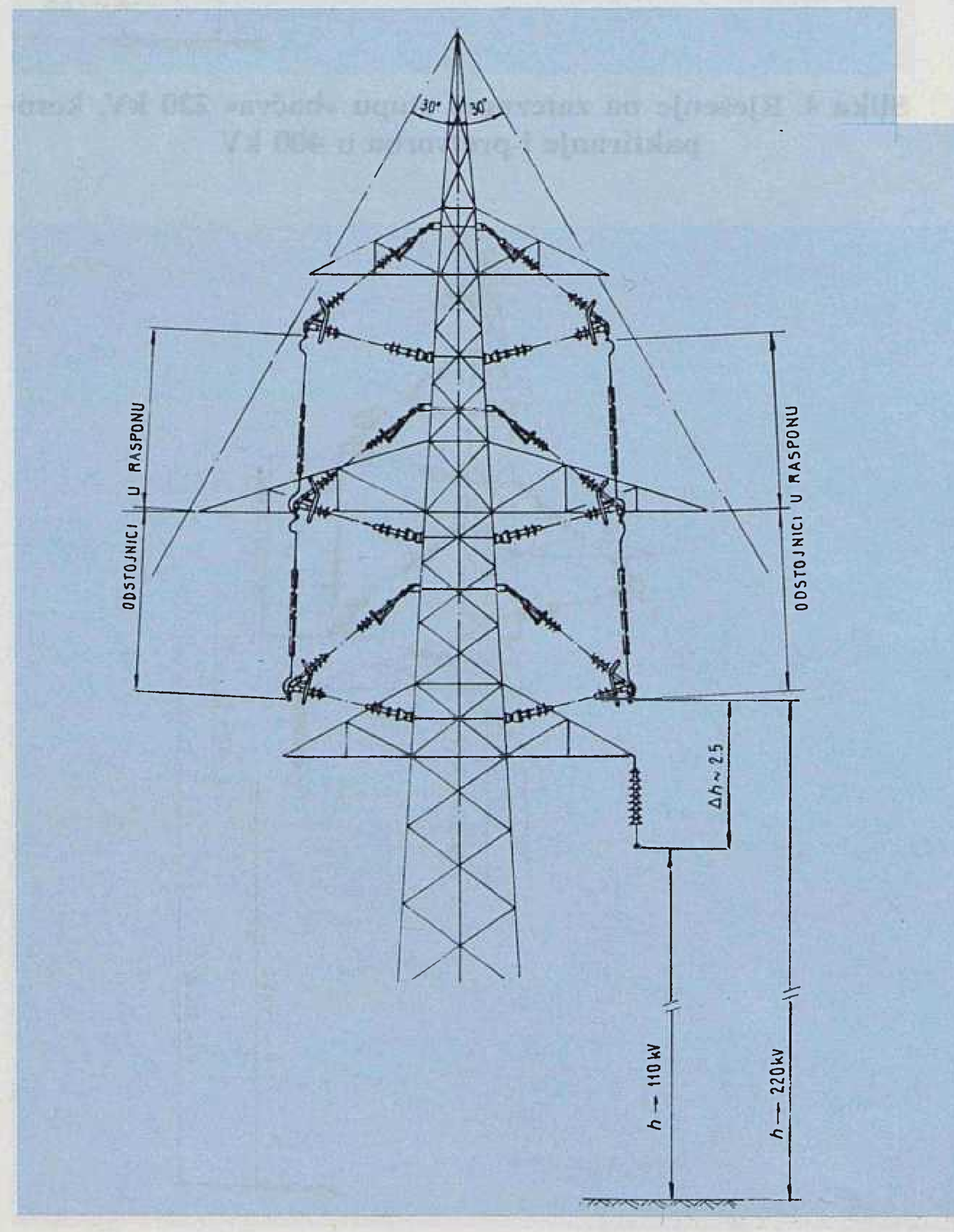
Slika 5. Rješenje na nosivom stupu »jela« 110 kV, kompaktiranje i pretvorba u 220 kV



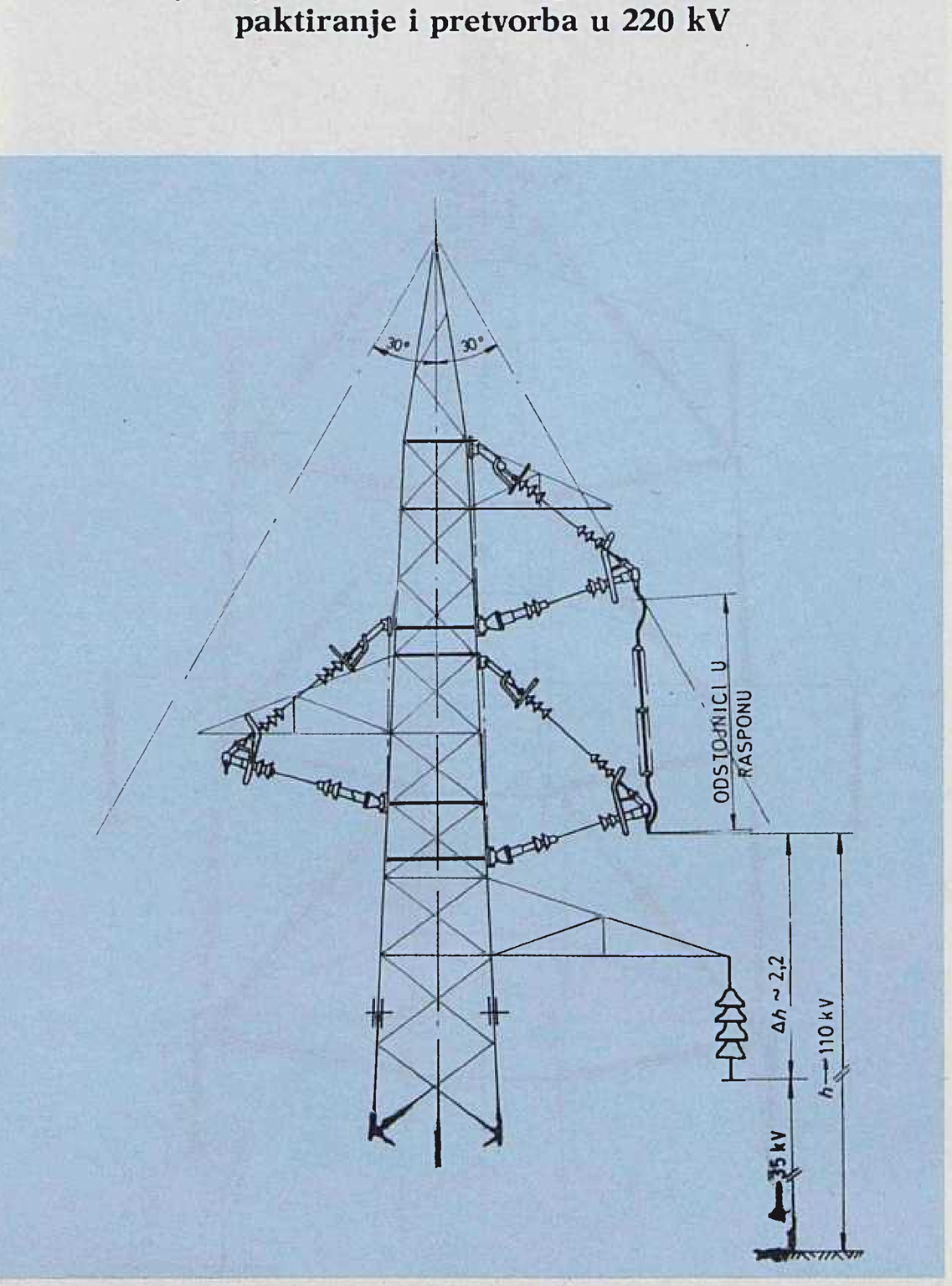
Slika 6. Rješenje na zateznom stupu »jela« 110 kV, kompaktiranje i pretvorba u 220 kV



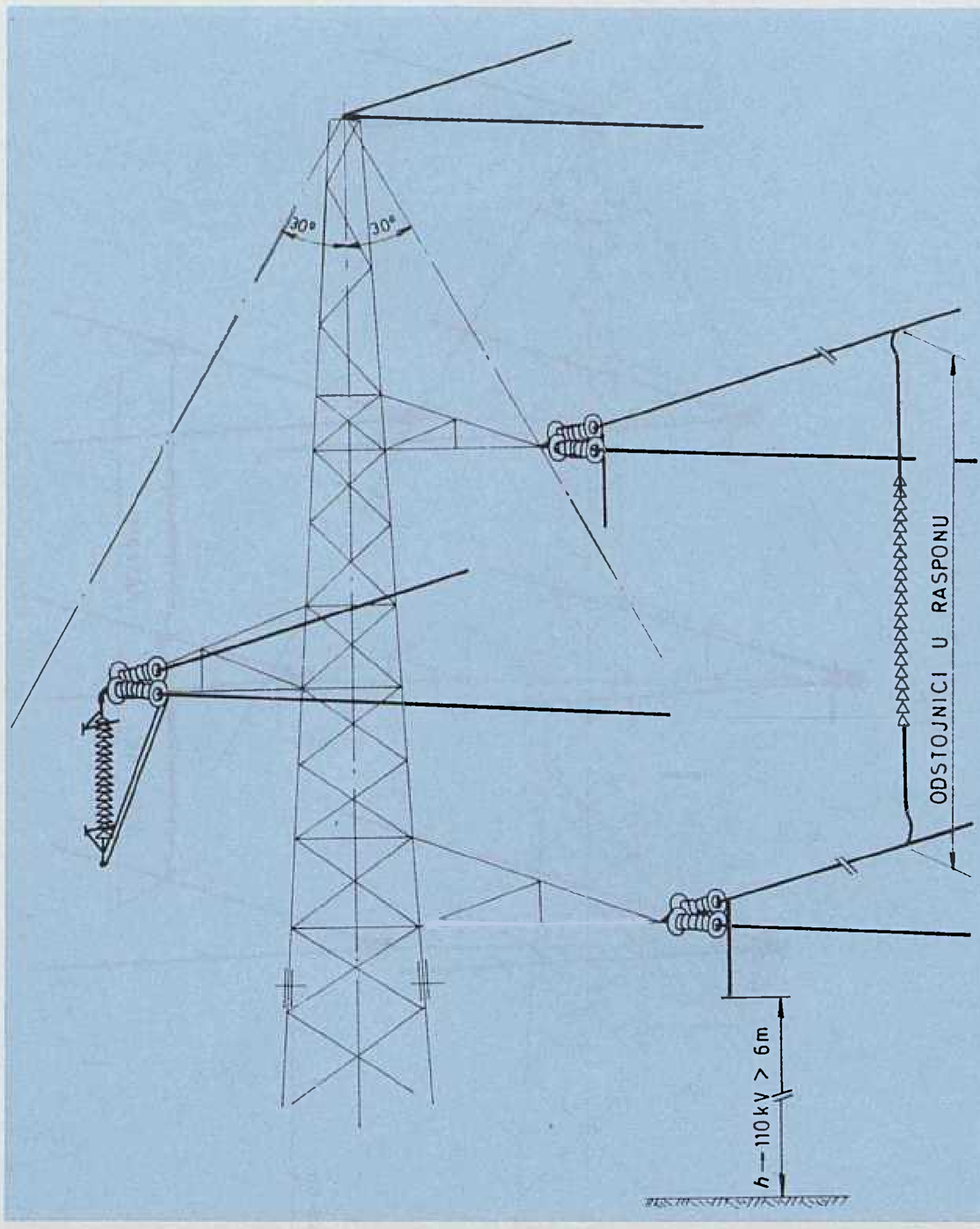
Slika 8. Rješenje na zateznom stupu »bačva« 110 kV, kompaktiranje i pretvorba u 220 kV



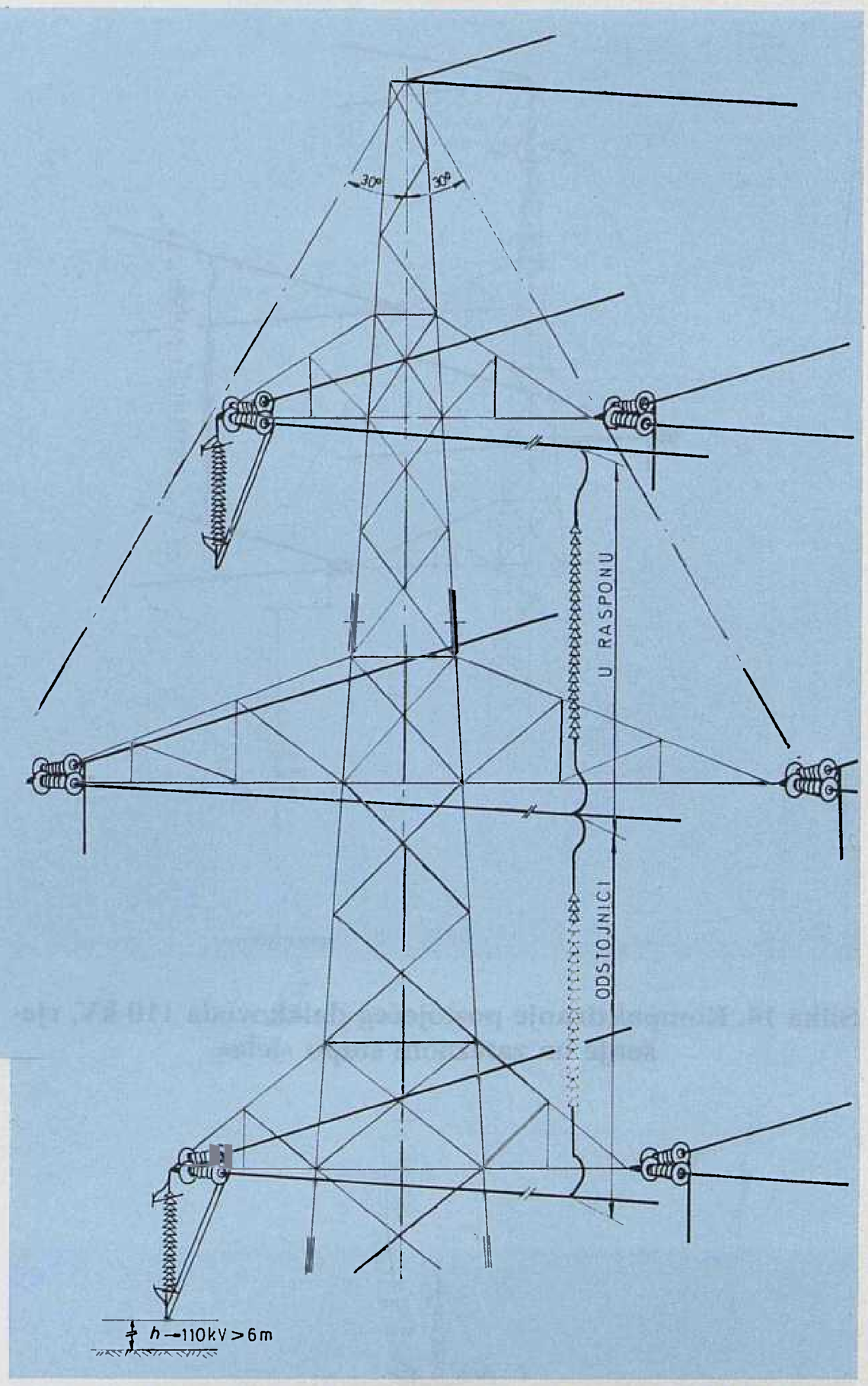
Slika 7. Rješenje na nosivom stupu »bačva« 110 kV, kompaktiranje i pretvorba u 220 kV



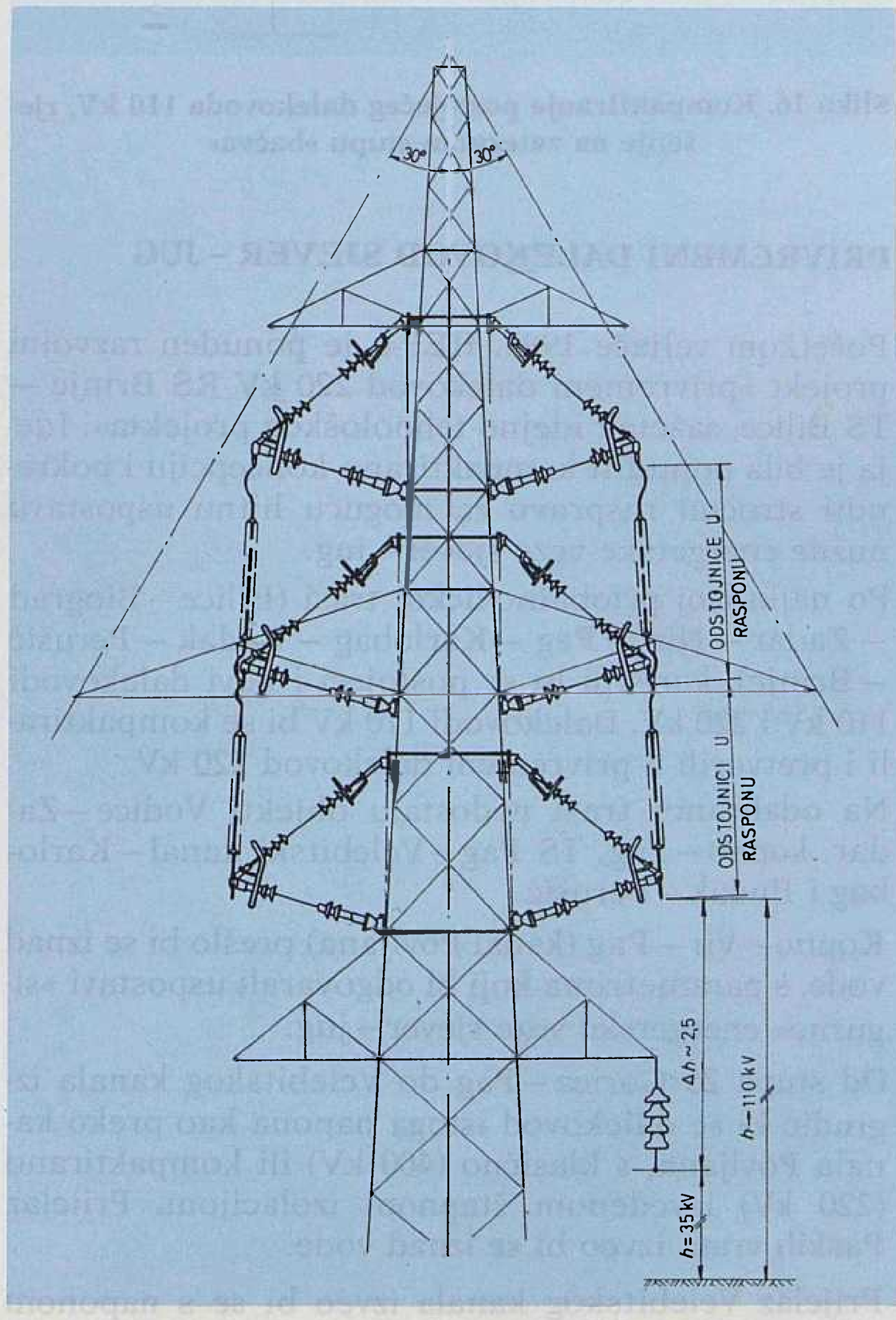
Slika 9. Rješenje na nosivom stupu »jela« 35 kV, kompaktiranje i pretvorba u 110 kV



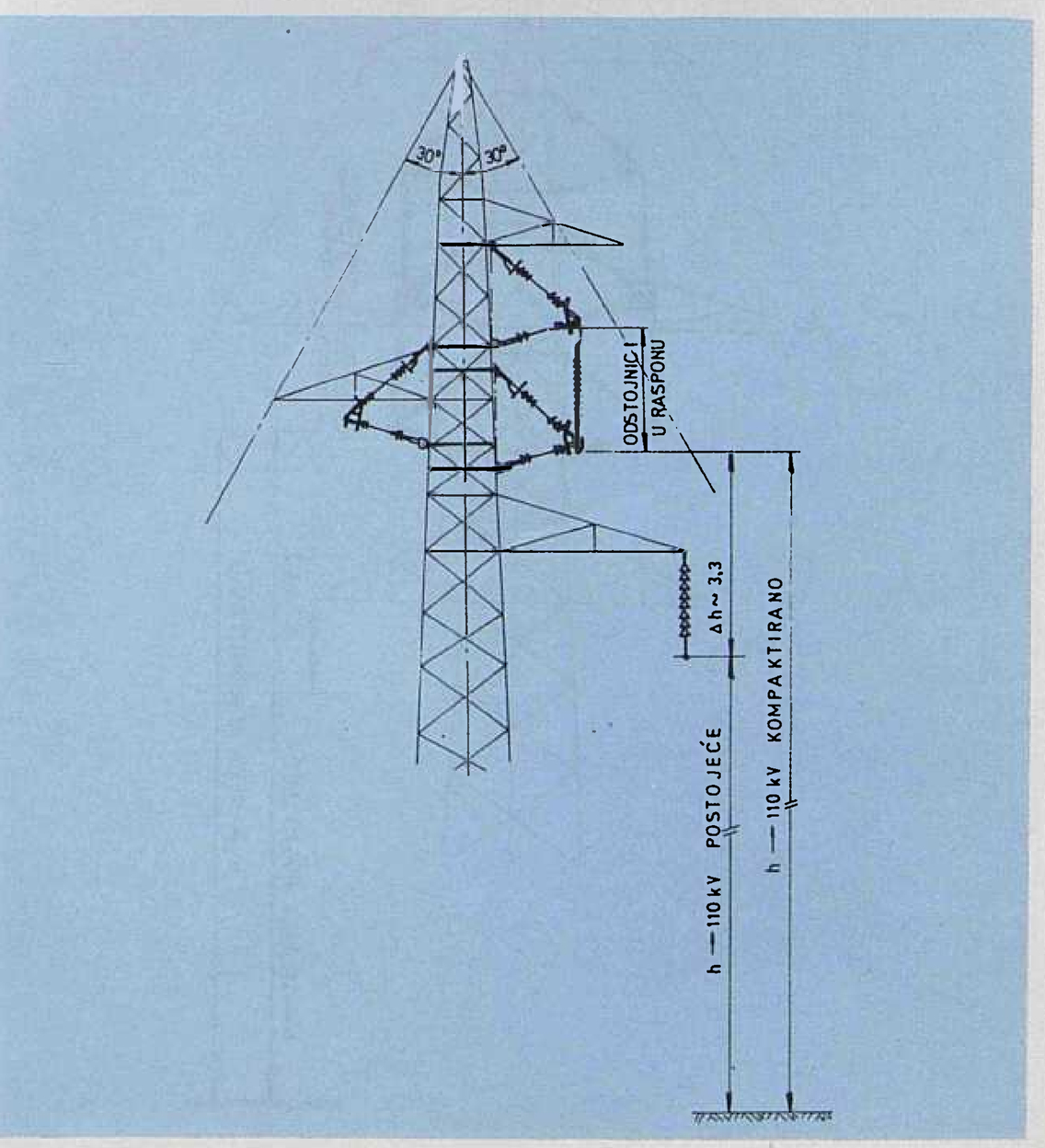
Slika 10. Rješenje na zateznom stupu »jela« 35 kV, kompaktiranje i pretvorba u 110 kV



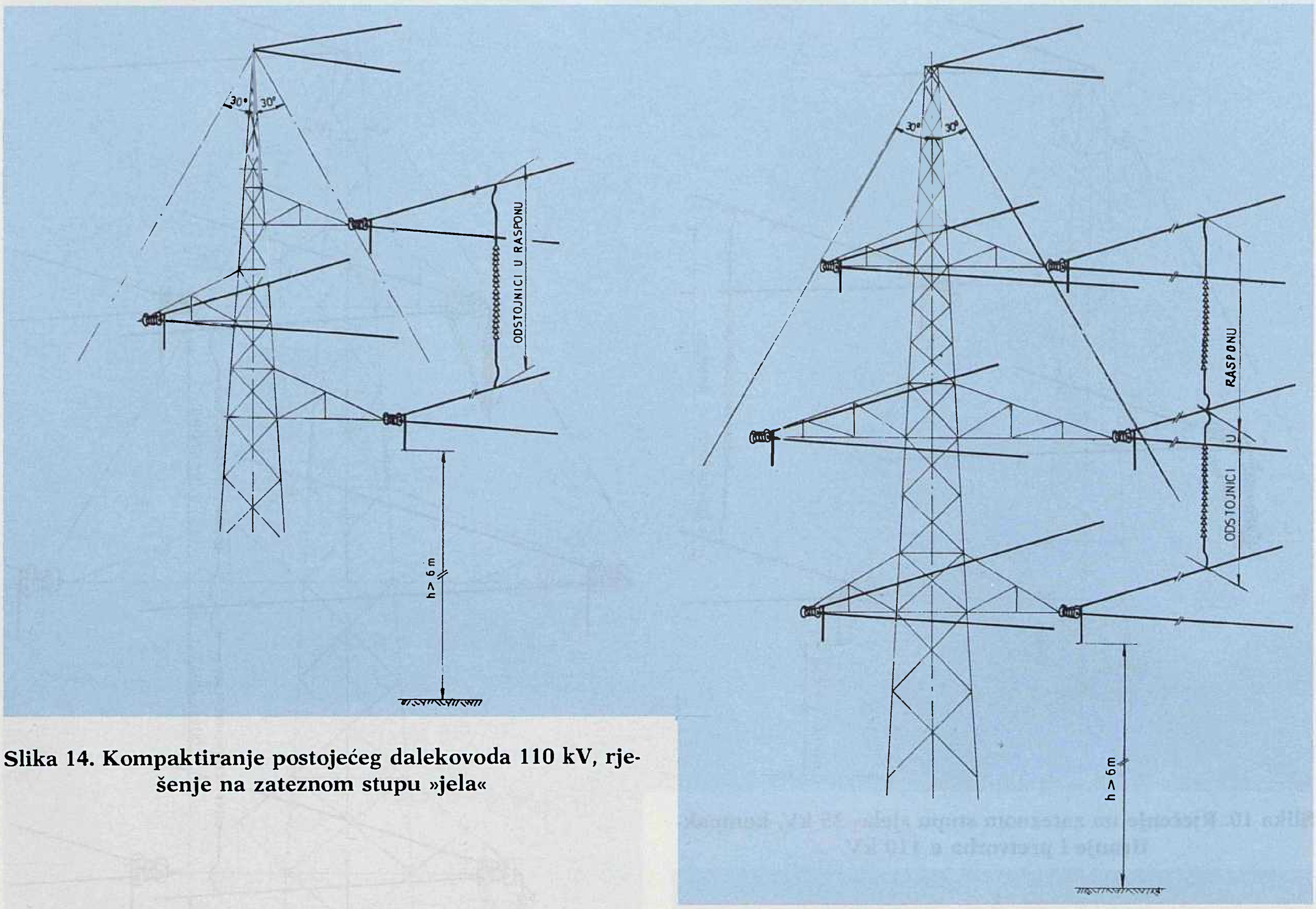
Slika 12. Rješenje na zateznom stupu »bačva« 35 kV, kompaktiranje i pretvorba u 110 kV



Slika 11. Rješenje na nosivom stupu »bačva« 35 kV, kompaktiranje i pretvorba u 110 kV

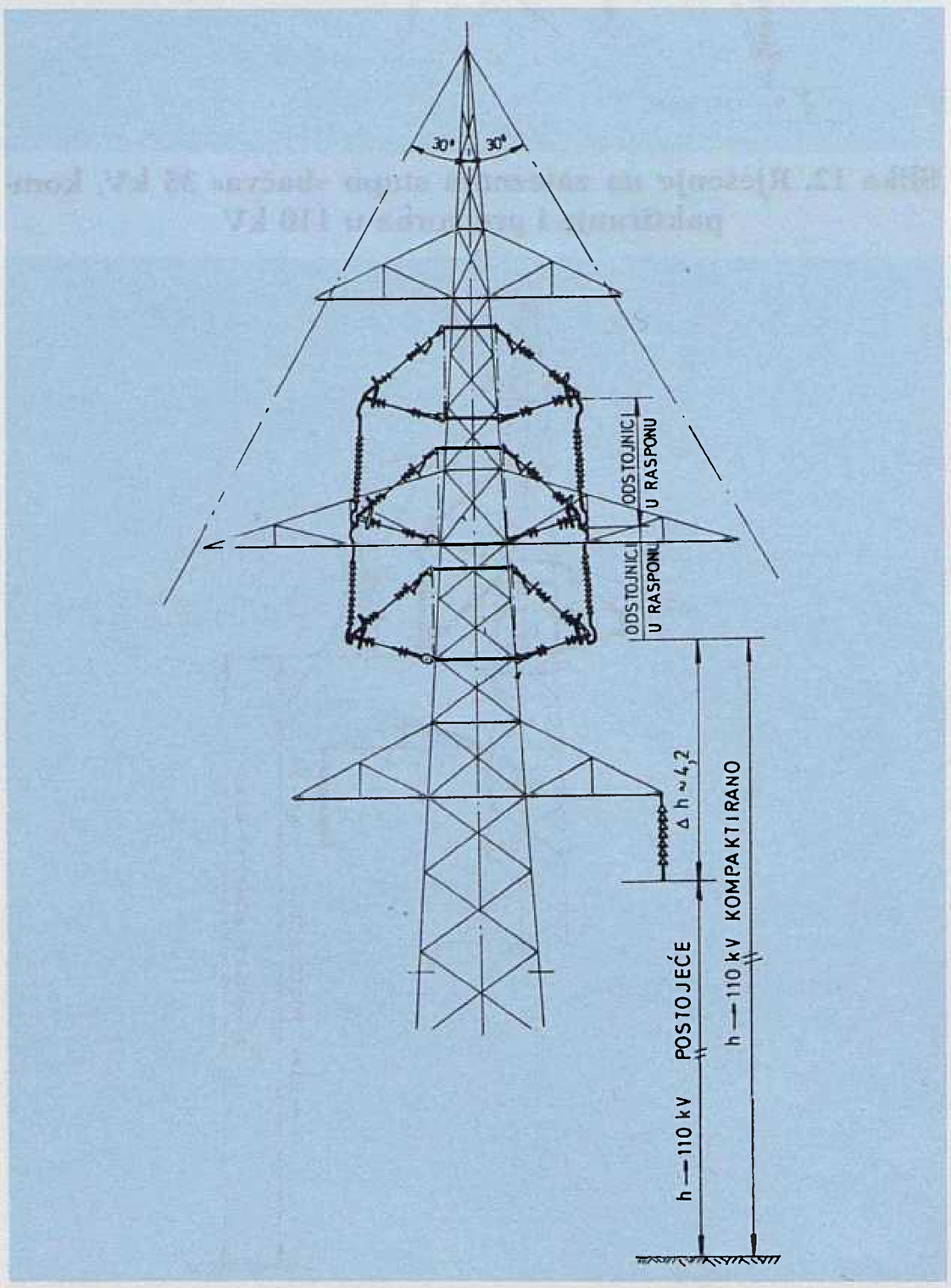


Slika 13. Kompaktiranje postojećeg dalekovoda 110 kV, rješenje na nosivom stupu »jela«



Slika 14. Kompaktiranje postojećeg dalekovoda 110 kV, rješenje na zateznom stupu »jela«

Slika 16. Kompaktiranje postojećeg dalekovoda 110 kV, rješenje na zateznom stupu »bačva«



Slika 15. Kompaktiranje postojećeg dalekovoda 110 kV, rješenje na nosivom stupu »bačva«

PRIVREMENI DALEKOVOD SJEVER – JUG

Početkom veljače 1993. HEP-u je ponuđen razvojni projekt »privremeni dalekovod 220 kV RS Brinje — TS Bilice, sažetak idejno tehnološkog projekta«. Ideja je bila ponuditi kompaktiranu koncepciju i pokrenuti stručnu raspravu za moguću hitnu uspostavu nužne energetske veze sjever – jug.

Po najkraćoj priobalno-ličkoj trasi (Bilice – Biograd – Zadar – Nin – Pag – Karlobag – Budak – Perušić – Brinje), koristili bi se postojeći i novi dalekovodi 110 kV i 220 kV. Dalekovodi 110 kV bi se kompaktirali i pretvorili u privremeni dalekovod 220 kV.

Na odabranoj trasi nedostaju objekti Vodice – Zadar, kopno – Pag, TS Pag – Velebitski kanal – Karlobag i Budak – Perušić.

Kopno – Vir – Pag (kanal Povljana) prešlo bi se iznad vode, s parametrima koji bi odgovarali uspostavi »sigurne« energetske veze sjever – jug.

Od stupa 25 Gorica – Pag do Velebitskog kanala izgradio bi se dalekovod istoga napona kao preko kanala Povljana, s klasično (400 kV) ili kompaktirano (220 kV) izvedenom štapnom izolacijom. Prijelaz Paških vrata izveo bi se iznad vode.

Prijelaz Velebitskog kanala izveo bi se s naponom »sigurne« energetske veze sjever – jug. Prema zahtjevima tehnike, sigurnosti i brzine izvedbe prednost bi

imao podmorski kabel. Ekonomski znatno povoljniju izvedbu iznad vode, zbog nepovoljnog klimatskog područja i potrebnog dužeg vremena izgradnje, autor ne preferira. Od Karlobaga do Budaka koristio bi se postojeći dalekovod 110 kV Lički – Osik – Karlobag. U nastavku prema Brinju izgradio bi se privremeni vod 220 kV Budak – Perušić (približno 9 km). Dalje do Brinja koristio bi se postojeći dalekovod 220 kV.

Od ukupno 212 km postojećih dalekovoda u upotrebi je 126 km. Nadostaje 86 km, računajući i planirani 110 kV Vodice – Biograd – Zadar, koji je u fazi projektiranja.

Ako se izuzmu dalekovodi koji će se, bez obzira na privremeni vod 220 kV, ubrzano graditi, otprilike 56 km, ostaje približno 30 km novih vodova.

Privremenim dalekovodom 220 kV Brinje – Bilice ostvarila bi se tehnički i ekonomski vrlo konkurentna, najbrže izvediva energetska veza, koja bi potrajala do uspostave sigurne energetske veze sjever – jug.

Procjenjuje se da bi angažirana snaga, u oba smjera, bila ispod 250 MVA, te bi privremeni vod kao nužno rješenje zadovoljio.

U nastavku obrade kompaktirane koncepcije slijedila bi energetska analiza, od koje se može očekivati da potvrdi glavne postavke i uputi na druge poslove u uspostavi privremenog voda 220 kV.

Za Zadar bi se mogao primijeniti improvizirani odcijep. Druge konzumne cjeline, npr. Karlobag i Novalju, mogu se riješiti agregatima.

Nakon prestanka potrebe za privremenim vodom 220 kV u prvobitnoj funkciji u mreži ostali bi svi objekti osim privremenog voda Perušić – Budak, privremenog priključka na TS Bilice, improviziranog odcijepa Zadar i agregata.

Velike uštede financijskih sredstava i vremena dobile bi se na kompaktiranju i pretvorbi postojećih i novih dalekovoda 110 kV u privremeni dalekovod 220 kV.

Izvedena kompaktirana rješenja s »crnim« užetima, u definitivi (110 kV), omogućila bi sigurniji pogon i približno 57 % veću prijenosnu snagu. Isti učinak prijenosa postigao bi se kompaktiranom izvedbom 110 kV s crnim užetima.

Treba razmotriti energetsku vezu sjever – jug u alternativi 110 kV?! Ideja je reaktivirati ličku vezu 110 kV, koristiti se postojećom mrežom do Karlobaga, s novim vodovima do HE Kosinj, HE Sklope te privremenim vodom 110 kV i kvalitetno ojačati buduću kvarnersku vezu.

Od Karlobaga do lokacije TS 110/20 kV Pag, treba najkraćom trasom izgraditi 110 kV vod (približno 2,5 km podmorski kabel, 10 km nadzemni vod).

Od TS Pag do TS Zadar I, uz izvedbu Pag – kopno (otprilike 2.5 km podmorski kabel), valja kompaktirati postojeće vodove 110 kV s crnim užetima i izgraditi približno 3.5 km dvosistemskoga kompaktiranog voda 110/35 kV (Bili brig – TS Zadar I). Time bi se uklonilo usko grlo i omogućio prijenos ukupne energije iz pravca Raba i Karlobaga, što bi za prijenos i distribuciju značilo trajnu kvalitetu.

Od TS Zadar I do TS Bilice prednost bi se dala optimalnom rješenju energetske analize 110 kV:

— postojeća veza Zadar I – Bilice i novi priobalni klasični dalekovod (u toku projektiranje), ili
— postojeća veza Zadar I – Bilice i kompaktirani priobalni dalekovod, s otprilike 57 % većom prijenosnom snagom.

U nastavku prema Splitu, postojećim dalekovodom 220 kV pod naponom 110 kV, ostvarila bi se energetska veza sjever – jug, slabijih performansa.

ZAKLJUČAK

Za uspostavu energetske veze sjever – jug, da se ne gubi vrijeme, autor je početkom veljače pokrenuo kompaktiranu koncepciju, uvjeren da će se, bez obzira na »hitna rješenja«, neostvarive prijedloge i mjere koje se poduzimaju, za jednu od kompaktiranih alternativa, prije ili kasnije, otvoriti zeleno svjetlo.

U našoj zemlji, s dugom obalom i mnogim zonama s vrlo jakim zagađenjem od posolice, u izgledu je kooperantska prozvodnja silikonske štapne izolacije. Iako vrijeme neumoljivo prolazi, treba vjerovati da bi, osim podmorskog kabela i opreme kabelskih postrojenja, za energetsku vezu sjever – jug po kompaktiranoj koncepciji iz uvoza bila samo »crna« užeta.

Respektirajući energetske, tehničko-ekonomske i sigurnosne kriterije, prednost za izvedbu veze sjever – jug bila bi na strani kompaktirane koncepcije 220 kV.

U kraćem roku, s manje ulaganja, izvediva bi bila, kompaktiranjem pojačana 110 kV, kvarnerska veza, koja bi energetskom sustavu Dalmacije osigurala približno 50 % energije 220 kV.

Odluci o izboru nužne veze svakako bi trebala prethoditi energetska analiza. Postojećoj konfiguraciji mreže dodao bi se novi priobalni izvor.

U svijetu kompaktiranje sve se češće izvodi.

U našoj zemlji bila bi to prva izvedba kompaktiranja u visokom naponu. Neka iskustva stečena su u srednjem naponu na dalekovodu 10(20)kV Ploče – Drvenik (1988).

Treba se nadati da će ponestati neostvarivih i neracionalnih prijedloga, da će stručna rasprava riješiti dileme oko kompaktiranja, da će do kompetentnog mjesta stići optimalan prijedlog, da ćemo se uključiti u svjetski tehnološki trend rješavanja prijenosa rastuće energije.

Nije li sjever-jug prilika koju ne bismo smjeli propustiti?!

COMPACTING AND TRANSFORMATION OF 35, 110 AND 220 kV TRANSMISSION LINES INTO 110, 220 AND 400 kV TRANSMISSION LINES
Temporary transmission-line north-south

Solutions (procedures) of compacting and transmission lines transformation from 35, 110 and 220 kV to 110, 220 and 400 kV are given.
Solutions are obtained for the existing and new typical and other towers: single-system in the form of »fir-tree« and double-system in the form of »barrel«.
These solutions decrease the construction costs and improve the relationship between transmission line and environment and thereby protect the nature.

DAS KOMPAKTIEREN UND DIE UMWANDLUNG DER ÜBERLANDLEITUNGEN 35 kV, 110 kV und 220 kV iN DIE ÜBERLANDLEITUNGEN 110 kV, 220 kV und 400 kV Vorläufige Überlandleitung Nord – Süd

Hier wurden Lösungen (Vorgänge) für das Kompaktieren und die Umwandlung der Überlandleitungen geschildert: 35 kV und 220 kV in die Überlandleitungen: 110 kV, 220 kV und 400 kV. Die Lösungen sind gefunden worden für bestehende und neue typisierte und andere Masten — Einsystem — Form — Tanne und dreisystem — Fass. Die Lösungen senken die Baukosten, verbessern das Verhältnis der Überlandleitung und der Umwelt und schützen die Natur.

Naslov pisca:

Ivan Grozdanić, el. str. ing.
Dalekovod,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1993 – 07 – 02.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

UBLAŽENA REDUKCIJA STRUJE U DALMACIJI

Nakon punih šest i pol mjeseci trajanja redukcije električne energije u Dalmaciji početkom listopada 1993. redukcija je znatno ublažena. Povećanje proizvodnje ostvareno je puštanjem u pogon dizelskih i plinskih elektrana u Šibeniku, Sinju, Pločama, Zadru i splitskom brodogradilištu, te puštanjem u rad HE »Dubrovnik«
Veću proizvodnju električne energije omogućile su i kiše koje su tijekom rujna pale na području Dalmacije.
U plinskim i dizelskim elektranama nabavljenim interventnim programom Hrvatske elektroprivrede, u Dalmaciji je sada instalirano gotovo stotinu megavati. U Dalmaciji nema više prisilnih iskopčavanja. Preostaje još da se osigura potrošnja električne energije za velepotrošače.

I. R.

PROŠIRENJE PLINOVODNE MREŽE U SLAVONIJI

Potrošnja prirodnog plina na području Slavonije u stalnom je porastu i nametnula se potreba proširenja plinofikacije tog područja. S tim u svezi tijekom 1992. i ove godine izgrađeni su novi plinovodi, neki su zbog dotrajalosti ili preslaba kapaciteta rekonstruirani.
Nedostatan kapacitet i dotrajalost starog plinovoda od Beničanaca preko Našica do Slavonskog Broda traži izgradnju novog plinovoda. Do sada je uređena samo dionica od Beničanaca do Našica, čime je pobošljana kvaliteta i sigurnost u opskrbi potrošača u tom dijelu Slavonije.
Novim plinovodom je osigurana i redovita opskrba najvećega tamošnjeg potrošača — cementare u Našicama.
Nakon izgrađene dionice do Našica važno je da se što prije počne graditi i drugi dio plinovoda Našice — Slavonski Brod. Taj plinovod važan je za bolju opskrbu područja Požege i Slavonskog Broda, također se korištenjem bivšeg produktovoda osigurava plin za mnogobrojne potrošače s područja Đakova, Županje i ostalih okolnih mjesta. Sve pripreme za početak gradnje tog plinovoda već su dovršene. Dobivene su sve potrebne dozvole, oprema je na gradilištu, pa se samo čeka početak izvedbenih radova.
Kako su privremenom okupacijom Đeletovaca potrošači s područja Vinkovaca ostali bez plina, još potkraj 1992. godine dogovorena je prenamjena produktovoda od Bosanskog Broda do Opatovca u plinovod. Prenamjena je završena još pretkraj prošle godine, ali samo od Slavonskog Broda do Vinkovaca. U sklopu tih radova izgrađena je mjerno-redukcijska stanica u Vinkovcima umjesto one u Vrapčani koja je uništena u ratu. Iako je to privremena redukcijska stanica, iz nje se plinom opskrbljuju i prognanici u središtu mjesta Rokovci.
U nastojanju da svi ti potrošači što prije dobivaju dovoljne količine plina, neki od manjih radova tada nisu bili gotovi, pa se to sada dovršava. Priprema se i gradnja mjerno-redukcijske stanice i priključnog plinovoda za Đakovo, a predviđeno je da taj grad dobije plin još ove zime. Završetkom tih radova na rekonstrukciji plinovoda otvara se mogućnost opskrbom plinom zainteresiranih mjesta — Valpova, Rokovaca, Ivankova, Starih Mikanovaca i dr.

I. R.

UGOVOR O IZRADBI I POLAGANJU PODMORSKOG KABELA

Početkom listopada predstavnici Hrvatske elektroprivrede i tvrtke »Alcatel« iz Hannovera potpisali su ugovor o izradi i polaganju 110 kV pomorskog i podzemnog kabela između Raba, Paga i Zadra. Vrijednost tog posla procijenjena je na približno 30 milijuna njemačkih maraka. Tim ugovorom završen je posao na ugovoranju gradnje projekta »Otočne veze«. To je najvažniji dio projekta iz interventnog programa HEP-a kojim će se omogućiti prijenos 70 MW od TS Melina 2 kod Rijeke do zadarskog područja.
Predviđeno je da radovi budu završeni 15. travnja 1994. Dalmacija bi na taj način dobivala novih 1,4 milijuna kWh struje na dan.

I. R.

50 MILIJUNA DOLARA ZA ELEKTRIFIKACIJU DALMATINSKIH OTOKA

Na nedavno održanom Saboru hrvatske dijaspore u Zagrebu donesena je odluka o financiranju obnove i izgradnje projekta »Otočna veza« s 50 milijuna dolara za realizaciju projekta povezivanja juga Hrvatske s električnom mrežom sjeverne zemlje preko otoka.
Projekt »Otočna veza« od transformatorske stanice 400/220/110 kV Melina preko otoka Krka, Raba i Paga do transformatorske stanice 110/35 kV Zadar sastoji se od niza objekata, od kojih 10 još nije izgrađeno, a uključuje izgradnju i polaganje podmorskih i podzemnih kabela, trafostanica i dalekovoda u vrijednosti 38,5 milijuna dolara. Dovršenjem ovog projekta u proljeće 1994. elektroenergetski sustav južne Hrvatske ponovno bi se povezao s elektroenergetskim sustavom sjeverne Hrvatske u cjelinu. Time bi se ovaj dio Hrvatske konačno vezao za pouzdan europski sustav UCPTE, čime bi se ublažili problemi nastali prekidom 400 kV veza Melina — Konjsko i Konjsko — Mostar. »Otočna veza« znači i dvostrano napajanje otoka Krka, Raba i Paga, što ima veliku važnost za veći razvoj poljoprivrede i turizma na ovom području.

I. R.

GRADNJA PLINSKIH ELEKTRANA

U mogućim planovima razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske elektroprivrede planirana je gradnja četiriju plinskih elektrana s kombiniranim ciklusom ukupne instalirane snage 1 045,2 MW. Sva četiri nova plinska postrojenja mogu se izgraditi na postojećim lokacijama TE-TO Zagreb, EL-TO Zagreb, TE Sisak 1 i 2, i El-TO Osijek.
Konačni izbor, lokacije, veličina snage i dinamika izgradnje elektrana utvrdit će se na realnim mogućnostima uvoza plina. Ukupna potreba goriva u plinskim elektranama veća je od proizvodnje plina na području Hrvatske, te će se morati osloniti na uvoz plina. U realizaciji programa izgradnje plinskih elektrana ozbiljno se radi, i to ponajprije na gradnji TE »Sisak 3«. Investitor tog objekta Hrvatska elektro-

privreda izradu projektne dokumentacije povjerila je stručnjacima »Elektroprojekta« u Zagrebu.
Izgradnjom TE »Sisak 3« ta će elektrana postati jedan od vodećih proizvođača električne energije.

I. R.

OPRAVDANA IZGRADNJA ELEKTRANE U SPLITU

Za dugoročno rješenje energetske krize područja Splita razmatra se mogućnost gradnje gradske elektrane, instalirane snage 100 MW, koja bi bila jamac sigurnosti i stabilnosti napajanja Splita električnom energijom. Između Splita i Hrvatske elektroprivrede nedavno je obnovljen dogovor u kojem stoji da su grad i HEP suglasni da je Splitu i njegovoj neposrednoj okolici nužna gradnja gradske elektrane. Utvrđeno je da to bude motorna elektrana na mazut, instalirane snage 100 MW. Investitor projekta bit će Hrvatska elektroprivreda, a do kraja godine treba odrediti konačnu lokaciju, pripremiti idejni-projekt i financijsku konstrukciju.
Za sada su tri kombinacije za izbor lokacije, i to na prostoru Brodogradilišta, Inavinila i Dalmacijacementa. Gradnja bi trajala dvije godine, a investicije bi iznosile 80 do 125 milijuna USD, ovisno o lokaciji. Izgradnju će najvjerojatnije participirati inozemne tvrtke, te domaće poduzeće »Končar i Brodosplit«, a uključit će se i nekoliko naših građevinskih tvrtki. Računa se i na robni kredit inozemnih partnera, a i na domaće kredite.
Glede privremenog rješenja problema Splita, HEP je predložio privremeno instaliranje dvaju turboagregata snage po 25 MW na području grada, vjerojatno na lokaciji u Dujmovači. Ta plinska elektrana privremenog je i interventnoga značenja.

I. R.

PROIZVODNJA NAFTE I PLINA

U prvih osam mjeseci 1993. godine na naftnim i plinskim poljima u Hrvatskoj ostvarena je proizvodnja 1 236 880 tona nafte, a to je povećanje od planiranih količina za 21 000 tona ili dva posto.
Za isto razdoblje uspješno je ostvarena proizvodnja prirodnog plina. Umjesto planiranih 1,284 milijardi prostornih metara, proizvedeno je 31 milijun kubika više ili ukupno 1,315 milijardi kubika. Tekućih plinova je proizvedeno 100 400 tona ili 4 200 tona više od plana. Proizvodnja etilena također je u porastu i iznosi 37 708 tona.

I. R.

TE SISAK — REKONSTRUKCIJA »BLOKA L«

Predstavnici Hrvatske elektroprivrede, sisačke termoelektrane, poduzeća »Končar« iz Zagreba i njemačke tvrtke »Babcock« — TLT« nedavno su potpisali ugovor o remontu »bloka 1« u TE Sisak. Ugovor se odnosi na opremu i izvođenje radova, sve u vrijednosti četiri milijuna DEM. Ugovorom je predviđeno da njemačka država osigura robni kredit u vrijednosti 2,2 milijuna DEM uz otplatu od osam godina. U poslu sudjeluje i zagrebačka tvrtka »Končar — Generatori«. Radovi trebaju biti završeni do sredine 1994. godine. Obnovom bloka 1 u termoelektrani povećat će se snaga agregata za deset megavata.

I. R.

SUSTAV »KONČAR« USPJEŠAN IZVOZNIK

Sustav »Končar« iz Zagreba nastavlja uspješnu suradnju sa stranim poslovnim partnerima. U prvih osam mjeseci 1993. godine ostvareni su dobri rezultati. Vrijednost izvoza iznosi 82,2 milijuna DEM. Od većih poslova treba istaknuti potpisani ugovor o revitalizaciji HE »Medvode« u Republici Sloveniji. Revitalizacija obuhvaća generator i zamjenu sustava uzbune na jednom od dva instalirana agregata. Naime, za HE »Medvode« »Končar« je u razdoblju 1952 – 1954. proizveo i isporučio dva hidrogeneratora, koje nakon 40 godina proizvodnje treba obnoviti.
Ugovoreno je da ovaj posao traje nešto više od godinu dana. Vrijednost ugovora je 1,18 milijun DEM. Nositelj poslova za »Končar« jest njegov »Inženjering za energetiku i transport«, a u izvođenju sudjeluju poduzeća »Končar-Generatori« i »Končar-Elektronika i informatika«.
Trenutno se u »Končaru« obavlja generalna obnova tramvaja za potrebe ZET-a, a završetak tog projekta očekuje se sljedeće godine u sklopu obilježavanja 900. godišnjice Zagreba.

I. R.

OPSKRBA HVARA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Puštanjem u pogon prve plovne dizelske elektrane riješena je opskrba električnom energijom područje otoka Hvara. Elektrana koju je naručila Hrvatska elektroprivreda preinačen je bivši tenkonosač, koji je 50-ih godina izgrađen u Rijeci za vojne potrebe.
Preinaka obavljena u riječkom Brodogradilištu počela je sredinom lipnja. Posao je dovršen u rekordnom vremenu, uz rad u tri smjene, a u svih djelatnika se osjećala snažna volja da se što prije pomogne rješavanju energetske krize u Dalmaciji. Nakon završenih preinaka elektrana je otplovila u hvarsku luku. Elektrana je duga 40 metara, široka 6,5 metara, a nosivost joj je 250 tona. Kapaciteti spremnika za gorivo iznosi 205 kubika, što će omogućiti nesmetan rad elektrane 20-ak dana.
Za hlađenje se predviđa korištenje morske vode, što je izuzetna prednost.

I. R.

PRVO SAVJETOVANJE HRVATSKOG KOMITETA CIGRE

U Zagrebu na Elektrotehničkom fakultetu je od 10. do 13. listopada održano I. savjetovanje hrvatskog komiteta CIGRE. Tom prilikom održan je sastanak Izvršnog odbora i Skupštine HK CIGRE. Članovi su obaviješteni o najvažnijim događajima između osnivačke skupštine održane 18. 2. 1992. i ove prve redovne skupštine održane 10. 10. 1993. Da ih nabrojimo:

— HK CIGRE prihvaćena je kao nacionalni komitet CIGRE Pariz na skupštini održanoj 31. 8. 1992. u Parizu.

— Za sljedeće savjetovanje u Parizu 1994. god. prihvaćena su dva referata našeg nacionalnog komiteta:

K. Meštrović, A. Miliša

Određivanje graničnih karakteristika SF_6 prekidača pri niskim frekvencijama (SC 13)

I. Lovrek, B. Mikac, E. Šehović, A. Bobanović

Integrirana telekomunikaciona mreža elektroprivrede temeljena na konceptu ISDN (SC 35)

— Naši članovi nastupili su s referatima na međunarodnim manifestacijama:

M. Majić

Razvoj komunikacijske mreže u EES Hrvatske na 45 Annual Meeting and Exibition — Blazing New Trails in Telecommunications 27. 6. do 1. 7. 1993. San Antonio, SAD

A. Sekso

HEP — ispitivanje prirodno zagađenih izolatora na sastanku SC 33, 3. i 4. 9. 1993, u New Delhiju Indija.

— Uspostavljena je uža suradnja sa SLOKO CIGRE (slovenskim nacionalnim komitetom) i dogovorena područja budućega zajedničkoga djelovanja.

— U međunarodnoj CIGRE kao predstavnici HK CIGRE djeluju šestorica naših članova kao članovi studijskih komiteta, a četvorica kao članovi radnih grupa.

— Održane su ove manifestacije HK CIGRE:

Stručna konzultacija — Obnova i izgradnja EES Republike Hrvatske održana 26. i 27. 5. 1992.

Okrugli stol — Sustav vođenja HEP — danas i sutra održan 5. 11. 1992.

Prošireni sastanak STK 37 sa STK 22, STK 38 i HED (Hrvatsko energetsko društvo) u vezi s napajanjem Dalmacije električnom energijom. Sastanak je održan 31. 3. 1993.

Na otvorenju I. savjetovanja uvodno predavanje je održao A. Čaklović DZNM. Tema predavanja se odnosila na domaće i međunarodne propise s težištem na IEC propise. Na savjetovanju je sudjelovalo približno 350 sudionika, a predstavljena su 142 referata, od kojih jedan iz Slovenije i četiri iz Bosne i Hercegovine.

Savjetovanje je bilo organizirano u 15 skupina koje odgovaraju svim Studijskim komitetima HK CIGRE

Grupa 11. Rotacijski strojevi

Predsjednik	dr. V. Kuterovac
Tajnik	K. Kanižanec
Stručni izvjestitelji	Z. Čulig
	dr. Z. Maljković

Ukupno je razmatrano 15 referata.

Grupa 12. Transformatori

Predsjednik	dr. Z. Valković
Tajnik	A. Mikulecky
Stručni izvjestitelj	dr. Z. Godec

Ukupno je razmatrano 7 referata.

Grupa 13. Sklopni aparati

Predsjednik	dr. A. Miliša
Tajnik	mr. K. Meštrović
Stručni izvjestitelj	mr. M. Markulin

Ukupno je razmatrano 7 referata.

Grupa 15. Izolacijski materijali

Predsjednik	dr. V. Firinger
Tajnik	N. Antolić
Stručni izvjestitelji	J. Polak
	S. Čabrajac

Ukupno je razmatrano 9 referata.

Grupa 21. Energetski kabeli

Predsjednik	B. Paić
Tajnik	M. Jakovac
Stručni izvjestitelji	J. Mužny
	J. Janeš
	mr. B. Živković
	P. Čerina

Ukupno je razmatrano 11 referata.

Grupa 22. Nadzemni vodovi

Predsjednik	Z. Firšt
Tajnik	G. Hrabak-Tumpa
Stručni izvjestitelj	A. Delonga

Ukupno je razmatrano 9 referata.

Grupa 23. Rasklopna postrojenja

Predsjednik	B. Radmilović
Tajnik	Z. Koščak
Stručni izvjestitelji	mr. J. Savičević
	D. Pavlović
	mr. Z. Novoselec
	B. Radmilović

Ukupno je razmatrano 10 referata.

Grupa 31. Distributivne mreže

Predsjednik	J. Šuste
Tajnik	K. Novkovski
Stručni izvjestitelji	D. Borojević
	N. Lang-Kosić
	T. Lung
	K. Novkovski
	mr. R. Schenner
	Lj. Cvenić

Ukupno je razmatrano 14 referata.

Grupa 33. Prenaponi i koordinacija izolacije

Predsjednik dr. I. Hrs
Tajnik mr. V. Ilijanić
Stručni izvjestitelj dr. S. Žutobradić
Ukupno je razmatrano 8 referata.

Grupa 34. Zaštita i automatika

Predsjednik Ž. Zlatar
Tajnik mr. B. Filipović-Grčić
Stručni izvjestitelji mr. Filipović-Grčić
mr. P. Marušić
Ž. Zlatar
Ukupno je razmatrano 8 referata.

Grupa 35. Komunikacije i daljinsko upravljanje

Predsjednik M. Majić
Tajnik D. Papandopulo
Stručni izvjestitelji mr. V. Kavur
B. Katušić
D. Papandopulo
Ukupno je razmatrano 10 referata.

Grupa 36. Perturbacije

Predsjednik dr. M. Mikula
Tajnik D. Kršić
Stručni izvjestitelji D. Kršić
M. Sinjeri
dr. M. Begović
J. Šimić
dr. I. Plačko
Ukupno je razmatrano 9 referata.

Grupa 37. Planiranje i razvoj EES

Predsjednik dr. J. Topić
Tajnik mr. M. Zeljko
Stručni izvjestitelji dr. V. Mikuličić
M. Kalea
Ukupno je razmatrano 10 referata.

Grupa 38. Analiza EES

Predsjednik mr. Z. Tonković
Tajnik D. Nevečerel
Stručni izvjestitelj dr. Z. Cvetković
Ukupno je razmatrano 7 referata.

Grupa 39. Pogon i vođenje EES

Predsjednik dr. J. Šimunić
Tajnik Š. Radić
Stručni izvjestitelji J. Kljaić
V. Grujić
N. Puljić
mr. M. Klepo
Ukupno je razmatrano 8 referata.

Pojedini referati bili su razmatrani i u više skupina. Potanki izvještaj o radu svih skupina na savjetovanju izdat će HK CIGRE kao posebnu brošuru.

Z. Cvetković

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

PREZENTACIJA NOVIH TARIFA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Prezentiranje tarifa električne energije, a posebno promjene tarifnog sustava, vrlo su složen problem, koji je u nas sasvim zanemaren. Da je to točno, potvrđuju stalne višemjesečne rasprave među stručnjacima, i to nakon prihvaćanja novog tarifnog sustava, stalne kritike u novinama i reakcijama potrošača. Ovdje se neće objašnjavati nov tarifni sustav Hrvatske, nego dio priprema za prezentaciju novih tarifa električne energije za potrošače Njemačke. Želi se pokazati koliku važnost tom problemu pridaje jedna zemlja s visokim standardom, gdje plaćanje računa za električnu energiju sigurno nije takav problem kakav je u nas.

Prezentacija novoga tarifnog sistema za električnu energiju nije u nas za potrošače uopće napravljena. Dakako da to vrijedi i za stari tarifni sustav.

Simpozij VDEW-a »Tarifa električne energije« održan je u Goslaru 3. i 4. veljače 1992. U sklopu simpozija obradila se i problematika prezentiranja novoga tarifnog sustava potrošačima, jer se to smatra vrlo važnim za njegovo dobro funkcioniranje. Svaki tarifni sustav ima određene ciljeve, koji su uglavnom smanjivanje troškova elektroprivrede uz povoljnije cijene električne energije za njezino korištenje u određeno doba dana odnosno godine. Da se to postigne, smatraju u Njemačkoj, potrebno je najprije cijeli tarifni sustav dobro objasniti potrošačima.

Pri prezentaciji novoga tarifnog sustava Njemačke tri su osnovna elementa na koje se treba pripaziti:

— Kod dosadašnjih tarifa koristile su se neke pomoćne veličine za određivanje troškova snage, na primjer broj prostorija, poljoprivredne površine ili instalirane snage aparata. Nove tarife za kućanstva i ostale manje potrošače, osobito pri nešto većoj potrošnji, omogućuju utjecaj potrošača na vlastite troškove snage. U tom smislu napravilo se nešto na očuvanju čovjekova okoliša.
— Prema novom tarifnom sustavu potrošač za vrijeme niže tarife odnosno malih opterećenja može znatno više utjecati na svoje troškove nego prije. On se i potiče na to da bi se smanjilo opterećenje elektrana.
— Distributivna poduzeća konzultirana su i pripremaju se za novu tarifu od početka 1990. godine. U tu svrhu osnovano je 400 savjetovališta. Na savjetovanju »Mogućnost ušteda električne energije i snage« bilo je dogovora u tom smislu.

Za primjenu nove tarife bit će u dosta primjera potrebno ugraditi nova brojila s mikroelektroničkim elementima. To vrijedi za 96-satnu tarifu. U tu grupu ulaze potrošači s potrošnjom od 10000 kWh/g i više. To vrijedi i za kućanstva s takvom potrošnjom.

Sljedeći je korak primjena 96-satnih brojila za mjerenje snage, ali još nije rješeno pitanje njihove cijene.

Novim brojilima stimulira se veće korištenje električne energije noću, čime se mogu kompenzirati troškovi brojila. Zanimljivo je objasniti primjenu te noćne energije.

Kod drugih tarifa potrošačima se prezentira kako ju je najbolje iskoristiti za sebe, a u interesu izravnavanja dijagrama opterećenja distributivnog poduzeća.

Da se sve promjene dobro objasne potrošačima, potreban je i odgovarajući pristup. Informatika se u današnje vrijeme veoma razvila, pa prema prof. dr. Zentesu iz Instituta za internacionalni marketing sveučilišta pokrajine Saar, nema razloga da se i potrošači električne energije ne obavještavaju na odgovarajući način. To se misli provesti na osnovi multimedialnog koncepta koji je on izložio na simpoziju.

Stari način obavještavanja pomoću brošura ne zadovoljava. Sada se treba koristiti videofilmovima i filmskom tehnikom.
Za najbolju prezentaciju tarife raspisan je natječaj. Taj cijeli sustav izbora najboljih prezentacija nazvan je »burzom ideja«.
S obzirom na njemačke prilike, važna je u prezentaciji i višejezičnost. Tako se informacije obavljaju na engleskom, turskom, talijanskom i južnoslavenskim jezicima.

Tok rada simpozija

Ovo je prvi simpozij o tarifama koji je organizirao VDEW. Prisustvovalo mu je 260 stručnjaka iz distributivnih organizacija Njemačke. Također su bili prisutni gosti iz Austrije i Švicarske. Osim elektroprivrednih stručnjaka, bilo je nazočno i devet stručnjaka za cijene.
Najprije je na tri predavanja, uz raspravu, napravljen pregled i objašnjenje nove tarife.
Nakon toga raspravljalo se o iskustvima s novom tarifom, osobito 96-satnom tarifom i tarifom snage ovisne o potrošnji. Rasprava je dopunjena posebnim problemima vezanim za bivšu Njemačku DR.
U raspravama se razgovaralo i o prijedlozima za budući razvoj tarifa. Osobito je bio zanimljiv pokus Freiburga s vremenskim zoniranjem tarife i studija sveučilišta Paderborn o dinamičkoj tarifi, koja se provodi na području Rajne. Iskustva Freiburga djelomično su ušla u praksu.
Dosta se raspravljalo o načinu provjere tarife na mnogobrojnim kućanstvima, a to isto moglo se provesti na manjem broju poduzeća.
Drugi dan savjetovanja raspravljalo se o troškovima potrošača i njihovu informiranju. Za tu temu bili su zaduženi dr. G. Zimmermann i dr. J. Zentes.
G. Zimmermann iz Visoke škole za privredu i politiku u Hamburgu pozabavio se u svom referatu »Poboljšava li se troškovno orijentiranje sa novom tarifom električne energije« uglavnom problemom fiksnih troškova, koji u distribuciji iznose 70% ukupnih troškova. Na temelju vremena iskorištenja vršnog opterećenja zalagao se za nešto prikladniji put vezanja fiksnih troškova uz potrošene kilovatsate. Iskazao je bojazan da jedinstvena tarifa za sve vrste potrošnje vodi internom subvencioniranju.
J. Zentes je upozorio na poteškoće i probleme distributivnih poduzeća da zainteresiraju potrošače za razumijevanje i prihvaćanje nove tarife. Prema njemu bi ozbiljnost pristupa tom problemu trebala konkurirati pristupu duhanske industrije u reklamiranju cigareta.
Budući da elektroprivreda ne smije električnu energiju tretirati kao klasičnu tržišnu robu, ona ostaje i dalje jedan »Low interest«. Bez obzira na to, ipak treba pokušati bolje ocijeniti njezine kvalitete. Jedna od mogućnosti je njezin komfor i utjecaj na okoliš.

Ministarski savjetnik M. Cronenberg iz Saveznog ministarstva privrede referirao je o temi »Prijelaz BTO skrbništva iz Saveznog ministarstva privrede«, i povezao taj problem s novim tarifnim pravilnikom.
M. Cronenberg se dalje osvrnuo na obračun snage. On smatra da jedino napuštanje fiksnog obračuna snage može dovesti do poticaja za štednjom električne energije. Distributivna poduzeća trebaju također paziti na jednostavnost i preglednost tarifnog sustava uz postizanje racionalne i štedljive potrošnje. Dalji energetski cilj jest optimiranje potrošnje svih vrsta energije.
Također smatra pozitivnim da se potrošač savjetuje s distribucijom, jer on mora znati što mu se isplati a što ne.
M. Cronenberg je izrazio zadovoljstvo što se tema tarife električne energije nije zapustila, a time se preuzeo dio odgovornosti ministarstva.
U daljem radu analizirao se utjecaj nove tarife na korištenje protočnih bojlera, štednjaka i ostalih kućanskih aparata s proračunom prosječne cijene električne energije.
Za raspravu je bilo rezervirano dosta vremena. Tijekom žive rasprave izražena je želja distributera da se ostane na fiksnom obračunu snage. Također je bilo dosta pristaša više tarifnih grupa, ovisno o primjeni električne energije.

Natječaj za prezentaciju tarife za kućanstva

Paralelno sa simpozijem »Tarife električne energije« održao se natječaj za najbolje prezentacije tarife za kućanstva. Taj natječaj nazvan je, kako smo već rekli, burza ideja. Raspisan je početkom veljače. Na »burzi ideja« sudjelovalo je 16 sudionika. Oni su izložili 60-ak panoa veličine 1 × 1 m.

Na »burzi ideja« primijenili su se različiti i originalni informacijski mediji. Za vrijeme odmora su prostorije s izloženim prezentacijama bile najomiljenije sastajalište sudionika simpozija, gdje su se i iznosile razne ideje i o njima se raspravljalo.
Vrlo često su uspoređivane pojedine prezentacije. Pritom se mogla primijetiti slaba informiranost distribucija. To se najviše odnosilo na proračun za nižu tarifu.

»Burza ideja« poslužila je i za sudjelovanje njemačkih sudionika na natjecanju Unipeda »Prezentacija tarife« održanom od 9. do 11. rujna 1992. u Lausanni u sklopu Treće konferencije o tarifama.
Izbor žirija na »burzi ideja« bio je prema propozicijama Unipede. Učesnici žirija bili su sljedeći:

— G. Cleusnizer, visok funkcionar u elektroprivredi
— K. Gagel, visok funkcionar u elektroprivredi
— P. Nicolai, rukovoditelj VDEW odjela informatika
— S. Porsch, predsjednik Saveza njemačkih domaćica
— J. Zentes, direktor Instituta za internacionalni marketing, Sveučilište pokrajine Saar.

Na »burzi ideja« bile su tri grupe izlagača, i to za sljedeća poduzeća:

— prijenosna
— regionalna
— komunalna.

Za svaku grupu žiri je podijelio dvije nagrade. Nosilac prve nagrade bit će predstavnik na natjecanju Unipeda. To su:

— RWE Energie AG
— Isar-Amperwerke AG
— Freiburger Energie — und Wasserversorgung AG.

Druga mjesta su osvojili:

— VEW Dortmund
— MEAG Halle
— Stadtwerke Frankfurt (Main).

Svaki sudionik dobio je svjedodžbu.

Svi sudionici smatraju da su VDEW simpozij »Tarifa električne energije« i burza ideja za prezentaciju tarife bili vrlo korisni.

Elektrizitätswirtschaft, Jg. 91 (1992), Heft 5 i 6

R. Schenner

TURSKA PLANIRA OPSEŽNU IZGRADNJU ELEKTRANA

Turska je elektroprivreda (TEK) izradila vrlo opsežan plan izgradnje 187 elektrana. Od toga se predviđa gradnja 113 novih hidroelektrana, 45 elektrana na ugljen, 27 na plin i dvije nuklearne elektrane. U 1993. se predviđa potrošak 72 TWh, prema 66 TWh u prethodnoj godini. Prema planu, u godini 2010. električna će energija iznositi 15% od nacionalne energetske potrošnje. Danas je taj postotak približno 10%.

Water Power, god. 45 (1993), br. 4

Mrk.

NJEMAČKO-NORVEŠKI UGOVOR O PLINOVODU

Savezna Republika Njemačka i kraljevina Norveška sklopile su ugovor »Europipe« o gradnji drugog plinovoda od norveških terminala Sleipner i Troll do njemačkoga grada Emdena. Od jeseni 1995. tim će se putem prenositi u Njemačku 18 milijardi m³ zemnog plina. Do godine 2000. 25% njemačke potrošnje zemnog plina osigurat će se iz Norveške.

ETZ, god. 114 (1993), br. 11

Mrk.

STAGNIRANJE POTROŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ŠVICARSKOJ

U godini 1992. u Švicarskoj je porast potrošnje električne energije iznosio samo 0,6%, prema prethodnoj godini. To je najniži godišnji porast od 1975. Razlog je tome privredna recesija i blaga zima. No razlike porasta su znatne u različitim granama potrošnje. U uslužnim djelatnostima povećanje je iznosilo 2,7%, u domaćinstvima 2,3%, poljoprivredi 1% i prometu 0,6%. Znatno smanjenje potrošnje zabilježeno je u industriji, gdje je pad potrošnje 2,2% (385 GWh). Pri tome treba još uzeti u obzir da je nacionalni bruto proizvod pao za 0,6%, a industrijska proizvodnja za 1,1%.

Od ukupnog konzuma električne energije otpada na pojedine potrošačke skupine:

Industrija i obrt	35%
Kućanstva	30%
Uslužne djelatnosti	25%
Promet	8%
Poljoprivreda	2%.

Te je podatke objavio Savez švicarskih elektrana (VSE).

Elektrizitätswirtschaft, god. 92 (1993), br. 12

Mrk.

TRŽIŠTE ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZEMLJAMA EZ

Proizvodnja električne energije izvan javnih elektrana najveća je (1991) od svih zemalja EZ u Njemačkoj. Od ukupno proizvedenih 500 milijardi GWh, 14,8% otpada na industrijske, rudarske i privatne pogone. Takva je proizvodnja, doduše, postotno veća u Nizozemskoj (16,9%), ali je u apsolutnom iznosu kudikamo manja. Ukupna proizvodnja električne energije u Nizozemskoj (71,6 milijardi kWh) manja je od one proizvedena izvan javnih elektrana u Njemačkoj. U nekoliko ostalih zemalja EZ ti se postoci kreću kako slijedi:

Italija	13,3%
Velika Britanija	6,5%
Francuska	5,9%
Portugal	5,5%
Grčka	2,6%
Irska	1,5%

ETZ, god. 114 (1993), br. 11

Mrk.

RADNO VRIJEME INDUSTRIJSKIH RADNIKA 1992.

U razmatranju statističkih podataka o godišnjim radnim satima industrijskih radnika u 18 zemalja može se zaključiti da najviše rade radnici u Japanu, a najmanje oni u Njemačkoj. Razlika sati tijekom godine iznosi 413. Ako bi se željelo da Njemačka izravna s Japanom radno vrijeme, trebalo bi ne samo smanjiti dopuste, već raditi i svake druge subote. Treba, međutim, uzeti u obzir da je za Japan računano stvarno radno vrijeme, a za Njemačku tzv. tarifno radno vrijeme, a to je ono koje bi trebalo odraditi. Njemu treba dodati prekovremene, a oduzeti izostanke, prije svega bolovanja, koja su mnogo veća nego u Japanu.
Za 18 industrijskih zemalja statistika daje sljedeće tarifno radno vrijeme (osim Japana):

Japan	2 080 sati	Španjolska	1 788 sati
SAD	1 912 sati	Velika Britanija	1 777 sati
Portugal	1 898 sati	Francuska	1 771 sati
Švicarska	1865 sati	Norveška	1 748 sati
Grčka	1 848 sati	Belgija	1 744 sati
Irska	1 817 sati	Nizozemska	1 732 sati
Luksemburg	1 800 sati	Austrija	1 722 sati
Švedska	1 792 sati	Danska	1 691 sati
Italija	1 788 sati	Njemačka	1 667 sati

ETZ, god. 114 (1993), br. 11

Mrk.

MOGUĆNOST RAZVOJA NOVIH JEFTINIJIH FOTOVOLTAIČKIH SUNČANIH ĆELIJA

Na američkom sveučilištu Princeton University prave se pokusi, i razvija nova vrsta fotovoltaičke ćelije, koja bi mogla biti mnogo jeftinija od današnjih. Načelo njihova rada posve je drukčiji od postojećih, koje rade na bazi poluvodiča. Smjesa cirkonskog fosfanata i organskog spoja na osnovi piridina može hvatati elektrane i spremiti ih nekoliko mjeseci. Do sada postignuta korisnost od 3% nije još dovoljna za planirane katalitičke ili sintetske reakcije.

ETZ, god. 114(1993), br. 11

Mrk.

UDRUŽENJE TVRTKI PROIZVOĐAČA VISOKONAPONSKE MJERNE OPREME

Poznate tri tvrtke, proizvođači visokonaponske mjerne opreme MWB Messwandlerban AG, Heafely Holding AG i Trench Eletric, žele svoje aktivnosti sjediniti u jedinstvenu industrijsku grupu Heafely-Trench. Te tvrtke, čiji je promet u 1992. iznosio 390 milijuna DEM, najveći su svjetski proizvođači mjernih transformatora, visokonaponskih mjernih sistema, provodnih izolatora i prigušnica za kompenzaciju.

ETZ, god. 114(1993), br. 11

Mrk.

ELEKTRONIKOM UPRAVLJANI VLAK

Na međunarodnoj vrtnoj izložbi u Stuttgartu u pogonu je vlak upravljan elektronikom, bez strojovođe. Svi se manevri obavljaju automatski, kao pokretanje, ubrzanje, kočenje, zaustavljanje i održavanje razmaka. Uređaji tvrtke Mitsubishi Electric Europe GmbH međusobom su povezani i upravljaju s 18 vlakova na jednotračnoj pruzi dugoj 4,5 km. Uređaji jamče siguran pogon i redoslijed svakih 30 s. Time se omogućuje prijevoz 3500 osoba na sat. No, ipak, bez čovjeka se ne može. Kao i prije, na pet postaja željezničari daju signale za odlazak i pomažu putnicima.

ETZ, god. 114(1993), br. 12

Mrk.

NAJMODERNIJA ELEKTRANA — TOPLANA U EUROPI

U Semmeringu kraj Beča u puni je pogon puštena najmodernija kombinirana elektrana — toplana, dobavljena od tvrtke Siemens. Na temelju toplinskih procesa, gdje se vrući plinovi iz plinske turbine vode u ložište parnog kotla, postiže se u kombiniranom postrojenju, loženom naftom ili zemnim plinom, znatno veća korisnost nego u uobičajenim elektranama. Daje li još pri tome uređaj i toplinu, faktor iskoristivosti energije goriva naraste na 80%. Električna je snaga uređaja približno 300 MW, pri istovremenoj odaji topline od 350 MW. Pri maloj toplinskoj potrebi može se povećati električna snaga na 440 MW.

ETZ, god. 114(1993), br. 12

Mrk.

UKLANJANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA U JAPANU

Prema studiji japanske korporacije Power Reactor and Nuclear Fuel Development, definitivno odlaganje visokoradioaktivnog otpada u Japanu može se postići samo ukopavanjem duboko u zemlju. Istraživanja su pokazala da će do godine 2030. biti potrebno ukloniti i osigurati od potresa i ostalih elementarnih katastrofa više od 40 000 bačava dimenzija promjera 40 cm i visine 1 m. Predlaže se da se u zemlji izbuše rupe duboke 100 m, u njih spuste bačve s nuklearnim otpadom i zaliju bentonitom, čime bi se spriječio pristup vode. Šaht bi se zatvorio debelom pločom od čelika bogatog ugljikom i slitine titana. Takav bi način odlaganja, smatra se, bio siguran najmanje 1 000 godina. No da se taj postupak dalje razvija, potrebne su dodatne studije.

ETZ, god. 114(1993), br. 12

Mrk.

PROMET KROZ TUNEL ISPOD La MANCHA TEK 1995.

Potpredsjednik konzorcija graditelja tunela između Francuske i Engleske izjavio je da će se otvorenje normalnog prometa tunelom morati odgoditi do 1995. Tunel će, doduše, biti završen već u proljeće 1994, no softver potreban za upravljanje i nadzor neće do tog doba biti završen i ispitan. Osim toga, otvorenje 1995. bit će moguće samo ako svi sudionici završnih radova budu skladno surađivali.

ETZ, god. 114(1993), br. 12

Mrk.

NESREĆA U NUKLEARNOJ ELEKTRANI

U svibnju 1993. došlo je do eksplozije na bloku 5 u ukrajinskoj elektrani Energodar (Zaporožje). Tom je prilikom smrtno stradao jedan radnik, a drugi je teško ranjen, no nije bilo povećanja radioaktivnosti. Uzrok nesreće bila je nepažnja pri popravku rashladnog cjevovoda. Treba spomenuti da je nuklearna elektrana Energodar jedna od najvećih svoje vrste u Europi. Puštena je u pogon 1984. i prvobitno je bila predviđena za 6 blokova snage 1 000 MW.

ETZ, god. 114(1993), br. 12

Mrk.

UTJECAJ UVOĐENJA ENERGETSKOG POREZA EZ

Generalna direkcija za privredu EZ predviđa da bi predloženi porez na emisiju CO_2 i energente mogao znatno utjecati na europsko gospodarstvo. Na zaposlenost i inflaciju, smatra direkcija, utjecaj neće biti velik, uz pretpostavku fleksibilne primjene. Skupljeni prihod slijevat će se opet u privredne tokove. No kod velikih potrošača električne energije očekuje se znatno povećanje cijena odnosnih proizvoda, dok bi se u uslužnim djelatnostima cijene mogle nešto smanjiti. U domaćinstvima s većim potroškom energenata bit će također znatno povećani troškovi, no to će se, gledajući dugoročno, kompenzirati upotrebom uređaja koji manje troše električnu energiju.

Na slične mjere koje uvodi EZ misli se i u SAD, no važno bi bilo da to prihvate i ostale industrijske zemlje.

Prema izvješću (IEA) u Parizu, samo uvođenje poreza neće smanjiti emisiju CO_2. IEA računa da će zemlje udružene u organizaciju OECD povećati emisiju CO_2 do godine 2010 za 38%. U zemljama, pak, izvan te organizacije podvostručit će se emisija. Osim toga, spomenuti porez je nedostatan instrument, jer se cijene kod krajnjih potrošača neće povećati razmjerno porezu. Da se emisija bitno snizi, potreban bi bio vrlo visok porez. Pri oporezivanju od 100 USD po toni CO_2 ili oko 10 USD po barelu nafte, emisija do 2010. godine pala bi za 9% prema 17% pri 300 USD po toni CO_2. To je potrostručenje energetskog poreza i podvostručenje smanjenja emisije.

No o uvođenju CO_2 i energetskog poreza ima i drugih mišljenja. Savezno udruženje njemačke industrije (BDI) smat-

ra uvođenje poreza lošim putem za zaštitu klime (smanjenje emisije za 3,8%). Porez bi Njemačku opteretio s 11 milijardi DEM dodatnih troškova, a taj novac ne bi bio na raspolaganju za zaštitu okoliša. U drugim zemljama OECD nastali troškovi bili bi znatno niži, a to bi poremetilo međunarodnu konkurenciju. BDI se izjasnio za dobrovoljne mjere za redukcije emisije CO_2.

ETZ, god. 114(1993), br. 13 i 14/15

Mrk.

HE CABORA BASSA OD 1996. RADIT ĆE PUNOM SNAGOM

Najveća afrička hidroelektrana, Cabora Bassa u Mozambiku koja sada radi samo s 1% snage jer nema potrošača, proradit će punom snagom 1996. (vidjeti Energija, god. 41, 1992, br. 5). Elektrana je nakon stavljanja u pogon 1979. samo kratko radila punim kapacitetom, jer je zbog građanskog rata srušen istosmjerni dalekovod kojim se energija prenosila u Južnoafričku Republiku. Na dalekovodu dugom 1 400 km srušeno je 300 km voda. Popravak će početi u jesen 1993, a predviđa se završetak 1996. Troškovi će iznositi 125 milijuna USD.

ETZ, god. 114(1993), br. 13

Mrk.

SUPRAVODIČI NA BAZI ŽIVINOG OKSIDA

U švicarskoj Saveznoj tehničkoj visokoj školi u Zürichu uspjelo je razviti visokotemperaturni supravodljivi materijal kritične temperature od 133 K. Taj je podatak također potvrđen u SAD na sveučilištu u Hustonu. Osnova za taj supravodljivi materijal jesu spojevi živinog oksida. Od 1988. bio je poznat supravodljivi spoj talij-kalcij-barij-bakrenih oksida s rekordno visokom kritičnom temperaturom od 127 K. U ožujku 1993. otkriveno je da sloj živinog oksida, između sloja barijevog i bakrenog oksida, ima kritičnu temperaturu supravodljivosti 94 K. Dalje mješavine tih oksida istražuju se na ETH Zürich. Praktičnost upotrebe tog materijala tek će se pokazati. Otrovnost mu je jedna od mana, pa tehnička primjena traži posebni oprez. S druge pak strane, navedeni se živini spojevi mogu lakše proizvoditi i sintetizirati. Za sada još manjkaju podaci o ponašanju ovih materijala u jakim magnetskim poljima i pri opterećenju velikim strujama. Nadalje, moraju se riješiti problemi obrade i jesu li mogući tanki slojevi u obliku filma za upotrebu u elektronici.

ETZ, god. 114(1993), br. 13

Mrk.

KONTINUIRANO REGULIRAN SERIJSKI KONDENZATOR

Nedavno je u Kayentu (Arizona, SAD) pušten u pogon dalekovod koji ima, prvi u svijetu, serijsku kompenzaciju koja se može kontinuirano regulirati. Time se mijenja stupanj kompenzacije i opterećenje dalekovoda. Uređaj za kompenzaciju sastoji se od serijskog kondenzatora i prigušnice regulirane putem tiristora. Tim je uređajem omogućeno prenijeti vodom 230 kV na daljinu 320 km 400 MW. Time se izbjegne gradnja novih vodova i omogućuje prijenos energije iz udaljenih izvora. Kompenzaciju je izgradilo američko elektroprivredno poduzeće Western Area Power Administration (Wapa) s tvrtkom Siemens, uz investicije otprilike 6 milijuna USD.

ETZ, god. 114(1993), br. 13

Mrk.

RUSKA PROIZVODNJA NAFTE I DALJE PADA

Prema predviđanjima, Rusija će u prvoj polovici 1993. proizvesti bitno manje nafte i plinskog kondenzata nego u istom razdoblju prethodne godine. Pad će iznositi 18%, pa bi polugodišnja proizvodnja bila tek 168 milijuna tona [vidjeti Energija, god. 42(1993), br. 1]. Navedeni su podaci dobiveni od ruskog Ministarstva za gospodarstvo.

ETZ, god. 114(1993), br. 13

Mrk.

REZERVE ZEMNOG PLINA JOŠ 60 GODINA

Prema mišljenju R. Williamsa, jednog od rukovodilaca Royal/Shell grupe, svjetske će rezerve zemnog plina trajati još 60 godina. Da se te rezerve iskoriste, trebat će u sljedećih 20 godina uložiti 1 000 milijardi USD. Danas se troši godišnje približno 2 000 milijardi m^3, a pri procjeni trajanja rezervi pretpostavljeno je godišnje povećanje potrošnje od 25% do godine 2010. Kako se nova nalazišta nalaze u sve udaljenijim i nepristupačnijim područjima, sve se više isplati doprema tekućeg plina tankerima.

ETZ, god. 114(1993), br. 14/15

Mrk.

ZABAVA STOJI ENERGIJE

Prema podacima Saveza njemačkih elektrana (VDEW), stalni pogon uređaja zabavne elektronike troši u Njemačkoj 4 do 5 milijardi kWh godišnje. To bi, otprilike, odgovaralo potrošnji 33 000 000 televizora koji su u pogonu 4 sata na dan. Potrošači će biti zamoljeni da drže priključene samo one aparate koji traže stalni napon, a pri kupnji da odabiru one s manjim potroškom snage.

ETZ, god. 114(1993), br. 14/15

Mrk.

PROMJENA ENERGETSKE POLITIKE U ISTOČNOJ EUROPI

Prema podacima njemačkog Instituta za gospodarstvo (IW), u istočnoeuropskim zemljama trebalo bi za preobražaj energetskog gospodarstva utrošiti 150 milijardi USD u sljedećih 10 godina. Bez udjela zapadnih država takvo je financiranje nemoguće. Zapad stoga predlaže istočnoj Europi političke reforme za uvođenje reda. Tu se podrazumijeva sloboda cijena energenata, ukinuće subvencija i privatizacija u energetskom sektoru. U Mađarskoj, Poljskoj i bivšoj Čehoslovačkoj pokazuju se tendencije za decentralizacijom i jačim komunalnim utjecajem.

RTZ, god. 114(1993), br. 14/15

Mrk.

ČEGA SE NIJEMCI BOJE U BUDUĆNOSTI

U Njemačkoj je provedena reprezentativna anketa na pitanje: »Ako mislite na budućnost Zemlje, čega se najviše bojite?« Redoslijed odgovora u starom i novom dijelu Savezne Republike bio je različit. U starom dijelu bio je redoslijed: ozonska rupa, zagađenje zraka, problem smeća, promjena klime, nezdrava voda za piće i umiranje šuma. U novom dijelu pak: problem smeća, zagađenje zraka, ozonska rupa, umiranje šuma, nezdrava pitka voda, promjena klime, problem prometa. U velikom nizu odgovora na pitanja, miroljubiva upotreba nuklearne energije bila je u starom dijelu Njemačke na predzadnjem mjestu, a u novom na zadnjem.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92(1993), br. 15.

Mrk.

ENERGETSKA SITUACIJA U RUSIJI

Štednja energije ima prioritet ispred proizvodnje, naglasio je sredinom 1993. u Moskvi E.A. Rešetnikov, zamjenik ministra za nuklearnu energetiku Rusije. U daljem izlaganju pred novinarima je iznio da je posljednjih 30 godina Rusija bila najveći rasipnik energije u svijetu. Dvije trećine godišnjih gubitaka moglo se uštedjeti. Ruski potrošači, međutim, nemaju nikakav poticaj da štede energiju jer je jeftina i iznosi tek 10% svjetske cijene. Ruska proizvodnja energije u dezolatnom je stanju. Od ukupno 200 000 MW, 68% električne energije proizvodi se u termoelektranama. Mnoge od njih već su dotrajale i moraju se zamijeniti novima (približno 70 000 MW). Predviđa se da će glavna proizvodnja električne energije i nadalje dolaziti iz termoelektrana, ali će se udio ugljena, kao goriva, povećati, a plina smanjiti. Udio energije iz nuklearnih elektrana povećat će se od današnjih 12% (otprilike 20 000 MW) na 15% (39000 MW) u 2015. godini. Nuklearne će se elektrane graditi s visokom sigurnošću. Od nuklearne se energije ne može odustati jer je nužna i vrlo ekonomična, osobito u udaljenim regijama.
Razvoj nuklearne energetike planira se u tri etape:

- Od 1990. do 2000. povećanje sigurnosti blokova koji se nalaze u pogonu. Razvoj nove generacije reaktora visoke sigurnosti.
- Od 2000. do 2010. uvođenje prototipova nuklearki nove tehnologije. Stavljanje izvan pogona blokova kojima je planski prošao vijek trajanja. Posrijedi je 14 blokova snage 7 500 MW.
- Nakon 2010. izgradnja mnogo nuklearki prema energetskim potrebama.

Premda je bilo o tome mnogo govora, rekao je Rešetnikov, do sada u Rusiju nije stigla nikakva pomoć EG za povećanje sigurnosti u nuklearkama.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92(1993), br. 16

Mrk.

ISPITIVANJE PLASTIČNIH KABELA 400 kV

Šest njemačkih tvrtki, proizvođača visokonaponskih kabela, odlučilo je svoje kabele za 400 kV, izolirane umrežanim polietilenom, podvrći jednogodišnjem ispitivanju ispitnim naponom 1,7 Uo. Tim bi ispitivanjem trebalo provjeriti da li se klasični uljni kabeli mogu zamijeniti plastičnima. Svaka bi tvrtka trebala dati na ispitivanje kompletnu fazu kabela sa spojnicama i zaglavcima, duljine 100 – 150 m, presjeka kabela 1 600 mm Cu. Svi bi kabeli bili ispitani na jednak način u jednakim uvjetima. Prvi potencijalni korisnik novih 400 kV plastičnih kabela, ako ispitivanja pokažu zadovoljavajuće rezultate, bio bi Bewag, čime bi se proširila berlinska kabelska mreža 400 kV. Ispitivanja će biti povjerena laboratoriju CESI u Milanu, kao najspremnijem za takva ispitivanja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92(1993), br. 15

Mrk.

INDUSTRIJA ŠTEDI ENERGIJU

Veća preorijentacija industrije na električnu energiju štedi energiju u cjelini. U zapadnom dijelu Njemačke takva je preorijentacija rezultirala u vremenu od 1982. do 1992. smanjenjem potrošnje ukupne energije za 9%, ali zato porastom električne energije za 19%.
Udio elektrike u krajnjoj potrošnji energije za industriju povećan je u spomenutom razdoblju od 23% na 28%. U isto vrijeme pada ukupni potrošak goriva (ugljen, nafta, plin) za 17%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 92(1993), br. 16

Mrk.

HIDROPOTENCIJAL KINE

Ukupan hidropotencijal kineskih rijeka koji se može iskoristiti iznosi približno 378 GW, s mogućom godišnjom proizvodnjom 1 923 TWh. Potkraj 1991. ukupna instalirana snaga elektrana Kine bila je 156 473 MW, od čega 37 844 MW u hidroelektranama. Prema tome, do sada je iskorišteno samo 10% postojećeg hidropotencijala. Sada je u gradnji 11 hidroelektrana s branom višom od 100 m. Najveća je Ertan (Sichuan) na rijeci Yaloung, s branom visokom 245 m, instalirane snage 3 300 MW i godišnjom proizvodnjom 17 TWh. Od elektrana koje bi se gradile u skoroj budućnosti najveća je Tree Gorges na rijeci Yangtze, s branom visine 175 m, akumulacijom $39{,}3 \cdot 10^9$ m³, instalirane snage 17 680 MW i s godišnjom proizvodnjom 84 TWh. To bi bila najveća hidroelektrana na svijetu.

Water Power, god. 45(1993), br. 2

Mrk.

100 GODIŠNJICA PRVE JAVNE ELEKTRANE U HRVATSKOJ

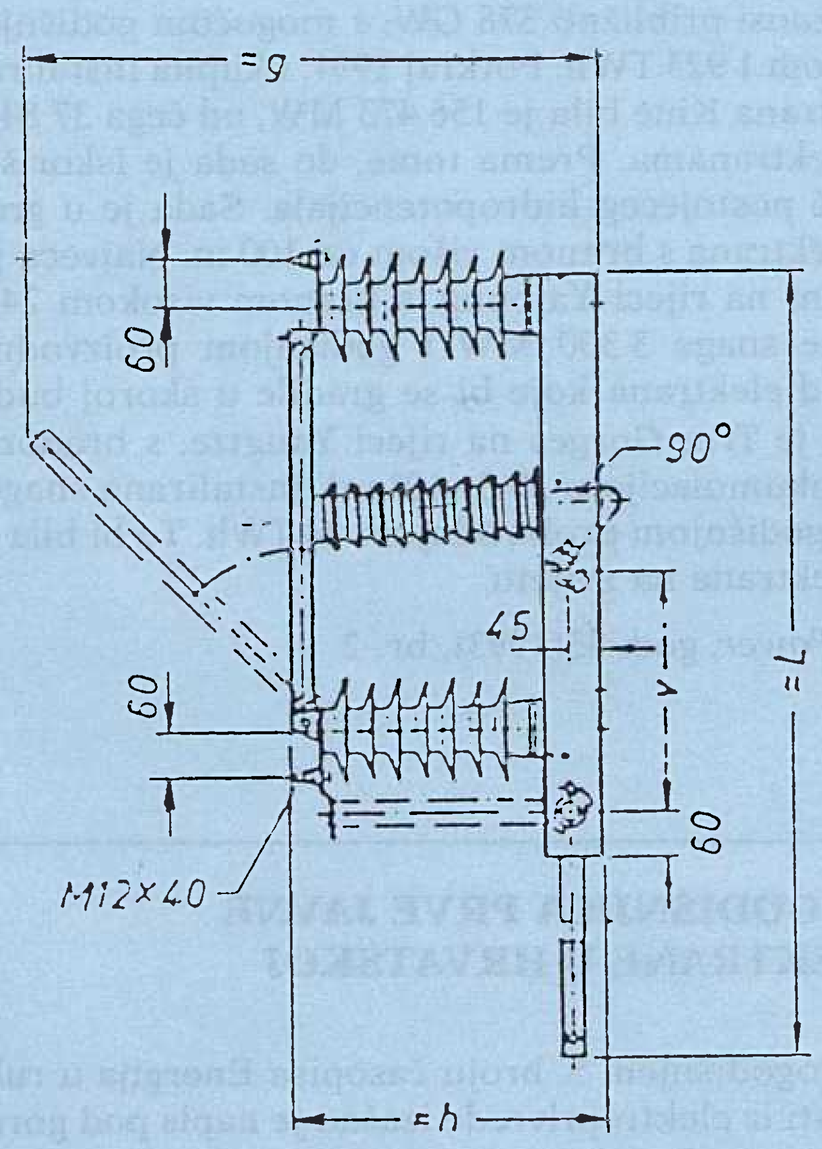
U ovogodišnjem 5. broju časopisa Energija u rubrici Vijesti iz elektroprivrede izašao je napis pod gornjim naslovom. Podsjećajući se na stogodišnjicu ulaska u pogon naše prve javne elektrane (Čakovec, 1. listopada 1893), navedeno je na kraju još nekoliko javnih elektrana koje su proradile potkraj prošlog stoljeća. No, pogreškom je izostavljena javna elektrana u Zadru, koja je rasvijetlila grad 1. siječnja 1895. U novoj elektrani u Faši bio je ugrađen pogonski parni stroj koji je pokretao istosmjerni generator od 36 kW. Razdioba električne energije provedena je istosmjernim trovodnim sistemom 2 × 150 V.
Tako opremljeno postrojenje radilo je do godine 1902, kad je izvedeno prvo proširenje ugradnjom većeg parnog stroja s istosmjernim generatorom 160 kW. Ovime ispravljamo nehotičnu pogrešku.

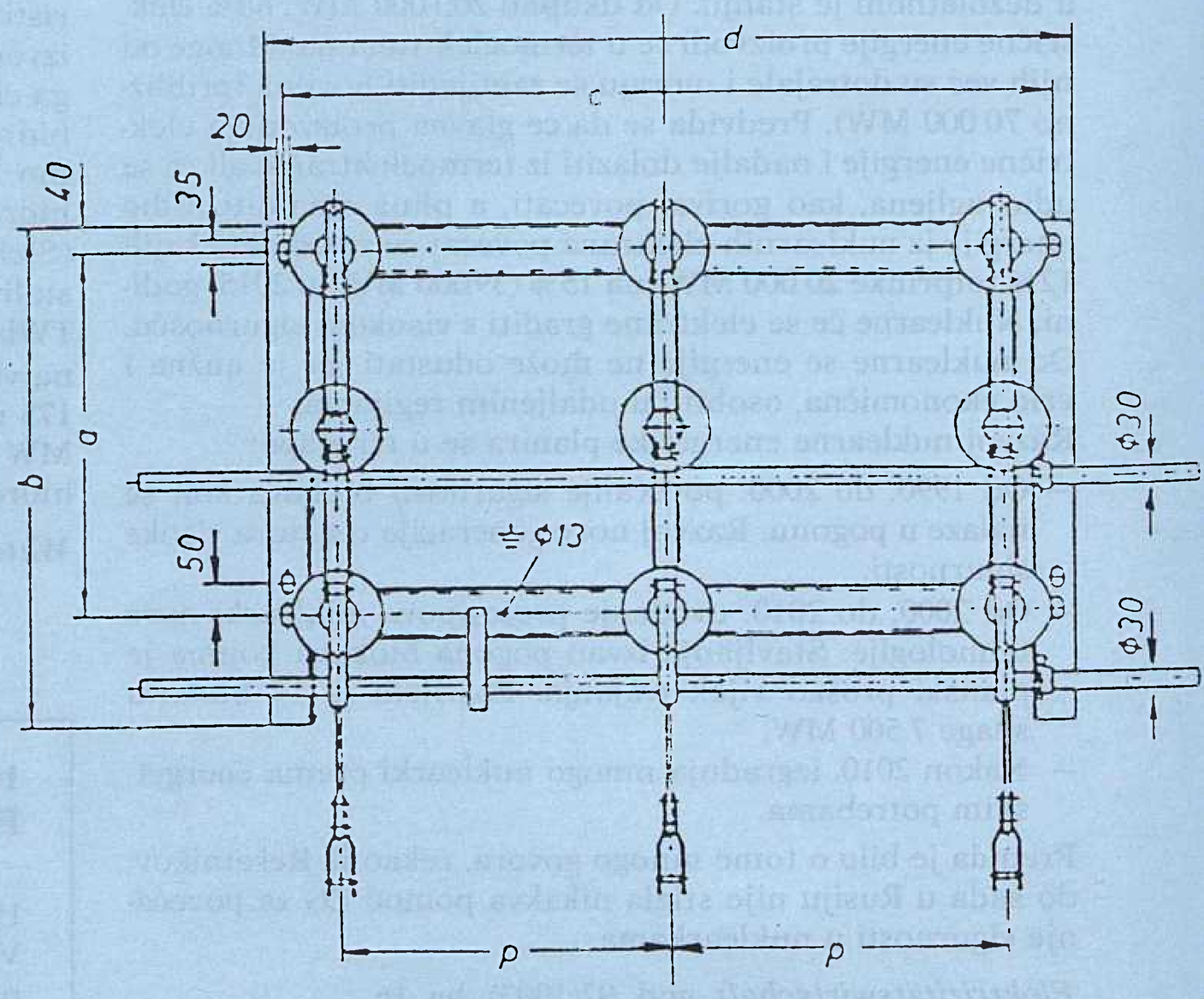
B. Markovčić

RASTAVLJAČI ZA VANJSKU MONTAŽU do 36 kV 630 A

4 LRS

- ☐ ZAMJENJUJU DRUGE TIPOVE UGRAĐENIH RASTAVLJAČA
- ☐ DUG VIJEK TRAJANJA
- ☐ JEDNOSTAVNO RUKOVANJE
- ☐ BRZA IZMJENA REZERVNIH DIJELOVA
- ☐ VERTIKALNA MONTAŽA
- ☐ NA DRVENI, BETONSKI ILI METALNI STUP
- ☐ ISPITANI I ATESTIRANI PREMA STAND. IEC.694 I 129





kV	Amp	a	b	c	d	≈g	≈h	p	v	≈L		Kg
12	630	470	680	970	1050	83	52	400	315	1180		
24	630	470	680	1170	1250	830	520	500	315	1180		106
36	630	470	680	1570	1650	83	52	700	315	1180		

ELEKTROPROIZVOD

41000 ZAGREB, SAVSKA 144 c
Tel.: (041) 534-421, Fax: (041) 534-421

TEHNIČKI OPIS:

PRIMJENA: Vanjska montaža u normalnim pogonskim uvjetima prema IEC stand.

MONTAŽA: Na drveni, betonski ili metalni stup

POLOŽAJ: vertikalni

MATERIJALI: Fe/Zn profili, niklani bakar porculanski izolatori, PVC kučište.

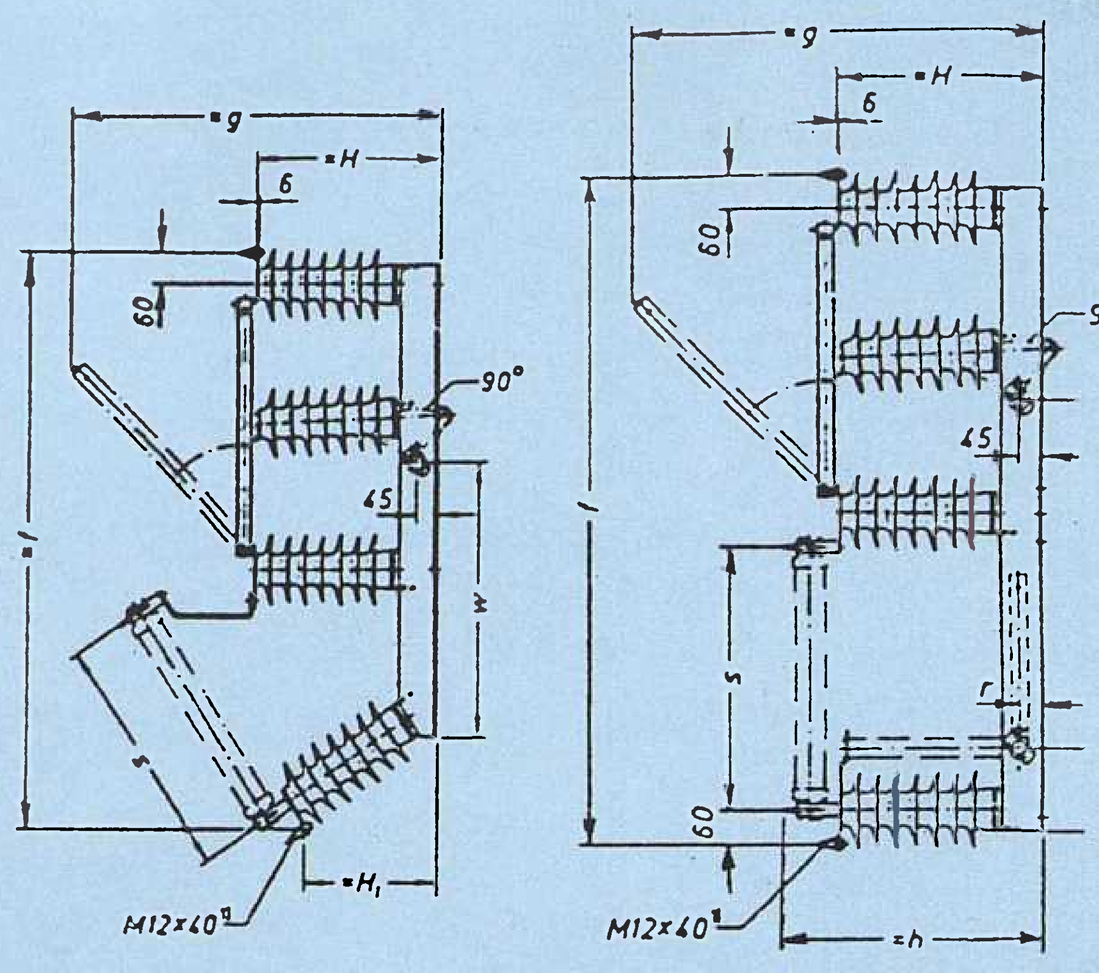
ISPITIVANJE: Prema IEC stand.

POLNI RAZMAK: Min. 500 do max 1200 kontinuirano

POLNOST: Jednopolna i tropolna

POGON: Polužni sa zabravljivanjem dužine do 15 met. (jednostruki, dvostruki ili trostruki)

IZVEDBA: Sa ili bez noževa za uzemljenje sa osiguračima[1] ili sa oboje.[2]



1) 4 LRSZ 2) 4 LRSZO

Tehnički podaci:

U zatvorenom položaju ove sklopke mogu provoditi slijedeće nazivne struje:

Nazivni napon kV	Nazivna struja A	Podnosiva tjemena vrijednost struje kA	Kratkotrajna podnosiva struja kroz 1 s* kAef
12, 24, 38	200	25	10
	400	35	14
	630	50	20

* Pri trajanju kratkog spoja t između 1 i 5 sekundi, treba navedenu kratkotrajnu struju kroz 1 s pomnožiti sa $1/\sqrt{t}$.

Zamjenjuje tipove drugih proizvođača:

„ELEKTROPROIZVOD" Zagreb	Končar" Sombor	„EMO" Ohrid
4 LRS 24-630-3	FT 3	RNO 24/630/501
4 LRSZ 24-630-3	FTZ	
4 LRSO 24-630-3	FTS 3	

KOD NARUDBE NAPIŠITE POTREBNE OZNAKE

4 LRS [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

- montaža V; H
- polni razmak 500 - 1200
- polnost
- nazivna struja 200; 400; 630;
- nazivni napon 12; 24; 36;
- LRS linijski rastavljač
- LRSZ " " sa nožem za uzem.
- LRSO " " sa osiguračem
- LRSZO " " sa nožem i osiguračem
- oznaka serije

ELEKTROPROIZVOD

Služi za informaciju

Pridržava se pravo izmjene podataka

Energija

Godište 42 (1993) Br. 6

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1096 UDK 621.039.5:621.311.1

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/6, 333 – 337

NUKLEARNE ELEKTRANE U ENERGETICI HRVATSKE

Dr. Goran Granić, dipl. ing. — dr. Branka Jelavić, dipl. ing. — mr. Branko Vuk, dipl. ing.

Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Energetski prostor, kao i ukupno gospodarstvo Republike, pod utjecajem su ukupnih događanja na ovom prostoru. Takva situacija zahtijeva promišljen odnos prema svim pojavama i mogućnostima razvoja. Izgradnju nuklearnih elektrana treba promatrati kao jednu od mogućih opcija razvoja elektroenergetskog sustava nakon 2010. godine. Zbog toga je potrebno pratiti tehnološki napredak u korištenju nuklearne energije, kao i razvoj sigurnosti rada nuklearnih elektrana, te pitanje gospodarenja gorivom i ostalim otpadom.

(Lit. 8, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autori

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/333 – 337/1993

ENERGIJA 1089 UDK 621.311.1

STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/6, 339 – 343

ELEKTROENERGETSKI SUSTAV HRVATSKE
Kako dalje?

Ive-Vice Cukrov, dipl. ing.

Skupština grada Zagreba, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 45, Hrvatska

U stručnom članku se govori kako je razvijen elektroenergetski sustav Hrvatske, te se postavljaju pitanja na koja je potrebno odgovoriti prije obnavljanja razrušenih vodova i trafostanica, te građenja novih.

(Lit. 9, sl. 2 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/339 – 343/1993

ENERGIJA 1091 UDK 621.31:620.91

PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 42/1993/6, 357 – 362

POTENCIJALNE ENERGETSKE MOGUĆNOSTI AGRARA-SUŠARE ŽITARICA

Mr. Mirko Rigo, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Hrvatska

Sušare troše velike količine fosilnog goriva za proizvodnju toplinske energije. Znatna količina biomase agrarne proizvodnje nezaobilazan je energetski potencijal prikladan za upotrebu pri sušenju žitarica. Koristeći se toplinsko-energetskom pretvorbom, povećavamo iskoristivost primarne energije.

(Lit. 15, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/357 – 362/1993

ENERGIJA 1091 UDK 621.31:620.91

1. Potencijalne energetske mogućnosti agrara-sušare žitarica
I. Rigo M.
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Hrvatska

Agrar
Biomasa
Energija
Sušenje

ENERGIJA 1089 UDK 621.311.1

1. Elektroenergetski sustav Hrvatske. Kako dalje?
I. Čukrov I.– V.
II. Skupština grada Zagreba, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 45, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Prijenosna mreža

ENERGIJA 1096 UDK 621.039.5:621.311.1

1. Nuklearne elektrane u energetici Hrvatske
I. Granić G. — Jelavić B. — Vuk B.
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d, Zagreb, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Energetika
Energetske potrebe
Nuklearne elektrane

Energija

Godište 42 (1993) Br. 6

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1090 UDK 620.9:63
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/6, 345–356

HRANA I ČOVJEK — POLJOPRIVREDA I ENERGIJA

Prof. dr. Zvonko Katić, dipl. ing.

Agronomski fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Svetošimunska 25, Hrvatska

»Za djedove i bake... koji su trebali 110 KWh po osobi dnevno,
Za roditelje... koji su mislili da je 150 KWh po osobi dnevno dovoljno
Za braću i sestre... koji su trošili 250 KWh po osobi dnevno
Za našu djecu...koja će vjerojatno zaključiti da kod 350 KWh dnevno — trebaju početi štedjeti
Za naše unuke...koji će morati zaključiti da je 110 KWh dnevno dovoljno«

Richard C. Bailie (1978)

Analiza energetske valjanosti proizvodnje hrane upućuje na sve lošije iskorištavanje uložene energije. Uzrok tome je težnja za povećanjem prinosa i smanjivanjem ljudskog rada upotrebom mehanizacije, povećane prihrane bilja, zaštite bilja i konzerviranjem nedozrelog uroda.
Od 1940. do 1970. godine odnos: dobivena energija u hrani: uložena energija za proizvodnju (input: output) smanjio se u SAD od 1:4 na 1:2,82, a u Francuskoj od 1:3 na 1:0,82.
Porast energije koja se troši na modernu poljoprivrednu proizvodnju porastao je za 17 puta u posljednjih trideset godina i u Francuskoj 1975. iznosi 9,7% od ukupne potrošene energije u zemlji.
(Lit. 21, sl. 16 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/6/345–356/1993

ENERGIJA 1092 UDK 621.315.1.005
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/6, 363–369

MODELIRANJE RAZDIOBA ZA RAZLIČITE VRSTE ZASTOJA NA NADZEMNIM VODOVIMA 10(20) kV

Dr. Franjo Majdandžić, dipl. ing.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Hrvatska

Prikazane su teorijske mogućnosti i praktički značaj utvrđivanja određenih razdioba: normalna, log-normalna, Reyleighova, gamma, binomna i Poissonova za 14 vrsta zastoja na nadzemnim vodovima 10(20) kV testirajući hipotezu testom: hi-kvadrat i Kolmogorov-Smirnov (d_α) i prihvaćajući razdiobu s vjerojatnosti $P \geq 0{,}95$.
(Lit. 18, sl. 1 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/6/363–369/1993

ENERGIJA 1094 UDK 621.315:621.316
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 42/1993/6, 377–384

KOMPAKTIRANJE I PRETVORBA DALEKOVODA 35 kV, 110 kV I 220 kV U DALEKOVODE 110 kV, 220 kV I 400 kV

Privremeni dalekovod sjever-jug

Ivan Grozdanić, dipl. ing.

Dalekovod, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Prikazana su rješenja (postupci), kompaktiranja i pretvorbe dalekovoda: 35 kV, 110 kV i 220 kV u dalekovode: 110 kV, 220 kV i 400 kV. Rješenja su postignuta za postojeće i nove tipske i druge stupove, jednosistemske oblika »jela« i dvosistemske oblika »bačva«.
Rješenja smanjuju troškove građenja, poboljšavaju odnos dalekovoda i okoliša, i štite prirodu.
(Lit. 8, sl. 12 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013–7448
ENJAAC 42/6/377–384/1993

ENERGIJA 1094 UDK 621.315:620.316

1. Kompaktiranje i pretvorba dalekovoda 35 kV, 110 kV i 220 kV u dalekovode 110 kV, 220 kV i 400 kV
I. Grozdanić I.
II. Dalekovod, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Dalekovod
Prijenosna mreža

ENERGIJA 1092 UDK 621.315.1.005

1. Modeliranje razdioba za različite vrste zastoja na nadzemnim vodovima 10(20) kV
I. Majdandžić F.
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Hrvatska

Razdioba
Kvar (zastoj)
Statistički testovi
Modeliranje razdiobe
Nadzemni vodovi

ENERGIJA 1090 UDK 621.9.63

1. Hrana i čovjek — Poljoprivreda i energija
I. Katić Z.
II. Agronomski fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Svetošimunska 25, Hrvatska

Proizvodnja hrane
Biomasa
Energetski potencijal

Energija

Godište 42 (1993) Br. 6

Časopis elektroprivrede Hrvatske

Uredništvo i uprava:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Godišnja pretplata 80 DEM

ENERGIJA 1093

UDK 621.314.212
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 42/1993/6, 371 – 375

ZAŠTITA ULJNIH ENERGETSKIH TRANSFORMATORA TERMOSLIKOM

Dr. Zdenko Godec, dipl. ing.

Končar-Institut za elektrotehniku, d.o.o, Zagreb, 41000 Zagreb, Baštijanova bb, Hrvatska

Termoslika je još uvijek najbolja i najpouzdanija zaštita transformatora od preopterećenja i pregrijavanja. Opisan je matematički model koji se u termoslici najčešće rabi, te istaknute prednosti s obzirom na zaštitu transformatora kontaktnim termometrom ili termostatom. Mjerna nesigurnost dobro podešene termoslike procijenjena je na približno +/– 6 °C (P=0,95). Procijenjeno je, također, da se primjenom otporničkih termometara (Pt – 100) i mikroprocesora nesigurnost može smanjiti za polovicu. Potencijalno bolja zaštita na temelju izravnog mjerenja temperature najtoplijeg mjesta namota svjetlovodnim termometrom još je u eksperimentalnoj fazi.

(Lit. 11, sl. 4 — original na hrvatskom)

Autor

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/371 – 375/1993

ENERGIJA 1093

UDK 621.314.212

1. Zaštita uljnih energetskih transformatora termoslikom
I. Godec Z.
II. Končar-Institut za elektrotehniku, d.o.o, Zagreb, 41000 Zagreb, Baštijanova bb, Hrvatska

Energetski transformatori
Termoslika
Temperatura najtoplijeg mjesta namota
Matematički model
Zaštita
Pregrijavanje
Preopterećenje
Analiza mjerne nesigurnosti

Energija

Volume 42 (1993) № 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1096 UDK 621.039.5:621.311.1
ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/6, 333 – 337

NUCLEAR POWER PLANTS IN CROATIAN ENERGETICS

Goran Granić, Ph. D. — Branka Jelavić, Ph. D. — Branko Vuk, M. Sc.

Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 41000 ZAGREB, Avenija Vukovar 37, Croatia

Energy field as well as the whole Croatian economy are influenced by all the events in this region. The situation demands a thoughtful relationship to all occurrences and possibilities of development.
The construction of nuclear power plants should be regarded as a possible development option of the electric power system after the year 2010. Therefore it is necessary to follow the technological development in the usage of nuclear energy, as well as the development of nuclear power plants security and the questions on economy of fuel and waste handling.
(No. of References: 8, Fig.: 4 — original in Croatian)

Authors

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/333 – 337/1993

ENERGIJA 1089 UDK 621.311.1
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 42/1993/6, 339 – 343

CROATIAN ELECTRIC POWER SYSTEM
What to do further?

Ive-Vice Cukrov, B. Sc.

Skupština grada Zagreba, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 45, Croatia

In this professional paper the development of the Croatian Electric Power System is described, and questions are passed that are to be answered before the reconstruction of the destroyed transmission lines and transformer substations and construction of new ones.
(No. of References: 9, Fig.: 2 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/339 – 343/1993

ENERGIJA 1090 UDK 620.9:63
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/6, 345 – 356

FOOD AND MAN — AGRICULTURE AND ENERGY

Prof. Zvonko Katić, Ph. D.

Agronomski fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Svetošimunska 25, Croatia

»For grandfathers and grandmothers . . . who needed 110 kWh pro person a day, for parents . . . who thought 150 kWh pro person a day was enough, or brothers and sisters . . . who used 250 kWh pro person a day, for our children . . . who will probably conclude that by 350 kWh daily — they should start to save, for our grand-children . . . who will have to conclude that 110 kWh daily is enough«

Richard C. Bailie (1978)

Analysis of energy worth of food production informs us on bad usage of submitted energy. The reason is the intention for crops increase and decrease of human work by using mechanisation, increased feed of plants, plant protection and conservation of unripe crops. From 1940 to 1970 the relationship between obtained food energy submitted for production (input: output) has decreased in USA from 1:4 to 1:2,82 and in France from 1:3 to 1:0,82.
The increase of energy needs for modern agriculture has grown 17 times during the last thirty years and in France in 1975 it made 9,7 % of total energy usage of the country.
(No. of References: 21, Fig.: 16 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/345 – 356/1993

ENERGIJA 1090 UDK 620.9:63

1. Food and Man — Agriculture and Energy
I. Prof. Z. Katić
II. Agronomski fakultet Zagreb, 41000 Zagreb, Svetošimunska 25, Croatia

Food Production
Bio-mass
Energy Potential

ENERGIJA 1089 UDK 621.311.1

1. Croatian Electric Power System. What to do further?
I. I.V. Cukrov, B. Sc.
II. Skupština grada Zagreba, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 45, Croatia

Electric Power System
Transmission Network

ENERGIJA 1096 UDK 621.039.5:621.311.1

1. Nuclear Power Plants in Croatian Energetics
I. G. Granić — B. Jelavić — B. Vuk
II. Institut za elektroprivredu i energetiku, 41000 Zagreb, Croatia

Energetics
Energy Needs
Nuclear Power Plants

Energija

Volume 42 (1993) Nº 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1091 UDK 621.31:620.91

PRELIMINARY REVIEW

ENERGIJA 42/1993/6, 357 – 362

POTENTIAL ENERGY POSSIBILITIES OF AGRICULTURE-CEREAL DRIERS

Mirko Rigo, M. Sc.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Croatia

Cereal driers consume large quantities of fossil fuels for heating energy production. Significant quantities of bio-mass of agricultural production make very suitable energy potential in cereal driers. Using heat-energy transformation we increase the efficiency of primary energy forms.

(No. of References: 15, Fig.: 4 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/357 – 362/1993

ENERGIJA 1092 UDK 621.315.1.005

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 42/1993/6, 363 – 369

DISTRIBUTION MODELLING FOR DIFFERENT TYPES OF INTERRUPTIONS ON OVERHEAD (10)20 kV LINES

Franjo Majdandžić, Ph. D.

Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Zagreb, Istarska 3, Croatia

The paper presents the theoretical possibilities and practical significance of distribution determination for: normal, log-normal, Reyleighs', gamma, binomial and Poissons' for 14 types of interruptions on overhead 10(20) kV lines by testing the hypothesis using the hisquare test or Kolmogorov-Smirnov test and accepting the distribution having probability $P \geq 0{,}95$.

(No. of References: 18, Fig.: 1 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/363 – 369/1993

ENERGIJA 1093 UDK 621.314.212

PRELIMINARY REVIEW

ENERGIJA 42/1993/6, 371 – 375

WINDING THERMAL IMAGE PROTECTION OF POWER TRANSFORMERS

Zdenko Godec, Ph. D.

Končar-Institut za elektrotehniku, d.o.o, Zagreb, 41000 Zagreb, Baštijanova bb, Croatia

Winding thermal image is still the best and the most reliable transformer protection against overload and overheating. The mathematical model is described for hot-spot temperature simulation that is most frequently used for winding thermal image, pointing out the advantages of this kind of protection compared to transformer protection with contact thermometer or thermostat. Uncertainty of well adjusted winding thermal image is estimated at about $+/-$ 6 °C ($P = 0.95$). It is also estimated that uncertainty can be halved if resistance thermometer (Pt – 100) and microprocessor are used. A potentially better protection based on the direct hot-spot measurement with fibber-optic thermometer is so far at the stage of experiment.

(No. of References: 11, Fig.: 4 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/371 – 375/1993

ENERGIJA 1093 UDK 621.314.212

1. Winding Thermal Image Protection of Power Transformers
I. Z. Godec
II. Končar-Institut za elektrotehniku Zagreb, Baštijanova bb, Croatia

Power Transformer
Winding Thermal Image
Winding Hot-Spot
Mathematical Model
Protection
Overloading
Overheating
Measurement Uncertainty

ENERGIJA 1092 UDK 621.315.1.005

1. Distribution Modelling for Different Types of Interruptions on Overhead (10)20 kV lines
I. F. Majdandžić
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Croatia

Distribution
Fault
(Interruption)
Statistical Tests
Distribution Modelling
Overhead Lines

ENERGIJA 1091 UDK 621.31.620.91

1. Potential Energy Possibilities of Agriculture — Cereal Driers
I. M. Rigo,
II. Elektrotehnički fakultet Osijek, 54000 Osijek, Istarska 3, Croatia

Agriculture
Bio-mass
Energy
Drying

Energija

Volume 42 (1993) № 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Avenija Vukovar 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USA $ 95

ENERGIJA 1094

UDK 621.315:621.316

SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 42/1993/6, 377 – 384

COMPACTING AND TRANSFORMATION OF 35, 110 AND 220 kV TRANSMISSION LINES INTO 110, 220 AND 400 kV TRANSMISSION LINES TEMPORARY TRANSMISSION-LINE NORTH-SOUTH

Ivan Grozdanić, B. Sc.

Dalekovod, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Solutions (procedures) of compacting and transmission lines transformation from 35, 110 and 220 kV to 110, 220 and 400 kV are given.
Solutions are obtained for the existing and new typical and other towers: single-system in the form of »fir-tree« and double-system in the form of »barrel«.
These solutions decrease the construction costs and improve the relationship between transmission line and environment and thereby protect the nature.

(No. of References: 8, Fig.: 12 — original in Croatian)

Author

ISSN 0013 – 7448
ENJAAC 42/6/377 – 384/1993

ENERGIJA 1094

UDK 621.315:621.316

1. Compacting and Transformation of 35, 110 and 220 kV Transmission Lines into 110, 220 and 400 kV Transmission Lines
Temporary Transmission-Line North-South

I. I. Grozdanić,
II. Dalekovod, 41000 Zagreb, Avenija Vukovar 37, Croatia

Transmission Line
Transmission Network