

UDK 621.31

ENJAAC 41 (1 - 6)1 - 388

ISSN 0013 - 7448

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

SADRŽAJ ENERGIJE U 1992. GODINI

	str.	br.		str.	br.
Cvetković Z.: Hrvatska elektroprivreda u međunarodnoj suradnji (Stručni članak)	3	1/92	Šimunić J. - Jursić K.: Analiza stohastičkih promjena stanja informacija elektroenergetskih postrojenja (Prethodno priopćenje)	145	3/92
Babić S.: Utjecaj odstupanja parametara generatora od pravih vrijednosti na rezultate proračuna prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema (Izvorni znanstveni članak)	7	1/92	Mihalek E.: Uvođenje nazivnog napona 230/400 kV i koordinacija gubitaka napona u nisko naponskim mrežama (Pregledni članak)	151	3/92
Tonković Z.: Utvrđivanje tranzitne sposobnosti prijenosne mreže na osnovi bilance jalovih snaga (Prethodno priopćenje)	13	1/92	Grozđanić I.: Izvedbene mogućnosti za brzu sanaciju ratnih šteta na dalekovodima od 10 kV do 400 kV (Stručni članak)	159	3/92
Savićević J.: Privremena i trajna sredstva zaštite vanjske izolacije od zagađivanja (Pregledni članak)	21	1/92	Barta-Koštrun S.: Analiza mogućnosti i potreba razvoja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede (Stručni članak)	185	4/92
Bodlović P.: Račun statičkog stanja prijenosne mreže renormalizacijom varijabli stanja (Izvorni znanstveni članak)	27	1/92	Čapka B.: Energetski sistem i ekstremne meteorološke prilike (Pregledni članak)	193	4/92
Schenner R.: Neki problemi prognoze konzuma u distribuciji električne energije Hrvatske (Pregledni članak)	33	1/92	Škanata D. - Fink K. - Jelavić V.: Prilog karakterizaciji RAO niske i srednje aktivnosti u NE Krško (Stručni članak)	199	4/92
Nevečeral D.: Nesimetrično opterećenje EES elektrovučom na pruzi Zagreb - Rijeka (Pregledni članak)	39	1/92	Uglešić I. - Kopecki .: Električna željeznica trošilo elektroprivredne mreže koje uzrokuje izobličenja napona i struja (Izvorni znanstveni članak)	207	4/92
Staniša B.: Tehnička dijagnostika stanja i vijek trajanja turbinskog ulja (Prethodno priopćenje)	45	1/92	Staniša B.: Problemi oštećenja i havarija parnih turbina (Prethodno priopćenje)	215	4/92
Markovčić B.: 55 godina od prvog početka Hrvatske elektroprivrede (Stručni članak)	65	2/92	Vedriš N. - Bruketa N.: Nova organizacija Hrvatske elektroprivrede (Pregledni članak)	253	5/92
Žutobradić S. - Schenner R.: O dugoročnom razvoju distribucijske djelatnosti u Hrvatskoj (Prethodno priopćenje)	67	2/92	Granić G. - Jelavić B.: Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede (Izvorni znanstveni članak)	265	5/92
Vuković V.: Budućnost nuklearne energetike (Pregledni članak)	77	2/92	Tonković Z.: Puštanje u pogon voda 380 kV Melina - Tumbri i njegova uloga u SUDEL-u (Pregledni članak)	287	5/92
Subašić D.: Temelji strategije određivanja lokacije odlagališta radioaktivnog otpada (Prethodno priopćenje)	83	2/92	Poljak M. - Katunarić N. - Bojanić B.: Uređaj za zaštitu mjernih transformatora od eksplozije (Pregledni članak)	295	5/92
Potočnik V.: Projekt RECRO (Stručni članak)	89	2/92	Godec Z.: Zaštita uljnih distributivnih transformatora od preopterećenja (Pregledni članak)	303	5/92
Valenčić M.: Karakteristike konzuma pri promjenama stanja elektroenergetskog sistema (Pregledni članak)	95	2/92	Bem M.: 10 kV samonosivi kabelski snop nakon tri godine rada (Stručni članak)	311	5/92
Tonković Z.: Kvaliteta električne energije u elektroenergetskom sustavu (Pregledni članak)	121	3/92	Tonković Z.: Napajanje južne Hrvatske i što učiniti (Pregledni članak)	337	6/92
Jelavić B.: Određivanje raspodjele opterećenja pri tjednom planiranju rada elektroenergetskog sustava (Izvorni znanstveni članak)	129	3/92			

Rigo M.: Procjena vrijednosti elektrosustava kao dijela nekretnina (Prethodno priopćenje)	351	6/92	atmosferskim udarnim naponom transformatora malih rasipnih induktiviteta (Stručni članak)	375	6/92
Nikolovski S. - Gudelj K.: Modeliranje višestrukih kvarova rasklopnih postrojenja u proračunima pouzdanosti (Stručni članak)	357	6/92	Krulc Z.: Neka nova razmišljanja o zaštiti od munje (Stručni članak)	379	6/92
Žutobradić S.: O razvoju srednje naponskih mreža u Hrvatskoj elektroprivredi (Stručni članak)	363	6/92	Vuković V.: 50 godina nuklearne energetike		
Brkić Z. - Gardijan R.: Ispitivanje	369	6/92			

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Godište 41 (1992)

Zagreb 1992

Br. 1

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i
informatike

SADRŽAJ

<i>Cvetković Z.</i> : Hrvatska elektroprivreda u međunarodnoj suradnji (Stručni članak)	3
<i>Babić S.</i> : Utjecaj odstupanja parametara generatora od pravih vrijednosti na rezultate proračuna prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema (Izvorni znanstveni članak)	7
<i>Tonković Z.</i> : Utvrđivanje tranzitne sposobnosti prijenosne mreže na osnovi bilance jalovih snaga (Prethodno priopćenje)	13
<i>Savićević J.</i> : Privremena i trajna sredstva zaštite vanjske izolacije od zagađivanja (Pregledni članak) . . .	21
<i>Bodlović P.</i> — <i>Nemec D.</i> : Račun statičkog stanja prijenosne mreže renormalizacijom varijabli stanja (Izvorni znanstveni članak)	27
<i>Schenner R.</i> : Neki problemi prognoze konzuma u distribuciji električne energije Hrvatske (Pregledni članak)	33
<i>Nevečerel D.</i> : Nesimetrično opterećenje EES elektrovucom na pruži Zagreb — Rijeka (Pregledni članak) . . .	39
<i>Staniša B.</i> : Tehnička dijagnostika stanja i vijek trajanja turbinskog ulja (Prethodno priopćenje)	45
Vijesti iz elektroprivrede	55
Iz strane stručne literature	57
Oglasi	61

IZDAVAČKI SAVJET — THE PUBLISHING COUNCIL

Duro *Stanković*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip *Antić*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Distribucija Rijeka — Anđelko *Modrčin*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Proizvodnja, prijenos i distribucija Rijeka — Anđelko *Dujmović*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Proizvodnja, prijenos i distribucija Osijek — mr. Damir *Su-bašić*, dipl. inž., Ministarstvo energetike — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — mr. Mladen *Zeljko*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR — EDITORIAL BOARD

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

Urednici rubrika — Contributing Editors: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Krno-slav *Begović*, dipl. inž. — »Termoelektrane i Toplane«, Mla-den *Nadinić*, dipl. inž. — Prijenos električne energije, Zden-ko *Tonković*, dipl. inž., Zagreb — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Josip *Antić* i Mladen *Ježić*, dipl. inž., — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekono-mskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslova-nja«, dr Jure *Šimović*, dipl. oec. i Željko *Vodopija*, dipl. oec. — Tehnički urednik — Technical Editor: Branko *Mališ* — Lektor — Linguistic Adviser: Vladimir *Strojny*, prof. — Metrološka recenzija — Metrologic review: Mr. Mladen *Zeljko*, dipl. inž.

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kul-turu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328

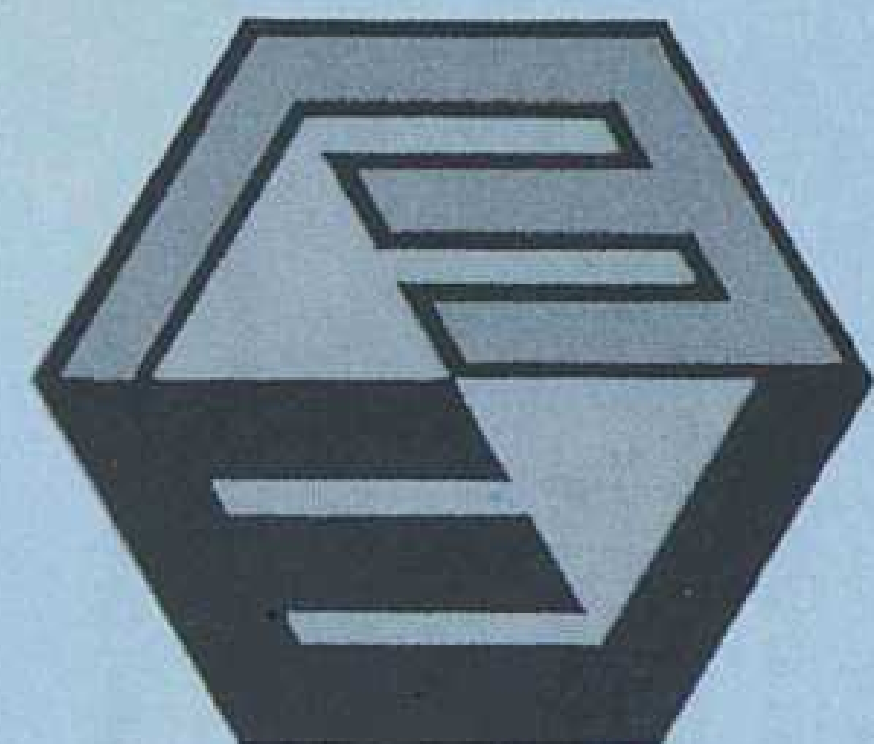
Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 600 HRD, a za poduzeća i ustanove 1800 HRD (za studente 360 HRD).
Cijena pojedinog broja u prodaji 100.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

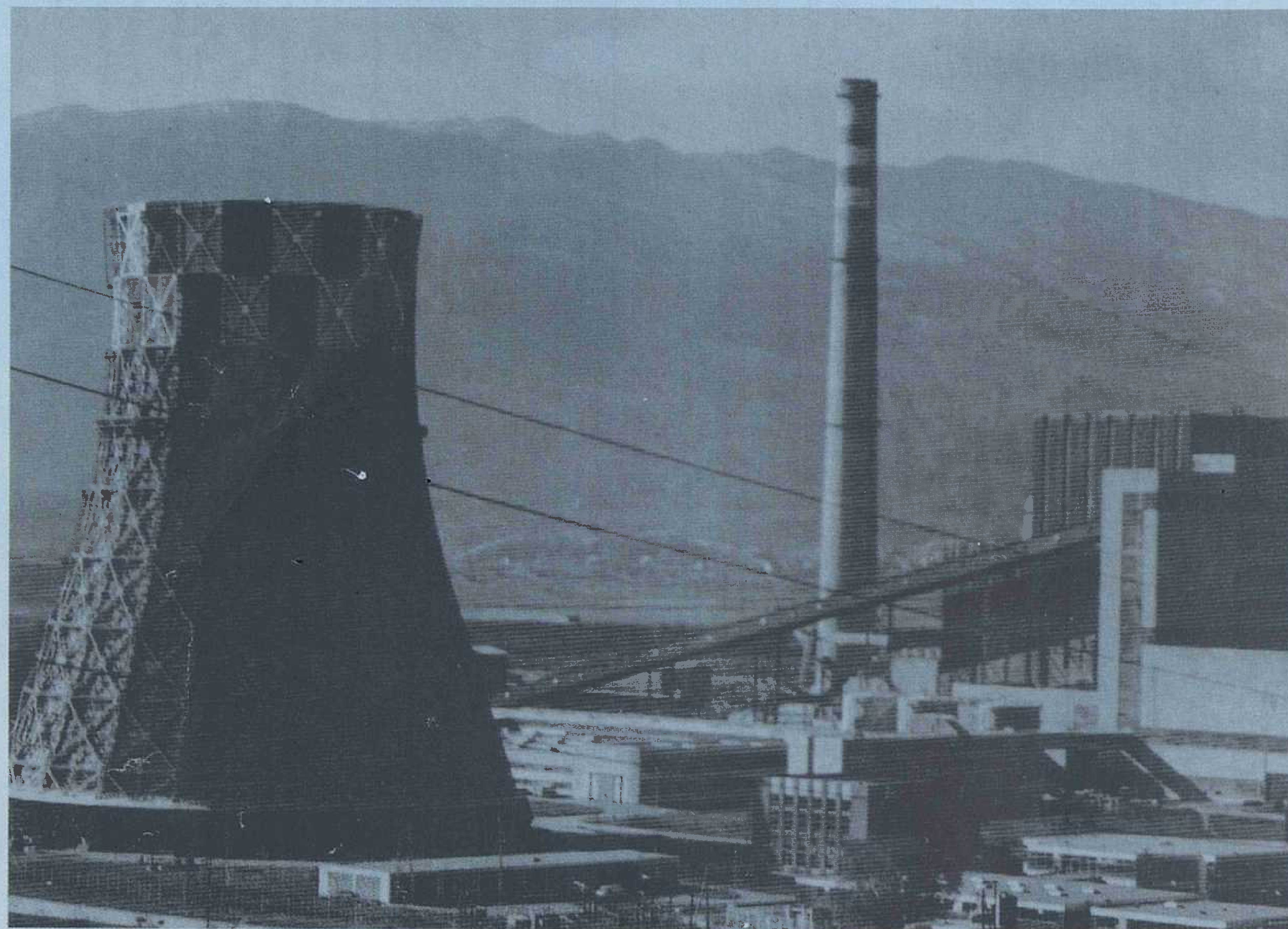
Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišej — Print: TIZ »Zrinski«, Čakovec



MONTING ENERGETIKA ZAGREB



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

**41000 ZAGREB
Kesterčankova 1**

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 yu mont
Telefax	235-560

TE »GACKO« – Gacko: Kompletna montaža bloka 1 instalirane snage 1×300 mW, 1982. godine.
Rekonstrukcija kotla kapaciteta 990 t/h pare i kapitalni remont turbogenerators 300 MW, 1989. godine.

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA U MEĐUNARODNOJ SURADNJI

Dr. Zorko Cvetković, Zagreb

UDK 621.31(497.13)
STRUČNI ČLANAK

U uvjetima samostalnosti Hrvatska elektroprivreda (HEP) mora definirati svoj odnos s međunarodnim organizacijama. Ponajprije je nužno da HEP pripremi grupu stručnjaka koji poznaju specifična područja djelovanja i koji govore svjetske jezike. Sa svoje strane rukovodstvo HEP mora toj grupi osigurati svu nužnu potporu.

Ključne riječi: Hrvatska elektroprivreda, međunarodna suradnja.

1. UVOD

Nedostatak odgovarajućeg inženjerskog potencijala u Hrvatskoj elektroprivredi (HEP) prisutan je već nekoliko godina, ne doduše kao goruće pitanje, ali svakako kao zadaća skore budućnosti. Najjednostavnije ga možemo definirati činjenicom da stari iskusni kadrovi polako odlaze, a mladi jedva da dolaze. Naime, već se godinama broj studenata na energetsom smjeru elektrotehničkih fakulteta smanjuje ispod potrebnog nivoa, a ni fakultet ni elektroprivreda nisu poduzeli ozbiljnije korake da se stanje popravi. Ovaj članak ima svrhu da upozori na neke specifične obveze vezane za inženjerski kadar HEP-a i njezine obveze u evropskom i svjetskom okruženju, ali se i te kako uklapa u navedenu problematiku.

2. ELEKTROPRIVREDA I MEĐUNARODNE ORGANIZACIJE

U prethodnom razdoblju kontakti s međunarodnim organizacijama bili su organizirani preko Jugela, s tim da su na tom poslu djelovati stručnjaci iz pojedinih republičkih elektroprivrednih organizacija. Kvaliteta te suradnje varirala je u ovisnosti o objektivnim i subjektivnim razlozima, ali se sigurno može reći da ni naša suradnja ni korist koju smo iz nje mogli izvući nije bila zadovoljavajuća. U uvjetima samostalnosti gotovo svu suradnju na međunarodnom polju mora ostvariti HEP, a pritom će se susresti s dosta problema koje će trebati riješiti. Olakšavajuća je okolnost da HEP u pojedine međunarodne institucije mora delegirati stručnjake iz Instituta za elektroprivredu, Elektrotehničkog fakulteta, Elektroprojekta i druge. Da bismo dobili bolji uvid u odnose neke evropske elektroprivrede s međunarodnim stručnim organizacijama, nabrojiti ćemo glavne organizacije s kojima se u svojem radu susreću evropska elektroprivredna poduzeća:

- | | |
|--|--------|
| — Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité | UCPTE |
| Unija za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije | |
| — International Union of Electricity Producers and Distributors | UNIPED |
| Međunarodna unija proizvođača i distributora električne energije | |
| — International Conference on High Voltage Electrical Systems | CIGRE |
| Međunarodna konferencija za velike električne sisteme | |
| — International Conference on Electricity Distribution | CIRE |
| Međunarodna konferencija za distribuciju električne energije | |
| — World Energy Conference | WEC |
| Svjetska energetska konferencija | |
| — International Electrotechnical Commission | IEC |
| Međunarodna elektrotehnička komisija | |
| — European Nuclear Society | ENS |
| Evropsko nuklearno društvo | |
| — European Center of Public Enterprises | CEEP |
| Evropski centar javnih poduzeća | |
| — Economic Commission for Europe of the UN | ECE |
| Ekonomska komisija UN za Evropu sa svojim agencijama | |
| — Organisation for Economic co-operation and Development | OECD |
| Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj sa svojim agencijama | |
| — Commission of the European Communities | CEC |
| Komisija evropske zajednice | |

- | | |
|--|---------|
| — International Commission for Large Dams
Međunarodna komisija za velike brane | ICOLD |
| — European Federation of Autoproducers and Industrial Energy Consumers
Evropska federacija samoproizvođača i industrijskih potrošača energije | FEPACE |
| — International Electric Research Exchange
Međunarodna razmjena naučnih istraživanja | IERE |
| — International Union for Electro-heat
Međunarodna unija za elektrogrijanje | UIE |
| — International Union Heat Distributors
Međunarodna unija distributora topline | UNICHAL |

Taj popis daje dovoljan uvid u širinu fronte međunarodne suradnje s kojom se susreću evropska elektroprivredna poduzeća.

Dakako da sva poduzeća ne surađuju sa svim navedenim organizacijama, jer to ovisi o značaju i specifičnosti djelovanja pojedinog poduzeća. U Evropi se tako može sresti široki pojas od elektroprivrednih poduzeća vrlo skromnih dimenzija pa do velikih nacionaliziranih elektroprivreda tipa EDF, ENEL i slično koji djeluju, na širokom frontu. Za HEP se može reći da je sveobuhvatna relativno mala elektroprivreda, ali s vrlo značajnim položajem u evropskoj mreži.

3. BUDUĆI POLOŽAJ HEP U MEĐUNARODNOJ SURADNJI

Ulaskom Republike Hrvatske u društvo evropskih država HEP kao nacionalizirana elektroprivreda mora definirati svoj stav o suradnji s međunarodnim stručnim organizacijama. Iako će proces uključivanja u tu suradnju duže potrajati, uska suradnja s nekim organizacijama nameće se praktički odmah. Prioritet uključivanja u tu suradnju određuje nužda kao npr. paralelni rad s mrežom UCPTE ili neposredna korist koju ta suradnja može donijeti.

Prije nego razmotrimo jedan mogući primjer takve suradnje u neposrednoj budućnosti, probajmo definirati neka pravila ponašanja koja vrijede za takvu suradnju.

- Treba se uključiti u suradnju samo tamo gdje se može aktivno surađivati. Bolje je raditi aktivno npr. u dva komiteta nego biti pasivan promatrač u njih četiri.
- Član pojedinog međunarodnog tijela mora imati aktivnu podršku svojih pretpostavljenih i široku stručnu podršku HEP-a i njegovih partnera, npr. Instituta za elektroprivredu. To naročito vrijedi za jednoznačne statističke podatke.
- U pojedine stručne organizacije, osim u njihove upravne odbore i radne grupe, treba imenovati po dva predstavnika — člana i zamjenika. Oba mora-

ju dobro poznavati materiju i govoriti najmanje jedan svjetski jezik.

- U pojedina tijela mogu se delegirati stručnjaci iz HEP-a, ali i iz drugih organizacija koje usko surađuju s HEP-om prvenstveno iz Instituta za elektroprivredu.
- Stručnjak koji se odluči na rad u nekom međunarodnom tijelu mora prihvatiti činjenicu da to izaziva dodatni napor. S druge strane, to mu daje zadovoljstvo suradnje s najpoznatijim ekspertima na odgovarajućem polju od čega i on i HEP mogu i trebaju izvući značajnu korist. Istovremeno on može afirmirati HEP u međunarodnoj stručnoj javnosti.

Bez pretenzija da sugeriramo neka rješenja, probajmo razraditi primjer neposrednih zadataka HEP-a na tom području. Po našem mišljenju, na samom startu HEP bi trebao ostvariti svoju aktivnu suradnju s UCPTE s obzirom na paralelni rad u toj evropskoj interkonekciji, a zatim s UNIPEDE, CIGRE, WEC i eventualno s Međunarodnom agencijom za atomsku energiju IAEA (International Atomic Energy Agency), ako se to ne realizira preko NE Krško. Procijenimo što bi ovakvo određenje zanimalo sa stajališta kadrovske problematike.

3.1. Rad u UCPTE

Kao aktivna članica interkonekcije UCPTE, HEP bi morao imati svojeg predstavnika u Radnoj grupi za interkonekciju koja se bavi prije svega pogonskom problematikom, a bilo bi povoljno da ga ima u grupama za termoelektrane i hidroelektrane. Uz barem još jednog do dva člana u nekoj ad hoc radnoj grupi to traži najmanje dva, pa sve do sedam, osam odgovarajućih stručnjaka.

3.2. Rad u UNIPEDE

Praktički sva značajnija elektroprivreda poduzeća iz Evrope, a i nekih izvan-evropskih zemalja jesu članovi ove organizacije koja se bavi isključivo problematikom elektroprivrede.

Radi boljeg uvida u rad ove organizacije navest ćemo popis studijskih komiteta i sličnih tijela koja djeluju unutar UNIPEDE:

- Direkcija
- Studijski komitet (STK) za nuklearnu energiju
- STK za termoproizvodnju
- STK za hidroproizvodnju
- STK za prijenosni sistem i međunarodnu interkonekciju
- STK za distribuciju
- STK za ekonomska pitanja i tarife
- STK za razvoj i primjenu električne energije
- STK za statistiku
- Studijska grupa za medicinske studije
- Komitet za odnose s javnošću
- Komitet za koordinaciju stručnih istraživanja elektroprivrede
- Radna grupa za korištenje kompjutera u elektroprivredi

- Komitet za personalna pitanja
- Komitet za financijska pitanja
- Radna grupa za zaštitu na radu.

Teško da bi bilo moguće naći i jedno od navedenih tijela s kojim ne bi bilo korisno surađivati. Način rada te organizacije čak i stimulira širu suradnju, jer godišnja članarina za članstvo u UNIPEDe ista je za članice koje aktivno ne djeluju ni u jednom komitetu i za one koje široko surađuju praktički u svim tijelima.

Da ostanemo u području realnosti, mislimo da bi HEP, svakako, morala imati svojeg predstavnika u STK za prijenosnu mrežu i međunarodnu interkonekciju s obzirom na položaj hrvatskog EES u evropskoj interkonektivnoj mreži i mogućnost daljeg razvoja na tom polju. Valorizirajući korist suradnje u tijelima UNIPEDe, suradnja u barem dva daljnja tijela bila bi korisna.

U tom slučaju pojavljuje se potreba za šesticom odgovarajućih stručnjaka.

3.3. Rad u CIGRE

Budući da se pretpostavlja postojanje nacionalnog komiteta CIGRE, preko kojeg će se realizirati odnos s tom organizacijom, treba računati s radom jednog stručnjaka u radu STK međunarodne CIGRE i eventualno na predsjednika nacionalnog komiteta u radu Izvršnog odbora CIGRE-u Parizu.

3.4. Rad u WEC

Suradnju s ovom organizacijom i formiranje nacionalne organizacije trebalo bi tek riješiti zajedno s ostalim interesentima, a prije svega s poduzećem INA. Na startu bi trebalo računati s jednim do dva odgovarajuća stručnjaka.

Na kraju, ne treba zaboraviti da je za uspješnu suradnju s međunarodnim organizacijama, pa i s međunarodnim poslovnim partnerima u organizacijskoj shemi HEP nužno predviditi kao pomoć generalnom direktoru inženjera s dobrim poznavanjem šire elektroprivrede problematike, kao i poznavanja

njem barem dvaju svjetskih jezika. Usuglašavanje stavova naših predstavnika u raznim tijelima također bi bila njegova dužnost.

4. ZAKLJUČAK

Za uspješan start u suradnji s evropskim stručnim organizacijama HEP ima potrebu za odgovarajućim brojem stručnjaka koji ispunjavaju uvjete navedene u ovom članku. Taj broj se već u početku kreće između 12 i 20 stručnjaka. Da li ih HEP ima? Ako nema, treba ih što prije naći i osposobiti.

Aktivna suradnja s evropskim elektroprivrednim organizacijama, koja je nužna, ovisit će najvećim dijelom o njihovom uspješnom radu.

CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY IN THE INTERNATIONAL COLLABORATION

Bearing in mind the independence of Croatia, the Croatian Electric Supply Company (HEP) has to define its relationship with international organizations as well. Firstly, it is necessary that HEP composes a group of specialists that are well informed in the specific fields and who speak foreign languages. The management of the HEP should give all possible support to such a group.

KROATISCHE ELEKTROWIRTSCHAFT IN DER INTERNATIONALEN ZUSAMMENARBEIT

Unter den Bedingungen der Selbständigkeit muss die kroatische Elektrowirtschaft (HEP) ihr Verhältnis zu internationalen Organisationen definieren. Vor allem ist es notwendig, dass die HEP eine Gruppe von Fachleuten, welche die spezifischen Wirkungsgebiete kennen und die Weltsprachen beherrschen vorbereitet. Die Führung der HEP sollte dieser Gruppe jede notwendige Unterstützung ermöglichen.

Naslov pisca:

Dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
41000 Zagreb
Medveščak 65, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1991-12-17.

Elektromaterijal Rijeka



35. godina

TRGOVINA I USLUGE, DRUŠTVENO PODUZEĆE SA P.O.
TRGOVINA NA VELIKO
RIJEKA — Dimitrija Tucovića 13
Žiro račun 33800-601-12386

Telefon: centrala
051/37-777

Telex: 24339
24671

Telefax: 051/213-670

RADNE JEDINICE:

RADNA JEDINICA ZAGREB

Tel: 041/528-872
041/520-484
041/520-878

RADNA JEDINICA PODRAVSKA SLATINA

Tel: 054/751-010
054/751-263
054/751-481
28-030

RADNA JEDINICA ZADAR

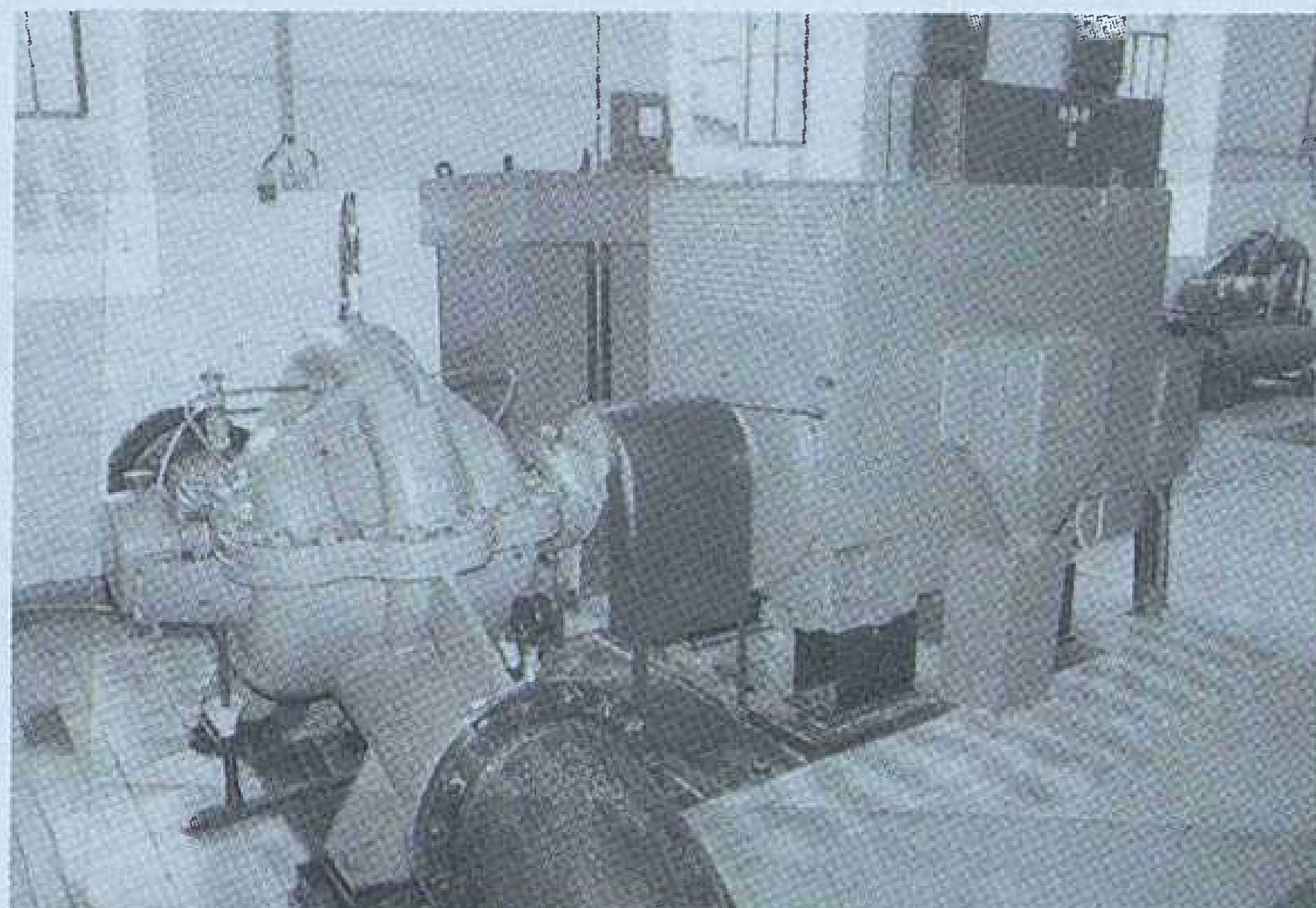
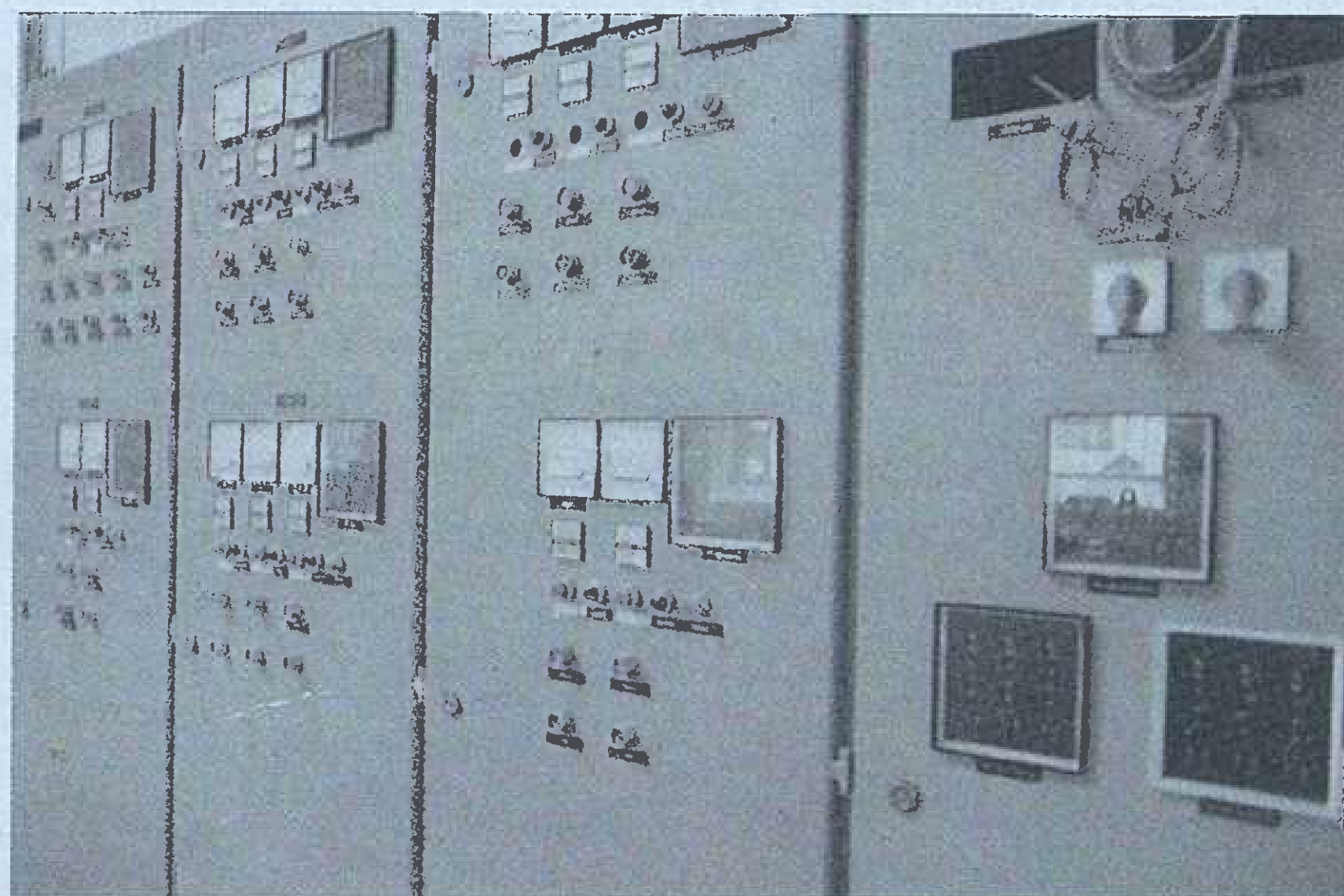
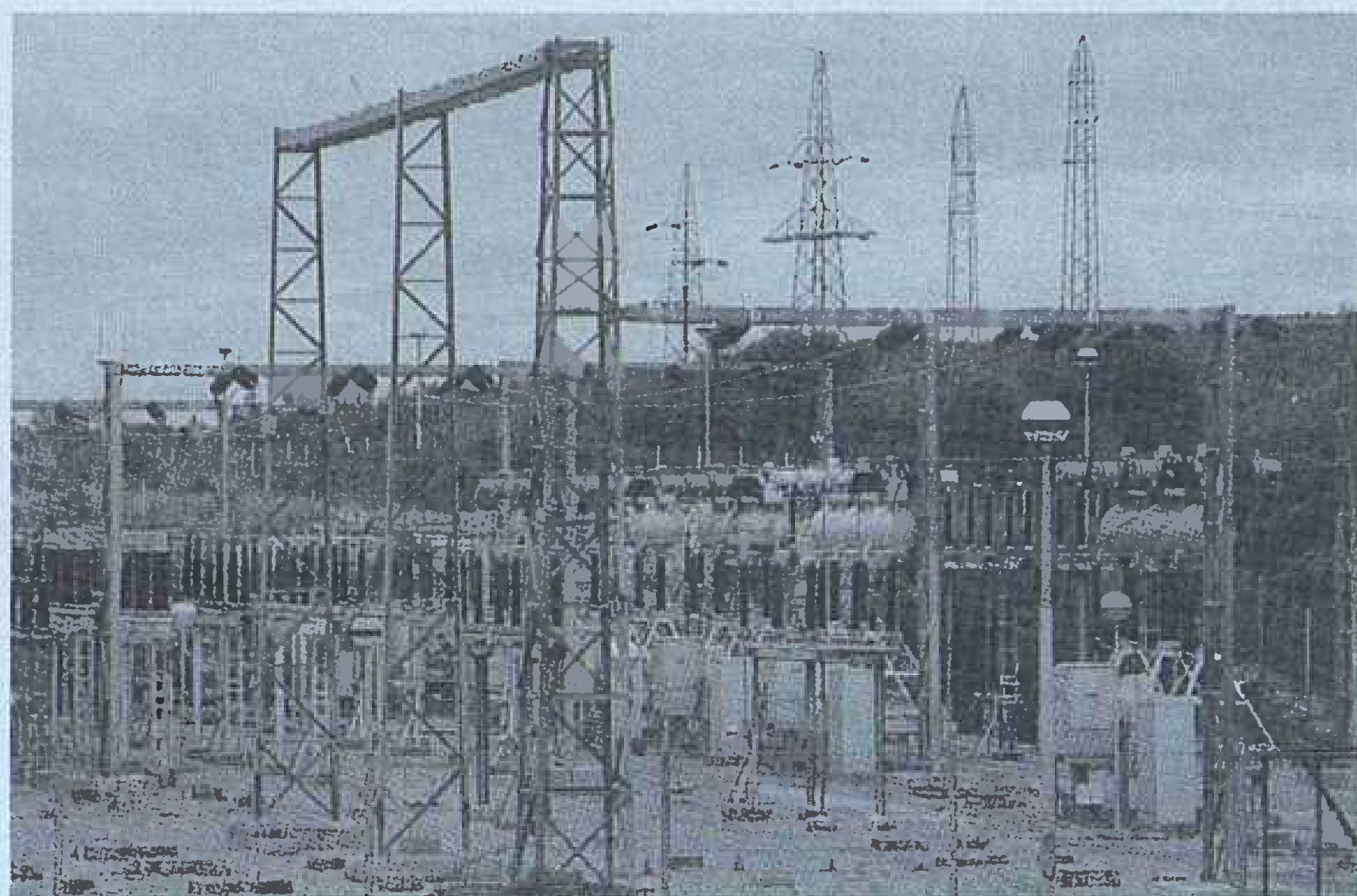
Tel: 057/24-440
057/24-844
27-236

Obavljajući djelatnost prometa roba i usluga u trgovini 117-tom granom »Elektromaterijal« opskrbljuje slijedeće najznačajnije potrošače: Elektroprivredu, brodograđevnu i ostalu industriju, građevinska, montažerska, PTT i ostala poduzeća i korisnike, kao i trgovinu na malo.

Organizirani smo u tri sektora, u okviru kojih su specijalizirane poslovнице.

Izvan sjedišta poduzeća posluju tri vanjske radne jedinice sa skladištima, komercijalnim i ostalim pratećim službama i to u: Zagrebu, Zadru i Podravskoj Slatini te razgranatom putničko-predstavničkom mrežom po cijeloj zemlji.

Imajući u vidu bogatstvo asortimana, dnevno prisutnog na našim skladištima, veliko iskustvo u obavljanju ove značajne funkcije u društvenoj reprodukciji, kao i solidnost u dosad povjerenim poslovima, želja nam je da i ubuduće uživamo Vaše povjerenje.



UTJECAJ ODSUPANJA PARAMETARA GENERATORA OD PRAVIH VRIJEDNOSTI NA REZULTATE PRORAČUNA PRIJELAZNE STABILNOSTI ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Dr. Srđan Babić, Zagreb

UDK 621.313.1:621.31

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Analiziran je utjecaj stupnja točnosti zadanih parametara sinhronih generatora na kritično vrijeme isklapanja kvara. Korišteni su matematički modeli generatora sedmog i petog reda.

Ključne riječi: Sinhroni generator, parametri generatora, prijelazna stabilnost, kritično vrijeme isklapanja kvara.

1. UVOD

Općenito je poznato da će se rezultati proračuna prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema to bolje podudarati s prilikama u stvarnosti, što je prilagođeniji upotrijebljeni matematički model za stabilnost fizikalnim svojstvima sistema. Znade se međutim i to, jer je mnogo puta potvrđeno, naročito u proteklom desetljeću, da će rezultati proračuna, a i zatim izvedeni zaključci o stabilnosti sistema, umnogome ovisiti i o tome kojim smo brojčanim vrijednostima parametara računali, odnosno da li se i koliko brojčane vrijednosti parametara pojedinih elemenata sistema razlikuju od njihovih pravih vrijednosti.

I inače smo u tehničkim studijama često prisiljeni neke parametre sistema, pa i one koji mogu primjetno utjecati na rezultate studija, uvrstiti u račun s vrijednostima koje više ili manje odstupaju od njihovih pravih vrijednosti. Katkad je to zato što su nam vrijednosti nekih parametara nepoznate, pa ih moramo pretpostaviti, a katkad su netočno zadane. To dovodi do većih ili manjih pogrešaka u konačnom rezultatu, makar sâm matematički model bio sasvim primjerno odabran.

Ovdje je riječ o studijama prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema i posebice o tome kako točnost parametara sinhronih generatora utječe na rezultate studija. Iz teorije znamo da utjecaj svakog pojedinog parametra nije podjednak: neki utječu u danim uvjetima više na rezultate, a neki manje. Načelno ćemo odgovor na pitanje koji parametri sinhronih generatora utječu u većoj mjeri, a kojih je utjecaj manje izražen ili je pak beznačajan naći u literaturi koja dublje ulazi u bit fizikalnih zbivanja u tim strojevima. Za praktična je istraživanja međutim važno da znamo procijeniti u kojim se brojčanim granicama kreće taj utjecaj, da bismo se bolje mogli

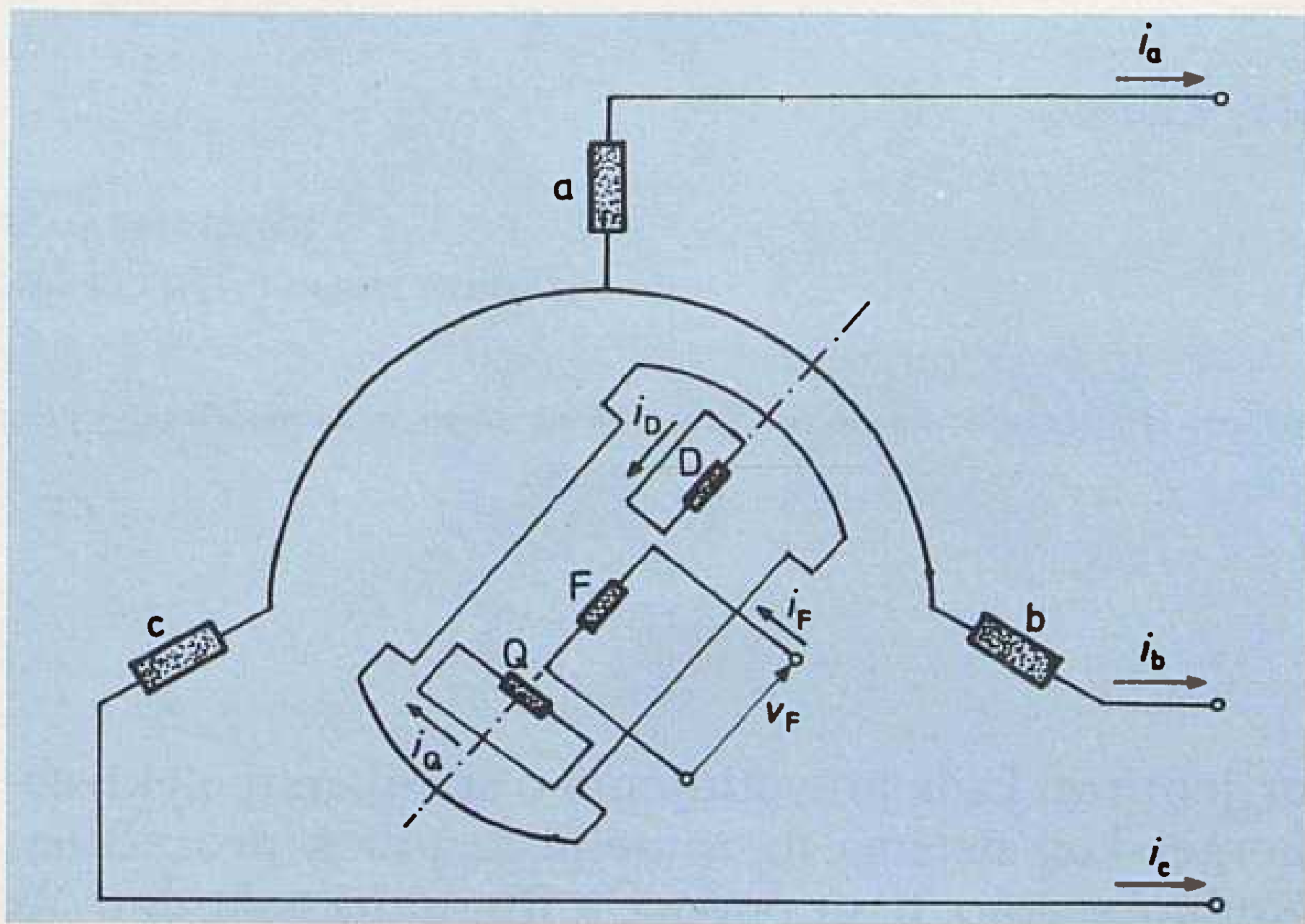
orijentirati kada prosuđujemo o stabilnosti elektroenergetskog sistema na temelju rezultata proračuna. Koliko znamo, ti su podaci u literaturi oskudni. Mi smo se potrudili da za stanovit broj generatora, za koje smo raspolagali pravim vrijednostima parametara (dobivenim standardnim mjerenjima) obavimo proračune kritičnih vremena isklapanja kvara i zatim ih usporedimo s dobivenim vrijednostima kritičnih vremena pri promijenjenoj vrijednosti svakoga pojedinog parametra za odabrani iznos. Proračune smo povodili za jednostavnu konfiguraciju generator — sabirnice krute mreže, kako bismo isključili utjecaj preostalog dijela elektroenergetskog sistema (elektroenergetske mreže i regulacijskih uređaja), što bi nas moglo navesti na pogreške zaključke.

Poremećaj koji je izazvao ispitivanu prijelaznu pojavu jest trolini kratki spoj na sabirnicama krute mreže, koji traje neko vrijeme, a zatim nestaje sam od sebe. Kritično vrijeme isklapanja kvara tražili smo pokušavanjem, produljujući ili skraćujući vrijeme isklapanja prema osjećaju, kako bismo najbrže dobili rezultat.

Koristili smo se matematičkim modelima sinhronog generatora sedmog i petog reda, koji se najčešće koriste u suvremenim studijama stabilnosti. No valja naglasiti da su ti modeli primjereniji strojevima s istaknutim polovima nego onim s valjkastim rotorom. Matematički modeli turbogeneratora odgovarajuće točnosti (posebice za strojeve s masivnim rotorom) nešto su složeniji. No kako se nerijetko ovdje koriste matematički modeli koriste i za generatore s parnom turbinom, dat ćemo i izračunate vrijednosti kritičnih vremena za njih.

2. UPOTRIJEBLJENI MATEMATIČKI MODELI, ISPITIVANI PARAMETRI GENERATORA I POGONSKO STANJE ŠTO JE PRETHODILO POREMEĆAJU

Modelom sedmog rada obuhvaćeni su učinci triju statorskih namota stroja (a, b i c na sl. 1), rotorskog uzbuđnog namota (F) i prigušnog djelovanja pri nji-
hanju rotora, koje je u modelu predloženo ekvivalentnim krugovima u uzdužnoj i poprečnoj osi stroja (D i Q).



Slika 1. Shematski prikaz sinhronog stroja s predloženim strujnim krugovima koje obuhvaćaju modeli sedmog i petog reda

Matematički model sedmog reda, kojim je opisano vladanje sinhronog stroja u toku elektromehaničke prijelazne pojave, a kojim smo se ovdje koristili, preuzet je iz [1] (jednadžbe 4.103, odnosno 4.154). Ove su jednadžbe navedene i u [2].

Matematički model petog reda za sustav sinhroni generator – sabirnice krute mreže, kojim smo se služili, obuhvaća, poput upotrijebljenog modela sedmog reda, djelovanje svih strujnih krugova na slici 1. Ovaj jednostavniji model dobije se iz prethodnog zanemarjenjem napona transformacije u naponskim jednadžbama statora, te uvrštenjem u matricu koeficijenata $\omega = \omega_s$, (ω_s je sinhrona brzina vrtnje), čime se red matematičkog modela snizi za dva.

Jednadžbe matematičkog modela sedmog reda izražene su u [1] u svom izvornom obliku za električne i magnetske krugove stroja, pa sadrže i neke koeficijente čije je vrijednosti teže saznati, jer se ne dobiju standardnim mjerenjima, pa se ne mogu dobiti od proizvođača strojeva. Za nas su interesantniji parametri kojima se u praksi služimo, a koji se izražavaju kao otpori, zatim početne, prijelazne i sinhronne reaktancije, te vremenske konstante koje karakteriziraju odziv magnetskog toka stroja u stanju praznog hoda i kratkog spoja. Nepoznate koeficijente u izvornim jednadžbama matematičkog modela treba stoga odrediti iz spomenutih, zadanih parametara stroja.

Istraživat ćemo kako utječu na kritično vrijeme isklapanja kvara odstupanja od pravih vrijednosti zadanih parametara stroja (dobivenih od proizvođača strojeva). U upotrijebljenim modelima to su para-

metri: x_d , x'_d , x''_d , x_q , x''_q , T'_{do} , T''_d , T''_{qo} , r_a , H . Njihovi su nazivi:

x_d , x_q	sinhrona reaktancija u d-osi, odnosno q-osi, pu
x'_d	prijelazna reaktancija u d-osi, pu
x''_d , x''_q	početna reaktancija u d-osi, odnosno q-osi, pu
T'_{do}	prijelazna vremenska konstanta praznog hoda u d-osi, s
T''_d	početna vremenska konstanta kratkog spoja u d-osi, s
T''_{qo}	početna vremenska konstanta praznog hoda u q-osi, s
r_a	otpor statorskog namotaja, pu
H	konstanta tromosti rotirajućih masa, pu.

O nekim razlozima zbog kojih smatramo zanimljivim istraživati kako promjena vrijednosti nekog parametra stroja utječe na kritično vrijeme isklapanja kvara u odnosu na njegovu pravu vrijednost, govorili smo već ponešto u uvodu. Prešutjeli smo, međutim, što razumijevamo pod »pravom« vrijednošću parametra stroja. Vjerojatno je, ipak, svatko naslutio da je riječ o onim brojčanim vrijednostima parametara stroja što ih daju proizvođači strojeva, a koje vrijednosti određuju pri projektiranju i gradnji stroja standardnim postupcima a na temelju mjerenja i proračuna. To su, dakle, vrijednosti do kojih obično možemo doći, pa smo ih nazvali »pravima«. Sami parametri su pritom oni koje smo maloprije poimence naveli (uz pridodani parametar x'_q). No pitanje je: da li su to i »točni« parametri, odnosno najtočniji za studije kojima se bavimo?

Ono što svi znamo, ali unatoč tome još i naglašavamo, jest da su navedeni parametri sinhronog stroja definirani još davno (prije otprilike šezdesetak godina), kao i postupci za njihovo određivanje. No prvobitno su uvedeni za određivanje prilika u generatoru pri kratkom spoju, prije svega radi djelovanja prekidača i relejne zaštite u tim uvjetima. Tek se kasnije proširila primjena tih parametara i na područje stabilnosti, a posebice za proračun kritičnog vremena isklapanja kvara u studijama prijelazne stabilnosti.

U posljednje je doba primijećeno da ni ovi — nazivamo ih konvencionalni parametri — a ni konvencionalni postupci za njihovo određivanje nisu sasvim primjereni za analize stabilnosti, barem ne u pojedinim slučajevima točnije analize. Zato se danas velika pozornost pridaje razvitku postupaka kojima će se što primjerenije odrediti parametri sinhronih generatora, a s tim u vezi i odgovarajući matematički modeli za stabilnost. Zbog toga je osnovana i posebna radna grupa IEEE, od koje se traži da dade nove prijedloge, koji će rezultirati novim standardima [3,4].

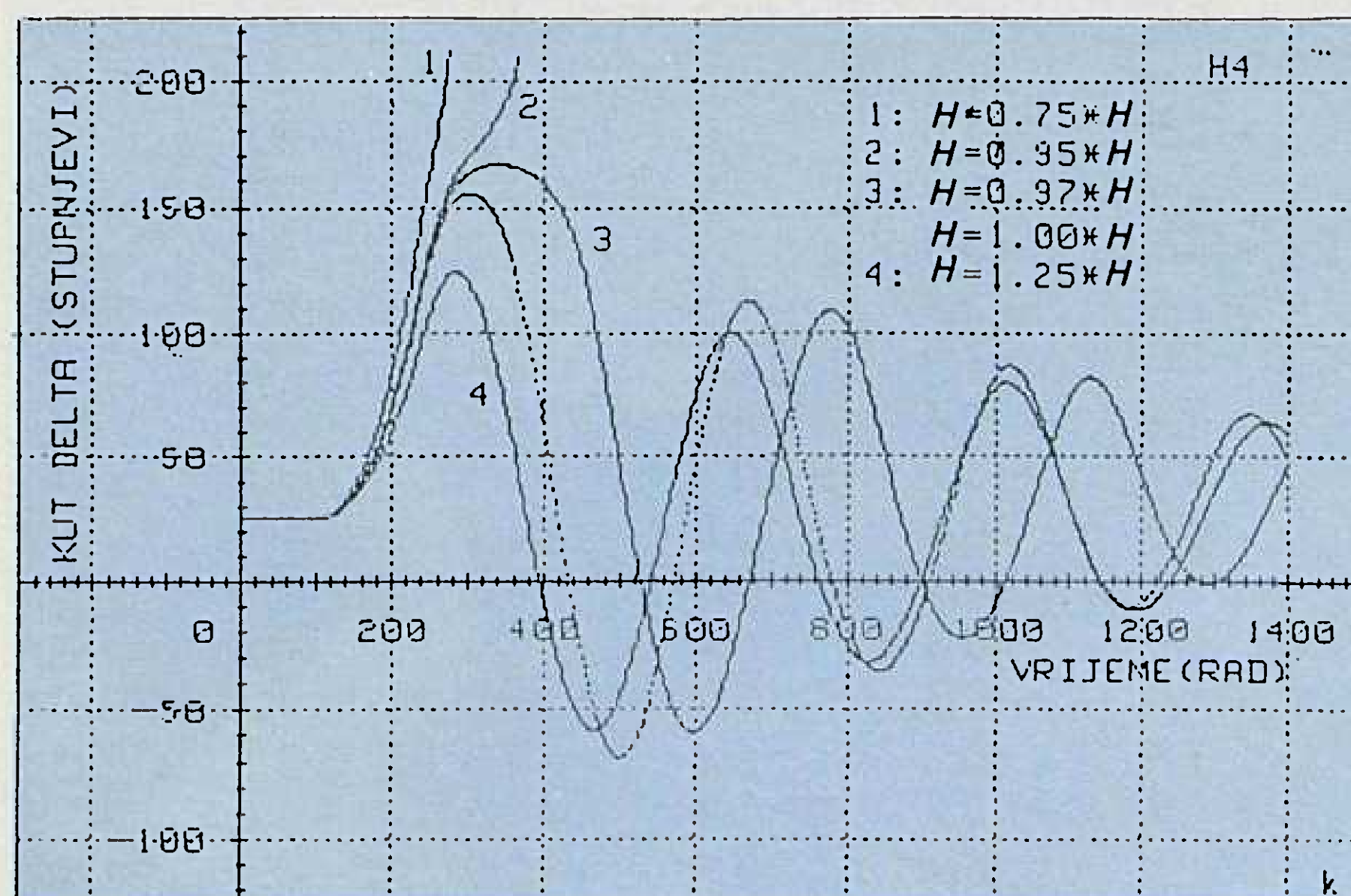
Danas se za točnije određivanje vrijednosti parametara sinhronih strojeva najčešće koriste postupci frekvencijskog odziva, jer se uvidjelo da ta metoda daje bolje vrijednosti parametara stroja od konvencionalne metode. Pritom se pokazalo da se u nekim slučajevima (strojevi s masivnim rotorom) vrijednosti parametara dobivene na jedan i drugi način mogu veoma razlikovati [5], što može bitno utjecati na rezultat proračuna stabilnosti.

Postupci frekvencijskog odziva, a i neki drugi postupci za točnije određivanje parametara sinhronih strojeva, što su predloženi u posljednje doba, nisu još ušli u standarde. Oni zahtijevaju provedbu posebnih ispitivanja, koja je teže izvršiti i koja su mnogo skuplja od standardnih ispitivanja konvencionalnim postupcima. Ne treba posebice isticati, da te podatke ne bismo mogli ni dobiti za brojne strojeve koji su već u pogonu. Zato se za sada moramo osloniti na manje točne, ali dostupnije brojčane podatke o parametrima sinhronih strojeva dobivene standardnim mjernim postupcima i proračunima na temelju konstrukcijskih podataka u samoj tvornici. No pritom se moramo pomiriti s činjenicom da će dobivene vrijednosti odstupati manje ili više od — za naš problem — točnijih vrijednosti.

Sve što smo naveli razlogom je da se već pomalo uvriježilo da danas praktične studije stabilnosti obično provodimo uvrštavajući u račun više vrijednosti pojedinog parametra stroja (onih koji su najutjecajniji), uz što variramo još i parametre pogonskog stanja što prethodi poremećaju. Rezultate prikazujemo krivuljama njihovanja, koje predstavljaju vjerojatne ekstremne slučajeve njihovanja rotora.

Ono što valja naglasiti jest to da se pri kritičnim uvjetima (u blizini granice stabilnosti), koji su za nas posebno interesantni, može bitno promijeniti karakter prijelaznog procesa ne samo zbog pogrešaka izazvanih previše pojednostavnjenim matematičkim modelom već i zbog netočnih ulaznih podataka o parametrima pogonskog stanja, ali i parametara stroja. Slika 2 zorno ilustrira jedan takav primjer.

Morali smo se odlučiti kolikim ćemo odstupanjem od zadanih parametara generatora računati. U literaturi se obično navodi da se odstupanja od prvih vrijednosti reaktancija (npr. x_d , x_q , x_d') kreću u granicama $\pm 10\%$ zbog učinka magnetskog zasićenja. Zbog brojčanih razlika koje su se pojavile pri određivanju parametara stroja konvencionalnim postupkom i metodom frekvencijskog odziva pri nekim ispitivanjima možemo katkad imati i veća odstupanja od spomenutih za reaktancije stroja, a i za vremenske konstante [5].



Slika 2. Krivulje njihovanja za razne vrijednosti konstante tromosti H (generator H4)

Pogonsko stanje prije pojave poremećaja (tropolni kratki spoj) odgovaralo je u svim ispitivanim slučajevima nazivnim veličinama sinhronog stroja (nazivna snaga, nazivni faktor snage i nazivni napon). Kratki spoj na sabirnicama krute mreže (stezaljke generatora) trajao je neko vrijeme, a zatim nestajao sam od sebe. Mijenjanjem vremena trajanja kvara od slučaja do slučaja tražili smo kritično vrijeme, najprije uz prave vrijednosti svih parametara stroja, a zatim, redom za po jednu promijenjenu vrijednost parametra stroja, najprije za $+25\%$, i onda za -25% . Kako smo upotrijebili dva matematička modela generatora, sve smo ponovili i za drugi model.

Da smo odmah (u prvi mah) odredili kritično vrijeme isklapanja kvara, trebalo bi nam za naših deset ispitivanih generatora obaviti ukupno 600 proračuna na elektroničkom računalu za prvi njihaj prijelazne pojave (s istodobnim crtanjem krivulje njihovanja). Kako smo se, međutim, traženoj vrijednosti kritičnog vremena postupno približavali, to je broj pojedinačnih proračunskih postupaka bio višestruko veći. Možda je tu i razlog što se takva ispitivanja nerado provode.

3. TOČNOST ANALIZE

Morali smo, s jedne strane, biti sigurni da je točnost analize zadovoljavajuća, a nismo, s druge strane, smjeli težiti većoj točnosti od potrebne, jer bi nam to nepotrebno produljilo postupak računanja, što s obzirom na netom navedeno nije bilo poželjno.

Točnost proračuna, pa i izvedenih zaključaka o stabilnosti sistema, pri numeričkom rješavanju sustava diferencijalnih jednadžbi veoma ovise o duljini odabranoga integracijskog koraka. Postupak za rješavanje koji smo ovdje upotrijebili bila je Runge-Kutta metoda četvrtog reda. Sami programi za računalu izrađeni su u Zavodu za visoki napon i energetiku Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, a bili su prilagođeni za izvršena ispitivanja.

Kada smo se trebali odlučiti za duljinu integracijskog koraka, najprije smo utvrdili dokle možemo ići s duljinom koraka a da uopće dobijemo rezultat (računski postupak da još uvijek konvergira). Za model sedmog reda smo dobili da je najveća duljina tog koraka 2,5 rad ili 6,630 ms (skokove u koracima radili smo s 0,5 rad). S tom je duljinom koraka računski postupak konvergirao u svim ispitivanim slučajevima. Sa sljedećom većom duljinom (3,0 rad ili 7,96 ms) nije konvergirao ni u jednom slučaju (bez obzira na trajanje kvara kut opterećenja naglo je rastao u beskonačnost nakon pojave kvara); pri integracijskom koraku od 4 rad javljala se ta pojava već u toku stacionarnog pogona.

Nakon toga smanjivali smo integracijski korak sve dok kod dva uzastopna integracijska koraka nismo dobili dvije veoma slične krivulje njihovanja za svaki ispitivani slučaj. Kritična vremena isklapanja kvara što smo ih pritom dobili bila su nam kriterij za traženu točnost. Za neke duljine integracijskih koraka ona su navedena u tablici 1.

Tablica 1. Kritična vremena isklapanja kvara dobivena s različitim duljinama integracijskog koraka za model generatora sedmog reda

Int. korak rad	t_{kr} (rad)				
	H4	H9	H13	H15	H16
0,1	155,3	95,4	99,2	103,4	103,3
0,5	155,0	95,0	99,0	103,0	103,0
1,0	154,0	95,0	98,0	101,0	100,0
2,5	150,0	92,5	95,0	95,0	97,5
3,0	—	—	—	—	—

Pokazalo se da jednake vrijednosti za kritično vrijeme trajanja kvara (u granicama točnosti od 0,5 rad), kao i praktički podudarajuće krivulje njihanja dobivamo s integracijskim koracima 0,1 i 0,5 rad. Razlike u trajanju proračuna s različitim integracijskim koracima navedene su u tablici 2.

Tablica 2. Trajanje proračuna s modelom sedmog reda, pri različitim duljinama integracijskog koraka (trajanje prijelazne pojave 200 rad)

Int. korak (rad)	0,1	0,5	1,0	2,5
Trajanje proračuna	33'10"	6'42"	3'21"	1'22"
Trajanje proračuna %	100	20	10	4

Zato je razumljivo što smo odabrali integracijski korak od 0,5 rad kao najprimjereniji za proračune. Za tu ćemo duljinu koraka izvesti sve zaključke ne samo za model sedmog reda nego i za model petog reda, premda se tim modelom dobiju praktički isti rezultati kako s korakom 1,0 rad, tako i s korakom 0,1 rad (u granicama točnosti 1,0 rad).

4. REZULTATI PRORAČUNA S KOMENTARIMA

Rezultati koje smo dobili s modelom sedmog reda navedeni su u tablici 3, a za model petog reda u tablici 4. U tablicama su dana odstupanja kritičnog vremena isklapanja kvara pri promijenjenoj vrijednosti svakoga pojedinog parametra stroja za ±25 %, od vrijednosti kritičnog vremena kod pravih vrijednosti svih parametara, pri čemu su odstupanja izražena u postocima. Za svaki pojedini parametar stroja dobiveni su rezultati svrstani u dva reda: u gornjim redovima su navedena odstupanja za slučajeve kad je vrijednost pojedinog parametra smanjena za 25 % (–25 %), a u donjim redovima kad je vrijednost pojedinog parametra povećana za 25 % (+25 %).

Kao što smo već napomenuli, osvrnut ćemo se samo na rezultate što se odnose na strojeve s istaknutim polovima (hidrogeneratori, što su u tablicama 3. i 4. označeni sa H4 do H16). Svatko može sam usporediti ove rezultate s rezultatima dobivenim za strojeve s cilindričnim rotorom (turbogeneratori, označeni u tablicama slovima F i N). Osim u nekim iznimkama, ne razlikuje se za većinu parametara red veličine odstupanja kritičnih vremena za oba tipa strojeva. Brojčani podaci o parametrima sinhronih strojeva (koje smo uzeli za njihove prave vrijednosti) mogu se naći u [1], a za većinu tih strojeva i u [2].

Rezultati što smo ih dobili s modelom sedmog reda govore nam da u skupinu slabije osjetljivih parametara možemo ubrojiti x_d , T'_{do} , T''_d , T'''_{qo} i r_a . Ovdje su odstupanja kritičnog vremena najčešće bila manja od ±1 %, a samo iznimno malo veća od 2 % (do 2,5 %). U nešto više osjetljive parametre, (s odstupanjima do najviše ±6 %) svrstani su parametri x'_d , x''_d , x_q i x''_q . Veća odstupanja kritičnog vremena od poto-

Tablica 3. Odstupanje kritičnog vremena isklapanja kvara u postocima od vrijednosti izračunate sa zadanim vrijednostima parametara pri promjeni vrijednosti pojedinih parametara generatora za ±25 % — Model generatora sedmog reda

Stroj: t_{kr} (s) Parametar	H4	H9	H13	H15	H16	F1	F13	F18	N3	N6
	0,414	0,252	0,263	0,273	0,273	0,395	0,297	0,244	0,263	0,310
x_d	1,0 –0,6	1,1 –0,5	0,5 –0,5	0,5 –1,0	0,5 –0,5	0,3 –0,3	0,4 0,0	0,5 –1,1	0,5 –0,5	0,3 0,0
x'_d	3,2 –3,6	5,3 –3,7	5,5 –5,1	2,4 –3,4	1,9 –2,9	1,3 –1,0	0,0 0,0	1,0 –1,6	4,0 –3,5	0,4 –0,4
x''_d	3,5 –1,9	5,3 –2,6	3,5 –2,0	4,9 –3,9	4,9 –3,5	4,4 –3,0	4,5 –0,4	2,7 –2,2	4,0 –2,2	1,3 –0,4
x_q	–0,6 0,3	–0,5 0,5	–1,5 0,5	–2,9 1,5	–1,5 1,0	–2,3 2,0	–5,8 5,8	–1,6 1,1	0,0 0,0	–4,7 1,7
x''_q	2,6 –1,3	3,7 –1,1	2,5 –1,0	3,4 –2,4	3,4 –2,9	7,4 –3,7	22,3 –10,7	8,7 –5,4	3,5 –1,5	12,4 –9,4
T'_{do}	–0,6 0,6	–0,5 0,5	–0,5 0,0	–0,5 0,5	–0,5 0,4	–0,3 0,3	0,0 0,0	–1,1 0,5	–0,6 0,0	0,0 0,0
T''_d	0,0 0,0	0,0 0,5	0,0 0,0	0,8 –0,5	0,5 –1,0	0,3 –0,3	0,4 0,0	0,0 0,0	0,0 0,2	0,4 0,0
T'''_{qo}	1,0 –0,6	1,6 –0,5	0,5 –0,5	1,5 –1,5	1,5 –2,4	10,7 –2,7	6,2 –5,3	3,3 –3,3	1,5 –1,0	5,6 –4,7
H	–12,2 10,3	–11,6 11,1	–12,6 11,1	–11,6 9,7	–12,6 9,2	–10,7 9,1	–10,7 10,7	–10,9 8,2	–12,1 10,6	–10,7 6,8
r_a	–1,0 1,3	–1,0 2,1	–0,5 1,0	0,5 1,0	0,5 –1,0	2,0 –1,3	5,4 –0,9	2,2 –2,2	0,0 0,0	1,3 –4,3

Tablica 4. Odstupanje kritičnog vremena isklapanja kvara u postocima od vrijednosti izračunate sa zadanim vrijednostima parametara generatora, pri promjeni vrijednosti pojedinih parametara za ±25 % — Model generatora petog reda

Stroj: t_{kr} (s)	H4	H9	H13	H15	H16	F1	F13	F18	N3	N6
Parametar	0,383	0,229	0,245	0,240	0,240	0,313	0,202	0,187	0,235	0,224
x_d	1,0	1,2	0,5	0,9	0,6	0,4	0,7	0,7	0,6	0,6
	−0,7	−0,6	−0,5	−0,6	−0,6	0,4	0,0	−0,7	0,6	0,0
x'_d	4,2	5,8	6,5	5,2	6,1	3,4	2,6	3,5	5,1	4,1
	−4,5	−4,6	−5,9	−5,0	−3,9	−2,5	−2,0	−3,1	−3,7	−3,0
x''_d	2,1	4,1	1,1	1,7	0,6	2,5	2,6	2,8	2,8	3,0
	−1,0	−1,7	−0,5	−0,6	0,0	−1,7	−0,7	−1,7	−1,7	−1,2
x_q	0,7	0,6	−0,3	−1,1	1,1	1,2	2,0	2,8	1,7	3,0
	−1,0	−0,6	0,0	0,0	−1,1	−1,3	−0,7	−2,1	−1,3	−1,8
x''_q	0,3	0,5	0,6	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,6
	0,0	0,0	−0,6	−0,6	−0,6	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
T'_{do}	−0,7	−0,6	−0,5	−0,6	−0,6	−0,4	0,0	−0,9	−0,6	0,0
	0,7	0,6	0,0	0,6	0,6	0,3	0,7	0,7	0,0	0,6
T''_d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,8	0,0	−0,7	−0,6	0,0
	0,3	0,6	0,3	0,6	0,0	0,4	0,7	0,0	0,0	0,6
T''_{qo}	0,3	0,6	0,0	0,6	0,6	0,4	0,7	0,0	0,6	0,6
	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	−0,4	0,0	0,0	−0,6	0,0
H	−13,1	−12,7	−13,5	−13,3	−13,3	−13,1	−13,2	−13,5	−13,6	−13,0
	11,8	11,6	11,8	11,6	11,6	11,4	11,8	11,3	11,9	11,8
r_a	−1,7	−2,3	−1,0	−0,6	−0,6	−1,0	0,0	−1,4	−1,1	0,0
	2,1	2,3	1,1	1,1	0,6	0,8	0,7	1,4	1,1	0,8

njih zabilježena su samo za konstantu tromosti H ; a sva su veća od 9 %; primjećuje se da su ova odstupanja kod svih strojeva podjednaka, pri čemu su u svakom pojedinom slučaju nešto veća pri smanjenoj vrijednosti konstante za 25 % nego kada je vrijednost konstante povećana za isti postotak. Za konstantu H je najveće zabilježeno odstupanje jest −12,6 %, a najmanje (kod hidrostrojeva) +9,2 %.

Ono što je svakako uočljivo u tablici 3. jest sljedeće: nakon parametra H se po osjetljivosti naročito ističu parametri x'_d i x''_d , te donekle x''_q .

Kao u modelu sedmog reda, tako su i u modelu petog reda u skupini najmanje osjetljivih parametara reaktancija x_d , vremenske konstante T'_{do} , T''_d i T''_{qo} , te otpor r_a ; ovdje, međutim, možemo ovim parametrima pridodati i parametre x_q i x''_q , što se u tablici 4. sasvim lijepo vidi. To je, dakle, jedna od razlika među modelima sedmog i petog reda, jer su u modelu sedmog reda parametri x_q , a posebice x''_q , osjetljiviji.

U srednju skupinu osjetljivosti (s odstupanjima do oko 6 %) u tablici 4. možemo prije svega ubrojiti reaktanciju x'_d , koji je očigledno drugi po osjetljivosti parametar u modelu petog reda. Manje izraženo prelazi naš prag osjetljivosti za ovu skupinu (±2,5 %) još i parametar x''_d .

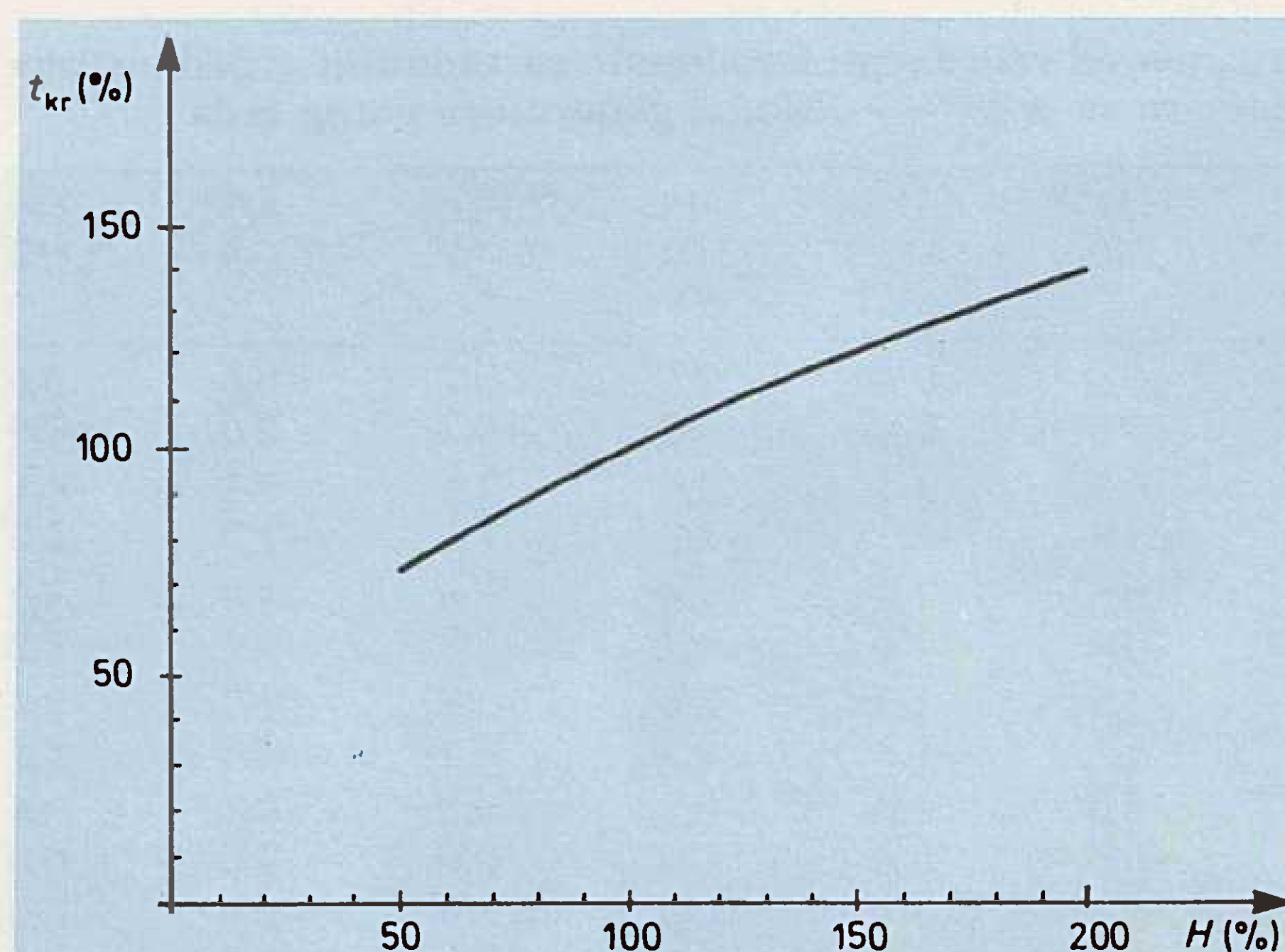
Općenito najutejecajniji parametar H , pokazuje u tablici 4. veoma slične rezultate s onima u tablici 3. Jedino su odstupanja kritičnih vrijednosti (po apsolutnoj vrijednosti) kod modela petog reda nešto veća (za oko 1 – 2 %). Inače, i ovdje se pojavljuje ista tendencija kao i u modelu sedmog reda: da su po apsolutnoj vrijednosti uvijek nešto veća odstupanja pri smanjenju parametra H nego pri njegovu povećanju za isti iznos.

Budući da je konstanta tromosti H jedan među parametrima čiju se točnu vrijednost često ne može dobiti, pa se moramo osloniti i na grublju procjenu, željeli smo još utvrditi kako se mijenja kritično vrijeme isklapanja kvara pri promjeni vrijednosti tog parametra u širim granicama nego prije (od polovice do dvostruke prave vrijednosti). Dobiveni rezultati navedeni su u tablici 5. Očito je da se dobiveni rezultati, navedeni u postocima u odnosu na »točnu« vrijednost kritičnog vremena veoma malo međusobno razlikuju za ispitivane strojeve. Stoga se grafička ovisnost kritičnog vremena i vrijednosti H može predočiti za sve strojeve istom krivuljom (sl. 3).

Tablica 5. Vrijednosti kritičnog vremena isklapanja kvara (t_{kr}), izražene u postocima u odnosu na izračunatu pravu vrijednost, za razne vrijednosti konstante tromosti H (%). — Model sedmog reda

Stroj: t_{kr} (s)	H4	H9	H13	H15	H16
	0,414	0,252	0,263	0,273	0,273
H (%)	t_{kr} (%)				
50	72,9	73,7	72,8	72,8	72,3
60	79,4	80,0	78,8	79,1	78,6
75	87,8	88,4	87,4	88,3	87,4
100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
125	110,3	111,0	111,1	109,7	109,2
150	120,7	120,0	120,2	119,9	119,9
175		128,9	129,8	127,7	128,1
200		136,8	138,4	136,4	136,9

Predočeni graf na slici upućuje na približno linearan rast kritičnog vremena isklapanja kvara s porastom H (unutar ispitivanih granica za H). Međutim, pomnijim se promatranjem ipak može opaziti sve naglije opadanje t_{kr} u području sve manjih vrijednosti H u odnosu prema zadanim vrijednostima.



Slika 3. Ovisnost kritičnog vremena isklapanja kvara i konstante tromosti, izraženih u postocima za ispitivane generatore

5. ZAKLJUČAK

Rezultati proračuna pri analizi prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema umnogome ovise, među ostalim, o točnosti ulaznih podataka (parametara pogonskog stanja i parametara sistema), a među njima je istaknut i utjecaj nekih parametara sinhronih generatora.

Stvarne vrijednosti parametara sinhronih generatora mogu se manje ili više razlikovati od vrijednosti što ih za njih daju proizvođači strojeva, koje se dobiju proračunima i standardnim mjerenjima pri konstrukciji strojeva. Katkad su nam, međutim, i te vrijednosti nepoznate, pa ih moramo pretpostaviti. Vrijednosti su pak nekih parametara promjenljive u toku promatrane prijelazne pojave zbog utjecaja magnetskog zasićenja itd. Sve su to razlozi da je pri proračunima prijelazne stabilnosti neizbježna stanovitost uvjetovanost rezultata. To se naročito pokazuje u blizini granice stabilnosti, u tzv. kritičnim uvjetima za stabilnost, koji nas ovdje posebno zanimaju.

U blizini granice prijelazne stabilnosti može se karakter prijelazne pojave bitno promijeniti zbog pogrešaka izazvanih korištenjem prejednostavnog matematičkog modela, ali i zbog netočnosti ulaznih podataka, pa među njima i parametara generatora. Posljedice toga mogu biti da se pogonsko stanje koje je na temelju rezultata proračuna procijenjeno stabilnim, pokaže u stvarnosti nestabilnim, i suprotno. Zato treba preporučiti — a tako već mnogi i rade — da se u studiji prijelazne stabilnosti mijenjaju početni podaci, uključivši utjecajnije parametre generatora. U tom slučaju treba rezultate prikazati s površinama koje ograničavaju ekstremne krivulje njihovanja.

Rezultati proračuna što smo ih izveli za neke stvarne sinhronne generatore mogu nam poslužiti za bolje snalaženje u tome koji parametri strojeva i u kojoj mjeri utječu na točnost analize prijelazne stabilnosti za sustav generator — sabirnice krute mreže.

LITERATURA

- [1] ANDERSON, P. M., A. A. FOUAD: »Power system control and stability«, The Iowa State University Press, 1977.
- [2] BABIĆ S.: »Utjecaj načina modeliranja generatora na rezultate proračuna prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sistema«, Energija, 1991. (40), br. 3, 155–164.
- [3] IEEE Std. 115A–1983, »IEEE Trial Use Standard Procedures for Obtaining Synchronous Machine Parameters by Standstill Frequency Response Testing«, IEEE, New York, 1983.
- [4] IEEE P1110/D8, »Guide for Synchronous Generator Modeling Practices in Stability Analysis«, Draft standard in preparation, January, 1989.
- [5] KUNDUR P., P. L. DANDENO: »Stability performance of 555 MVA turboalternators — Digital comparison with system operating tests«, IEEE Trans., PAS-93, 1974., 767–776.
- [6] VENIKOV, V. A.: »Pjerehodnije elektromehaničke procesi v električeskih sistemah«, Visšja škola, Moskva, 1970.

THE INFLUENCE OF SYNCHRONOUS GENERATOR PARAMETERS DEVIATION FROM THE REAL VALUES ON THE RESULTS OF TRANSIENT STABILITY CALCULATION OF THE ELECTRIC POWERS SYSTEM

The influence of synchronous generator parameters accuracy on critical clearing time is analysed. The seventh and fifth orders of the generator mathematical models are used.

EINFLUSS DER ABWEICHUNG DER GENERATORENPARAMETER VON DEN ECHTEN WERTE AUF DIE ERGEBNISSE DER ÜBERTRAGBAREN STABILITÄT DES EES

Man analysiert den Einfluss des Genauigkeitsgrades der aufgegebenen Parameter der synchroner Generatoren auf die kritische Zeit der Pannenausschaltung. Es wurden mathematische Modelle der Generatoren des siebten und fünften Ranges benutzt.

Naslov pisca:

Doc. dr. Srđan Babić, dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet
41000 Zagreb
Unska 3, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1991-10-01.

UTVRĐIVANJE TRANZITNE SPOSOBNOSTI PRIJENOSNE MREŽE NA OSNOVI BILANCE JALOVIH SNAGA

Mr. Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.3.016.45:621.31
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazani su rezultati istraživanja tranzitnih mogućnosti jugoslavenskog elektroenergetskog sustava iz perspektive raspoloživih jalovih snaga. Rezultati su komplementarni onima utjecaja raspoloživih prijenosnih putova, koji su obrađeni u [1]. Na jednoznačno definiranom modelu i determinističkim pristupom dana je embriionalno metodologija rješavanja problema s varijablama i funkcionalnim vezama za moguće poopćenje. Iz optike utjecaja jalovih snaga na tranzitnu sposobnost sustava dana je argumentacija za dalja istraživanja kompenzacije sustava i sekundarne regulacije.

Ključne riječi: jalova snaga, prijenos, tranzit.

1. UVOD

U nastavku istraživanja tranzitnih mogućnosti elektroenergetskog sustava na teritoriju bivše Jugoslavije, koja su kao monografska inicirana u [1], nakon topologije ispitivan je i drugi parametar: raspoloživa jalova snaga.

Treba naglasiti da je modeliran sustav *u maksimumu potrošnje* (s obzirom na podatke), a ispitivanja tako opterećenog sustava nisu karakteristična za problematiku napona i jalovih snaga: relevantna bi bila ispitivanja onih stanja sustava kada je *mreža maksimalno opterećena* (proljetni režimi, npr.).

Osim toga, za dobivanje pune informacije trebalo bi sustav modelirati i mrežom 110 kV — na kojoj se potrošnja sustavski reflektira i na koju je priključeno oko polovice ukupne proizvodnje.

Dodajmo još da su zbog korištene metodologije adaptiranih tokova snaga rezultati nešto pesimističiji i donekle aproksimativni (jedno referentno čvorište, i to na krajnjoj periferiji sustava, samo dio elektrana u regulaciji, izvoz modeliran djelatnom snagom u jednoj točki).

U polaznom stanju sustava u maksimumu potrošnje nazivne 1995. svi su naponi u dozvoljenim granicama; najviši su u HE Višegrad (417,8 kV) odnosno HE Piva (241,7 kV), a najniži u Subotici (394,9 kV) odnosno Prizrenu (200,2 kV).

Promatrajući P (MW) i Q (Mvar) po čvorištima mreže 400 kV odnosno 220 kV, slijedi da je najbolji faktor snage u Dubrovu ($\cos \Phi = 1$) i HE Višegrad ($\cos \Phi = 0.9991$) odnosno U. Požegi ($\cos \Phi = 0.992$), a najlošiji u Titogradu ($\cos \Phi = 0.8165$) odnosno Prijedoru ($\cos \Phi = 0.7151$) i Kruševcu ($\cos \Phi = 0.7627$). Mjereno je na višenaponskoj strani.

U Jajcu, Skopju 1, Mostaru 4 i Kaknju je $Q > P$.

Zbog potpune informacije navodimo $\cos \Phi$ u svim potrošačkim čvorištima modelirane mreže 400 kV i 220 kV (na 14. str.).

Ta slika omogućuje detekciju deficitarnih zona na razini superponirane mreže i upućuje na područja za eventualno dalje detaljno istraživanje — uz uključivanje i mreže 110 kV te modeliranje potrošnje na niženaponskoj strani TS 110/x kV i mreže 110 kV.

2. »NORMALNO STANJE«

Pod »normalnim stanjem« (redovni pogon) pretpostavlja se uklopno stanje mreže sa svim granama u pogonu i elektranama angažiranim prema polaznom voznom redu. Modelirana očekivana konfiguracija jugoslavenskoga elektroenergetskog sustava oko nazivne 1995. dana je na sl. 1.

U ovim ispitivanjima angažiranje elektrana u »normalnom stanju« slijedi iz idealnog zatvaranja republičkih bilanci, što ima kao posljedicu općenito malo opterećenje superponirane prijenosne mreže. Uzeto je da nema razmjene s okolnim sustavima, osim 120 MW izvoza u Italiju.

Promatranje modela mreže 400 kV i 220 kV cjeline jugoslavenskoga elektroenergetskog sustava pokazuje da se *ukupna potrošnja* jalove snage 4734.69 Mvar, sa sljedećom strukturom (decimalama se pokazuje da su to računski podaci; razlike koje će se pojavljivati posljedica su zaokruživanja):

1530.00 Mvar (potrošnja na 400 kV)
3056.00 Mvar (potrošnja na 220 kV),
148.69 Mvar (potrošnja u transformacijama 400/220 kV),

podmiruje sa

965.63 Mvar (na sabirnicama izvora priključenih na 400 kV)
1197.66 Mvar (na sabirnicama izvora priključenih na 220 kV),

dok mreža generira

2074.17 Mvar (na 400 kV),
497.45 Mvar (na 220 kV).

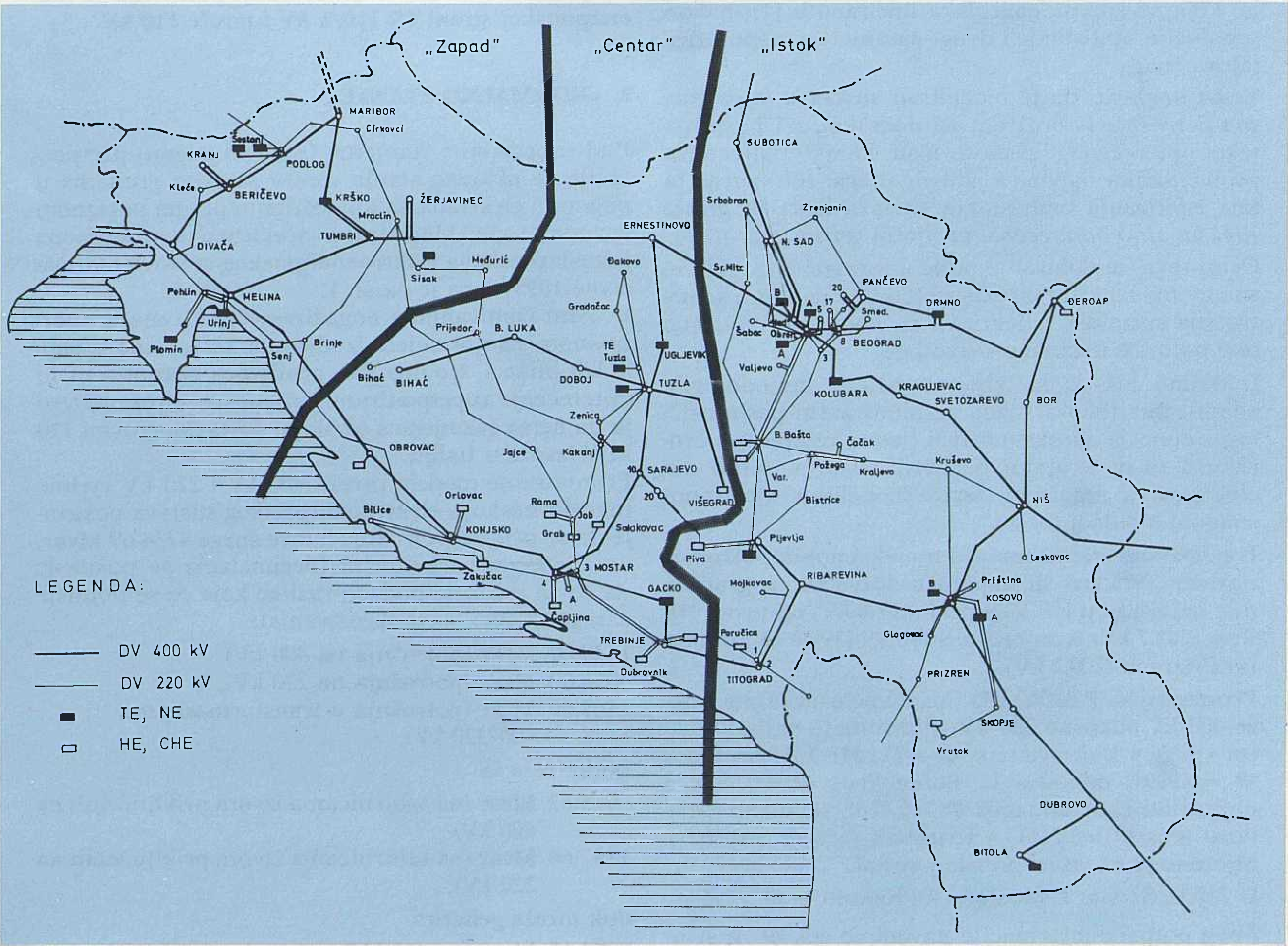
400 kV

Dubrovo	1.000
HE Višegrad	0.9991
Ugljevik	0.9887
Bihać	0.9863
Skopje 4	0.9850
Žerjavinec	0.9789
Svetozarevo	0.9740
Okroglo	0.9701
Pančevo	0.9628
Ernestinovo	0.9592
Beograd 20	0.9591
Sarajevo 20	0.9584
Maribor	0.9451
Tumbri	0.9442
Ribarevina	0.9426
Banja Luka	0.9399
Subotica	0.9360
Krško	0.9299
Obrovac	0.9278
Niš (na 110 kV)	0.9196
Sarajevo 10	0.9154
Doboj	0.9141
Bor	0.8944
Kragujevac	0.8750
Titograd 2	0.8165

220 kV

U. Požega	0.9920
Valjevo	0.9606
TE Sisak	0.9544
Melina	0.9525
HIP (Pančevo)	0.9512
Pehlin	0.9509
Bihać	0.9486
Smederevo	0.9486
Berićevo	0.9470
Beograd 17	0.9434
Divača	0.9436
Glogovac	0.9417
B. Bašta	0.9417
Đakovo	0.9400
N. Sad	0.9370
Beograd 5	0.9337
Mraclin	0.9300
TE Plomin	0.9298
EAL (Mostar)	0.9291
S. Mitrovia	0.9284
Podlog	0.9187
Titograd 1	0.9161
Beograd 3	0.9137

Pljevlja	0.9061
Bilice	0.9055
Međurić	0.9048
Kleče	0.9037
Priština	0.9011
Šabac	0.9006
TE Kosovo A	0.8980
Kraljevo	0.8869
Konjsko	0.8700
Prizren	0.8676
Zrenjanin	0.8659
Gradačac	0.8625
Cirkovci	0.8547
Srbobran	0.8499
Čačak	0.8471
TE Tuzla	0.8440
TS Tuzla	0.8400
Mojkovac	0.8192
HE Zakučac	0.8192
Trebinje	0.8048
Zenica	0.7930
Kruševac	0.7627
Prijedor	0.7151

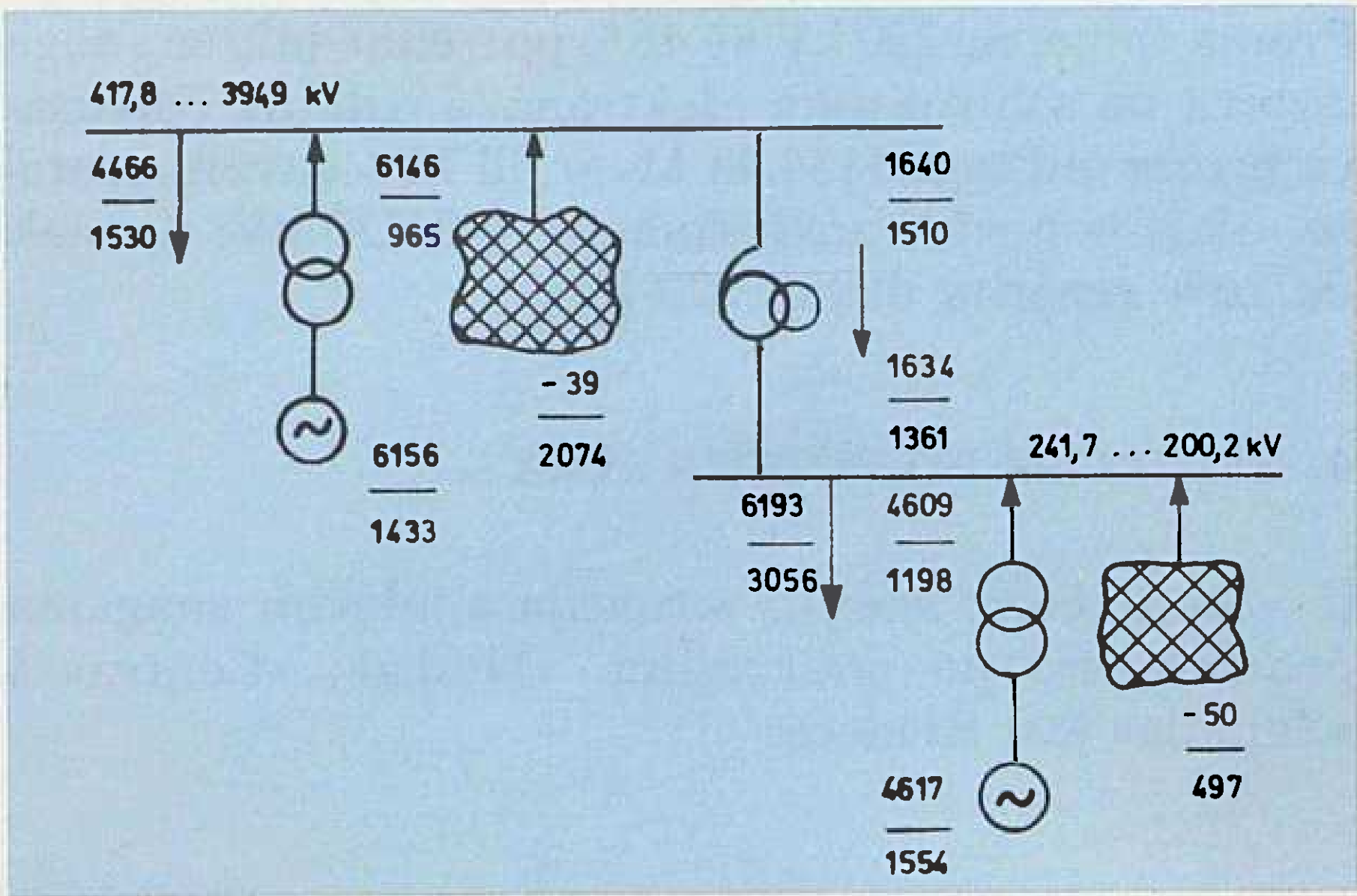


Slika 1. Polazna mreža jugoslavenskog elektroenergetskog sustava nazivne 1995. god.

To znači da se 46% potrebne jalove snage osigurava u izvorima, a ostatak od 54% daje mreža. Na generatorima je angažirano ukupno 2987.26 Mvar ili 53% zadane maksimalno raspoložive snage (u regulacionim elektranama), a od toga se 823,97 Mvar ili 28% troši u modeliranim bloktransformatorima zadanih regulacionih elektrana.

Gledano po naponskim razinama: na 400 kV se osigurava 3039,80 Mvar ili 64% potrebne jalove snage a na 220 kV 1695,11 Mvar ili 36%.

Ova bilanca jalovih snaga za osnovno stanje sustava u maksimumu očekivane potrošnje nazivne 1995. prikazana je na sl. 2.



Slika 2. »Normalno stanje«

Na 400 kV konzum je 4466 MW, 1530 Mvar (modeliran na 400 kV u transformacijama 400/110 kV, sa pribrojenim napajanjem Niša iz mreže 400 kV). U generatorima je angažirano 6155.54 MW, 1433.18 Mvar, od čega je potrošnja u modeliranim bloktransformatorima regulacionih elektrana 10.49 MW, 467.55 Mvar (HE Đerdap, TE Gacko, TE Kosovo B, NE Krško, TE Šoštanj 5, TE Drmno, TE N. Tesla, TE Ugljevik) — tako da se na sabirnicama 400 kV injektira 6145.05 MW, 965.63 Mvar. Gubici u mreži 400 kV su 38.76 MW, a generiranje jalove snage 2074.17 Mvar. Prema tome, na 400 kV alimentira se 63% potrebne jalove snage konzuma na sabirnicama elektrana, a ostatak generira mreža.

Na 220 kV konzum je 6193 MW, 3056 Mvar (modeliran na 220 kV u transformacijama 220/110 kV, sa pribrojenim napajanjem Niša iz mreže 220 kV). U generatorima je angažirano 4617.40 MW, 1554.09 Mvar, od čega je potrošnja u modeliranim bloktransformatorima regulacionih elektrana 8.24 MW, 356.42 Mvar (HE B. Bašta, HE Dubrovnik, HE Grabovica, HE Piva, HE Salakovac, TE Kakanj, TE Kosovo A, TE N. Tesla, TE Pljevlja, TE Šoštanj 4, TE Tuzla) — tako da se na sabirnicama 220 kV injektira 4609.18 MW, 1197.66 Mvar. Gubici u mreži 220 kV su 49.52 MW, a generiranje jalove snage 497.45 Mvar. Prema tome, na 220 kV se 39% potrebne jalove snage dobiva na sabirnicama elektrana dok ostatak osigurava mreža (od toga 1361.19 Mvar, ili 73% davanja mreže, ulazi iz međutransformacija 400/220 kV; ostatak od 27% generira mreža 220 kV).

3. POREMEĆAJ

U normalnom pogonu nema značajnijih prijenosa jer su elektrane, kako je već naglašeno, idealno bilančno angažirane [1] pa će tek veći tranziti eksponirati mrežu u smislu potrebnog osiguravanja podrške jalovih snaga. Iz ponovnih detaljnih ispitivanja sustava u maksimumu potrošnje nazivne 1995. može se zaključiti na neke logične aproksimirane razine izvoza za opterećivanje polazne mreže (modeliranog u Divači na 400 kV, sa 0 Mvar):

- 1000 MW ... koliko omogućava raspoloživa jalova snaga angažiranih izvora sustava u normalnom stanju,
- 450 MW ... koliko omogućava raspoloživa jalova snaga angažiranih izvora sustava bez NE Krško,
- 400 MW ... koliko omogućava propusnost veze »Istok« — »Centar« po kriteriju ispada najopterećenijeg voda tog presjeka u normalnom stanju.

Te razine upućuju na opravdanost uzimanja kao logičnog uzorka nešto manje napregnutog sustava od ovih gabarita: s neraspoloživom NE Krško i polaznim izvozom 120 MW (umjesto maksimalno mogućih 450 MW). Ta mala rezerva ostavljena je zbog mogućih pogonskih oscilacija faktora snage u sustavu (čvorištima).

Primijetimo da se u presjeku »Istok« — »Centar« obje postavljene razine mjereno na vodovima slično iskazuju u pogledu veličine tranzita (a zbog jedne kasnije ilustracije dan je i promatrani slučaj izvoza 120 MW):

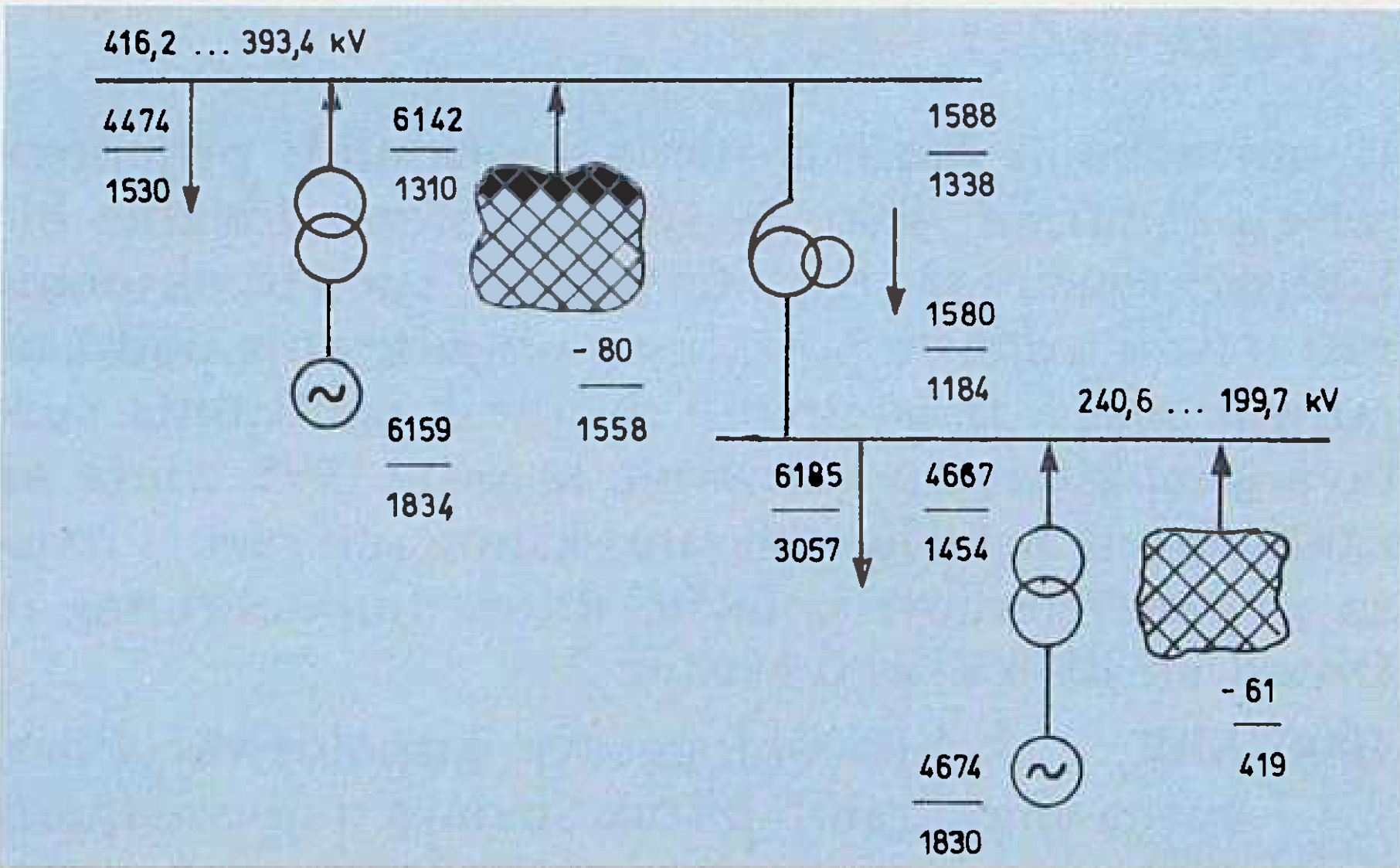
Tablica 1.

Izvoz	450 MW*		1000 MW		120 MW*	
	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
»Mladost« — Ernestinovo	987	164	934	113	767	32
Titograd — Trebinje	191	– 107	179	– 109	71	– 123
Perućica — Trebinje	25	– 33	23	– 33	1	– 31
Piva — Buk Bijela	256	36	248	36	205	25
»Istok« — »Centar«	1459	60	1384	7	1044	– 97

* Bez NE Krško.

Bilanca za slučaj izvoza 120 MW pri neraspoloživoj NE Krško, analogna onoj za osnovno stanje sustava, daje sljedeću strukturu ukupne potrošnje jalove snage, sl. 3.:

- 1530.00 Mvar (potrošnja na 400 kV)
 - 3057.00 Mvar (potrošnja na 220 kV)
 - 153.63 Mvar (potrošnja u transformacijama 400/220 kV),
- podmiruje sa
- 1309.78 Mvar (na sabirnicama izvora priključenih na 400 kV),
 - 1453.74 Mvar (na sabirnicama izvora priključenih na 220 kV),
- dok mreža generira
- 1558.23 Mvar (na 400 kV),
 - 419.36 Mvar (na 220 kV).



Slika 3. Ispad NE Krško

To znači da se 58% potrebne jalove snage osigurava u izvorima, a ostatak od 42% daje mreža. Na generatorima je angažirano ukupno 3663.94 Mvar ili 71% zadane maksimalno raspoložive snage (u regulacionim elektranama). Gledano po naponskim razinama: na 400 kV se osigurava 2868,01 Mvar ili 60% potrebne jalove snage a na 220 kV 1873,10 Mvar ili 40%. U generatorima priključenim na 400 kV je angažirano 6158.59 MW, 1833.72 Mvar, od čega je potrošnja u

modeliranim bloktransformatorima regulacionih elektrana 16.94 MW, 523.94 Mvar — tako da se na sabirnicama 400 kV injektira 6141.65 MW, 1309.78 Mvar. Gubici na mreži 400 kV su 79.84 MW, a generiranje jalove snage 1558.23 Mvar. Prema tome, na 400 kV se 86% potrebne jalove snage alimentira na sabirnicama elektrana, a ostatak generira mreža. U generatorima u mreži 220 kV angažirano je 4674.19 MW, 1830.22 Mvar, od čega se 8.69 MW, 376.48 Mvar troši u modeliranim bloktransformatorima regulacionih elektrana — tako da se na sabirnicama 220 kV injektira 4665.50 MW, 1453.74 Mvar. Gubici u mreži 220 kV su 61.15 MW, a generiranje jalove snage 419.36 Mvar. Prema tome, na 220 kV se 48% potrebne jalove snage dobiva na sabirnicama elektrana, a ostatak osigurava mreža (od toga 1184.43 Mvar, ili 74% davanja mreže, ulazi iz međutransformacija 400/220 kV; ostatak od 26% generira mreža 220 kV).

4. SITUACIJA PO PODRUČJIMA

U »normalnom stanju« situacija s jalovim snagama promatramo po područjima »Istoka«, »Centra« i »Zapada« jest sljedeća:

Tablica 2.

	Konzum		Angažirano na generatoru		Injekcija u mrežu		Mreža daje		TS 400/220 kV (400 kV daje, 220 kV prima)		Bilanca
	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	
»Istok«											
400 kV:	2283	886	4181,81	1154,27	4174,52	846,28	– 26,20	845,81	1584,73	937,01	– 130,79
220 kV:	3714	1768	2270,88	1033,48	2268,10	807,15	– 33,05	148,31	1578,85	808,72	– 3,82
»Centar«											
400 kV:	1211	380	1051,98	133,72	1050,73	71,00	– 8,99	762,57	– 45,25	331,91	121,66
220 kV:	1370	851	1329,43	404,45	1327,28	289,39	– 10,86	240,29	– 45,82	319,74	– 1,58
»Zapad«											
400 kV:	972	264	922,00	145,19	920,05	48,35	– 3,57	465,78	100,74	240,96	9,17
220 kV:	1109	437	1017,09	116,17	1016,78	101,14	– 5,61	108,84	100,59	232,73	5,71

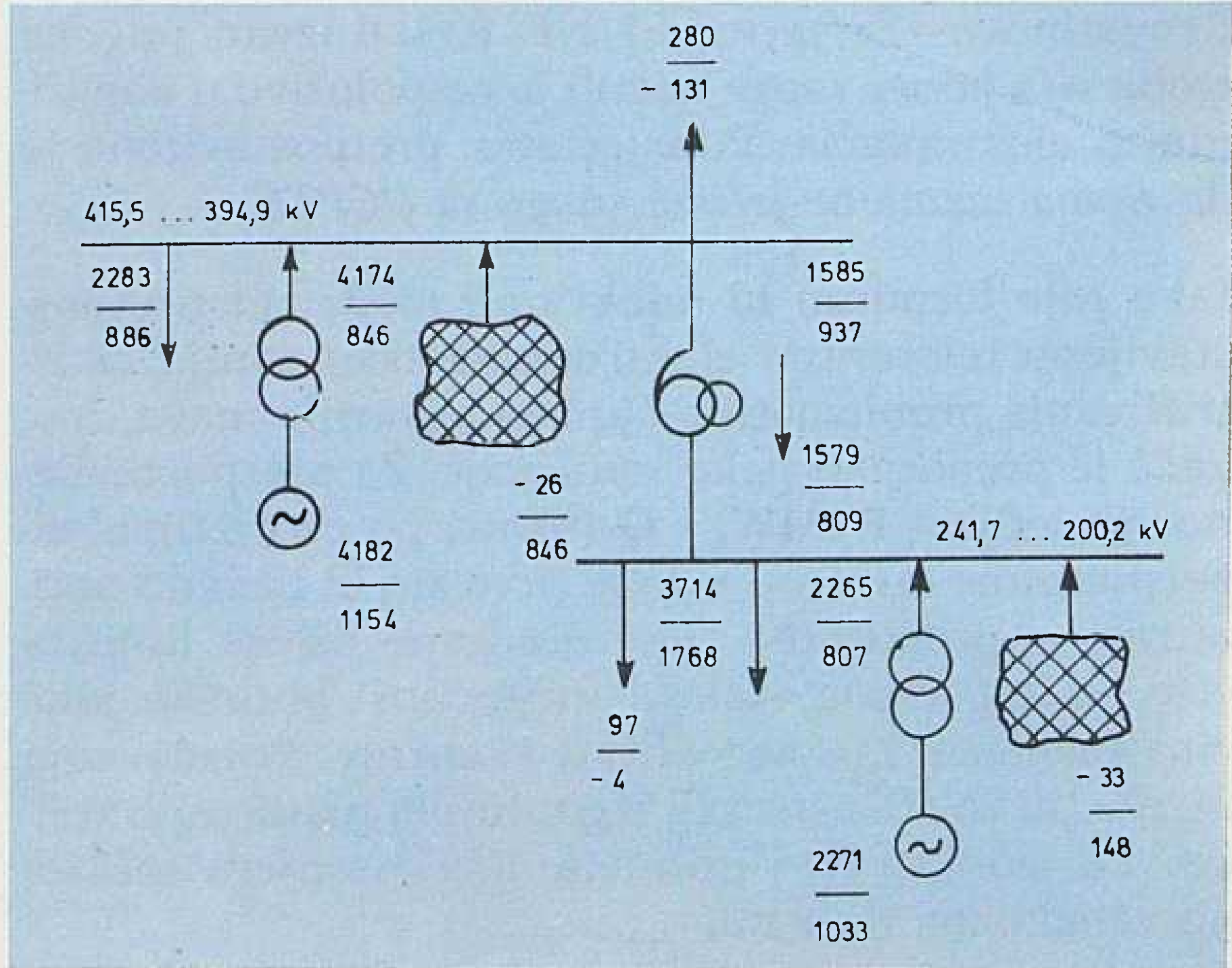
U modeliranim bloktransformatorima zadanih regulacionih elektrana troši se ukupno (na 400 kV i 220 kV) na »Istoku« 13,07 MW, 534,32 Mvar, u »Centru« 3,40 MW, 177,78 Mvar, a na »Zapadu« 2,26 MW, 111,87 Mvar. Od ukupno proizvedene jalove snage na »Zapadu« otpada na elektrane 31% (što je 28% zadane maksimalno raspoložive jalove snage) a 69% generira mreža, u »Centru« elektrane daju 35% (60% zadane maksimalno raspoložive jalove snage) a 65% generira mreža, na »Istoku« elektrane daje 69% (57% zadane maksimalno raspoložive) a 31% mreža. Može se zaključiti: na idealnoj granici (presjek polovicom dužine povezanih vodova) — za razliku od tablice razmjena u [1] u kojoj su dane bilance u čvorištima (u [1] tabl. 8) — »Zapad« ima višak jalove snage 14,88 Mvar, a »Centar« 120,08 Mvar, pa bi »Istok« trebao apsorbirati 134,96 Mvar.

Analogna bilanca po područjima za slučaj neraspoloživosti NE Krško pri izvozu 120 MW dana je u tablici 3. U modeliranim bloktransformatorima zadanih regulacionih elektrana ukupno se troši na »Istoku« 21,21 MW, 671,81 Mvar, u »Centru« 3,54 MW, 184,91 Mvar, a na »Zapadu« 0,88 MW, 43,70 Mvar. Od ukupno potrebne jalove snage na »Zapadu« alimentira se 45% u elektranama (što je 68% zadane maksimalno raspoložive jalove snage) a 55% generira mreža, u »Centru« elektrane daju 49% (80% zadane maksimalno raspoložive jalove snage) a 51% generira mreža, na »Istoku« elektrane daju 75% (67% zadane maksimalno raspoložive) a 25% mreža. Na idealnoj granici polovicom dužine spojnih vodova između područja ima »Zapad« višak jalove snage 79,83 Mvar, a »Centar« 42,19 Mvar, pa bi »Istok« trebao apsorbirati 122,02 Mvar. Ovaj koncept kontrole razmjene izložen je već u [2] (poglavlje II).

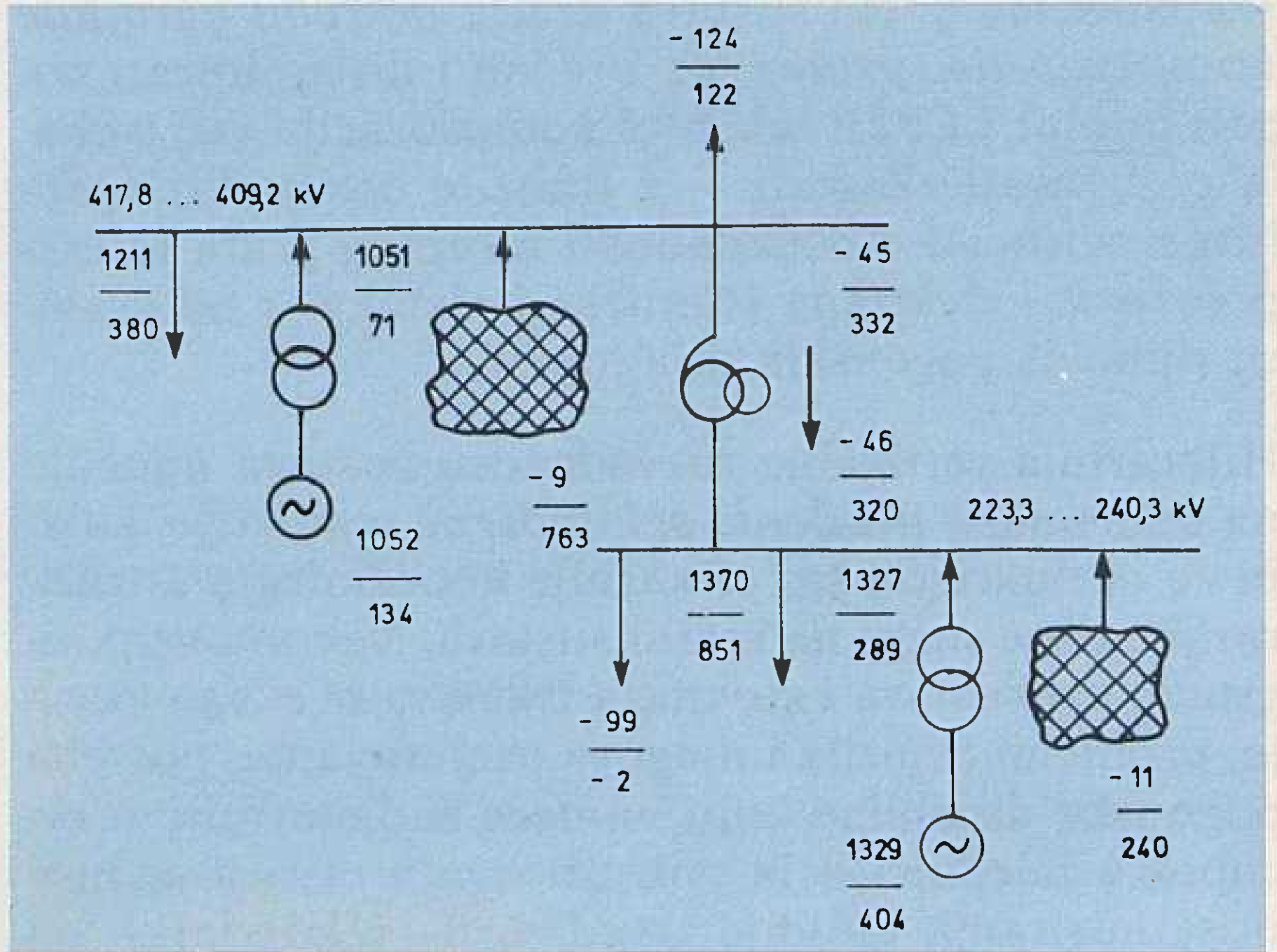
Tablica 3.

	Konzum		Angažirano na generatoru		Injekcija u mrežu		Mreža daje		TS 400/220 kV (400 kV daje, 220 kV prima)		Bilanca
	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	Mvar
»Istok«											
400 kV:	2291	886	4112,59	1459,77	4797,54	1030,04	– 44,73	619,83	1630,85	881,83	– 117,86
220 kV:	3706	1769	2327,64	1116,90	2321,48	874,82	– 35,03	137,52	1625,08	753,10	– 3,56
»Centar«											
400 kV:	1211	380	1052,00	260,51	1050,68	194,41	– 25,22	561,35	– 35,96	306,02	67,74
220 kV:	1370	851	1329,45	456,70	1327,23	337,85	– 16,80	197,55	36,81	– 290,01	– 25,55
»Zapad«											
400 kV:	972	264	294,00	113,45	293,43	85,34	– 9,89	377,05	– 7,57	148,21	50,18
220 kV:	1109	437	1017,10	256,63	1016,79	241,04	– 9,32	84,29	7,73	– 141,32	29,54

Prema navedenim vrijednostima moguće je pokazati utjecaj spojnih vodova između područja. U prije navedenoj tablici 1, s tranzitima između »Istoka« i »Centra«, razmjena viđena iz čvorišta »Istoka« je 1044 MW, – 97 Mvar — a na idealnoj granici presjekom kroz polovice spojnih vodova je 1036,14 MW, – 122,12 Mvar. To znači da se, promatrajući samo jalovu snagu, 25 Mvar troše na gubitke polovice spojnih vodova (»Mladost« – Ernestinovo + 48,91 Mvar, Titograd – Trebinje – 22,81 Mvar, Perućica – Trebinje – 4,29 Mvar, Piva – B. Bijela + 1,84 Mvar).

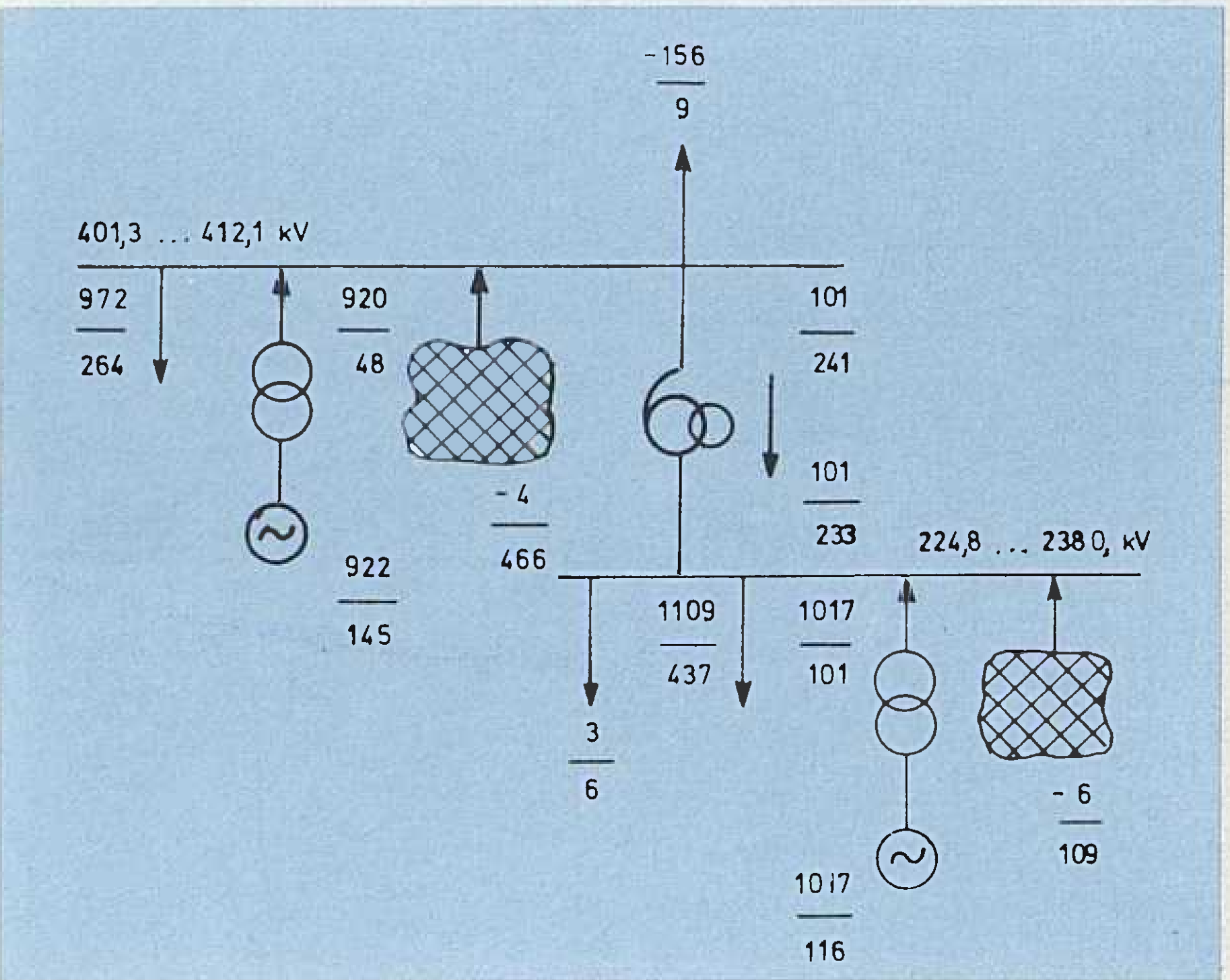


Slika 4. »Istok« — »normalno stanje«

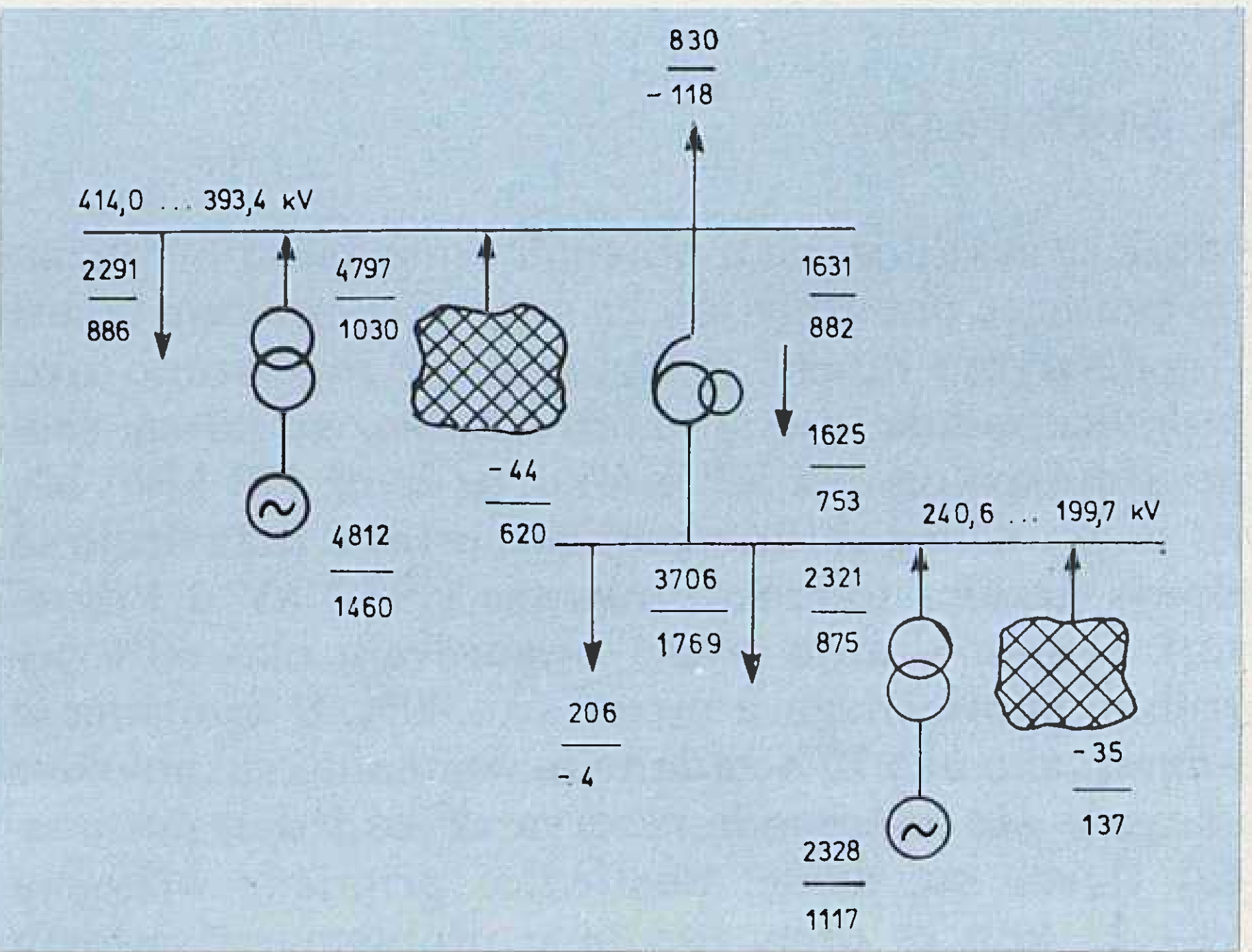


Slika 5. »Centar« — »normalno stanje«

Na sl. 4, 5. i 6. prikazana je bilanca jalovih snaga u normalnom stanju za područja »Istoka«, »Centra« i »Zapada«, i analogno na sl. 7, sl. 8 i sl. 9 za slučaj neraspoloživosti NE Krško pri izvozu 120 MW.

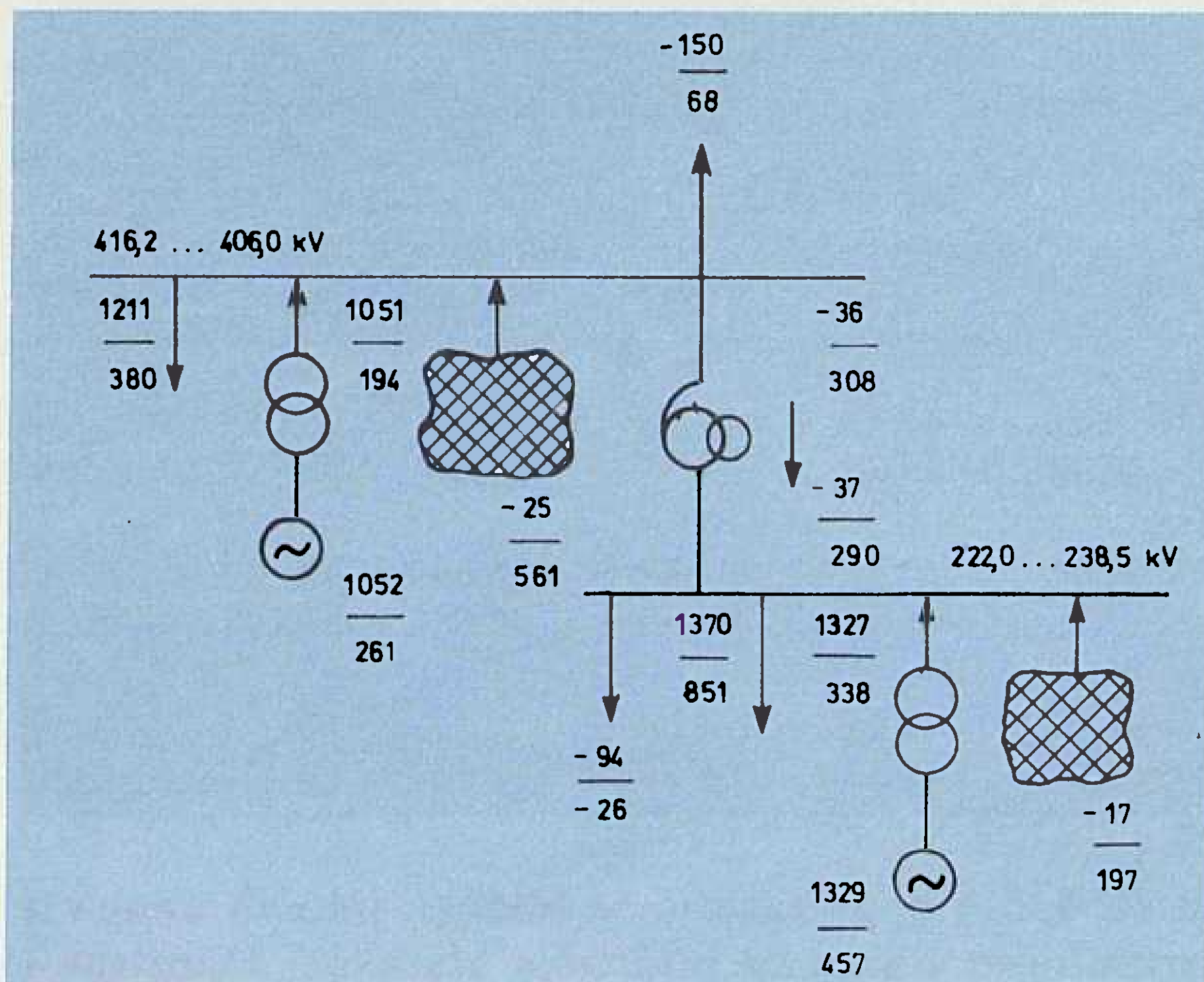


Slika 6. »Zapad« — »normalno stanje«

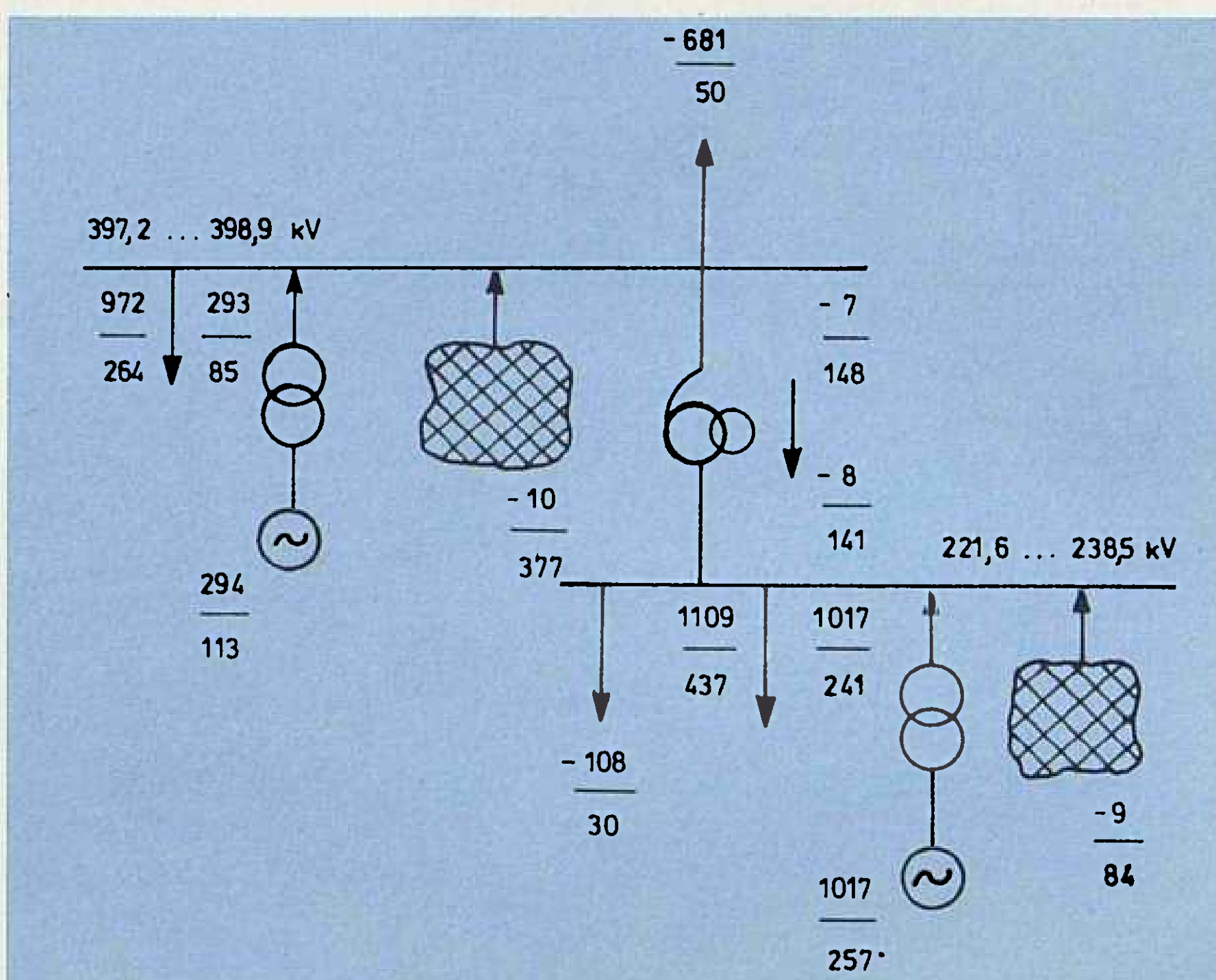


Slika 7. »Istok« — ispad NE Krško

Kroz sva ova ispitivanja normalnog pogona i posljedica neraspoloživosti NE Krško nema potrebe za pri-gušnicama ni za potpobuđenim režimima rada generatora. Prijenosni omjeri transformatora 400/220 kV su uzeti nazivno postavljeni.



Slika 8. »Centar« — ispad NE Krško



Slika 9. »Zapad« — ispad NE Krško

5. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da u normalnom pogonu približno po polovicu potrebne jalove snage osiguravaju izvori i generiranje mreže; u izvorima je angažirano oko polovice zadane maksimalno raspoložive jalove snage. Neraspoloživost NE Krško, uz izvoz 120 MW, blizu je graničnog slučaja pogona sustava: pojavljuje se donja granica tolerancije napona (199,7 kV u Prizrenu). U tom slučaju izvori osiguravaju oko 60% potrebne jalove snage, a mreža oko 40%. U izvorima je angažirano oko 70% zadane maksimalno raspoložive snage — što je premala rezerva za još jedan poremećaj (jasne su, dakle, posljedice primjene kriterija $/n-2/$ koji se preporučuje u problematiki jalovih snaga). Prirodnu snagu prelazi samo prijenos po DV 400 kV »Mladost« — Ernestinovo 768 MVA, Đerdap — Bor 774 MVA, te priključak TE »N. Tesla B«, a oko prirodne snage opterećeni su DV 400 kV Bor — Niš i Drmno — Pančevo. Pomnije promatranje po područjima pokazuje da povećane tranzite nestale prijenosom deficitarne snage sa »Istoka« na »Zapad« po-

državaju izvori »Istoka« i »Centra« u kojima se angažira oko 60% zadane maksimalno raspoložive jalove snage. Treba napomenuti da ovi zaključci vrijede *samo za jedan određeni režim pogona* sustava, ali su ipak kvalitetno i metodološki dovoljno indikativni. Do definitivnog odgovora lako je doći: varijable su jasne (režim u incidentnim čvorištima su UCPTE, angažiranje izvora u superponiranoj mreži) kao i scenariji poremećaja (kvarovi u mreži).

Na razini potrošnje nazivne 1995. i izvoza 120 MW mreža dozvoljava ispad NE Krško sa supstitucijom nastalog deficita s »Istoka«: preostala margina jalovih snaga ne dopušta još jedan veći poremećaj u topologiji ili injekcijama.

»Skraćivanje prijenosa« angažiranjem reverzibilnih elektrana »Centra« logično bi olakšalo situaciju i povećalo rezervu, iako znatno manje u pogledu jalove snage nego djelatne (zbog njihove lokacije na južnoj magistrali).

Ove konstatacije potvrđuju i neki nalazi u [1] (poglavlje 9), pa podsjećamo da je jalova snaga u »Centru« ograničavajući faktor propusnosti sustava *izgrađenosti kakva se očekuje u neposrednoj budućnosti*: za održavanje prijenosa u slučaju ispada DV 400 kV Ernestinovo — Žerjavinec i NE Krško izvan pogona treba više jalove snage negoli je raspoloživo u angažiranim elektranama. Podsjećamo: pretpostavljeno je da *nema razmjene jalove snage sa UCPTE*.

Iako nije formiran ni adekvatan model ni pretpostavljeno relevantno elektroenergetsko stanje za istraživanja problematike napona i jalovih snaga, moguće je prepoznati neke indikacije. Za pretpostavljenu raspodjelu P (MW) i Q (Mvar) po čvorištima superponirane mreže — a to je prvo što bi trebalo optimirati — propusnost superponirane mreže limitira više od kapaciteta vodova mogućnost podrške jalovim snagama, i to naročito u »Centru«. Pojačavanja mreže bit će efikasna tek izgradnjom planiranih velikih TE jedinica [1] i njihovim angažiranjem sukladno veličinama tranzita.

Eventualna orijentacija na izgradnji malih izvora u »zapadnom« dijelu sustava urgira *potrebu ugradnje kompenzacije sustava*. Za uredan i discipliniran pogon unutar UCPTE takva bi kompenzacija već trebala podržavati »Zapad« — i tranzite osloboditi apsolutne ovisnosti o pouzdanosti mrežnog grafa te raspoloživosti elektrana »Centra« i »Istoka« i od granica njihovih pogonskih dijagrama.

Hijerarhija vertikalne razvedenosti sustava upućuje na oportunističku *uvođenja sekundarne regulacije*, kako bi se optimiralo i što efikasnije koordiniralo angažiranje jalove snage na razini sustava. Nehomogena izgrađenost sustava i steknuta iskustva iz eksploatacije, problemi tranzita i njegova osiguravanja, potreba pogonske discipline koju nameće sudjelovanje u evropskoj zajednici — iz svih tih vizura otvara se nužnost iniciranja »studije izvedivosti« sekundarne regulacije u sustavu.

LITERATURA

- [1] Z. TONKOVIĆ, »Propusnost jugoslavenske superponirane mreže u tekucem srednjoročju«, Energija, Zagreb, br. 3, lipanj 1991, str. 145 – 153.
- [2] Z. TONKOVIĆ, »O naponskom slomu i prilikama u zapadnom dijelu jugoslavenskog elektroenergetskog sistema«, Energija, Zagreb, br. 5, 1988, str. 513 – 515.

**DETERMINATION OF THE TRANSMISSION NETWORK TRANSIT CAPABILITIES
BASED ON THE REACTIVE POWER BALANCE**

The results of the transit capabilities of the Yugoslav electric power system from the view of the reactive power available are presented. The results are complementary to those considering the influence of the available transmission routes, that have already been worked out (1). The methodology of the problem resolution is given on a defined model and by the deterministic approach together with variables and functional relationships for the possible overall model.

From the perspective of the reactive power influence on transit capability arguments outlining further research of the system compensation and secondary regulation are given.

**BESTIMMUNG DER TRANSITFÄHIGKEIT DES ÜBERTRAGUNGSNETZES AUF-
GRUND DER BILANZ DER NICHTGENUTZTEN KRÄFTE**

Es werden die Forschungsergebnisse der Transitfähigkeit des jugoslawischen EES auf der Perspektive der verfügbaren nicht genützten Kräfte geschildert. Die Ergebnisse sind komplementär jenen Einflüssen der verfügbaren Übertragungswege die schon in (1) bearbeitet wurden.

Auf dem eindeutig definierten Modell und durch einen deterministischen Zugang wurde embrional die Methodologie der Problemlösung mit Variablen und funktionellen Verbindungen für eine mögliche Verallgemeinerung gegeben.

Aus der Optik der Einflüsse der ungenützten Kräfte auf die Transitfähigkeit wurde eine Argumentation für weitere Forschungen der Systemkompensation und der sekundären Regulierung gegeben.

Naslov pisca:

**Mr. Zdenko Tonković, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
Zagreb
41000 Zagreb, Avenija Vukovar
37, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1991-10-09.

»Brodomaterijal« je u okviru svog širokog polja djelatnosti stekao ugled obavljajući i mnoge poslove za Elektroprivredu.

Postao je priznata firma na području građenja trafostanica 110/20 kV i 110/35 kV po sistemu inženjeringa i isporukom opreme za DV 110 kV i DV 400 KV.

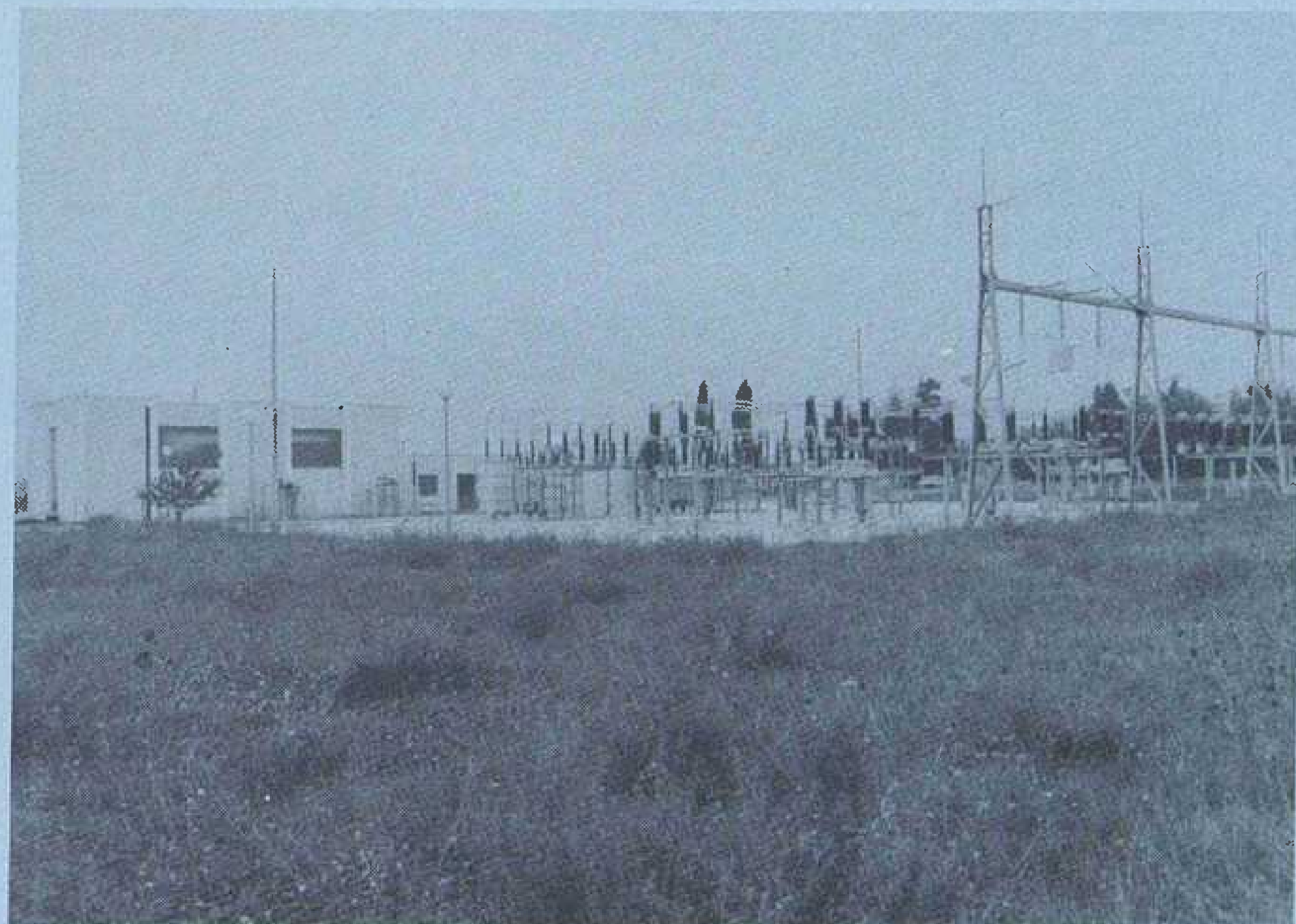
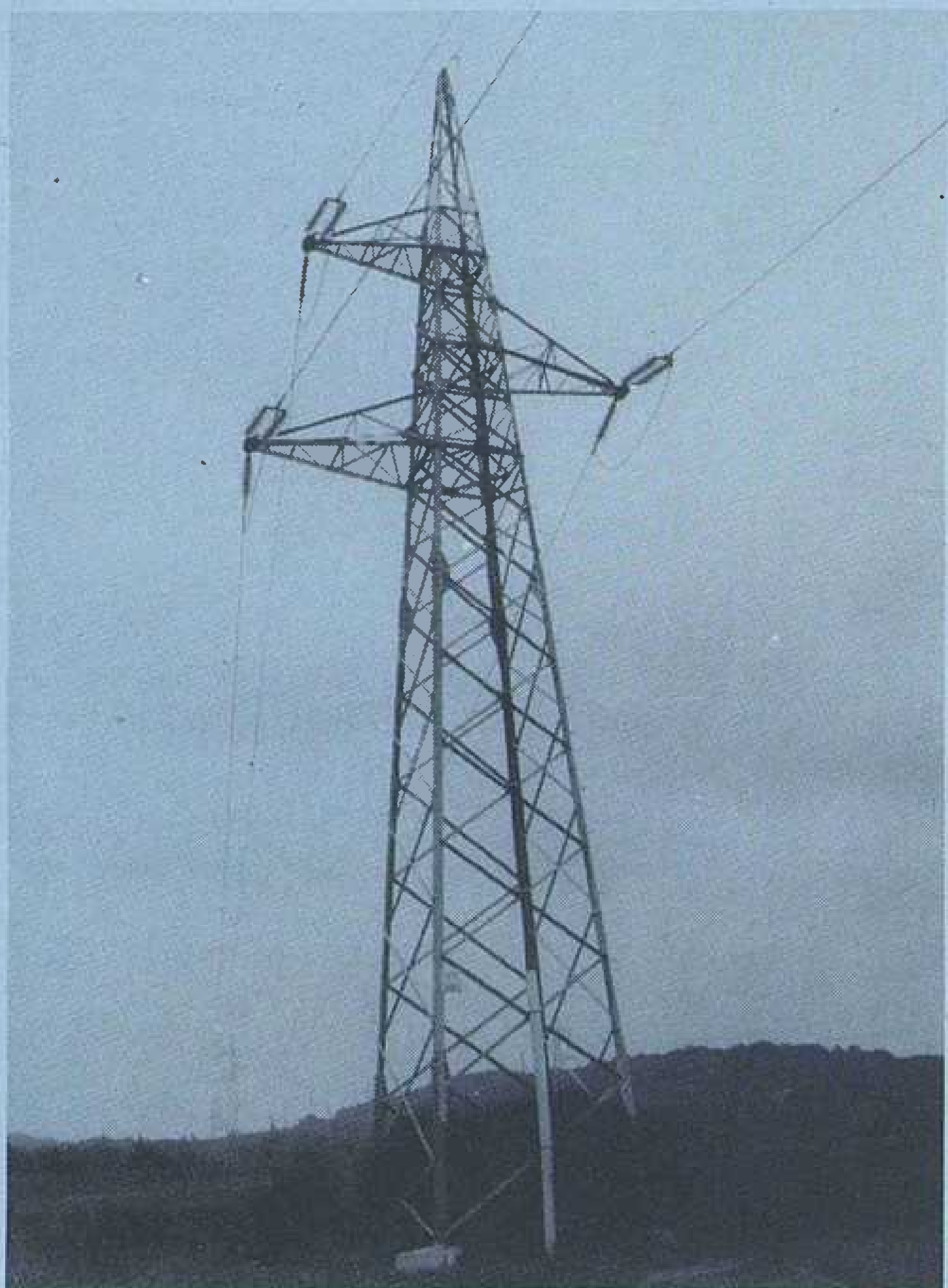
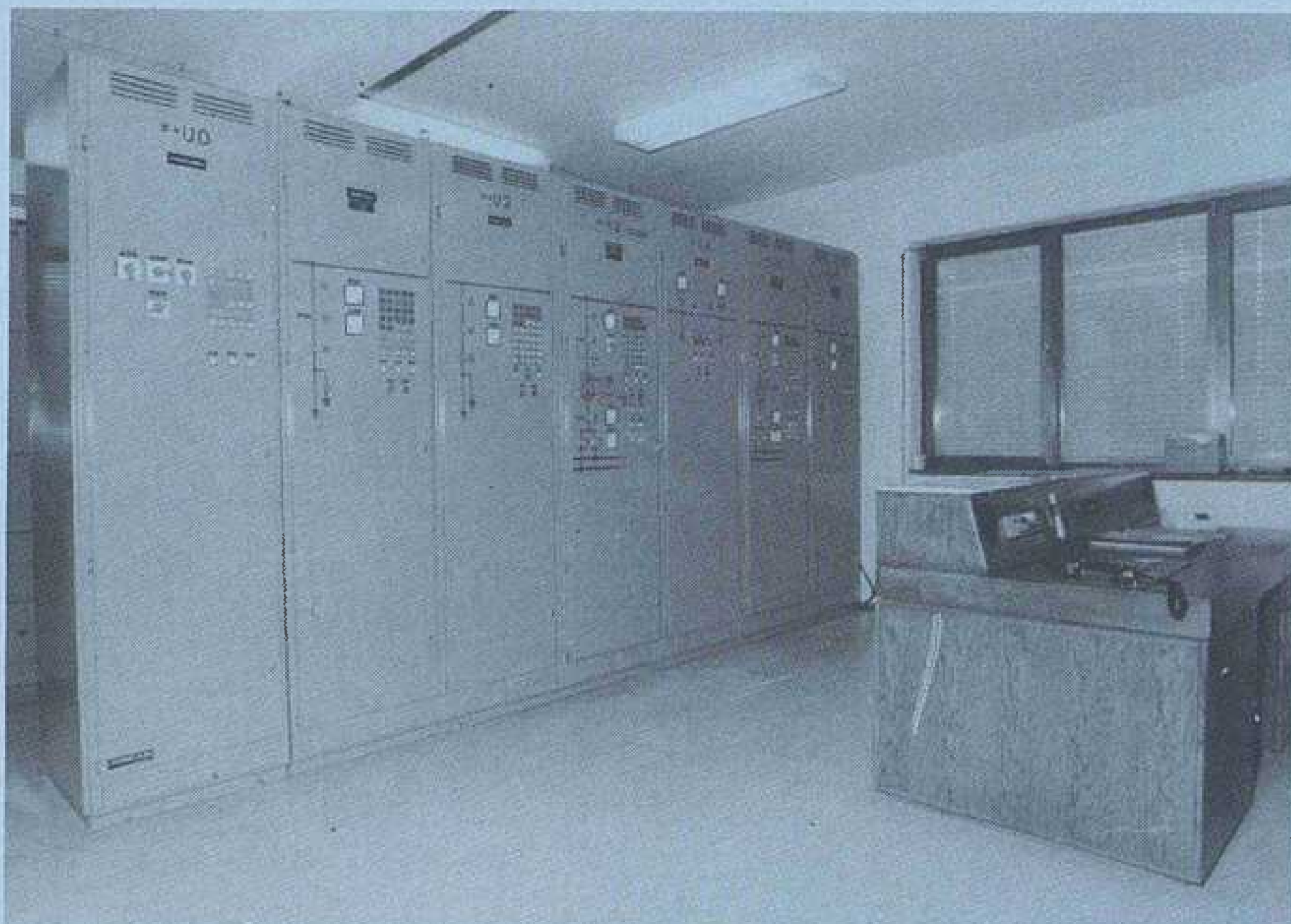
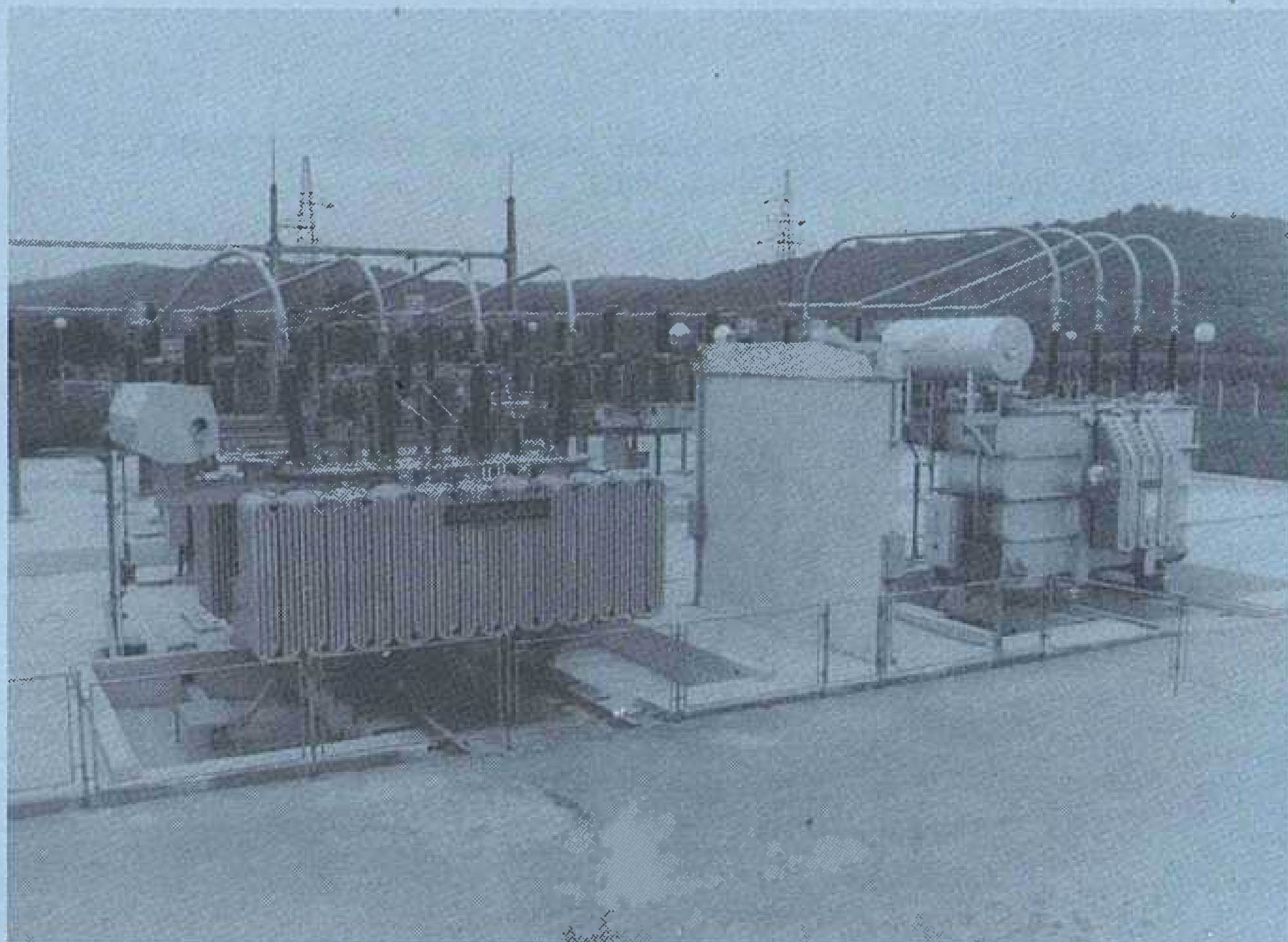
Na regiji Hrvatskog primorja i Istre obavio je sljedeće poslove za Hrvatsku elektroprivredu:

- uvoz podmorskih kabela za Krk — Rab 110 kV,
- isporuka kompletne opreme za TS 110 kV Rovinj — Lošinj — Šijana,
- DV 110 kV Rovinj — Vodnjan — Pula
- isporuka opreme za DV 400 kV TS Melina — TS Tumbri
- isporuka opreme i izgradnja objekta po sistemu ključ u ruke za TS Matulji 110/20 kV.

Za sve informacije izvolite se obratiti na poslovnicu Elektromaterijal 146, na telefone:

051/211-211 kućni: 206, 207 i 211

051/213-541, (telefax br. 32-882 ili 213-541, telex br. 24205).



PRIVREMENA I DUGOTRAJNA SREDSTVA ZAŠTITE VANJSKE IZOLACIJE OD ZAGAĐIVANJA

Mr. Josip Savićević, Split

UDK 621.315.61
PREGLEDNI ČLANAK

U članku je ukratko prikazan opseg i vrsta zagađivanja vanjske izolacije u pojedinim dijelovima EES. Usporedene su osnovne značajke privremenih i trajnih suvremenih kemijskih sredstava zaštite izolacije. Dani su i rezultati preliminarnih ispitivanja trajnog sredstva na bazi fluoruretanskih smola. Procijenjeni su efekti koji bi se postigli njegovom primjenom.

Ključne riječi: vanjska izolacija, zagađivanje, sredstva zaštite.

1. UVOD

Raspoloživost modernih elektroenergetskih sustava (EES) koji obavljaju funkciju prijenosa i distribucije električne energije znatno ovisi o pouzdanosti izolacije. Velik dio postrojenja i energetskih vodova izgrađen je na otvorenom prostoru. Time je njihova izolacija izložena mikroklimatskim i mikroekološkim utjecajima, koji u određenoj mjeri uzrokuju promjenu njezinih karakteristika, prije svega podnosivih, dakle i preskočnih napona, u odnosu na laboratorijski deklarirane vrijednosti za čistu izolaciju. Slabljenje vanjske izolacije najčešće uzrokuju čestice koje dolaze u atmosferu iz prirodnih izvora ili izvora koje je stvorio čovjek. Taloženje stranih čestica na površini izolatora uz prisutnost vlage stvara provodni sloj koji uzrokuje preskok. Taj je preskok sasvim različit od onoga nastalog pri probodu zraka, koje uzrokuju prenaponi u slučaju suhe površine izolatora. Ta pojava često stvara znatne probleme u funkcioniranju EES i poznata je kao fenomen onečišćenja ili zagađenja izolacije. Njezin uticaj na izbor izolacije prijenosnih i distributivnih rasklopnih postrojenja rasta s porastom njihove naponske razine. Na području najviših napona (iznad 765 kV) on je i presudan.

Radi pronalaženja optimalnih rješenja očuvanja izolacije u uvjetima zagađivanja provode se širom svijeta brojna eksperimentalna i teorijska istraživanja. Postoje i vrlo dobri rezultati primjene u praksi. Međutim, ponekad intenzitet zagađivanja na pojedinim područjima može biti toliko jak da vanjsku izolaciju uopće nije moguće primijeniti, pa je neminovno ići u izgradnju oklopljenih postrojenja i kabelaških vodova.

2. OPSEG I VRSTE ZAGAĐIVANJA IZOLACIJE U HRVATSKOJ

U Hrvatskoj je problem zagađivanja izolacije dosta oštro izražen. Osnovni razlozi su u proširenju EES u priobalnom području i na otocima, te u razvoju industrije koji nije praćen adekvatnim mjerama zaštite okoliša. Tome treba dodati čest slučaj neodgovarajućeg dimenzioniranja ili nepravilnog izbora izolacije zbog nedostatka podataka ili nepoznavanja lokalnih uvjeta onečišćenja. Zahvaljujući koordiniranoj akciji Hrvatske Elektroprivrede, Instituta za Elektroprivredu — Zagreb i IRCE — Energoinvest — Sarajevo, u toku posljednjih 15 godina učinjeno je mnogo u praćenju i analizi zagađivanja izolacije, kao i

Tablica 1. Područja i vrste zagađivanja prema [1]

Republika Hrvatska			
Rb.	Područje / objekt	Tip zagađenja	Mjere zaštite
1.	Primorski pojas	zasoljavanje	čišćenje + sil. mast + ugljikovodikova mast (Hvar)
2.	Razine — Šibenik	industr. fluor + klor	čišćenje + sil. mast, uglj. mast + plast. rebra
3.	Raša — Pula	cement. i uglj. praš.	čišćenje + sil. mast
4.	TE Plomin, TE Urinj	dim i prašina	čišćenje + sil. mast
5.	Kutina	dušična gnojiva	čišćenje + sil. mast
6.	Slavonska Požega	dim iz livnice	čišćenje + sil. mast
7.	Vukovar	praš. i čest. gume	čišćenje + sil. mast
8.	Baranja	poljop. zagađivanje	čišćenje + sil. mast
9.	Split, Rijeka	industr. zagađ.	čišćenje + sil. mast

unapređenju zaštite od zagađivanja. U toku 1980. god. provedena je anketa o radu izolacije u zagađenim uvjetima radi utvrđivanja prirode i intenziteta zagađenja.

U tablici 1. dan je djelomični prikaz područja i vrste zagađivanja prema provedenoj anketi. Iako podaci nisu potpuni i aktualizirani na sadašnje stanje (npr. ugradnja filtra u nekim industrijskim postrojenjima snizila je intenzitet zagađivanja), ipak pokazuju dimenziju ovog problema u pojedinim dijelovima EES. Nakon sistematizacije sagledavaju se tri bitna tipa zagađenja izolacije:

- zasoljavanje u primorskim uvjetima
- industrijsko zagađivanje
- poljoprivredno zagađivanje.

Poduzimanje mjera zaštite izolacije od zagađivanja i njihovo usavršavanje ostaje jedan od prioriteta u procesu održavanja. Dosad primjenjivane mjere obuhvaćaju:

- a) periodično pranje izolatora pod naponom ili bez njega,
- b) periodično suho čišćenje abrazivnim materijalom pod zračnim pritiskom,
- c) periodično suho brisanje izolatora bez prisutnosti napona
- d) periodično premazivanje zaštitnim premazima,
- e) naknadna ugradnja dodatnih plastičnih rebara na izolatore u vanjskim postrojenjima,
- f) ugradnja zaštitnih mehaničkih ili vodenih barijera pred ugrožena postrojenja,
- g) kombinacije navedenih mjera.

U sklopu ovih razmatranja zadržati ćemo se na mjeri zaštite navedenoj pod točkom d). Naime, suvremena tehnologija raspolaže posljednjih godina s takvim zaštitnim sredstvima primjena kojih može u nizu slučajeva eliminirati ili svesti na minimum neke od predloženih mjera i time ostvariti povoljnije tehničko-ekonomske efekte.

3. ZAŠTITNA SREDSTVA ZA PREMAZIVANJE IZOLACIJE

Kao jedan od osnovnih kriterija za sistematiziranje sredstava za premazivanje izolacije jest njihova trajnost u eksploataciji. Ako uvedemo vremenska ograničenja koja su ustanovljena u praktičnoj primjeni, možemo ova sredstva podijeliti na:

- a) privremena (s potrebom obnavljanja unutar 5 godina),
- b) dugotrajna (s potrebom obnavljanja nakon 10 godina ili bez potrebe obnavljanja).

U grupu privremenih svrstavaju se premazi na bazi masti, a u grupu dugotrajnih svrstavaju se sredstva na bazi silikonske gume i fluoropolimer silikona.

Bitna razlika između dviju navedenih grupa jest u načinu njihova djelovanja. Princip djelovanja privremenih zaštitnih sredstava zasniva se na »upijanju« kontaminanta, dok je djelovanje trajnih zaštitnih sredstava usmjereno na »odbijanje« kontaminanta s površine izolacije.

3.1. Privremena zaštitna sredstva

Osnovna namjena ovih premaza jest onemogućavanje formiranja vodljivog filma na površini izolatora na način da:

- zbog svoje hidrofobnosti spriječe formiranje vlažnog kontinuiranog vodenog sloja na površini izolatora
- čestice zagađenja (sol, prašina i sl.) upijaju u sebe, međusobno ih odvajajući, što sprečava stvaranje površinskog vodljivog sloja.

Ovi premazi na bazi masti moraju zadovoljiti i sljedeće uvjete:

- moraju posjedovati trajnost od nekoliko godina i u tom razdoblju moraju efikasno onemogućiti preskok na izolatoru
- njihove karakteristike ne smiju bitno ovisiti o klimatskim uvjetima
- u slučaju proboja ne smiju se dekomponirati i kontaminirajuće djelovati na okolinu
- moraju posjedovati dovoljno visoku točku ukapljenja
- moraju posjedovati dovoljno visok indeks penetracije
- moraju se lako nanositi i skidati sa izolatora po mogućnosti pri normalnoj temperaturi okoline
- moraju omogućiti zadovoljavajuću debljinu premaza
- cijena mora osigurati ekonomsku opravdanost primjene.

Od privremenih premaza najpoznatiji su:

- **silikonske masti**, kao smjesa silikatnih ulja i fino razrijeđenog kremenca. Imaju trajni viskozitet u području -50°C do $+200^{\circ}\text{C}$, dobru hidrofobnost i kemijsku inertnost, dobra električna svojstva i stabilan viskozitet u navedenom temperaturnom području.

(npr. silikonska pasta tip E proizvod »Prva iskra«, Barić)

Primjena silikonskih masti ograničena je nekim nedostacima:

- dekomponira se iznad 200°C
- električno pražnjenje izlučuje silikonski kremen koji sam za sebe djeluje kao zagađivač
- vijek trajanja je oko jedne godine
- nije moguće nanijeti veći sloj od 1.0 mm zbog niske mehaničke čvrstoće masti
- zbog tankog sloja i električkog djelovanja razara staklenu i keramičku glazuru izolatora
- cijena je relativno visoka.
- **ugljkovodikove masti**, kao mješavina derivata ugljikovodika s dodatkom polimera — silikonske gume i voska. Ovi proizvodi predstavljaju najnovije tehnološko dostignuće na području privremenih premaza (na pr. Insojell mast tip WT 185 i 235, Dussek Brothers Ltd. Engleska). Ovim mastima eliminirani su neki od bitnih nedostataka ranije razvijenih silikonskih premaza, međutim neki su ipak ostali:
 - primjena je moguća na mjestima gdje ukupna temperatura izolacije ne prelazi 110°C (temperatura klizanja)

- nanošenje je otežano (špricanje je moguće tek pri temperaturi od 140 °C, i to posebnim uređajima, a pri normalnoj temperaturi nanošenje je samo ručno)
- trajnost je ograničena na 2 do 5 godina ovisno o vrsti zagađivanja i lokalnim uvjetima

Neka loša praktična iskustva, posebno sa silikonskim mastima, teškoće pri nanošenju i skidanju, nedovoljna trajnost i relativno visoka cijena predstavljaju ograničavajuće faktore njihove primjene. Daljni razvoj na ovom području usmjeren je na upravo na eliminiranje ovih najbitnijih nedostataka, tj. na stvaranje trajnih zaštitnih premaza.

3.2. Dugotrajna zaštitna sredstva

Pri razvoju trajnih zaštitnih premaza pošlo se od sljedećih osnovnih zahtjeva:

- premaz mora imati životnu dob dužu od pet godina
- mora biti hidrofoban (odbojan na vlagu) sa niskom energetsom razinom površine
- mora posjedovati niski površinski koeficijent trenja, visoku površinsku tvrdoću i elastičnost
- mora biti lako prionjiv za svaku vrst površine
- treba biti lako primjenjiv
- mora biti ekonomičan u usporedbi s ostalim načinima održavanja dielektričke čvrstoće izolacije
- treba biti ekološki čist.

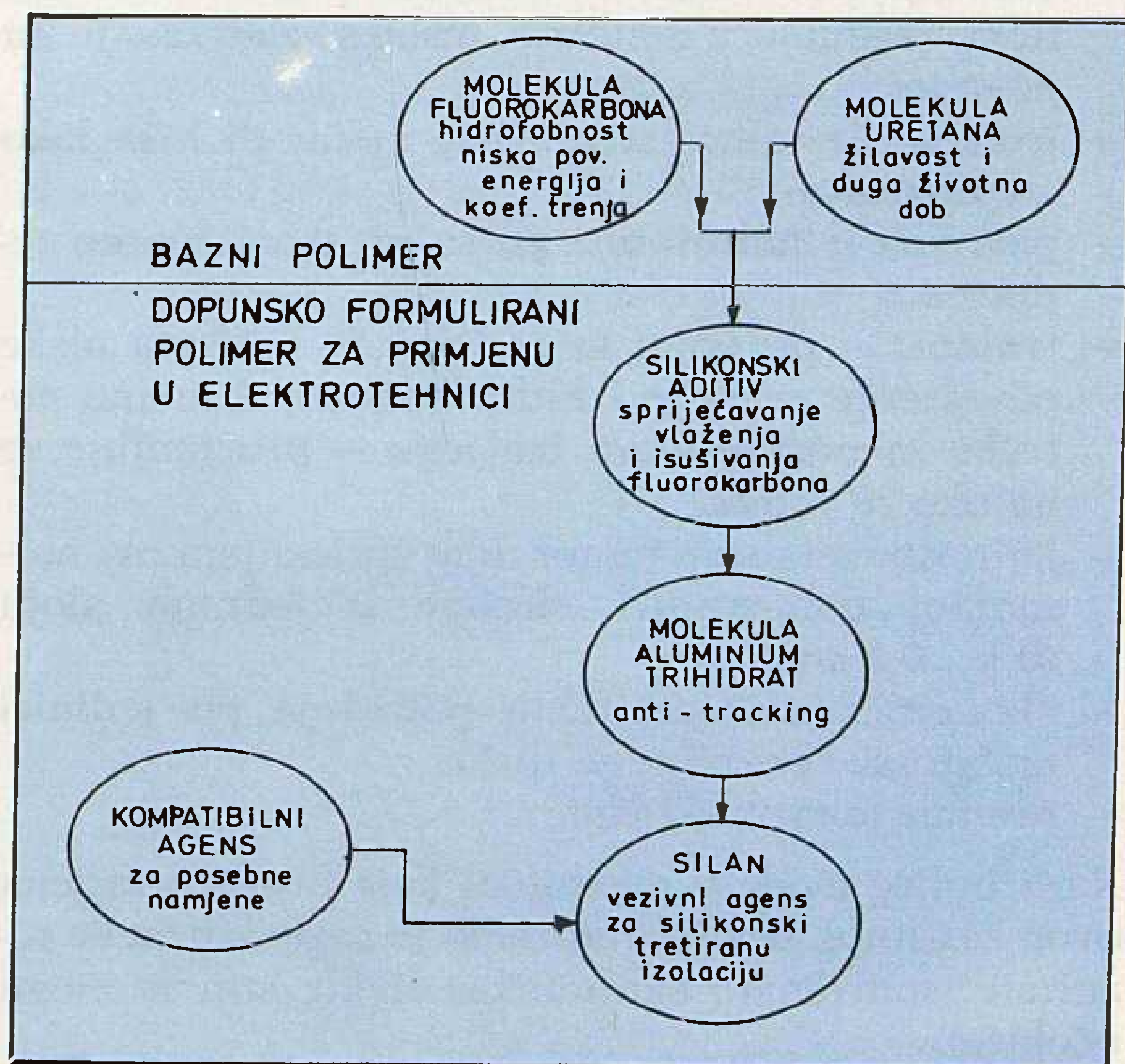
Istraživanja utemeljena na navedenim zahtjevima išla su u dva smjera: prema materijalima na bazi silikonskih guma, te prema epoksidnim smolama i polimerima. Kao rezultat tih istraživanja danas postoje dva komercijalno dostupna premaza, koji manje ili više zadovoljavaju navedene zahtjeve:

- **Gumeni silikonski ili RTV premaz**, vulkanizirani na temperaturi okoline (npr. POWERSIL-Coating T-555 Wacker Silicones Co., SAD). Nanešeni RTV-premaz stvara površinu niske energetske razine, što omogućava vlaženje i smanjuje mogućnost nalijeganja stranih čestica. Iz silikonske gume se na gumenu površinu izlučuje silikonsko ulje, koje stvara kontinuirani film kao zaštitu od vlaženja i nastanka vodljivih staza na površini izolatora. Efikasnost djelovanja zaštite ovisi o poroznosti površine i debljini sloja premaza. Što je nanese sloj premaza tanji, to je i »rezervoar« silikonskog ulja koji »podmazuje« površinu manji, a time i trajanje efikasnog djelovanja kraće. Veća poroznost gume omogućava veće istjecanje ulja na površinu, a time i bolje »kemijsko vlaženje«. To, naravno, ponovno ovisi o raspoloživim rezervama ulja, a to znači o debljini apliciranog sloja RTV-premaza. Efikasnost zaštite je, prema tome, kompromis između poroznosti primjenjene gume i debljine premazanog sloja. Uz standardnu poroznost silikonske gume koju koristi proizvođač potrebna debljina premaza kreće se od 0,4 – 0,5 mm [6].
- Vrlo dobar učinak RTV-premaz pokazao je primijenjen u područjima vlažne klime i niske insolaci-

je. U područjima suhe klime i visoke insolacije trajnost ovog premaza se skraćuje. Naime, silikonska guma ima koeficijent trenja niži od porculana, ali ipak dovoljno visok da u uvjetima suhe klime i visoke insolacije dozvoli skupljanje kontaminanta koji tada onemogućava penetraciju ulja u površinski sloj. Time površinski sloj gubi svoja hidrofobna svojstva.

Primijenjen u odgovarajućim uvjetima, ovaj premaz će predstavljati svakako efikasnu zaštitu izolacije do 10 godina. Njegova šira primjena ovisit će i o ekonomskim učincima jer je trajnost premaza u funkciji debljine nanesenog sloja.

- **Fluoropolimer — silikonski premazi:** Prva istraživanja usmjerena prema ovim materijalima počela su već 60-ih godina, polazeći od dobro poznatih hidrofobnih, izolacijskih i mehaničkih osobina fluorokarbonata i epoksidnih smola. Paralelno s tim materijalima istraživani su i stvoreni novi fluoropolimeri: fluorizirani epoksidi, fluorouretan i fluoroakrilat. Istraživanja [7] su pokazala da postavljene zahtjeve najbolje ispunjavaju fluorouretani, jer su uz zahtijevana svojstva pokazali najbolju elastičnost, adhezivnost i otpornost na trošenje. Tako odabrani bazni polimer bilo je moguće kemijski formulirati kako bi se on i u specifičnim zahtjevima (npr. anti-tracking) prilagodio zaštiti električne izolacije. Struktura definitivno formuliranog premaza prikazan je na sl. 1.



Slika 1. Struktura definitivno formuliranoga fluorouretanskog premaza

Povezivanjem molekula fluorokarbona i uretana ostvarena je niska energija površine, nizak koeficijent trenja, visoka žilavost i duga životna dob premaza. Kako bi se trajnost pouzdano dovoljno produžila i podržala već postignuta dobra hidrofobna svojstva u svim klimatskim uvjetima, strukturnoj formuli fluorouretana dodan je agens silikona koji fluorokarbonski dio molekule održava »kemijski vlažnim«, tj. produžava njegovu hidro-

fonost na dugo razdoblje. Daljnje poboljšanje dielektričkih svojstava ostvareno je dodatkom punila — aluminiumtrihidrata. Taj spoj izložen električnom luku oslobađa kisik, koji se veže s dijelom ugljika oslobođenog iz prisutnog ugljikovodika u ugljični monoksid ili dioksid. Ti plinovi se odvajaju u atmosferu, a rezultat je površina bez provodnih staza nakon preskoka luka (track-free surface). Konačna struktura spoja ostaje otvorena i omogućava dopunska aplikativna formuliranja u slučaju potrebe, npr. antifungicidno djelovanje, boja premaza i sl.

Tako projektiran proizvod pojavio se 1984. god. u SAD pod komercijalnim nazivom »StaClean« kao visokokvalitetno sredstvo za zaštitu izolatora postavljenih u postrojenjima izloženih prirodnim, klimatskim ili industrijskim kontaminacijama. Zbog uočenih prednosti i interesa za primjenu u dijelovima našeg EES, u idućoj točki dan je detaljniji prikaz karakteristika ovog sredstva.

4. FLUOROURETAN/SILAN PREMAZ — StaClean

Najbitnije karakteristike ovog premaza su trajnost, glatkost, žilavost, odbojnost za vlagu i adhezivnost. Bitna svojstva pri primjeni u zaštiti vanjske izolacije jesu:

- zbog niske površinske energije i niskog koeficijenta trenja (0,05 .. 0,10 kinematički i 0,10 .. 0,20 statički) zagađujuće materije, teško se zadržavaju na površini
- izolacija je samočistiva: blag vjetar ili kiša lako čisti izolator
- površina je hidrofobna pa su preskoci znatno reducirani
- trajnost — pri kojoj se zadržavaju svojstva niske površinske energije i hidrofobnosti, te nema potrebe za održavanjem izolacije — procjenjuje se na oko 20 godina
- jednostavan način nanošenja; špricanjem pri normalnoj temperaturi okoline u jednom sloju (0,1 .. 0,2 mm)
- ekonomičnost, specifična potrošnja po jedinici izolatorske površine je niska
- premaz je ekološki čist.

Radi boljeg uvida u prednosti koje pruža primjena ovog zaštitnog sredstva korisno je sagledati neke rezultate ispitivanja i ekonomske efekte koji se mogu očekivati.

4.1. Rezultati ispitivanja

Provedena ispitivanja uglavnom se odnose na provjeru trajnosti i izolacijske sposobnosti premaza StaClean pri djelovanju različitih kontaminenata. Provedeni [6, 7] pokusi trajnosti dali su sljedeće rezultate:

- ispitivanje na atmosferske uticaje — 8 000 sati (ekvivalentno 20 god.). Gubitak glatkosti 10%
- ispitivanje ubrzanog starenja u vanjskim uvjetima (ekvivalentno 30 god.); gubitak glatkosti 40%.

Električna ispitivanja provedena su u različitim uvjetima i s različitim tipovima izolacije. Jedan od karakterističnih pokusa proveden je u SAD na dva identična nosna izolatorska lanca prema ANSI 52.9 standardu [5]. Jedan od dva lanca bio je tretiran premazom StaClean, a drugi je bio potpuno čist. Zadatak testa bio je da se utvrdi vrijednost podnosivog napona industrijske frekvencije na oba lanca u uvjetima slane magle. Dobijeni rezultati pokazali su da podnosivi naponi izolatora sa premazom i bez premaza stoje približno u omjeru 2:1.

Detaljna ispitivanja ovog premaza prije eventualne šire primjene u mreži Hrvatske elektroprivrede povjerena su Institutu za Elektroprivredu u Zagrebu, koji upravo provodi opsežan program ispitivanja premaza prema postojećim propisima. Međutim radi stjecanja praktičnih iskustava u nanošenju premaza i uvida u njegove osnovne fizikalne i kemijske osobine kod primjene na izolatore koji se koriste u našoj mreži, provedena su preliminarne električna ispitivanja. Ispitivanja su provedena izvan postojećih standarda, pa ne mogu služiti za usporedbu, već služe samo kao informacija. Provedena su u visokonaponskom laboratoriju Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu. Obuhvatila su provjeru podnosivih i preskočnih napona kapastih izolatora sa premazom i bez premaza. Respektirajući mogućnosti i sva ograničenja laboratorija, postavljen je sljedeći program ispitivanja [8]:

Program ispitivanja

Objekt ispitivanja:

- a) Stakleni izolator tip KT-120 demontiran iz lanca dalekovoda Nin-Pag. Izolator sadrži otvrdnute naslage soli debljine 0.2 do 0.3 mm s gornje strane, te kontinuiran sloj naslaga po koncentričnim reb-rima s donje strane.
- b) Porculanski izolator tip K 170/280 demontiran iz lanca sa 110 kV dalekovoda kod tvornice »Dalmacije« u Dugom Ratu. Izolator je na objema ploha-ma kontaminiran jakim kemijskim zagađenjem (karbid, ferolegure) koje se ne skida fizičkim pu-tem a da se ne ošteti površina izolatora.
- c) Čisti porculanski izolator tipa K 170/280

Način ispitivanja:

Ispitivanje nepremazanih izolatora

- a) Kontaminirani izolatori na suho
- b) Kontaminirani izolatori na mokro
- c) Nakon pranja čistom vodom na mokro
- d) Izolatori KT 120 nakon pranja na suho

Ispitivanje premazanih izolatora

- a) Svi čisti izolatori na suho
- b) Svi čisti izolatori na mokro (čista voda)
- c) Svi izolatori na mokro (morska voda)
- d) Svi izolatori na mokro (slana voda koncentracije 80 g/l)
- e) Svi izolatori suhi (uz maksimalno stvorene nasla-ge soli)

Vrste ispitivanja:

- a) Električno ispitivanje — podnosivi napon 1 min 50 Hz
- b) Električno ispitivanje — preskočni napon 50 Hz sa samoodržanjem

Rezultati ispitivanja, sređeni radi lakše usporedbe prema ispitanim slučajevima, dani su u tablici 2.

Tablica 2. Usporedni pregled rezultata ispitivanja izolatora sa i bez premaza naponom industrijske frekvencije (podnosivi napon 1 min/preskočni napon u kV)

Isp. slučaj	Opis	TIP KT-120 (sa voda Nin-Pag)		TIP K 170/280 (sa 110 kV voda)		TIP K 170/280 (novi)	
		nepremazan	premazan	nepremazan	premazan	nepremazan	premazan
1.	Nepremazan: a) Premazan: e)	38/41	88/	70/78	- 62/71	71/80	63/70
2.	Nepremazan: b) Premazan: c) d)	/9	55/63 46/52	/5	40/47 33/42	/44	44/45 38/46
3.	Nepremazan: c) Premazan: b)	38/45	70/80	13/18	60/67	44/50	60/70
4.	Nepremazan: d) Premazan: a)	78/90	80/90	70/80	70/80	71/80	74/88

4.2. Ekonomski efekti

Ekonomski efekti koji se ostvaruju primjenom premaza StClean u usporedu s konvencionalnim mastima prije svega se očituju:

- nižim investicijskim troškovima zaštite
- neusporedivo nižim troškovima održavanja
- dobiti koja proizlazi iz povećane raspoloživosti postrojenja.

Investicijske troškove jednostavno je moguće procijeniti za svaki konkretan slučaj, polazeći od specifičnog potroška sredstva, potrebne radne snage, te cijene rada i materijala. Za ilustraciju korisno je navesti nekoliko podataka.

Specifična potrošnja materijala po jednom izolatu-ru:

- potporni izolator 15 kV 0.05 l
- potporni izolator 35 kV 0.08 l
- potporni izolator 110 kV 0.25 l
- potporni izolator 220 kV 0.50 l
- kapasti izolator 0.04 l.

Iz navedenog moguće je dati i procjenu utroška materijala za dijelove ili cjelokupna postrojenja. Na primjer:

- polje 110 kV u TS 12 l
- polje 35 kV u TS 5 l
- DV 110 kV po 1 km 15 l
- DV 35 kV po 1 km 5.51
- DV 10 kV po 1 km 3 l.

Polazeći od prosječne cijene, uključujući sve uvozne dažbine, (fco skladište kupca) do 150 USD/l, troškovi materijala za premazivanje izolacije iznose npr. za:

- polje 100 kV u TS 1800 USD
- DV 110 po 1 km 2250 USD

Detaljnije analize rezultata dane su u [8]. Izolatori s premazom, posebno pri ispitivanjima na mokro, pokazali su znatno veće vrijednosti od nepremazanih izolatora. Pritom treba naglasiti da zbog svojstava premaza izolatori nisu mogli biti kontaminirani u istoj mjeri kao uzorci bez premaza uzeti s terena.

Navedenim troškovima treba dodati i troškove radne snage, koji obuhvaćaju eventualno prethodno čišćenje, špricanje ili ručno premazivanje pomoću boja-disarske četke.

Sagledavanje ekonomskih efekata ne možemo još provesti na praktičnim primjerima iz našeg energetskog sustava s obzirom na to da se radi o uvođenju sasvim novog proizvoda. Međutim, moguće je konzultirati iskustva iz prakse američke elektroprivedne organizacije WAPA (Western Area Power Administration).

Na jugu države Nevada postoji jaka kemijska industrija koja intenzivno zagađuje izolaciju okolnih energetskih postrojenja. U rasklopnom postrojenju 230/13.2 kV nekada se primjenjivalo periodično pranje izolacije. Pokušalo se primjenom silikonske masti, koju je trebalo obnavljati svakih šest mjeseci uz prethodno čišćenje. Radi sniženja troškova održavanja primijenjeni su i trajni premazi na bazi silikonske gume i StaClean na bazi fluorouretana. Postignuti su sljedeći efekti:

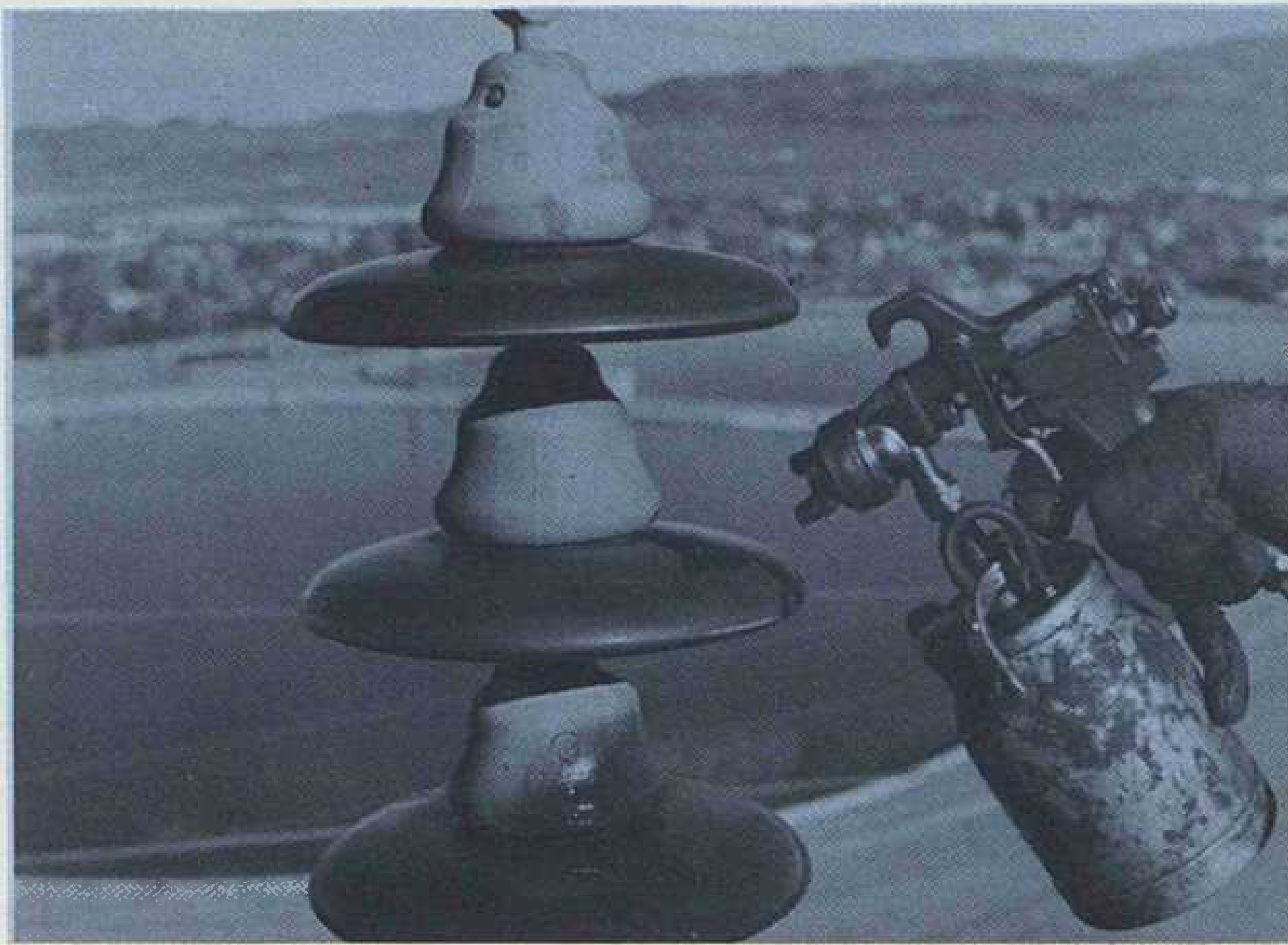
- troškovi primjene silikonske masti po jednoj aplikaciji 50 000 USD
- troškovi primjene premaza na bazi silikonske gume 400 000 USD
- troškovi primjene premaza StaClean (6 radnika u toku 5 tjedana) 105 000 USD.

WAPA očekuje izborom rješenja s premazom StaClean uštedu 1.8 milijuna USD period od 20 god. u usporedbi sa postupkom obnavljanja premaza silikonskim mastima.

Daljnji ekonomski efekti: sniženje gubitaka i oštećenja izolacije zbog djelovanja korone, te uštede zbog povećane raspoloživosti postrojenja bit će moguće eksplicitno valorizirati u praktičnoj primjeni na konkretnim objektima našeg EES.

4.3. Perspektiva primjene premaza StaClean u zemlji i svijetu

Pojava suvremenih sredstava za premaz izolacije vrlo brzo je našla primjenu u energetske sustavima širom svijeta. U industrijski razvijenim zemljama, npr. u SAD, u toku pet godina primjene štećena su vrlo dobra iskustva na područjima zaštite od industrijskih zagađivanja, geotermalnih izvora i u priobalnom području Kalifornije. Dobri rezultati utjecali su na sve širu primjenu u nizu zemalja na svih pet kontinenata.



Slika 2. Nanošenje premaza StaClean na vanjsku izolaciju

Iz tablice 1. vidljivo je da se mjere zaštite vanjske izolacije od zagađenosti na objektima u zemlji svode na čišćenje i primjenu silikonskih premaza. Usporedbom karakteristika evidentne su prednosti suvremenog premaza na bazi fluorouretana, pa su i elektroprivredne organizacije u zemlji pokazale interes za njegovu primjenu. Hrvatske elektroprivreda u suradnji sa Institutom za Elektroprivredu — Zagreb provodi opsežna ispitivanja vezana uz primjenu ovog sredstva u zaštiti različitih tipova vanjske izolacije u različitim uvjetima zagađivanja.

Nažalost, u ovom momentu dio EES Hrvatske izložen je katastrofalnim ratnim razaranjima. Vanjska izolacija posebno je oštećena na nizu objekata. Premaz StaClean moguće je primijeniti kao efikasnu zaštitu pri manjim oštećenjima porculana. Prethodno dobavljena količina u HEP-u korisno će poslužiti pri saniranju i bržem osposobljavanju postrojenja.

5. ZAKLJUČAK

Dosadašnja iskustva sa primjenom privremenih sredstava za zaštitu izolacije nisu dala zadovoljavajuće rezultate. Prednosti koje nude suvremenija sredstva zaštite s predviđenom trajnošću dužom od 10 godina evidentna su s tehničkog i ekonomskog staja-

lišta. Određene prednosti su na strani premaza na bazi fluorouretan-silikonskih smola. Daljnja laboratorijska ispitivanja Instituta za elektroprivredu, a posebno pogonska iskustva prosudit će da li ovo sredstvo i trajno rješava akutni problem zaštite vanjske izolacije od zagađivanja u našem EES.

LITERATURA

- [1] A. SEKSO, Z. RIMAC, »Metodologija istraživanja zagađenja i zaštite vanjske izolacije elektroenergetskih objekata«, JUGEL, Beograd, 1990.
- [2] T. May, »A slick Way to save energy« C. & R Bulletin, Vol. 7. No. 1, February 1990.
- [3] J. REASON, »Insulator coating prevents buildup of dry pollutants«, Electrical World, August 1990.
- [4] D. M. COOK, »A Permanent Noncontaminating Insulator Coating reduces washing«, Transmission & Distribution, June 1988.
- [5] Polytech Co., StaClean A Permanent Noncontaminating Insulator Coating.
- [6] E. R. PERRY, »Overcoming Contamination Caused Insulator Flashover«, IEEE/PES Convention and Exhibition, Dallas, 1991.
- [7] R. TORRES, »A Permanent Insulator Coating to Prevent Insulator Contamination«, IEEE/PES Convention and Exhibition, Dallas, 1991.
- [8] J. SAVIĆEVIĆ, »Preliminarna električna ispitivanja izolatora zaštićenih od zagađivanja premazom na bazi fluorouretanske smole«, HEP, Inženjering — Split, 1991.

TEMPORARY AND PERMANENT MEANS OF PROTECTING THE OUTSIDE INSULATION FROM POLLUTION

The paper gives a short review of the extend and type of the pollution influencing the outside insulation of some electric power system parts. Basic characteristics of current temporary and permanent chemical means of insulation protection are compared, mentioning the results of the preliminary testing of the permanent protection on the base of fluorine-ethanol resin. The possible effects of its application are estimated.

VORLÄUFTIGE UND DAUERHAFTES MITTEL FÜR DEN SCHUTZ DER ÄUSSERLICHEN ISOLATION VON DER VERSCHMUTZUNG

Im Artikel wird in Kürze der Umfang sowie die Art der Verschmutzung der ausserlichen Isolation in einzelnen Teilen des EES geschildert. Es werden die Grundcharakteristiken der vorläufigen und dauerhaften modernen chemischen Isolationschutzmittel verglichen. Man schildert auch die Ergebnisse der präliminaren Forschungen des dauerhaften Schutzmittels auf der Basis von Fluorethanharzen. Ihre Anwendungsmöglichkeiten wurden analysiert.

Naslov pisca:

**Mr. Josip Savićević, dipl. inž.
HEP — Inženjering, 58000 Split,
Radničko šetalište 42, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1991-04-29.

RAČUN STATIČKOG STANJA PRIJENOSNE MREŽE RENORMALIZACIJOM VARIJABLI STANJA

Dr. Petar Bodlović — Darko Nemec, Zagreb

UDK 621.316.1.001

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U radu se izlaže postupak za proračun statičkog stanja mreže korištenjem usuglašene kompleksne renormalizacije varijabli stanja i parametara mreže. Daje se fizi-
kalna interpretacija i analiziraju numerički aspekti uvedene transformacije te potkrepljuju rezultatima testiranja.

Ključne riječi: tokovi snaga, estimacija stanja, analiza elektroenergetskog sus-
tava.

1. UVOD

Programi za proračun tokova snaga u prijenosnoj mreži iz zadanih injekcija snage i modula napona u čvorovima koriste se u studijama elektroenergetskih sistema od početaka primjene računala u tom području. Unatoč tome ima još mnogo nedovoljno istraženih svojstava, kao što su pojava loše uvjetovanosti istražena u [1], prednost iteracija po polarnim koordinatama kompleksnih napona čvorova u odnosu na pravokutne koordinate te dobro funkcioniranje raspregnutog postupka rješavanja pod eksperimentalno utvrđenim pravilima za podešenje.

Postoji više ekvivalentnih analitičkih izraza za injekcije snaga i njihove diferencijale. Oni prestaju biti ekvivalentni kad se prelazi na numeričko rješavanje sistema nelinearnih jednadžbi jer iskazuju različite osjetljivosti s obzirom na linearizaciju i greške zaokruživanja, bilo zbog konačne dužine riječi digitalnih računala, bilo zbog aproksimacija koje se uvode radi postizanja veće efikasnosti rješavanja. Koristeći spoznaje iz [1], već se 1984. godine prišlo sustavnom istraživanju podobnosti pojedinih izraza kao osnove za robusne numeričke postupke kakvi su naročito potrebni u primjeni modeliranja sistema u realnom vremenu. Sistematizacija je izvedena u više faza dok se konačno nije pokazalo da je zgodno primijeniti renormalizaciju varijabli stanja i parametara mreže, uzimajući za osnovu trenutno izračunate kompleksne vrijednosti kompleksnih napona čvorova.

Podloga ideje renormalizacije poznati su 'per unit' (pu) sistem i nadomjesna π -shema transformatora s nenominalnim prijenosnim omjerom, a korak dalje potaknut je pristupom regularizacije polinoma u geometrijskom programiranju [2]. Prilika za primjenu ukazala se u novije vrijeme razvojem generaliziranog proračuna statičkog stanja elektroenergetskog sistema gdje dolazi do izražaja duboko međusobno prožimanje reprezentacije modela sistema i numeričkog postupka. Također je nađena srodnost s idejom za-

kreta osi lokalnih koordinatnih sistema [4] radi uspješnije upotrebe pravokutnih koordinata kompleksnih napona čvorova i kao priprema za »superrasprezanje«.

U ovom se radu najprije potanko objašnjava primjena renormalizacije s kompleksnim naponima čvorova u standardnom modelu za proračun tokova snaga i interpretira veza između tokova i elemenata transformirane matrice admitancija. Zatim se analizira utjecaj točnosti računa tokova i njihovih diferencijala na numeričku stabilnost rješavanja sistema lineariziranih jednadžbi i pokazuje kako se prikladnim preuređenjem poboljšava numerička robusnost. Također će se pokazati kako uz primjenu renormalizacije uvođenje kompleksnih nenominalnih prijenosnih omjera transformatora kao varijabli stanja u model postaje jednostavno i općenito.

Nadalje, razmatra se podobnost rješenja s diferencijalima renormaliziranog vektora stanja u polarnim koordinatama te međusobno povezuje i uspoređuje račun iteracionih korekcija u pravokutnim i polarnim koordinatama. Kroz rezultate proračuna tokova snaga na standardnim IEEE test-mrežama i mreži JUGEL-a prikazuje se utjecaj varijanti računa iteracionih korekcija na konvergenciju i efikasnost rješavanja, napose uz razne nivoe ukupnog opterećenja u sistemu.

2. STATIČKO STANJE PRIJENOSNE MREŽE

U osnovnoj formulaciji proračun tokova snaga jest rješavanje sistema nelinearnih jednadžbi koje preko matrice admitancija mreže povezuju kompleksne injekcije s kompleksnim naponima čvorova:

$$S^*(V) = [V^*] Y V. \quad (2.1)$$

U ovom radu promatra se mogućnost korištenja supstitucije:

$$V = [V_R]v \quad (2.2)$$

s kompleksnim baznim vektorom čvorova V_R u iterativnom rješavanju jednadžbi tokova snaga Newtonovom metodom linearizacije. Zbog toga će se najviše pozornosti pridati diferencijalu dS^* po tako uvedenom jediničnom (per unit) vektoru napona v . Supstitucija (2.2) u (2.1) daje:

$$S^*(v) = [v^*][V_R^*] Y [V_R]v = [v^*]yV, \quad (2.3)$$

gdje je:

$$y = [V_R^*]Y[V_R]. \quad (2.3a)$$

Izraz (2.3) ima isti oblik kao (2.1) s 'per unit' matricom admitancija y . U specijalnom slučaju kada je V_R jednak vektoru (realnih) nominalnih napona čvorova matrica admitancije y je simetrična za mrežu s transformatorima na nominalnom odnosu transformacije. Diferencijal

$$dS^*(v) = \frac{\delta S^*}{\delta v} dv = [dv^*]yv + [v^*]ydv \quad (2.4)$$

poslužit će za nalaženje parcijalnih derivacija radnih i jalovih snaga po varijablama stanja koje su koordinate kompleksnog vektora v . U polarnim koordinatama je:

$$v = |v|e^{j\theta} \quad (2.5)$$

$$dv = (d|v| + j|v|d\theta)e^{j\theta} = (dv/|v| + jd\theta)v, \quad (2.5a)$$

a u pravokutnima:

$$v = e + jf \quad (2.6)$$

$$dv = de + jdf. \quad (2.6a)$$

Iz iskustva je poznato da je u standardnom 'per unit' sistemu konvergencija iterativnih postupaka na bazi linearizacije znatno brža i pouzdanija kad se koriste diferencijali u polarnim koordinatama (2.5a) nego u pravokutnima (2.6a). S druge strane, račun u polarnim koordinatama zahtijeva upotrebu trigonometrijskih funkcija, dok se u pravokutnima koriste samo operacije množenja i zbrajanja. Kompleksni vektor baznih napona V_R izabrat će se upravo na taj način da se spoje oba dobra svojstva polarnih i pravokutnih koordinata.

Svaka iteracija rješavanja lineariziranog sistema polazi od nekoga početnog vektora varijabli stanja koji će se zbog preglednosti označavati uvijek istim simbolom:

$$V_0 = E_0 + jF_0. \quad (2.7)$$

Odgovarajući jedinični ('per unit') vektor napona je:

$$v_0 = [V_R]^{-1} V_0. \quad (2.8)$$

Ako se dozvoli da V_R bude kompleksni broj, izrazi (2.3) i (2.5a) sugeriraju izbor:

$$V_R = V_0 \quad (2.9)$$

tj.

$$v_0 = 1, \quad (2.9a)$$

gdje je s 1 označen vektor čije su sve komponente jednake 1 . Tada je za polazno stanje:

$$S^*(v_0) = y1 \quad (2.10)$$

$$dv = d|v| + jd\theta = de + jdf \quad (2.11)$$

$$de = d|v|, \quad df = d\theta \quad (2.12)$$

i

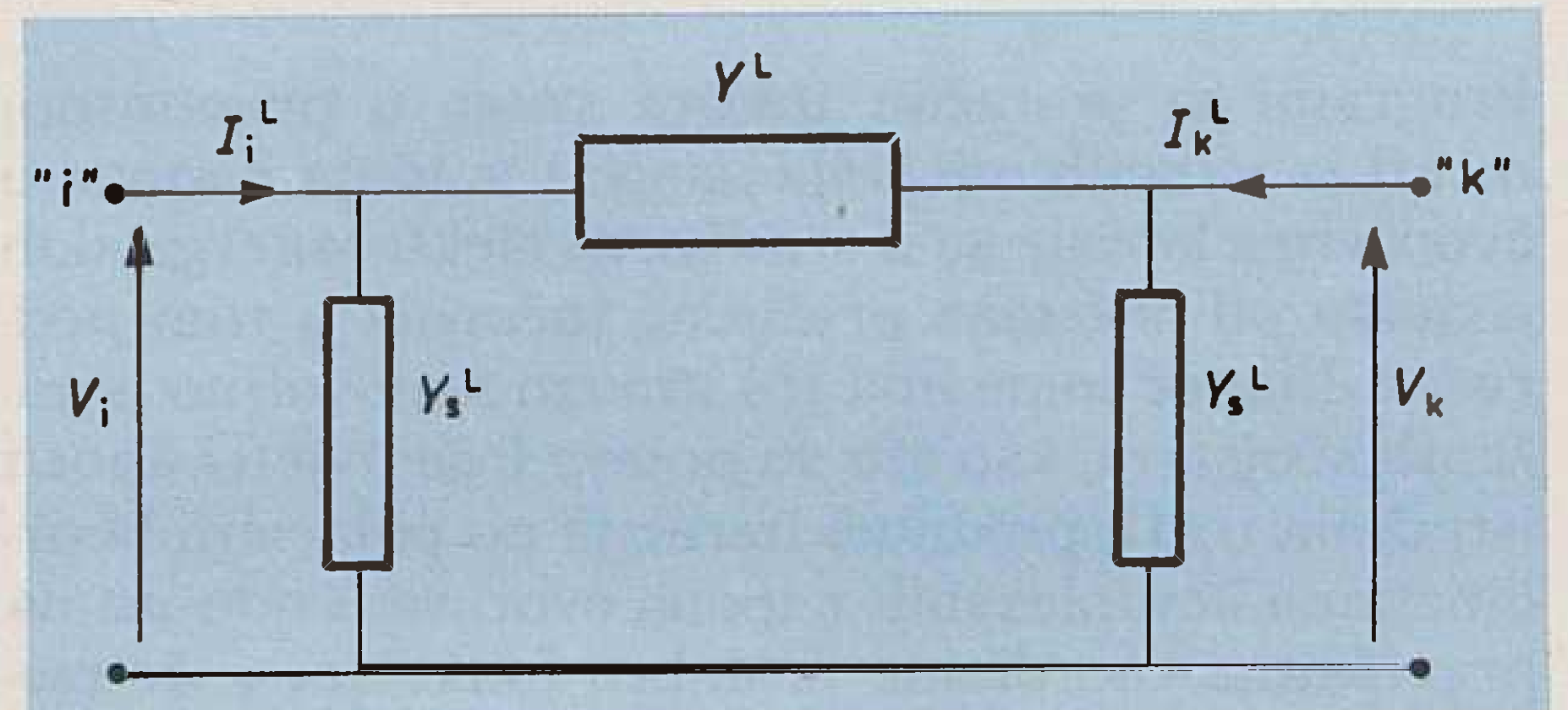
$$dS^*(v_0) = [dv^*]y1 + ydv = \quad (2.13)$$

$$= [dv^*]S^*(v_0) + ydv. \quad (2.13a)$$

Faktički se sa (2.9) svaka iteracija dovodi na tzv. »flat start« s naponima čvorova jednakim $1+j0$ i novom mrežom čija je matrica admitancija određena po (2.3a). Izučavanje nove mreže i transformacije od Y na y ukazuje na uvjete za numeričku robusnost rješavanja problema tokova snaga. Osnove toga pristupa dane su u sljedećoj točki.

3. TRANSFORMACIJA MATRICE ADMITANCIJA

Supstitucija (2.2) sa V_R po (2.9) neovisna je o izboru jedinica za napone čvorova V . Izborom jediničnog sistema napona kao polaznog postiže se da osim vodova i transformatori s nominalnim prijenosnim omjerima ulaze u sastav matrice admitancija Y predstavljeni nadomjesnom π -shemom (slika 1).



Slika 1. Nadomjesna π -shema elementa L (voda ili transformatora s nominalnim prijenosnim omjerom) između čvorova »i« i »k« u jediničnom sistemu napona

Nadomjesna π -shema sa sl. 1 daje doprinose matrici admitancija Y_L s nenultim elementima:

$$Y_{Lii} = Y_{Lkk} = Y_s^L + Y^L = (G_s^L + jB_s^L) + (G^L + jB^L) \quad (3.1)$$

$$Y_{Lik} = Y_{Lki} = -Y^L = -(G^L + jB^L). \quad (3.1a)$$

Ekvivalentne sheme ostalih tipova pasivnih elemenata (paralelne prigušnice i kondenzatori, tronamotni transformatori) ne unose principijelno ništa novo, pa se neće posebno razmatrati ali će se smatrati da su svi pasivni elementi pod naponom uključeni u sastav matrice admitancija

$$Y = \sum_L Y_L.$$

Način označavanja upućuje na primjenu objektno orijentiranog programiranja i orijentaciju na distribuirani model podataka. Renormalizirana matrica admitancija (2.3a) s (2.9) ima istu strukturu kao Y :

$$y = \sum_L y_L = \sum (g_L + jb_L),$$

gdje za objekt (element mreže) L iz slike 1 vrijedi:

$$y_{Lii} = |V_{0i}|^2 Y_{Lii} = |V_{0i}|^2 (Y_s^L + Y^L) \quad (3.2)$$

$$y_{Lik} = V_{0i}^* V_{0k} Y_{Lik} = -V_{0i}^* V_{0k} Y^L \quad (3.2a)$$

$$y_{Lki} = V_{0k}^* V_{0i} Y_{Lki} = -V_{0k}^* V_{0i} Y^L \quad (3.2b)$$

$$y_{Lkk} = |V_{0k}|^2 Y_{Lkk} = |V_{0k}|^2 (Y_s^L + Y^L). \quad (3.2c)$$

Da bi se vidjeli numerički efekti izvedene transformacije na račun tokova (2.10) i diferencijala (2.13), analizirat će se doprinos S_{Li}^* i dS_{Li}^* toka kompleksne snage iz čvora »i« kroz L i njegova diferencijala:

$$S_{Li}^* = y_{Lii} + y_{Lik} = |V_{0i}|^2(Y_s^L + Y^L) - V_{0i}^* V_{0k} Y^L \quad (3.3)$$

$$dS_{Li}^* = dv_i^*(y_{Lii} + y_{Lik}) + y_{Lii}dv_i + y_{Lik}dv_k \quad (3.4)$$

$$= dv_i^* S_{Li}^* + y_{Lii}dv_i + y_{Lik}dv_k. \quad (3.4a)$$

Odmah je uočljivo nekoliko numeričkih nekorektnosti doslovne primjene transformacije Y u y po izrazu (2.3a) u računima tokova snaga i njihovih diferencijala. U prvom redu, S_{Li}^* sadrži razliku približno jednakih velikih vrijednosti $|V_{0i}|^2 Y^L - V_{0i}^* V_{0k} Y^L$. Točnost računa S_{Li}^* kritična je za točnost rješenja iteracijama, pa, između ostalog, ne bi bile dozvoljene bilo kakve aproksimacije elemenata matrice y^L . Zato izraz (3.3) treba preurediti u:

$$S_{Li}^* = |V_{0i}|^2 Y_s^L + V_{0i}^*(V_{0i} - V_{0k}) Y^L, \quad (3.5)$$

što je »standardni« oblik za račun tokova snaga. Nadalje, čak ako se koristi preciznija vrijednost S_{Li}^* iz (3.5) u (3.4a), diferencijal dS_{Li}^* nije dobro uređen jer se u sumi elemenata retka parcijalnih derivacija pojavljuju članovi različitog numeričkog porijekla. Ta suma je kritična s obzirom na stabilnost rješavanja lineariziranog sistema. Logično je rješenje da se eliminiira dijagonalni član y_{Lii} preko (3.3):

$$y_{Lii} = S_{Li}^* - y_{Lik} \quad (3.6)$$

jer se preciznost S_{Li}^* već pokazala nužnom i zadovoljenom putem (3.3). Uvrštenje y_{Lii} prema (3.6) u (3.4a) daje:

$$dS_{Li}^* = S_{Li}^*(dv_i^* + dv_i) - y_{Lik}(dv_i - dv_k) \quad (3.7)$$

$$= 2S_{Li}^* \text{Re}(dv) - y_{Lik}(dv_i - dv_k), \quad (3.7a)$$

gdje Re označava realni dio, tj. $\text{Re}(dv) = d|v| = d|e|$.

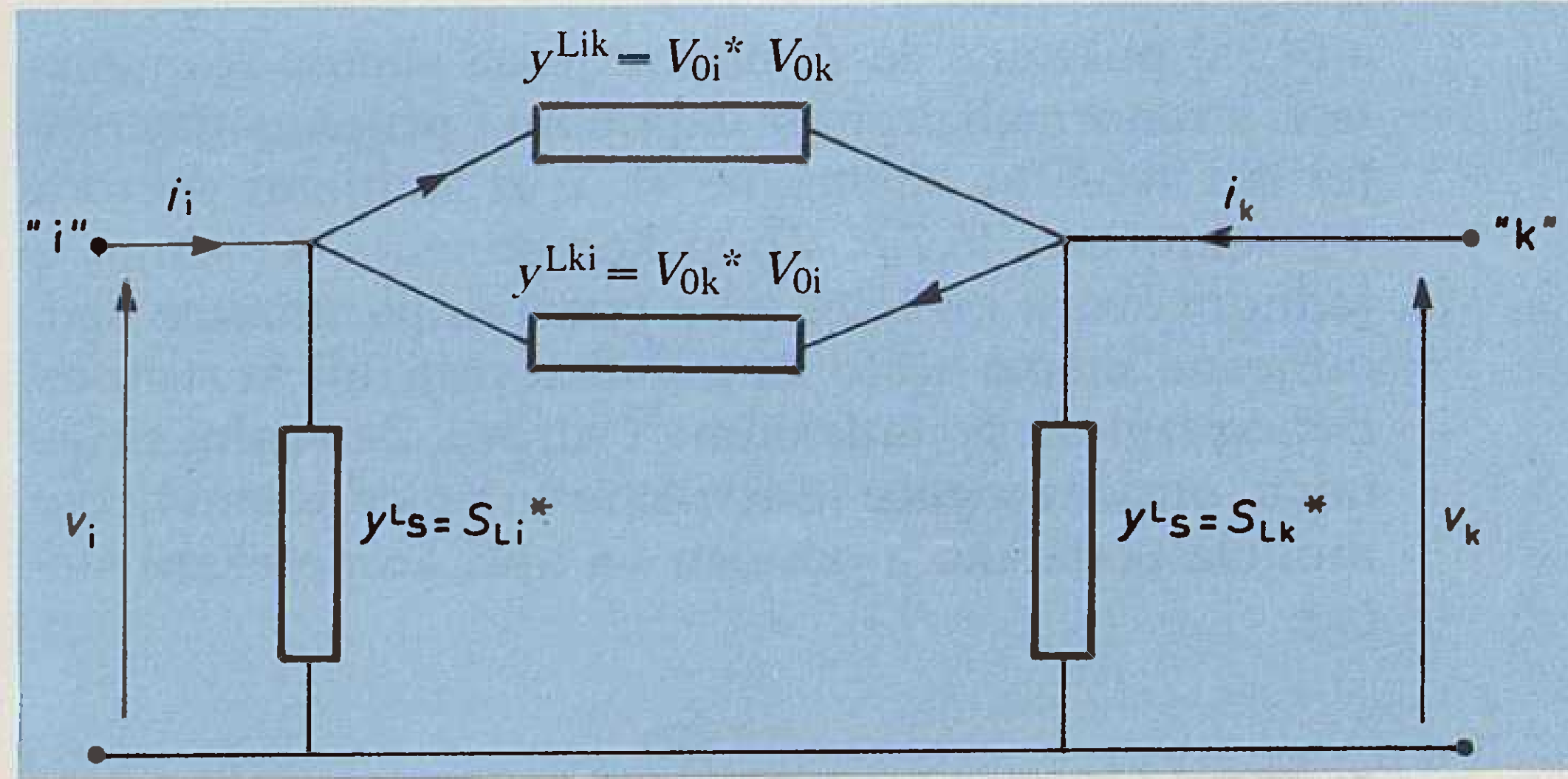
Oblik diferencijala dS_{Li}^* iz (3.5) zadovoljava postavljene kriterije numeričke korektnosti. Suma koeficijenata varijabli linearnog sistema precizno je određena sa S_{Li}^* , a u članovima y_{Lij} dozvoljene su aproksimacije jer ne djeluju na tu sumu.

Usporedbom (3.6) s (3.1) dobivenim iz nadomjesne sheme na sl. 1. zaključuje se da S_{Li}^* ima ulogu poprečne admitancije u čvoru »i« od elementa L:

$$y_{si}^L = S_{Li}^*, \quad (3.8)$$

$$a \quad y^{Lik} = y_{Lii} \quad (3.8a)$$

uzdužne admitancije između čvorova »i« i »k« u nadomjesnoj shemi objekta L s renormaliziranim vektorima napona v jednakim 1 na početku iteracijskog koraka. Provedbom analognih razmatranja još za drugi krajnji čvor »k« dobit će se i ostali parametri nadomjesne sheme elementa L s naponima v (sl. 2). U polaznom stanju s $v_0 = 1$ tokovi u uzdužnim granama nadomjesne sheme jednaki su nuli (jer je razlika napona jednaka nuli). One pridonose samo diferencijalnim tokovima. Poprečne grane preuzimaju izračunate tokove, a njihove admitancije Y_s^L prisiljene su da ispunjavaju uvjete postavljene jednadžbama tokova snaga. Zato je opravdano da se smjeste uz ob-



Slika 2. Nadomjesna shema elementa L u renormaliziranom sistemu napona v

jekt L distribuiranog modela podataka. Štoviše, one se mogu iskoristiti za efikasniji, čak možda numerički korektniji račun udužnih admitancija. Točnije, uz objekt L modela podataka povoljno je smjestiti vrijednost:

$$\sigma_i^L = y_{si}^L |v_{0i}|^2 = S_{Li}^* |v_{0i}|^2 \quad i$$

$$\sigma_k^L = y_{sk}^L |v_{0k}|^2 = S_{Lk}^* |v_{0k}|^2,$$

jer koristeći (3.5) izlazi:

$$y_{Lik} = V_{0i}^* V_{0k} Y^L = (Y^L + Y_s^L) |V_{0i}|^2 - S_{Li}^* = |V_{0i}|^2 (Y^L + Y_s^L - \sigma_i^L). \quad (3.9)$$

Analogno se dobiva izraz za y_{Lki} . Ušteda je u zamjeni množenja kompleksnih brojeva množenjem kompleksnog s realnim. Više od toga privlači jasnija izražena nastanka nesimetrije u jakobijanu $\delta S^*/\delta v$ prema izrazu (3.7).

4. TRANSFORMATOR S NENOMINALNIM PRIJENOSNIM OMJEROM

Neka sada L označava transformator s kompleksnim nenominalnim prijenosnim omjerom. Radi zornije ilustracije principa uzet će se da nenominalna transformacija može biti u oba čvora: T_i^L u i-tom i T_k^L u k-tom. Nadalje, neka su ti omjeri smješteni u vektor T_L čvorova mreže, kao i kompleksne snage S_{Li}^* i S_{Lk}^* u vektor S_L^* , s ostalim komponentama jednakim nuli. Tada:

$$S_L^*(V, T^L) = [\tilde{V}^*][T^{L*}]Y_L[T^L]V. \quad (4.1)$$

Po uzoru na (2.2) i (2.9) uvodi se vektor renormaliziranih prijenosnih omjera t^L izrazom

$$T^L = [T_0^L]t^L, \quad (4.2)$$

što daje

$$S_L^*(v, t^L) = [v^*][t^{L*}][V_0^*][T_0^{L*}]Y_L[T_0^L][V_0][t^L]v = [(vt^L)^*]y^L vt^L = S_L^*(vt^L) \quad (4.3)$$

uz

$$y_L = [(V_0 T_0^L)^*]Y_L[V_0 T_0^L] \quad (4.3a)$$

i skraćenim oznakama za produkte dijagonalnih matrica i po komponentama izmnoženih vektora.

Iz (4.3) slijedi da je

$$\frac{\delta S_L^*}{\delta t^L} = \frac{\delta S_L^*}{\delta v^L}, \quad (4.4)$$

a (4.3a) pokazuje da se nadomjesna shema elementa L s renormaliziranim naponom i prijenosnim omjerima svodi na shemu na sl. 2 uz zamjenu vektora V_0 vektorima $V_0 T_0^L$. Zbog komponente T^L samo u jednom čvoru različite od 1 izrazi za parametre nadomjesne sheme nešto su jednostavniji, ali bez simetričnog izgleda po indeksima čvorova. Za realni prijenosni omjer moguće je strukturno pojednostavljenje modela podataka u odnosu na opći kompleksni slučaj.

5. ITERACIONE KOREKCIJE VARIJABLI STANJA

Kako ovaj rad ne obuhvaća postavljanje kompletnog sistema jednadžbi za određivanje stacionarnog stanja niti rješavanje lineariziranog sistema, daljnje će se izlaganje nastaviti od rješenja za diferencijale renormaliziranog vektora stanja dv izraženog u polarnim i pravokutnim koordinatama relacijom (2.11). Najprije će se dati kratak osvrt na podobnost rješenja dv , a zatim praktička primjena na iterativnu korekciju polaznog stanja V_0 .

Jednakost diferencijala (2.12) pravokutnih i polarnih koordinata dv bila je poticaj za uvođenje renormaliziranih napona v kako bi ugodan rad s pravokutnim koordinatama imao povoljna svojstva konvergencije iteracija ustanovljena za polarne koordinate. Nedostaje »dokaz« da renormalizacijom nisu pogoršana svojstva konvergencije u polarnim koordinatama. Tvrdnje takve vrste smatraju se vjerodostojnima ako se eksperimentalno potvrde testovima na standardnim mrežama. Ovdje će se najprije usporediti diferencijali tokova snaga s renormalizacijom i bez nje kako bi se reduciralo potrebno testiranje.

Radi jednostavnosti i boljeg isticanja suštine komparacija će se ograničiti na diferencijal toka snage dS^* iz čvora »i« kroz jedan element mreže L s nadomjesnim shemama na sl. 1 i 2. Pritom će se ispustiti oznake elementa L. Uvrštenjem (2.11) u (3.7a) dobit će se diferencijal po komponentama renormaliziranog napona:

$$\begin{aligned} dS_i^* &= dP_i - jdQ_i = \\ &= 2(P_i(V_0) - jQ_i(V_0))d|v_i| - \\ &\quad - (g_{ik} + jb_{ik})(d|v_i| - d|v_k|) \\ &\quad + j(d\theta_i - d\theta_k). \end{aligned}$$

Sređivanjem i preglednijim zapisom pomoću dvokomponentnih vektora realnih i imaginarnih dijelova konačno izlazi:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} dP_i \\ dQ_i \end{bmatrix} &= 2 \begin{bmatrix} P_i(V_0) \\ Q_i(V_0) \end{bmatrix} d|v_i| + \\ &+ \begin{bmatrix} b_{ik} & -g_{ik} \\ g_{ik} & b_{ik} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\theta_i - d\theta_k \\ d|v_i| - d|v_k| \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Izraz (5.1) koristit će se i za diferencijal toka po polarnim koordinatama nerenormaliziranog napona $V = [V_0]v$. Prikazom u polarnim koordinatama uz $V = |V|e^{j\theta}$:

$$v = |v|e^{j\theta} = \frac{|V|}{|V_0|} e^{j(\theta - \theta_0)}$$

tj. uz:

$$|v| = \frac{|V|}{|V_0|}; \quad \theta = \theta - \theta_0$$

i diferenciranjem izlazi:

$$d|v| = \frac{d|V|}{|V_0|} \quad \text{i} \quad d\theta = d\theta. \quad (5.2)$$

Uvrštenje (5.2) u (5.1) daje izraz za diferencijal toka po nerenormaliziranim naponima:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} dP_i \\ dQ_i \end{bmatrix} &= 2 \begin{bmatrix} P_i(V_0) \\ Q_i(V_0) \end{bmatrix} \frac{d|V_i|}{|V_i|} + \\ &+ \begin{bmatrix} b_{ik} & -g_{ik} \\ g_{ik} & b_{ik} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\theta_i - d\theta_k \\ \frac{d|V_i|}{|V_i|} - \frac{d|V_k|}{|V_k|} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Daljnje izvođenje nije potrebno jer se u programima za proračun tokova snaga diferencijal $d|V|$ prema iskustvu koristi upravo u kombinaciji $d|V|/|V_0|$. Renormalizirani oblik diferencijala, dakle, potvrđuje iskustveni. Jedan od razloga je već naveden u objašnjenju zadovoljavajućeg oblika diferencijala u (3.7a) s obzirom na preciznost sume koeficijenta varijabli u svakom retku jakobijana. Mogu se dati i druga objašnjenja, ali čini se da su sva ona posljedica dosljednosti primjene polarnih koordinata kompleksnih napona pri iteracionim korekcijama. U renormalizacionom postupku iteracione korekcije su multiplikativne. Nova vrijednost varijabli stanja V_1 dobiva se iz početne vrijednosti V_0 množenjem s korekcionom vrijednosti v :

$$V_1 = [V_0]v. \quad (5.4)$$

Množenjima odgovaraju zbrajanja logaritama, a budući da je faza kompleksnog broja imaginarni dio njegova logaritma, očekuje se podobnost aditivne korekcije realnog dijela logaritma:

$$d(\ln |v|) = \frac{d|V|}{|V|}.$$

Pri praktičnoj provedbi iteracione korekcije (5.4) nailazi se na varijante u pogledu upotrebe koordinata jer izraz (2.11) daje ekvivalentnost pravokutnih i polarnih koordinata samo za prve redove veličina. Izračunate korekcije za jedan napon v , koje će se označiti s $(\Delta x, \Delta y)$, mogu se interpretirati kao korekcije pravokutnih koordinata v :

$$\begin{bmatrix} dx \\ dy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

ili polarnih:

$$\begin{bmatrix} d|v| \\ d\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (5.5a)$$

Korigirane vrijednosti napona po (5.4) razlikovat će se u drugim i višim redovima veličina. Za (5.5) se dobije:

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ F_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \Delta x & -\Delta y \\ \Delta y & 1 + \Delta x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_0 \\ F_0 \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

a za (5.5a):

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ F_1 \end{bmatrix} = (1 + \Delta x) \begin{bmatrix} \cos\Delta y & -\sin\Delta y \\ -\sin\Delta y & \cos\Delta y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_0 \\ F_0 \end{bmatrix} \quad (5.6a)$$

Podudaranje u prvim redovima veličina slijedi iz aproksimacija $\cos\Delta y = 1$, $\sin\Delta y \approx \Delta y$ i zanemarenja umnoška $\Delta x\Delta y$ u (5.6a).

Varijantu (5.5a) nije potpuno razumno odbaciti zbog pojave trigonometrijskih funkcija u (5.6a). U obzir dolazi uključivanje sljedećih (viših) članova Taylorova razvoja $\cos\Delta y$ i $\sin\Delta y$, kao i druge kombinacije između (5.5) i (5.5a). Kako se radi o finesama, u izboru varijanti valja se osloniti na numeričke eksperimente. Korigirane vrijednosti napona $V_1 = E_1 + jF_1$ zamjenjuju prethodne vrijednosti V_0 . Zatim se računaju admitancije poprečnih grana nadomjesne sheme na sl. 3.2. Iteracioni postupak ponavlja se sve dok se zadani tokovi (injekcije) snaga čvorova ne izbalansiraju tokovima kroz poprečne grane nadomjesnih shema priključenih elemenata mreže sa zadanom točnošću.

6. IZVEDBA I TESTIRANJE

Suvremeni programi za proračune statičkog stanja prijenosnih mreža redovito su kompleksni programski paketi pomoću kojih se može modelirati niz realističnih pogonskih situacija u složenim EES, a izgrađeni su oko osnovnog algoritma za proračun tokova snaga. Provjera podobnosti kompleksne renormalizacije za račun statičkog stanja prijenosne mreže obavljena je numeričkim testiranjem — proračunima tokova snaga na konkretnim primjerima mreža pomoću jednoga takvoga programskog paketa za generalizirani proračun tokova snaga iz kojeg se koristi osnovni algoritam. Ovaj je paket još u razvojnog obliku, a detaljno izlaganje njegove koncepcije i mogućnosti premašuje okvir ovog rada. Dostaje da se istaknu osnovna svojstva:

- u modeliranju elektroenergetske mreže primijenjena je kompleksna renormalizacija obrađena u ovom radu
- sistem nelinearnih jednadžbi rješava se metodom Newton-Raphsona uz mogućnost izbora varijanti proračuna realiziranih u okviru istog algoritma (istosmjerni ili potpuni izmjenični model te razne varijante raspregnutih postupaka)
- rješavanje lineariziranog sistema jednadžbi izvedeno je kao posve općenita samostalna cjelina uz primjenu tehnike rijetko popunjenih matrica i specijalnih numeričkih postupaka kojima se osigurava robusnost i numerička stabilnost
- fleksibilno modeliranje složeno strukturiranih sistema s više hijerarhijskih nivoa
- paket je u potpunosti implementiran u objektno orijentiranom jeziku (u sadašnjoj verziji TURBO PASCAL 5.5), s prikladno strukturiranom internom bazom podataka za numeričke proračune, i izvodi se na AT-računalima.

Testiranje je provedeno na dvije standardne IEEE test-mreže — od 14 i 118 čvorova — te na modelu pri-

jenosne mreže JUGEL-a 400/220 kV s dijelom 110-kV mreže. Svrha je testiranja bila da se kroz rezultate numeričkih proračuna istraži podobnost kompleksne renormalizacije za račun tokova snaga. Posebno se želio istražiti utjecaj varijanti računa iteracionih korekcija spomenutih u točki 5 na konvergenciju i brzinu proračuna. Proračun se izvodio uz razne nivoe opterećenja u sistemu, pri čemu se variralo globalno opterećenje. Za distribuciju po čvorovima korišteni su faktori raspodjele iz osnovnog slučaja. Osnovni podaci test mreža su:

Mreža	Čvorova	Grana	Ukupna potrošnja	
			P (MW)	Q (MVar)
IEEE-118	118	186	3668	1438
JUGEL	103	160	6374	3531

Program kojim je provedeno testiranje implementiran je na AT-računalu s taktom 16 MHz i numeričkim koprocesorom. U svim proračunima korišten je radi jasnije interpretacije rezultata potpun izmjenični model mreže s faktorizacijom jakobijana u svakoj iteraciji. Nenominalni prijenosni omjeri transformatora postavljaju se zasad na početku proračuna na fiksne iznose.

Navedena vremena izvođenja odnose se na trajanje proračuna bez učitavanja i ispisa podataka. Odabran je relativno visok kriterij točnosti od 0.00001 pu (uz baznu snagu 100 MW) da bi se lakše uočile razlike u rezultatima.

Usporedba performansi za različite varijante proračuna za mreže JUGEL i IEEE-118 dana je karakterističnim pokazateljima u tablici na 32. str.

Rezultati numeričkih eksperimenata pokazuju da algoritam za rješavanje statičkog stanja mreže uz korištenje kompleksne renormalizacije dobro konvergira uz račun iteracionih korekcija u polarnim koordinatama. Konvergencija je neznatno lošija kad se u računu iteracionih korekcija trigonometrijske funkcije aproksimiraju prvim članovima Taylorova razvoja (tipično je za postizanje zadane točnosti tijekom testiranja bila potrebna jedna iteracija više u odnosu na račun s točnim vrijednostim). Već uz aproksimaciju drugim redom te razlike postaju jedva uočljive, tako da se aproksimacije višim redovima nisu ni koristile. Ni u povećanju opterećenja i time izazvanom povećanju faznih razlika kompleksnih napona čvorova nije uočeno znatnije pogoršanje konvergencije kod proračuna s primjenom aproksimacija u odnosu na točan račun. Time se potvrđuje pretpostavka o primjenjivosti postupka kompleksne renormalizacije u računu tokova snaga.

7. ZAKLJUČAK

Iterativni račun statičkog stanja prijenosne mreže renormalizacijom napona čvorova i admitancija elemenata mreže na konzistentan način objedinjuje:

- zakrete koordinatnih sistema napona čvorova radi uspješne primjene pravokutnih koordinata, koji su se pokazali uspješnima u [3]

Mreža	Faktor povećanja opterećenja	Broj iteracija	Trajanje proračuna (s)	Red proks. trigon. funkcija	Maksimalno odstupanje injekcija. (pu)	Najveća razlika faza u susjednim čvorovima
JUGEL	1,0	4	20,01	točno	$5,47 \times 10^{-6}$	6,93
	1,0	5	26,30	prvi	$1,48 \times 10^{-9}$	
	1,0	4	20,39	drugi	$5,56 \times 10^{-6}$	
	1,5	7	37,27	točno	$1,62 \times 10^{-9}$	41,01
	1,5	7	37,44	prvi	$5,63 \times 10^{-9}$	
	1,5	7	37,87	drugi	$2,48 \times 10^{-9}$	
IEEE 118	1,0	4	17,03	točno	$4,40 \times 10^{-6}$	12,49
	1,0	5	22,11	prvi	$8,73 \times 10^{-10}$	
	1,0	4	17,81	drugi	$4,41 \times 10^{-6}$	
	1,5	5	22,99	točno	$2,37 \times 10^{-7}$	45,92
	1,5	6	26,79	prvi	$1,72 \times 10^{-8}$	
	1,5	5	22,86	drugi	$2,25 \times 10^{-7}$	
	1,7	6	27,24	točno	$5,42 \times 10^{-7}$	75,94
	1,7	7	31,11	prvi	$3,03 \times 10^{-9}$	
	1,7	6	27,32	drugi	$5,08 \times 10^{-7}$	

- iskustvenu pojavu dijeljenja diferencijala modula napona s modulom prema izrazu (5.3)
- nenominalne (u općem slučaju kompleksne) prijenosne omjere transformatora.

Lako je uvidjeti gdje su potrebne modifikacije radi numeričke korektnosti.

Interpretacije renormalizacije nadomjesnom shemom na sl. 2. pogoduje uvođenju distribuiranog objektno orijentiranog modela podataka. Takav model je naročito koristan u estimaciji stanja gdje se zbog redundancije mjerenja isti međurezultati koriste više puta.

Varijante iterativnih korekcija varijabli stanja nakon izračunavanja inkremenata rješavanjem lineariziranog sistema otvaraju prostor za finija podešavanja postupka koristeći rezultate numeričkih eksperimenata.

Formalizam renormalizacije pogodan je za istraživanja »superrasprezanja« i ekvivalentiranja. U planu je da se neka od njih prezentiraju u posebnim radovima.

LITERATURA

[1] P. BODLOVIĆ, »Stabilnost estimacije statičkog stanja elektroenergetskog sistema«, Disertacija, ETF Zagreb, 1981.

[2] G. A. BEKIŠEV, M. I. KRATKO, »Elementarnoe vvedenije v geometričesko programirovanije«. Nauka, Moskva 1980

[3] P. H. HALEY, M. AYRES, »Super-decoupled Loadflow with Distributed Slack Bus«, IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol PAS-104, No. 1, January 1895.

[4] K. IMHOF, H. GLAVITSCH, »Update Features in Power System Models and Analysis Functions«, IFAC Symposium on power systems modelling and control applications, Bruxelles, september 1988.

[5] A. F. NEYER, F. F. WU, »Local Processing of Load Flows Using Object-Oriented Programming«, IFAC Symposium on power systems modelling and control applications, Bruxelles, september 1988.

STEADY STATE CALCULATION OF TRANSMISSION NETWORK BY RENORMALIZATION OF STATE VARIABLES

The paper presents a method of steady state calculation in electrical networks, using coordinated complex renormalization of state variables and network parameters. A physical interpretation is given and numerical aspects of introduced transformation are analysed and validated by test results.

BERECHNUNG DES STATISCHEN ZUSTANDES DES ÜBERTRAGUNGSNETZES DURCH DIE RENORMALISIERUNG DER ZUSTANDSVARIABLEN

Hier erklärt man die Methode für die Berechnung des statischen Zustandes des Netzes durch die Nutzung der in Einklang gebrachten komplexen Renormalisierung der Zustandsvariablen und der Parameter der Netze. Man bespricht die physikale Interpretation, es werden numerische Aspekte der eingeführten Transformation analysiert und mit den Testergebnissen ergänzt.

Naslov pisaca:
dr. Petar Bodlović, dipl. inž.
Viša tehnička škola Zagreb
41000 Zagreb, Hrvatska
Darko Nemec, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
Avenija Vukovar 37,
41000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1991-12-18.

NEKI PROBLEMI PROGNOZE KONZUMA U DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE HRVATSKE

Mr. Rihard Schenner, Zagreb

UDK 621.316.1
PREGLEDNI ČLANAK

Kritički je prikazano prognoziranje konzuma po distributivnim područjima Republike Hrvatske koje je danas u primjeni. Konstatira se da je ta predviđenja teško izvoditi a da se ne poznaje ili ne analizira opća energetska politika, te da je predviđanja ovog konzuma potrebno raditi novim postupcima.

Ključne riječi: distribucija električne energije, konzum, predviđanja.

UVOD

Prognoza konzuma u distribuciji uvijek je bila svojevrsni problem, a danas je još i veći. Postignute su dosta velike uštede u potrošnji pojedinih aparata u kućanstvima, a ti aparati koriste se i u ostaloj širokoj potrošnji; razvija se primjena alternativnih izvora energije, a u nas je prisutna i opća kriza. Međutim, u razvijenijim državama standard i dalje raste, tako da se ipak ne može govoriti o stagnaciji. U članku ćemo se osvrnuti na neke od ovih problema.

1. DOSADAŠNJI RAZVOJ

Analizira se razdoblje od 1981. do 1989. g. Za kućanstva se podaci nalaze u tabl. 1. Područja su današnje distributivne zone osim Osijeka, koji još uvijek obuhvaća područje cijele »Elektroslavonije«. Redoslijed u tablici je prema realizaciji u 1989. g. Zbog ukupne energetske opskrbe pojedinih područja, a i utjecaja turizma, najveća specifična potrošnja jest u Dalmaciji i Primorju, a manja u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Trendovi porasta variraju između 2,28 % (Rijeka) i 6,43 % (Gospić). Područja sa najvećim gradovima imaju najmanje trendove, i to između 2,28 i 3,16 %.

Potrošnja »ostalo na 0,4 kV« analizirala se pomoću potrošnje po stanovniku. Predviđao se sličan redoslijed područja kao i kod kućanstva, ali to nije slučaj (tabl. 2). Razlozi su u tarifnoj politici pojedine distribucije, a s time i priključak manjeg ili većeg broja industrijskih potrošača na 0,4 kV napon. Razlike u vrijednostima su četiri puta (766 : 191), dok je kod kućanstva taj omjer 2,4.

Trendovi porasta su u prosjeku znatno veći ili variraju između vrijednosti 2,67 i 7,97 %.

Vrijednosti za potrošnju na 10 kV nivou nalaze se u tabl. 3. Također su relativno visoki trendovi porasta s dosta velikim razlikama po područjima.

Kod kućanstva se i dalje mogu predviđati mali porasti, i to zbog ušteda kod pojedinih aparata, korištenjem usluga u ostaloj potrošnji za neke potrebe (prehrana, pranje rublja) i problema standarda. Ostalo na 0,4 kV vjerojatno će imati i dalje više trendove porasta, a u daljnjoj budućnosti i 10 kV nivo.

Potrošnja javne rasvjete je u apsolutnom iznosu malena i ne utječe znatno na razvoj distributivne mreže. Trendovi porasta su relativno mali, 35 kV potrošnja je u stagnaciji, a također znatno ne utječe na distributivnu mrežu.

2. KONZUM KUĆANSTVA

U Zapadnoj Europi su kod kućanskih aparata primjećene od 1978.1988. (7) znatne uštede u potrošnji električne energije. Prema (7) one su sljedeće po aparatima:

stroj za pranje rublja	27 %
stroj za pranje suda	36 %
električni štednjak	18 %
hladnjak	28 %
ledenica	40 %
grijanje tople vode	35 %.

Stanje potrošnje po aparatima u raznim zapadnim državama nalazi se prema (1) u tabl. 4.

Tablica 1. Potrošnja po kućanstvu u razdoblju 1981 – 1989.g. — kW h/kuć.

Godina	Dubrovnik	Pula	Rijeka	Zadar	Split	Zagreb	Šibenik	Bjelovar	Osijek
1981.	3 146	2 786	3 034	2 361	2 818	2 393	2 136	1 886	2 370
1982.	3 027	2 769	2 959	2 583	2 691	2 513	2 241	1 950	2 514
1983.	3 301	2 843	3 018	2 837	2 792	2 721	2 284	2 021	2 657
1984.	3 475	3 059	3 057	3 006	2 912	2 910	2 537	2 172	2 639
1985.	3 513	3 429	3 323	2 969	3 068	2 998	2 607	2 469	2 995
1986.	3 748	3 328	3 256	3 117	3 140	3 073	2 697	2 485	3 002
1987.	3 922	3 767	3 475	3 151	3 368	3 123	2 947	2 560	2 977
1988.	3 955	3 816	3 487	3 299	3 306	3 043	2 931	2 663	2 943
1989.	3 911	3 782	3 454	3 451	3 396	3 044	2 950	2 897	2 880
trend.	3.406	4.833	2.286	4.252	3.070	3.160	4.546	5.582	2.720

Godina	Sisak	Varaždin	Čakovec	Križ	Koprivnica	Zabok	Karlovac	Gospić
1981.	1 824	1 823	1 880	1 597	1 563	1 528	1 729	932
1982.	1 827	1 835	1 921	1 792	1 707	1 635	1 900	1 319
1983.	1 984	1 871	2 054	1 792	1 707	1 635	1 900	1 319
1984.	2 114	1 976	2 104	1 826	1 835	1 716	1 904	1 338
1985.	2 211	2 216	2 231	2 159	1 970	1 862	2 058	1 509
1986.	2 197	2 055	2 214	1 957	2 051	1 858	2 055	1 389
1987.	2 509	2 370	2 488	2 153	2 048	2 236	2 195	1 603
1988.	2 399	2 267	2 426	2 180	2 163	2 109	2 118	1 586
1989.	2 418	2 347	2 312	2 232	2 203	2 156	2 074	1 634
trend.	4.172	3.660	3.324	4.040	4.458	4.900	2.460	6.438

Tablica 2. Ostalo na 0.4 kV – kWh/st

Godina	Bjelovar	Dubrovnik	Pula	Rijeka	Zagreb	Križ	Šibenik	Split	Varaždin
1981.	464	465	417	461	384	328	295	322	316
1982.	460	460	407	443	377	331	298	318	293
1983.	481	464	415	451	369	338	304	328	288
1984.	505	488	436	475	376	368	315	336	297
1985.	522	525	491	511	403	375	360	371	314
1986.	697	546	536	543	419	393	382	385	340
1987.	753	629	564	590	450	428	420	418	359
1988.	728	644	589	582	446	421	410	419	346
1989.	766	649	627	594	443	444	432	428	370
trend.	7.97	5.24	6.11	4.26	2.67	4.20	5.69	4.40	2.88

Godina	Zabok	Zadar	Koprivnica	Gospić	Sisak	Karlovac	Čakovec	Osijek
1981.	224	242	181	187	205	152	129	145
1982.	228	233	191	189	196	159	129	142
1983.	227	240	229	165	196	158	133	149
1984.	245	250	237	197	201	159	143	159
1985.	274	284	224	205	229	174	151	170
1986.	312	296	252	222	225	191	162	172
1987.	359	316	269	237	238	213	176	206
1988.	359	339	266	231	239	211	186	190
1989.	360	358	300	280	249	222	196	191
trend.	7.64	5.85	5.83	5.23	3.17	5.38	5.93	4.61

Tablica 3. Potrošnja 10 kV – kWh/st

Godina	Zabok*	Pula	Varaždin	Rijeka	Zabreb	Zadar	Dubrovnik	Križ	Koprivnica**
1981.	807	804	25	627	509	406	407	336	355
1982.	811	788	590	596	492	410	414	299	374
1983.	814	705	619	649	504	431	394	318	393
1984.	832	777	666	616	515	482	399	364	388
1985.	1056	834	723	703	559	554	522	392	526
1986.	1144	924	775	715	591	589	553	488	604
1987.	1228	1034	815	736	612	636	603	516	651
1988.	1276	1058	789	754	628	656	604	566	535
1989.	1295	1066	832	723	637	628	598	560	533
trend.	7.39	5.04	5.92	2.83	3.66	7.13	6.63	9.08	7.16

* tvornica »Straža« je 10 kV potrošač
** Koprivnica, Sinj i Trogir sa 35 kV

Godina	Čakovec	Osijek	Gospić	Split	Karlovac	Šibenik	Sisak	Bjelovar
1981.	335	376	328	445	305	288	188	136
1982.	337	377	345	429	320	277	205	154
1983.	347	409	359	382	345	295	243	155
1984.	382	433	390	396	364	311	269	180
1985.	417	443	458	434	389	333	265	155
1986.	418	467	505	454	416	331	276	99
1987.	504	491	491	476	435	348	306	96
1988.	517	502	516	478	447	370	328	93
1989.	520	508	489	470	442	367	366	104
trend.	6.68	4.26	6.34	1.88	5.27	3.78	7.90	*

* Nema korelacije

Tablica 4. Potrošnja po aparatima — prosječna vrijednost

Aparat primjena	Prosječna potrošnja kWh/god.	Granice min — max kWh/god.
hladnjak	385	300 — 540
ledenica	608	370 — 755
topla voda	1 937	1 300 — 3 500
pranje rublja	332	127 — 590
sušenje rublja	354	190 — 590
pranje suda	407	246 — 500
kuhanje	694	292 — 1 080
televizor	162	100 — 276
mali aparati	472	160 — 660
rasvjeta	495	264 — 1 298
	5 846	

Ukupna nesupstituabilna energija iznosi 3 215 kWh/god., s kuhanjem se dobije 3 909 kWh/god. i s ukupno toplom vodom 5 846 kWh/god. Te energije vrijede uz stopostotnu zastupljenost svakog aparata. U 1985. g. bile su slijedeće.

Tablica 5. Zastupljenost nekih kućanskih aparata u pojedinim zapadnoeuropskim državama

Država	Zastupljenost (u postocima)			
	Ledenica	Pranje rublja	Sušenje rublja	Pranje suda
Belgija	48	77	23	19
Švicarska	61	100	14	29
Njemačka	65	89	15	27
Danska	92	58	10	20
Francuska	38	83	—	21
Nizozemska	40	93	17	8
Norveška	80	95	35	15
Švedska	82	57	25	28
Engleska	72	83	26	6

Zastupljenost pojedinih aparata ne ovisi samo o standardu nego i o navikama na nekom području. Tako se na primjer negdje mogu znatno više koristiti servisi (rublje), a u švicarskoj je običaj da postoje zajednički strojevi za pranje rublja u većim zgradama. Ledenice nisu potrebne uz dobru i stabilnu opskrbljenost tržišta.

Tablica 6. Potrošnja pojedinih kućanskih aparata prema (1)-kWh/apar. g

Aparat ili namjena	Belgija	Švicarska	Njemačka	Danka	Španjolska	Francuska	Nizozemska	Norveška	Švedska	Engleska
hladnjak	365	350	470	330	318	540	370	450	385	300
ledenica	550	370	600	700	—	700	500	550	745	755
topla voda	2 000	2 080	2 300*	2 500	1 200	2 100	1 800	3 500	—	952
pranje rublja	300	480	250	490	127	300	300	500	375	200
sušenje rublja	300	590	270	420	220	—	400	500	190	300
pranje suda	470	400	315	460	246	430	475	500	280	500
kuhanje	800	1 080	400	750	292	600	700	850	575	855
televizor	110	120	160	100	276	160	100	200	140	254
mali aparati	500	500	368	308	—	160	600	600	660	560
rasvjeta	300	472	264	525	321	275	500	1298	635	355
Veličina stana m ²	82	—	107	95	105	85	—	—	94	
Broj ukućana	2.7	2.4	2.2.	2.3	3.5	3.2	2.7	2.7	2.2	2.5
Broj stanova	—	—	424	316	4 000	1 330	—	—	546	700

* Protočni bojleri

Za dalju budućnost se prema (7) ne predviđaju neke znatnije uštede. Određene mogućnosti su za razsvjetu i za grijanje vode. Razvijene su žarulje vrlo male potrošnje, ali su još skupe. Za toplnu vodu postoje dva ekstremna rješenja, a to su protočni bojleri ili tlačni bojleri većih kapaciteta. Protočni bojleri smanjuju potrošnju električne energije od 2 000 na 1 300 kWh/god., ali izazivaju velika opterećenja u mreži niskog napona i koriste se u višoj tarifi. Tlačni bojleri većih kapaciteta koriste nižu tarifu, ali imaju znatne gubitke. U nas se, nažalost, koriste tlačni bojleri srednjih kapaciteta, koji moraju koristiti djelomično višu tarifu. Treća mogućnost je korištenje sunčane energije, ali se ona u nas koristi vrlo malo. To znači da se u kućanstvima ne mogu očekivati veći porasti potrošnje. U nas je i dodatni problem analiza konzuma kućanstva što u njega ulazi i potrošnja kućne radinosti, pansiona, vikend-kuća i ostaloga što se ne ubraja u klasično kućanstvo. Prema podacima iz tabl. 1. taj se utjecaj primjećuje već sada. Prognoze, kod kojih su se nastojali obuhvatiti svi spomenuti problemi a i naša ekonomska situacija, dale su za 2010. g. potrošnju od 4 000 ÷ 5 000 kWh/g-kuć. za kontinentalni dio Republike, a 5 500 ÷ 7 000 kWh/g-kuć. za primorski. Očito je u tim vrijednostima dosta termike i potrošnje mimo klasičnih kućanskih aparata.

3. KONZUM OSTALO NA 0,4 kV

Ovaj konzum je raznovrstan i nije moguća analiza kao kod kućanstva. U radu s urbanističkim planovima koriste se normativi opterećenja i potrošnje, a oni se najčešće određuju mjerenjima na reprezentativnim objektima. Za globalne analize takav pristup nije moguć. Može se jedino matematički prognozirati porast, gdje se nastoji ugraditi određena logika.

U ovaj konzum ubrajaju se razni servisi, obrt, trgovine, školstvo, mala industrija itd. Taj konzum znatno ovisi o standardu društva i dugoročno on ima kod nas znatne mogućnosti razvoja. Potrebno je napomenuti da se i kod tog konzuma mogu očekivati uštede kao i kod kućanstva, jer se koriste aparati sličnih namjena. Situacija je otežana i time što kod nas, a i u inozemstvu, nedostaju mjerenja na objektima. Prognoze koje su napravljene daju za kontinentalni dio Republike vrijednosti za 2010. g. između 500 i 800 kWh/st. (izuzetak su Križ i Bjelovar), a za primorski dio između 1 000 i 1 700 kWh/st.

4. KONZUM 10 kV POTROŠAČA

Ovo je konzum većih potrošača i redovito se prognozira pojedinačno. Budući da to nije bilo moguće napraviti za cijelo područje Republike, primijenila se globalna metoda. Prognozirala se potrošnja po stanovniku za taj naponski nivo. Prognozirane veličine kretale su se između 700 i 2 600 kWh/st., ovisno o području odnosno o današnjoj potrošnji na nekom području.

5. ZAKLJUČAK

U članku je prikazan primijenjeni način prognoze konzuma po distributivnim područjima Republike Hrvatske. Podjela je napravljena prema tarifnim grupama odnosno naponskim nivoima. S obzirom na raspoloživo vrijeme i podatke, neki bolji pristup nije dolazio u obzir. Nakon svih analiza može se zaključiti sljedeće:

- Konzum kućanstva analizira se uglavnom prema pojedinačnim karakteristikama kućanskih aparata. Međutim, potrošnja tih aparata nije znatna i

stagnira, a ostaje problem toplinske energije, koju je teško prognozirati bez definirane opće energetske politike. Također bi mjerenjima i anketa-ma trebalo utvrditi udio potrošnje raznih motor-nih pogona u seoskim kućanstvima.

- Konzum ostalo na 0,4 kV sigurno je najkomplek-sniji zbog raznovrsnosti i velikog broja potrošača. Taj konzum se prije procjenjivao kao određeni manji postotak konzuma kućanstva. Međutim, da-nas ima znatno veće trendove rasta i potrebne su neke nove metode i pristupi za globalne prognoze.
- Potrošače 10 kV kategorije treba analizirati poje-dinačno.

Da se omogući takav kvalitetniji pristup, potrebna je primjena računala s formiranjem informacijskih sis-tema o mreži i potrošačima i mogućnostima raznih analiza (prognoza konzuma, planiranje mreže i slič-no). Neke distribucije su već u tome znatno napredo-vale (Bjelovar), no u prosjeku to je još uvijek u razvoju.

Također je potrebno provesti znatno veći broj orga-niziranih mjerenja za razne svrhe (analiza konzuma, tarife, kompenzacija i slično).

Potrebno je pratiti i planove razvoja svih područja radi što realnije prognoze konzuma.

LITERATURA

- [1] C. KOFOD, M. LANGE-HÜSKEN, J. G. PARADINAS, L. VOLDHANG, »Untersuchungen von Haushaltslastkur-ven in europäischen Ländern«, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 87 (1988), Heft 19
- [2] G. BOSCH, H. GUNTER, W. KRETSCHMER, H. LIN-DHORST, E. SCHULZ, »Ein neues Modell zur Analyse und Prognose des Stromverbrauchs der privaten Ha-ushalte«, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 88 (1989), Heft 19
- [3] Ch. KLEVEMANN, »Geschirrspülmaschine und Um-welt«, Strompraxis 1'87
- [4] W. HÜTTEMANN, »Die zehn 'sparsmen Jahre' der Was-chmaschine«, Strompraxis 3'87
- [5] C.-H. ZIESENISS, »Lichtquellen, Ein Rückblick auf die Hannover-Messe Industrie 1989«, Elektrizitätswir-tschaft, Jg. 88 (1989), Heft 15
- [6] E. KLINGER, »Energieeinsparung durch richtige Gerä-tenutzung«, Strompraxis Spezial 90
- [7] G. SCHLAUERSBACH, »Was ist in puncto Energieein-sparung künftig noch zu erwarten«, Strompraxis Spezi-al 90
- [8] W. PILLER, A. WAGNER, »Photovoltaische Stromver-sorgung eines abgelegenen Einödhofs«, Elektrizität-swirtschaft, Jg. 88 (1989), Heft 15

SOME PROBLEMS OF THE LOAD PREDICTION IN THE ELECTRIC ENERGY DIS-TRIBUTION IN CROATIA

The article presents a critical review of currently applied load predictions in the dis-tribution network of the Republic of Croatia. It is concluded that such predictions are hard to apply without the knowledge or analysis of the general energy politics, therefore the load prediction should be done using new procedures.

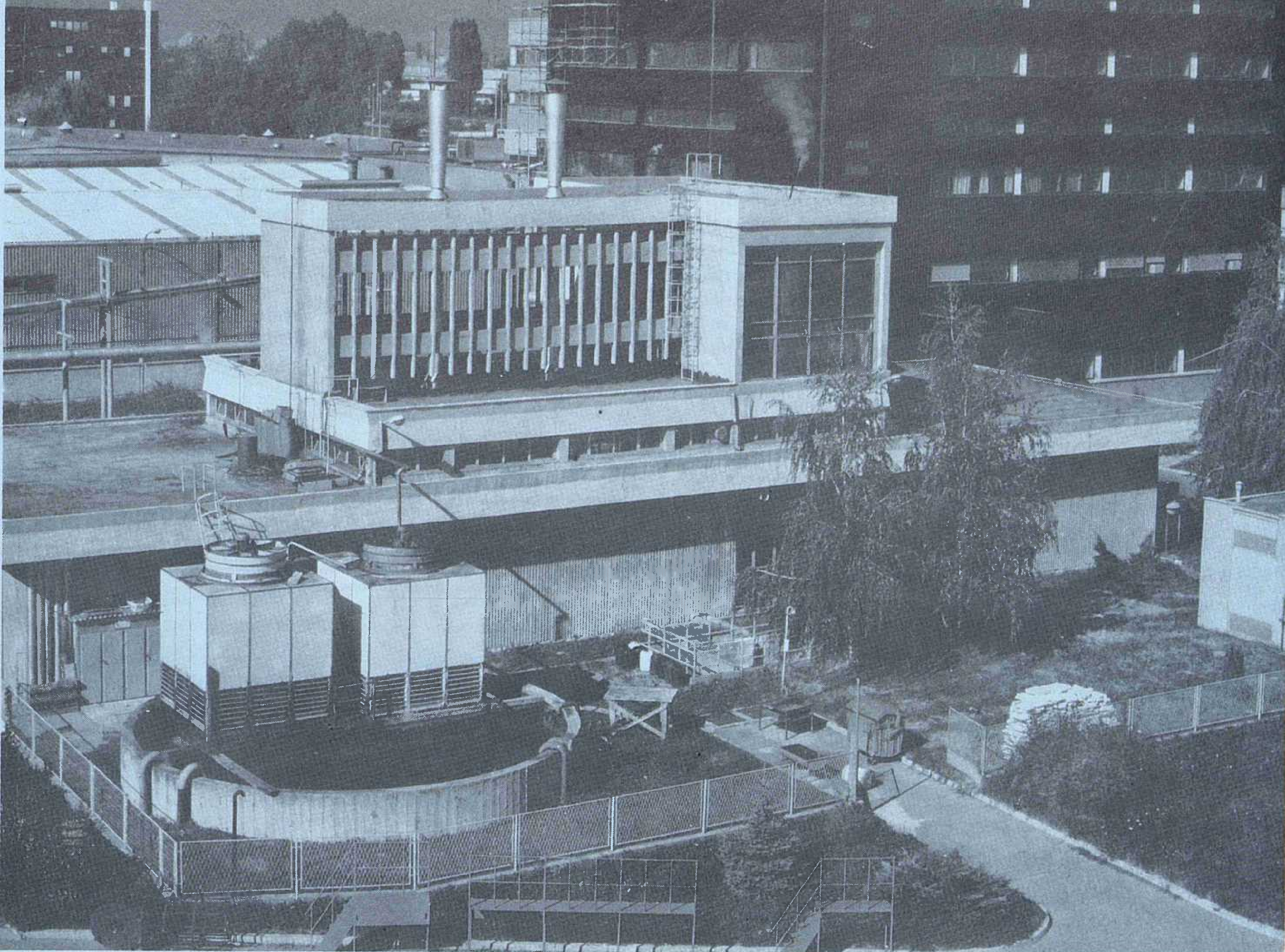
EINIGE PROBLEME DER KONSUMPROGNOSE IN DER DISTRIBUTION DER EE KROATIENS

Man schildert kritisch das Prognosieren des Konsums auf den Distributionsgebie-ten der Republik Kroatien, die heute im Gebrauch sind. Es wird festgestellt, dass man diese Vorhersagen schwer ausführen kann wenn man die allgemeine energe-tische Politik nicht kennt oder nicht analysiert, sowie dass man die Vorhersagen über diesen Konsum mit Hilfe neuer Verfahren machen muss.

Naslov pisca:

Mr. Rihard Schenner, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1991-10-16.



PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabele 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 kabele.
 Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabele.
 Brodski kabele izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
 Kabele i konektori za aerodromske instalacije.
 Samonosivi kabeleski snopovi Elkalex-1.
 Telekomunikacijski kabele s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
 Optički kabele.
 Specijalni vodovi i kabele.
 Rudarski kabele.
 Kabeleski 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

NESIMETRIČNO OPTEREĆENJE EES ELEKTROVUČOM NA PRUZI ZAGREB — RIJEKA

Mr. Davor Nevečerel, dipl. inž.

UDK 621.331:621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Analizirana je problematika nesimetričnog opterećenja EES uzrokovanog elektrovučom 25 kV, 50 Hz na pruzi Zagreb — Rijeka

Ključne riječi: nesimetrično opterećenje, elektrovuča

1. UVOD

Na potezu Srpske Moravice — Rijeka — Šapjane, te Škrljevo — Bakar i Sušak Pećine — Brajdica predviđa se zamjena postojeće električne vuče istosmjernog napona 3 kV izmjeničnim jednofaznim naponom 25 kV, 50 Hz. Napomenimo da su radovi na izmjeni sistema električne vuče već provedeni od Zagreba do Srpskih Moravica.

Elektrifikacijom željezničke vuče jednofaznim nazivnim naponom 25 kV, 50 Hz, treba očekivati nesimetrije struja odnosno napona u trofaznoj simetričnoj elektroenergetskoj mreži 110 kV za napajanje elektrovučnih podstanica 110/25 kV, a preko nje i na višim naponima. Postojeće elektrovučne podstanice od Zagreba do Srpskih Moravica izvedene su sa dva jednofazna transformatora 7,5 MVA, koji su u čitavom elektroenergetskom sistemu spojeni između faza 0 i 8. Nastale nesimetrije negativno utječu na sigurnost rada generatora u prijenosnoj mreži, tako da je svrha ovog rada utvrditi iznose strujnih nesimetrija na (električki) bliskim generatorima. To su generatori u

HE Vinodol (3×35 MVA)
HE Rijeka (2×35 MVA)
TE Rijeka (1×376.5 MVA)
HE Senj (3×80 MVA).

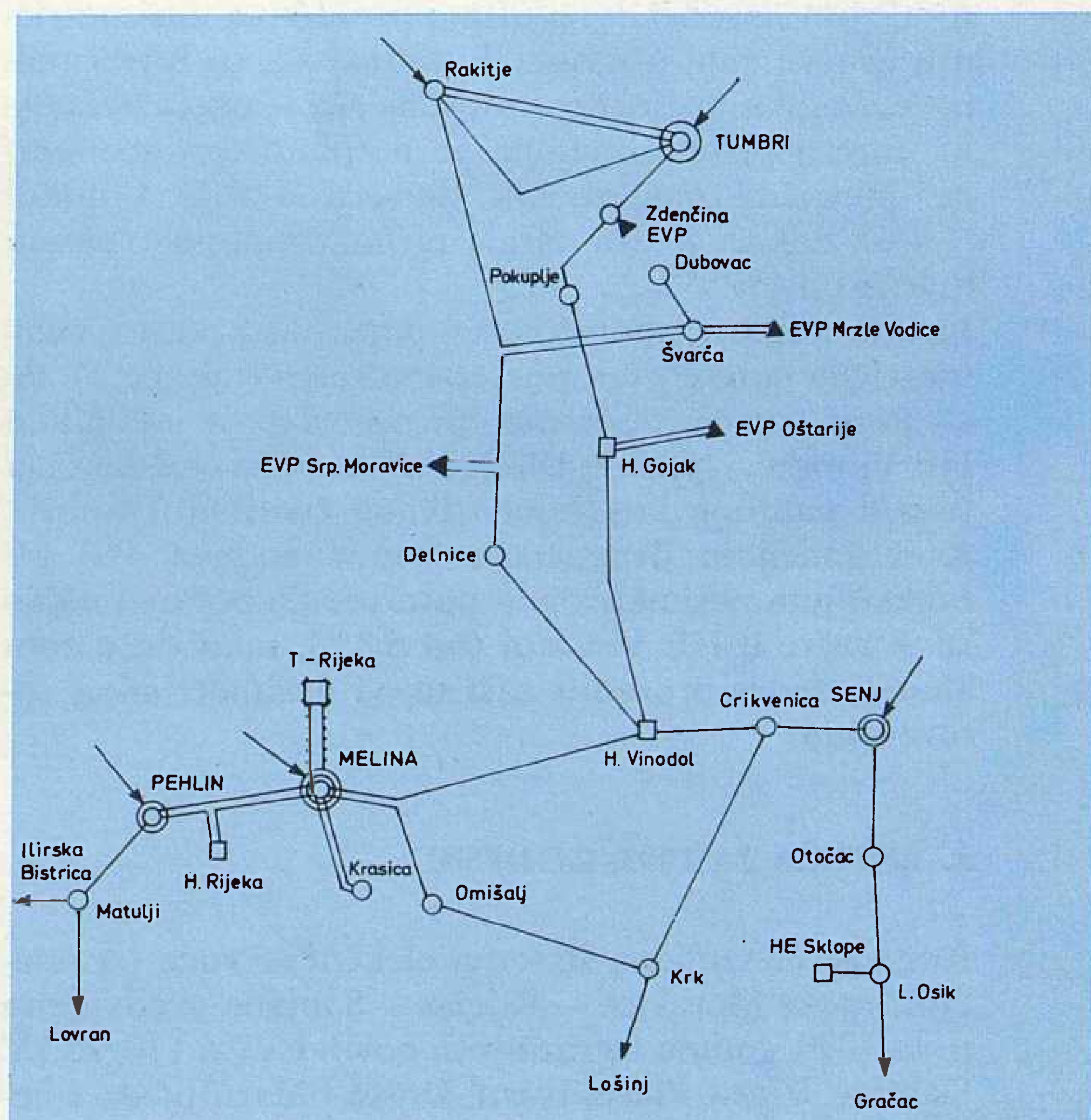
Svi generatori u navedenim proizvodnim postrojenjima opremljeni su zaštitom od nesimetričnog opterećenja.

Budući da su analize razvoja elektroenergetskog sistema provedene u srednjoročnim petogodišnjim odnosno desetogodišnjim razdobljima, to ćemo u nastavku određena razmatranja o posljedicama prijelaza na izmjenični jednofazni napon 25 kV, 50 Hz prikazati za (nazivne) godine 1990. i 1995, s osvrtom na konačnu izgrađenost mreže 2010.

2. MREŽA ZA 1990. GODINU

U mreži za 1990. godinu (slika 1) zamjena sistema električne vuče provedena je na potezu od Zagreba do Srpskih Moravica, realizacijom izgradnje četiriju elektrovučnih podstanica TS 110/25 kV $2 \times 7,5$ MVA Mrzlo Polje, Srpske Moravice, Zdenčina i Oštarije koje su opterećene prema [1], maksimalno s dvofaznom snagom:

EVP Mrzlo Polje	$S_2 = 8,66 \text{ MW} - j 6,35 \text{ Mvar}$
EVP Srpske Moravice	$S_2 = 5,48 \text{ MW} - j 4,11 \text{ Mvar}$
EVP Zdenčina	$S_2 = 9,24 \text{ MW} - j 6,93 \text{ Mvar}$
EVP Oštarije	$S_2 = 8,08 \text{ MW} - j 4,62 \text{ Mvar}$



Slika 1.

Napomenimo da se navedene snage odnose na 2010. godinu, tako da je njihovo razmatranje u mreži za 1990. godinu, u nedostatku preciznijeg podatka, na strani sigurnosti.

Proračun nesimetričnih opterećenja od navedenih EVP proveden je na osnovi rezultata proračuna dvo-polnog kratkog spoja preko impedencije koja odgovara gore navedenim dvofaznim snagama, uz primjenu metode superpozicije. Postupak je verificiran s prije obavljenim mjerenjima [3] i pokazao je vrlo dobra slaganja rezultata. Razmatrana mreža je modelirana sa po jednim blokom u svakom postrojenju i svakom prijenosnom omjeru. Napajanje razmatranih EVP-a provodi se iz prijenosne mreže 110 kV na potezu Rakitje — HE Vinodol $2 \times$ DV 110 kV, od kojih je »Gojački vod« uveden u TS 400/110 kV Tumbri, HE Vinodol nalazi se u krajnjoj čvornoj točki navedenih vodova 110 kV, dok su HE Rijeka i HE Senj 110 kV, a pogotovo TE Rijeka i HE Senj 220 kV, izvan

navedenog 110 kV koridora. Značajne su za navedeni koridor interkonektivne točke prijenosne mreže TS 400/110 kV Tumbri, TS 400/220/110 kV Meline i TS 220/110 kV Senj.

Analiziramo li utjecaj nesimetričnog opterećenja od elektrovuče realizirane s četiri navedene elektrovučne podstanice, može se zaključiti da se dva EVP-a nalaze na DV 110 kV Rakitje — Švarča — S. Moravice — Delnice — HE Vinodol, (EVP Srpske Moravice i EVP Mrzlo Polje, ali preko DV $2 \times$ 110 kV Švarča — EVP Mrzlo Polje), dok se na DV 110 kV Rakitje — Tumbri — Zdenčina — HE Gojak — HE Vinodol nalaze preostala dva (EVP Zdenčina i EVP Oštarije, ali preko DV $2 \times$ 110 kV HE Gojak — EVP Oštarije).

Rezultati proračuna nesimetričnih opterećenja pojedinih generatora u mreži za 1990. godinu prikazani su u tablici 1. Pri tome su pojedina proizvodna postrojenja pretpostavljena sa po jednim generatorom modeliranim prijelaznom reaktancijom X_d' .

Tablica 1. Inverzne struje od nesimetrija EVP (1990. g)

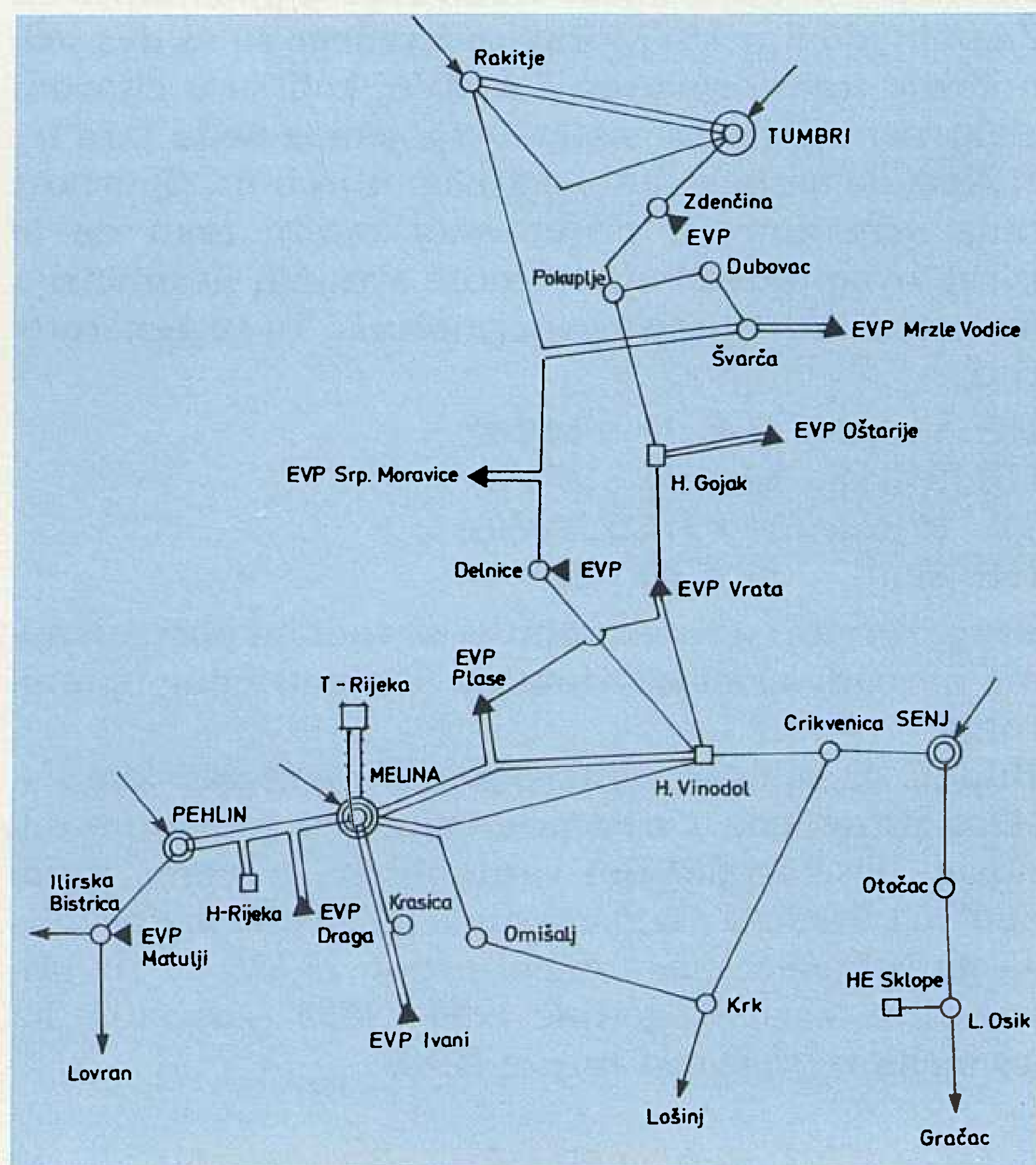
Generatori u elektrani	S_g (MVA)	I_n (A)	$I_{\text{inverzna}} / I_{\text{nominalno}} \times 100$ (%)					
			Osn. stanje mreže	Ispad Tumbri-Zdenčina	Ispad Melina-Vinodol	Ispad Gojak-Vinodol	Ispad Gojak-Pokuplje	Ispad Mel.-Vinod. Vinod.-Crikv.
HE Vinodol	35.0	1925	1.4	2.5	2.3	1.0	1.7	6.8
HE Rijeka	23.0	1265	0.5	0.9	0.4	0.4	0.6	—
TE Rijeka	376.5	10869	0.7	1.1	0.5	0.5	0.8	—
HE Senj 220 kV	80.0	4399	0.6	0.9	0.7	0.5	0.7	0.2
HE Senj 110 kV	80.0	4399	1.0	1.6	1.3	0.7	1.1	0.1

Analizom navedenih rezultata proračuna nesimetričnih opterećenja u tablici 1. vidimo da su u normalnom pogonu (osnovno stanje mreže — cijela prenosna mreža pretpostavljena je potpuno uzamčenom) nesimetrična opterećenja najveća u HE Vinodol (1.4%), dok su za sva ostala promatrana postrojenja manja od 1%.

Ispadom ili neraspoloživošću pojedinih vodova, nesimetrična opterećenja postepeno rastu (tablica 1), tako da se najveće nesimetrično opterećenje javlja kod HE Vinodol, ispadom DV 110 kV Tumbri — Zdenčina (ispod snažnog interkonektivnog čvorišta Tumbri). Kombinacijom dvostrukih ispada vodova 110 kV maksimum nesimetričnog opterećenja ponovo najviše poraste u HE Vinodol (na 6.8%), tako da u tom slučaju mora proraditi zaštita od nesimetričnog opterećenja.

3. MREŽA ZA 1995. GODINU

Kompletna izmjena sistema električne vuče na relaciji Srpske Moravice — Rijeka — Šapjane predviđena je za 1995. godinu izgradnjom novih EVP-a 110/25 kV Delnice, Vrata, Plase, Ivani, Draga i Matulji, što s četiri postojeće EVP navedene u mreži za 1990. godinu čine ukupno 10 elektrovučnih podstanica (slika 2).



Slika 2.

Napajanje novih EVP-a prema [1] ostvareno je na različite načine. U najjednostavnijem slučaju ostvareno je **direktnim** priključkom na postojeće TS 110/x kV (EVP Delnice i EVP Matulji), u drugom slučaju ostvareno je **interpolacijom** u najbliži vod DV 110 kV (interpolacijom EVP Vrata u DV 110 kV HE Gojak — HE Vinodol, EVP Drage u jednu trojku DV 2 × 110 kV Melina — Pehlin i EVP Ivani u jednu trojku DV 2 × 110 kV Melina — Krasica), dok se u slučaju EVP Plase priključak na elektroenergetski sistem ostvaruje **izgradnjom novog voda** DV 2 × 110 kV Melina — HE Vinodol (interpolacijom u jednu trojku). Značajno za razmatranu mrežu, uz interkonektivne točke prijenosne mreže TS 400/110 kV Tumbri, TS 400/220/110 kV Melina i TS 220/110 kV Senj, sada postaje i čvorište TS 220/110 kV Pehlin.

Prema [2] predviđena je izgradnja novog voda DV 110 kV EVP Vrata — EVP Plase, no taj je vod prema analizama mreže u [1] u alternativni pravaca DV 110 kV Melina — Plase — Vrata su DV 2 × 110 kV Melina — (Vrata) — Vinodol.

Prema [1], pojedine elektrovučne podstanice u 2010. godini prema predviđenom voznom redu opterećene su sa sljedećim dvofaznim snagama:

EVP Mrzlo Polje	$S_2 = 8,66 \text{ MW} - j 6,35 \text{ Mvar}$
EVP Srpske Moravice	$S_2 = 5,48 \text{ MW} - j 4,11 \text{ Mvar}$
EVP Zdenčina	$S_2 = 9,24 \text{ MW} - j 6,93 \text{ Mvar}$
EVP Oštarije	$S_2 = 8,08 \text{ MW} - j 4,62 \text{ Mvar}$
EVP Delnice	$S_2 = 4,61 \text{ MW} - j 3,46 \text{ Mvar}$
EVP Vrata	$S_2 = 9,24 \text{ MW} - j 6,92 \text{ Mvar}$
EVP Plase	$S_2 = 8,59 \text{ MW} - j 6,44 \text{ Mvar}$
EVP Ivani	$S_2 = 12,62 \text{ MW} - j 9,46 \text{ Mvar}$

EVP Draga	$S_2 = 17,87 \text{ MW} - j 13,4 \text{ Mvar}$
EVP Matulji	$S_2 = 8,7 \text{ MW} - j 6,52 \text{ Mvar}$

Napomenimo da je pretpostavljeni faktor istodobnosti opterećenja svih navedenih EVP-a jednak jedinici, u skladu s maksimalnim grafikonom reda vožnje po uvjetima APB-a (automatskog pružnog bloka) za sve EVP-e u pogonu (u slučaju ispada jedne elektrovučne podstanice promet se nesmetano odvija u staničnom razmaku). Proračun je obavljen za težine teretnih vlakova od 1500 t, koje vuku dvije šestosovinske električne lokomotive brzinom 50 km/h.

Određenu terminološku nedoumicu izazivaju termini »jednofazni napon« — »dvofazna snaga«. One su rezultat izvedbe sistema izmjenične električne vuče, koja je realizirana priključkom dvaju jednofaznih transformatora prijenosnog omjera 110/25 kV između dvije faze trofaznog elektroenergetskog sistema elektroprivrede. Sekundarni napon 25 kV dalje se vodi na kontaktnu mrežu do oduzimača struje na krovu elektrovučnog vozila. Preko primara ispravljačkog transformatora u elektrovučnom vozilu, kotača vozila i povratnog voda kontaktne mreže zatvara se strujni krug natrag do EVP-a.

Tablica 2. pokazuje rezultate proračuna nesimetričnog opterećenja za osnovno stanje mreže (cijela prijenosna mreža pretpostavljena potpuno uzamčenom, proizvodna postrojenja sa po jednim blokom) kao i za kompletno navedenu analizu neraspoloživosti (n – 1) vodova 110 kV za napajanje EVP-a u odnosu na sve navedene EVP-e.

Analizom rezultata proračuna nesimetričnih opterećenja u tablici 2. uočavamo višestruk porast nesimetričnih opterećenja pojedinih razmatranih generatora

Tablica 2. Inverzne struje od nesimetrija EVP (1995. g)

			$I_{\text{inverzno}} / I_{\text{nominalno}} \times 100$ (%)					
Generatori u elektrani	S_g (MVA)	I_n (A)	Osn. stanje mreže	Ispad Tumbri-Zdenčina	Ispad Melina-Vinodol	Ispad Gojak-Vinodol	Ispad Gojak-Pokuplje	Ispad Vinodol-Vrata
HE Vinodol	35.0	1925	4.3	5.1	4.5	4.2	4.5	4.2
HE Rijeka	23.0	1265	3.3	3.7	3.3	3.3	3.5	3.3
TE Rijeka	376.5	10869	3.4	3.7	3.4	3.3	3.5	3.4
HE Senj 220 kV	80.0	4399	2.4	2.7	2.4	2.4	2.5	2.4
HE Senj 110 kV	80.0	4399	3.5	4.0	3.5	3.4	3.6	3.4

Tablica 2 — nastavak

		$I_{\text{inverzno}} / I_{\text{nominalno}} \times 100$ (%)						
Generatori u elektrani	Ispad Melina Plase	Ispad Vinodol Plase	Ispad Melina-Ivani	Ispad Melina-Draga	Ispad Pehlin-Draga	Ispad Pehlin-Matulji	Ispad Matulji-Lovran	Ispad gener. T-Rijeka
HE Vinodol	4.6	4.3	4.3	4.2	4.7	4.3	4.4	4.6
HE Rijeka	3.2	3.4	3.3	3.4	3.0	3.3	3.5	3.6
TE Rijeka	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	—
HE Senj 220 kV	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.5	2.8
HE Senj 110 kV	3.6	3.4	3.5	3.4	3.7	3.5	3.5	3.8

u odnosu na mrežu 1990. godine, tako da sada nesimetrična opterećenja generatora za osnovno stanje mreže prema izrazu za relativni udio inverzne komponente struje u odnosu na nazivu $I_i/I_n \times 100\%$ iznose:

HE Vinodol	4.3% (porast za 207%)
HE Rijeka	3.6% (porast za 600%)
TE Rijeka	3.4% (porast za 386%)
HE Senj 220	2.4% (porast za 300%)
HE Senj 110	3.5% (porast za 250%).

Analiza neraspoloživosti pojedinih trofaznih vodova 110 kV za napajanje pojedinih EVP-a pokazuje manja relativna odstupanja u odnosu na polaznu mrežu 1990. godine zbog veće izgrađenosti mreže 110 kV (novi DV 2×110 kV Melina — Vinodol, novi DV 110 kV Vrata — Plase). Najteži ispad za generatore u HE Vinodol, HE Rijeka, TE Rijeka i HE Senj 220 i 110 jest ispad DV 110 kV Tumbri — Zdenčina. To je zanimljiv podatak jer pokazuje kolik utjecaj na preraspodjelu nesimetričnih struja imaju čvorišta interkonekcije s mrežom višeg napona (konkretno sa mrežom 400 kV u TS 400/110 kV Tumbri). Jedina iznimka je ispad TE Rijeka, koji uzrokuje najveću preraspodjelu nesimetričnih struja u generatoru HE Senj 220.

Rezultati relativnog udjela inverzne komponente struje u odnosu na nazivnu $I_i/I_n \times 100\%$ za slučaj ispada DV 110 kV Tumbri — Zdenčina sada iznose:

HE Vinodol	5.1%
HE Rijeka	3.7%
TE Rijeka	3.7%
HE Senj 220	2.7% (2.8%)
HE Senj 110	4.0%.

Podatak u zagradi odnosi se na ispad TE Rijeka.

Sa stajališta nesimetrija vrlo je povoljan utjecaj izgradnje DV 2×110 kV Melina — HE Vinodol, jer je sada snažno interkonektivno čvorište TS 400/220/110 kV Melina udvostručilo vezu s postrojenjem 110 kV HE Vinodol.

4. PERSPEKTIVA KONAČNE IZGRADENOSTI MREŽE DO 2010. GODINE

Prijenosna mreža 110, 220 i 400 kV na području od interesa za elektrovuču za 2000. i 2010. godinu ne razlikuje se znatnije prema mreži 1995. godine u odnosu na potrebne analize nesimetrija uzrokovanih električnom vučom 25 kV, 50 Hz, tako da razmatranja provedena za 1995. godinu vrijede i dalje, s tendencijom neznatnog smanjivanja udjela nesimetričnog opterećenja (inverzna struja kao postotak nazivne struje generatora) s porastom faktora upetljanosti mreže izgradnjom novih vodova 110 kV.

5. ZAKLJUČAK

U odnosu na problematiku nesimetričnih opterećenja uzrokovanih električnom vučom 25 kV, 50 Hz, koja će supstituirati preostalu istosmjernu vuču 3 kV

na dijelu pruge Zagreb — Rijeka, možemo konstatirati znatan porast nesimetričnih opterećenja u mreži za 1995. godinu, tj. godinu ulaska u pogon potpunog predviđenog sistema od 10 elektrovnih podstanica za napajanje električne vuče Zagreb — Rijeka. To su EVP-i 110/25 kV s nominalnom snagom instaliranih transformatora:

1. EVP Mrzlo Polje	2×7.5 MVA
2. EVP Srpske Moravice	2×7.5 MVA
3. EVP Zdenčina	2×7.5 MVA
4. EVP Oštarije	2×7.5 MVA
5. EVP Delnice	2×7.5 MVA
6. EVP Vrata	2×7.5 MVA
7. EVP Plase	2×15 MVA
8. EVP Ivani	2×15 MVA
9. EVP Draga	2×15 MVA
10. EVP Matulji	2×15 MVA.

Najveći iznosi nesimetričnih opterećenja uočeni su kod ispada DV 110 kV Tumbri — Zdenčina i kod generatora HE Vinodol prelaze $5\% I_n$ (preko dozvoljene granice prema podacima proizvođača), dok za sve preostale razmatrane generatore (generatori u HE Rijeka, TE Rijeka, HE Senj 220 i 110 kV) niti u jednom analiziranom slučaju ne prelaze $5\% I_n$, ali se nalaze u granicama $(4-5)\% I_n$ za HE Vinodol i $(3-4)\% I_n$ za ostale generatore, tj. radi se već o značajnim iznosima nesimetričnog opterećenja koje traži daljnja istraživanja i svakako mjerenja u živoj mreži.

Napomenimo ovdje da su navedeni rezultati dobiveni u odnosu na opterećenja za 2010. godinu prema [1] koja pretpostavljaju maksimalno opterećenje elektroenergetskog sistema (željeznički konvoji za izvlačenje tereta iz riječkog bazena) i u nedostatku preciznijeg podatka u odnosu na etapnost izgradnja EVP-a nalaze se na strani sigurnosti.

Posebno istaknimo u zaključku značenje interkonektivnih točaka prijenosne mreže TS 400/110 kV Tumbri, TS 400/220/110 kV Melina odnosno TS 220/110 kV Pehlin i TS 220/110 kV Senj, bez kojih navedena elektrovuča ne bi mogla biti realizirana.

Situaciju izoliranog pogona pojedinih EVP-a na određeno proizvodno postrojenje (EVP Oštarije na HE Gojak, EVP Draga na HE Rijeka) moguće je predvidjeti dvostrukim ispadom vodova 110 kV za napajanje navedenih EVP-a i mora se u svakom slučaju spriječiti. Zbog toga treba prije svega kontrolirati ispravnost rada zaštite od nesimetričnih opterećenja, a u slučaju postrojenja HE Rijeka navedenu opasnost moguće je jednostavno eliminirati premještanjem EVP Draga na drugu trojku DV 2×110 kV Melina — Pehlin [4].

Rezultati proračuna nesimetrija jasno govore o ozbiljnosti problematike nesimetrija struja i napona uzrokovanih planiranom jednofaznom električnom vučom 25 kV, 50 Hz na željezničkoj pruzi Zagreb — Rijeka, tako da ona treba biti predmet posebne šire razrade, koja bi na osnovi mjerenja i pogonskih iskustava trebala dati cjelovito rješenje pogona, uključujući kompenzaciju jalovih snaga, problematiku viših harmonika, zaštitu generatora i dr.

LITERATURA

- [1] I. UGLEŠIĆ, Č. ČAVLINA, A. MARUŠIĆ, Z. PRESEČKI, Z. HEBEL, I. KOPEČKI, T. TOMIŠA, M. BOBETKO, P. PAVLOVIĆ: »Izmjena sistema električne vuče na relaciji Srpske Moravice — Rijeka — Šapjane«, ETF 1987.
- [2] D. NEVEČEREL: »Proračun raspodjele najvećih mogućih struja jednopolnog kratkog spoja u vodovima 110 kV za napajanje EVP Vrata, Plase, Draga i Ivani, za mrežu 1995. godine«, IE Zagreb, 1989.
- [3] M. JUNG, J. MUŽNY, H. BEZLAJ, S. ZUBIĆ, D. SEVER: »Nesimetrije struja i napona, uzrokovane elektrifikacijom željezničke vuče 25 kV, 50 Hz, na pruzi Zagreb — Srpske Moravice«, IE Zagreb, 1987.
- [4] Z. TONKOVIĆ, L. MATKOVIĆ, V. HORAČEK, D. NEVEČEREL: »Razvoj prijenosne mreže 400, 220 i 110 kV na području 'Elektroprivrede' Rijeka (područje koje pokriva 'Elektroprimorje' Rijeka) u razdoblju 1990.—2010. g.«, IE Zagreb, 1991.

ASYMMETRICAL LOAD OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM CAUSED BY RAILWAY ON THE TRACK ZAGREB — RIJEKA

The problem of the asymmetrical loads of the electric power system caused by the 25 kV, 50 Hz railway on the track Zagreb — Rijeka are analysed.

UNSYMMETRISCHE BELASTUNG DES EES DURCH DIE ELEKTROLOK AUF DER STRECKE ZAGREB — RIJEKA

Hier wird die Problematik der unsymmetrischen Belastung des EES die durch das Elektroschleppen 25 Kv, 50 Hz auf der Strecke Zagreb — Rijeka verursacht wird, beschrieben.

Naslov pisca:

Mr. Davor Nevečerel, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1991-10-16.

»PINIJA COMMERCE«

**PODUZEĆE ZA PROMET
I POSLOVNE USLUGE, s p.o.**

**ZAGREB, Trg sportova 11
Telefon: (041) 311-829, Fax: 327-578**

TEHNIČKA DIJAGNOSTIKA STANJA I VIJEK TRAJANJA TURBINSKOG ULJA

Doc. dr. Branko Staniša, Karlovac

UDK 621.156-72

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Turbinsko ulje se koristi za podmazivanje ležajeva i rad hidrauličkog dijela regulacije i zaštite parnih turbina. U tijeku eksploatacije ulje stari i pritom mijenja svoja početna fizičko-kemijska svojstva. Za pouzdanost rada parnoturbinskog postrojenja veoma je važna dijagnostika i praćenje stanja turbinskog ulja radi pravovremenog čišćenja ili zamjene istrošenog ulja. U ovom radu dane su osnove kvalitete i vijeka trajanja ulja, kao i rezultati dugogodišnjeg istraživanja i praćenja stanja turbinskog ulja u eksploataciji.

Ključne riječi: parna turbina, uljni sustav, turbinsko ulje.

1. UVOD

Turbinsko ulje ima veoma značajnu ulogu u radu parnih turbina. Koristi se kao i kod drugih strojeva za podmazivanje kliznih ležaja. Kod parnih turbina je karakteristično to da ulje osim podmazivanja i odvođenja topline nastale trenjem, odvodi i toplinu koja do ležajeva dolazi kroz vratilo zbog zagrijavanja rotora u pari unutar kućišta. Osim toga ulje se koristi za rad hidrauličkog dijela regulacije i zaštite turbine. Ulje i uljni sustav treba smatrati sastavnim dijelom parne turbine i cijelog turboagregata.

Sve parne turbine male i srednje snage do oko 100 MW, bez obzira na namjenu, imaju jedinstven uljni sustav iz kojega se opskrbljuju uljem za podmazivanje i za rad hidrauličke regulacije i zaštite. Te turbine koriste mineralno mazivo ulje. Turbine velikih jediničnih snaga imaju dvostruk uljni sustav. Kod tih turbina osnovni uljni sustav s mineralnim uljem koristi se za potrebe podmazivanja ležajeva. Za potrebe regulacije koristi se zaseban, manji uljni sustav visokog tlaka sa sintetičkim uljem.

S obzirom na složenu ulogu ulja i visoke zahtjeve koji se na njega postavljaju, za parne turbine koriste se specijalna visokokvalitetna ulja. Od kvalitete ulja i pouzdanosti uljnog sustava ovisi pouzdani rad cijelog turbinskog postrojenja. Turbinsko ulje kao i drugi dijelovi turbine tijekom eksploatacije stari i pri tome gubi svoja prvobitna svojstva. Proces starenja turbinskog ulja ovisi uglavnom o kvaliteti ulja i konstrukciji i eksploatacijskim karakteristikama uljnog sustava i turbine. U općem slučaju zbog primjene vrhunskih kvaliteta ulja i suvremenih konstrukcija turbina, proces starenja ulja je veoma spor. Međutim, u nekim slučajevima zbog različitih uzroka može se ubrzati proces starenja ulja i njegovo brže trošenje.

Radi pouzdanog rada turboagregata i pravovremenog čišćenja ili zamjene istrošenog ulja nužno je u ti-

jeku eksploatacije pratiti promjenu njegovih svojstava i kvalitete. Praćenjem kvalitete i analizom ulja mogu se dobiti također i određene informacije o stanju dijelova turbine koji su u doticaju s uljem. Na osnovi analize ulja mogu se donijeti odluke da li je potrebno poduzimati određene korektivne aktivnosti na dijelovima turbine koji su povezani s uljnim sustavom. Kad kvaliteta ulja u tijeku procesa starenja padne ispod dopuštene razine, zbog pouzdanosti turbine i cijelog turboagregata, ulje treba zamijeniti.

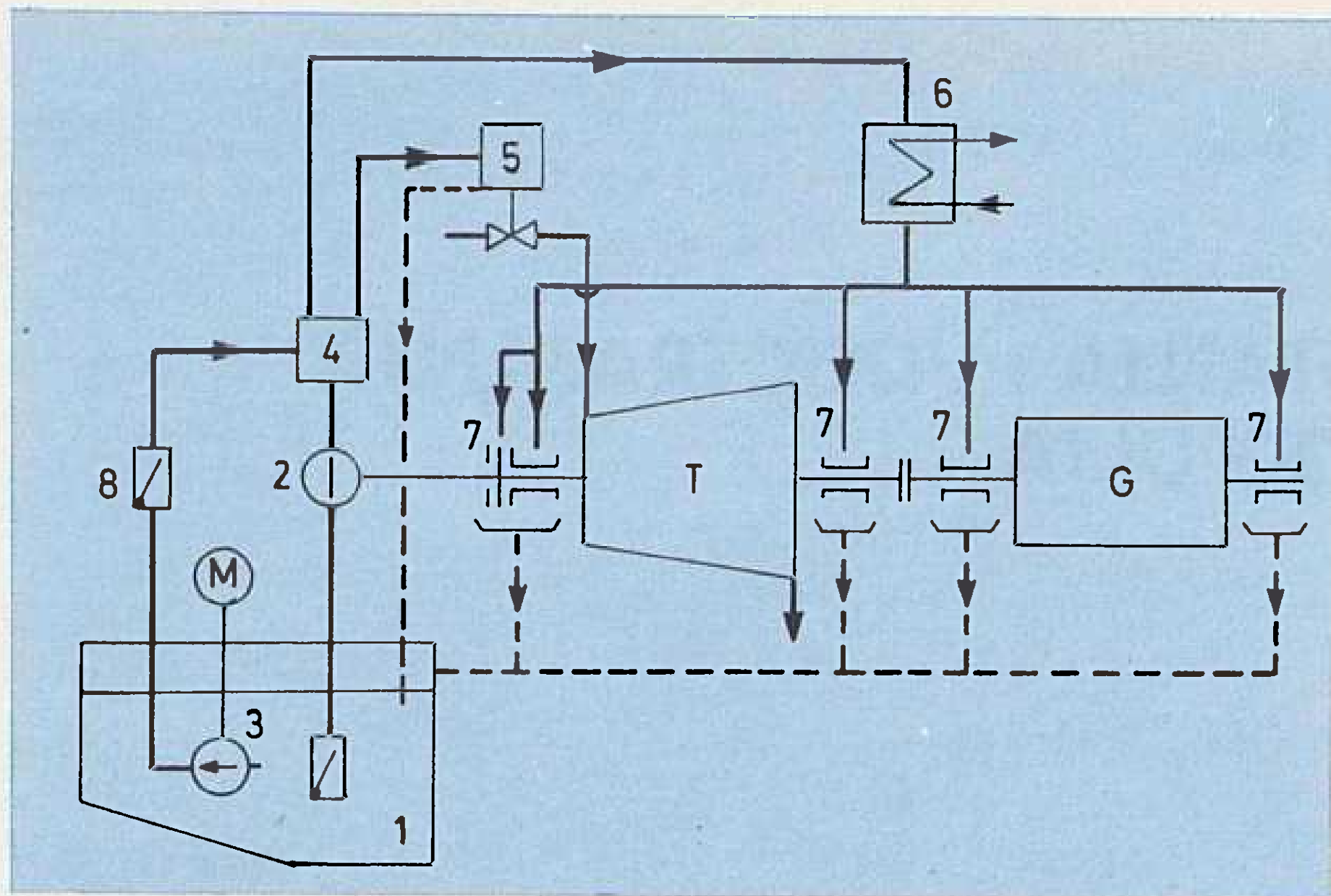
U ovom radu iznesene su osnove uljnog sustava parnih turbina, karakteristike turbinskog ulja i njegove dijagnostike i vijek trajanja. Dani su također rezultati dugogodišnjeg istraživanja i praćenja stanja ulja parnih turbina u eksploataciji.

2. ULJNI SUSTAV PARNIH TURBINA

Uljni sustav čini skup različitih međusobno povezanih uređaja, pomoću kojih se turboagregat opskrbljuje uljem za podmazivanje, regulaciju i zaštitu. O pouzdanosti uljnog sustava ovisi pouzdan rad ležajeva agregata, uređaja za regulaciju i zaštitu turbine, a prema tome i pouzdani rad cijelog turbinskog postrojenja. Zbog veoma značajne uloge u pouzdanom radu turbinskog postrojenja na uljni sustav se postavljaju sljedeći osnovni zahtjevi:

- visoka pouzdanost elemenata i sustava u cjelini
- protupožarna pouzdanost, jer ulazni dio turbine ima višu temperaturu od temperature plamišta ulja
- osiguravanje dugotrajnog radnog vijeka ulja.

Osnovni dijelovi uljnog sustava su spremnik ulja, glavna i pomoćne uljne pumpe, hladnjak ulja, filter ulja i uljovod. Kroz elemente uljnog sustava ulje cirkulira u zatvorenom krugu. Na sl. 1. prikazana je osnovna shema uljnog sustava parne turbine [1]. Ta po-



Slika 1. Osnovna shema uljnog sustava parne turbine: 1 — spremnik ulja; 2 — glavna uljna pumpa; 3 — pomoćna uljna pumpa; 4 — reduksijski ventil za razdiobu ulja; 5 — hidraulički uređaji sustava za regulaciju i zaštitu turbine; 6 — hladnjak ulja; 7 — ležajevi; 8 — protupovratna zaklopka; T — turbina; G — generator ili drugi radni stroj

jednostavljena shema načelno prikazuje uljni sustav parne turbine za pogonjenje električnog generatora ili drugih radnih strojeva.

Pri normalnoj brzini vrtnje turbine ulje iz spremnika (1) dobavlja glavna uljna pumpa (2) koju pogoni vrtilo turbine. Ona se kod manjih turbina primjenjuje kao zupčasta ili vijčasta, a kod većih kao centrifugalna pumpa. Glavna uljna puma dobavlja ulje s visokim tlakom (0,6–0,8 MPa) u razdjelni ventil za ulje (3), gdje se struja ulja dijeli na ulje za podmazivanje i ulje za hidrauličke uređaje regulacije i zaštite turbine (4). Ulje za podmazivanje se iz razdjelnog ventila vodi u hladnjak ulja (5) i dalje u ležajeve. U hladnjaku se ulje hladi rashladnom vodom, čiji je tlak niži od tlaka ulja, da pri propuštanju cijevnog snopa ulje prodire u vodu, a ne voda u ulje. Zbog pouzdanosti primjenjuju se dva uljna hladnjaka. Pritom je jedan u pogonu, a drugi u rezervi. Prijelaz s jednog hladnjaka na drugi može se izvršiti bez zaustavljanja turbine.

Raspodjela ulja za ležajeve i druga mjesta potrošnje određuju se ugradnjom prigušnica, koje svojim promjerima određuju protjecajnu količinu ulja. Na ulazu u ležajeve ulje treba imati temperaturu oko 35 °C, da bi se u njima i drugim elementima zagrijalo na oko 50 °C. Tlak ulja potreban za podmazivanje ležajeva kreće se od 0,15 do 0,3 MPa. Upotrebljeno ulje se u povratnim uljovodom slobodnim padom skuplja u glani povratni vod i vraća u spremnik ulja.

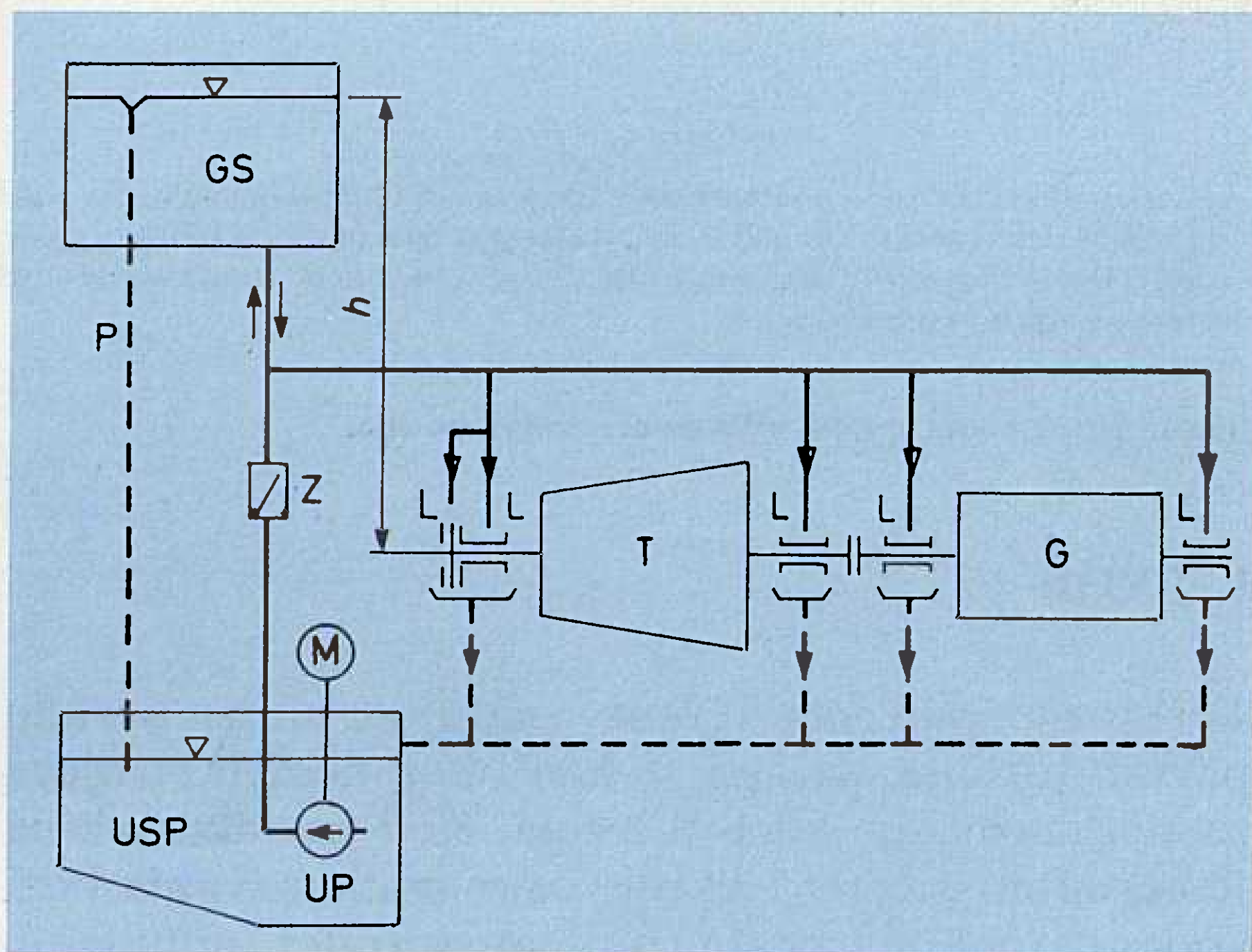
Osim glavne uljne pumpe, postoji i jedna ili više pomoćnih uljnih pumpi (6). Zbog pouzdanosti obično se ugrađuju tri pomoćne uljne pumpe (pomoćna uljna elektropumpa, pomoćna uljna turbopumpa i pomoćna uljna elektropumpa na istosmjernu struju). Za razliku od glavne uljne pumpe, pomoćne uljne pumpe ne rade kada je turbina u normalnom pogonu. One se upućuju samo pri pokretanju i zaustavljanju turbine ili u slučajevima havarija. Kod turbine koje imaju reduktor brzine vrtnje iza hladnjaka ulja ugrađuje se i filter za ulje. Uljni filter ugrađuje se i u dio ogranka ulja za regulaciju.

Osim opisanog tlačnog uljnog sustava, u nekim slučajevima primjenjuje se i gravitacijski sustav za podmazivanje ležajeva sl. 2. U tom sustavu elektropumpa tlači ulje iz uljnog spremnika u ležajeve i u gravitacijski spremnik. Gravitacijski spremnik se nalazi na koti iznad turbine [2]:

$$h = \Delta p / g \rho \geq 6 \text{ m}, \quad (1)$$

gdje je: Δp — predtlak podmazivanja; ρ — gustoća ulja; g — gravitacija.

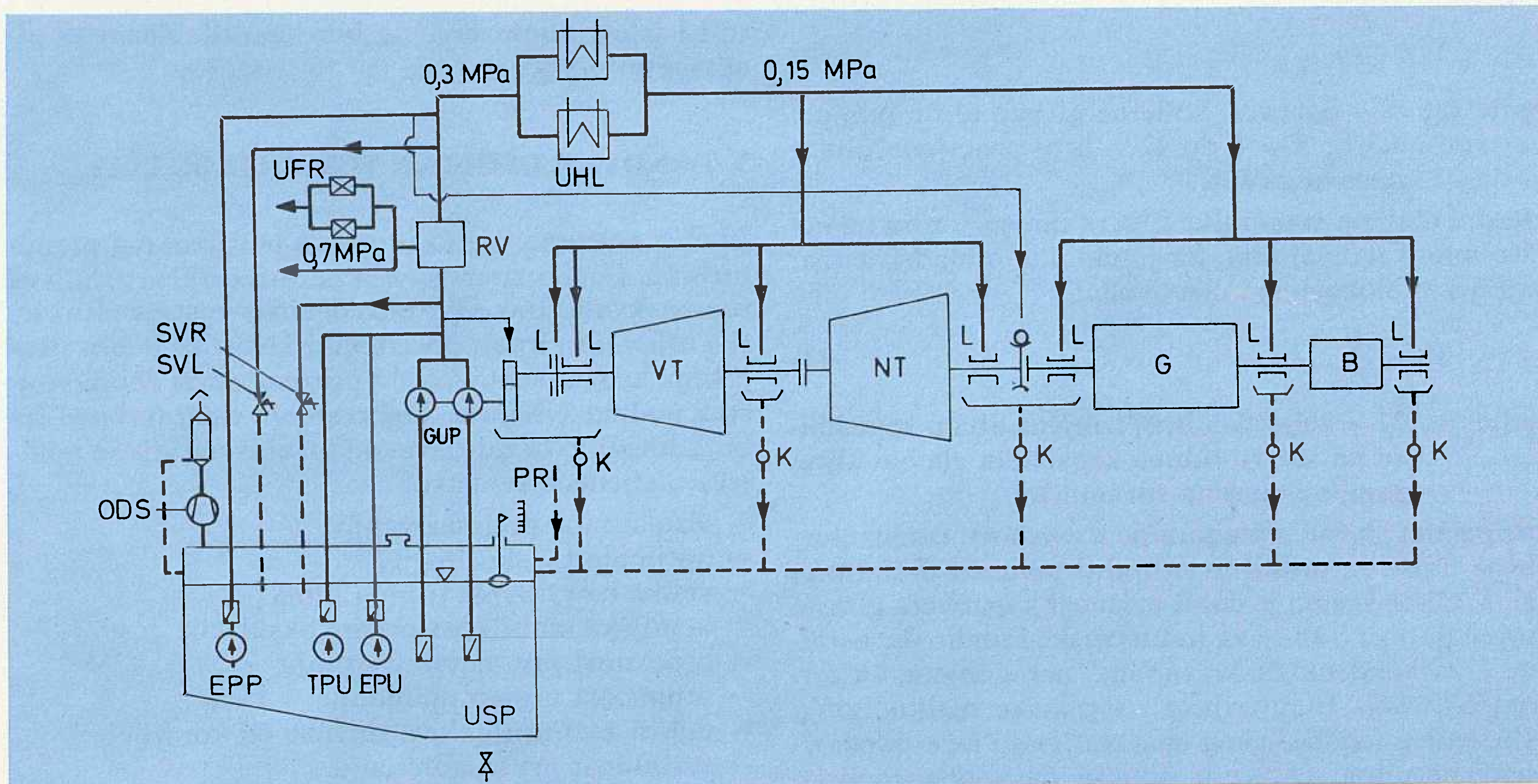
Razina ulja u gravitacijskom spremniku održava se s preljevom, pomoću kojeg se višak ulja vraća u uljni spremnik.



Slika 2. Shema gravitacijskog uljnog sustava parne turbine: USP — spremnik ulja; UP — uljna elektropumpa; GS — gravitacijski spremnik ulja; Z — protupovratna zaklopka; P — preljev ulja; L — ležajevi; T — turbina; G — generator ili drugi radni stroj

Gravitacijski sustav podmazivanja primjenjuje se uglavnom kod brodskih turbina, dok se kod stacionarnih turbina rjeđe primjenjuje. Prednost je gravitacijskog sustava za podmazivanje da se u slučaju kvara uljne pumpe i dalje nekoliko minuta podmazuju ležajevi iz gravitacijskog spremnika koji je smješten na višoj razini od turbine. Kod direktnog tlačnog kružnog podmazivanja, čim glavna uljna pumpa iz bilo kojeg razloga ne tlači ulje, podmazivanje trenutno prestaje. U tom slučaju, ako se ne bi trenutno uključila pomoćna uljna pumpa, nastupilo bi zaribavanje i topljenje bijele kovine ležajeva. Bez obzira na to, ipak se kod suvremenih stacionarnih parnih turbina uglavnom primjenjuje tlačni kružni uljni sustav podmazivanja.

Na sl. 3. prikazan je primjer izvedenog tlačnog uljnog sustava kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare, snagom 32 MW. Opskrba turboagregata uljem iz uljnog spremnika (USP) kapaciteta 12 m³ za vrijeme pogona vrši se s dvije zupčaste glavne uljne pumpe (GUP), koje su ugrađene u prednji ležajni blok turbine. Ukupna dobava glavnih uljnih pumpi je 88,8 m³/h, tlak 0,7 MPa. Pri stavljanju turbine u pogon i u slučaju da iz bilo kojeg razloga dođe do ispada glavnih uljnih pumpi, na raspolaganju je pomoćna uljna turbopumpa (TPU) kapaciteta 60



Slika 3. Shema uljnog sustava kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare, snage 32 MW, blok 1, TE-TO Zagreb: USP — uljni spremnik; GUP — glavna uljna pumpa; EPU — pomoćna elektro uljna pumpa; TPU — pomoćna turbo uljna pumpa; RV — razdjelni ventil; UFR — filter ulja za regulaciju; UHL — uljni hladnjak; SVR — sigurnosni ventil radnog ulja; SVL — sigurnosni ventil ulja za ležajeve; PR — povrat regulacijskog ulja; ODS — odsis uljnih para; L — ležajeve; K — kontrola protoka povratnog ulja iz ležajeva; VT, NT — visoki i niski tlak turbine; G — generator; B — budilica

m^3/h i pomoćna uljna elektropumpa (EPU) kapaciteta $55,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Ako zbog nekog kvara tlak ulja na izlazu iz glavnih uljnih pumpi padne ispod $0,6 \text{ MPa}$, pomoću presostata se automatski uključuje pomoćna uljna elektropumpa.

Opskrba turboagregata uljem dijeli se na ogranak za opskrbu regulacije i ogranak za opskrbu ležajeva. Razdjelu ulja vrši uljni razdjelni ventil (RV) smješten u prednjem ležajnom bloku turbine. U ovom ventilu se automatski uspostavljaju tlakovi ulja potrebni za regulaciju turbine i podmazivanje ležajeva, pomoću diferencijalnog klipa s točno određenim promjerom. Pomoću regulacijskog vijka na razdjelnom ventilu mogu se tlakovi ulja mijenjati u užim granicama i za vrijeme pogona turbine. Suvišno se ulje preko sigurnosnog ventila (SVR) vraća u spremnik ulja.

Tlak ulja za regulaciju je $0,7 \text{ MPa}$. Za podmazivanje ležajeva tlak ulja iznosi $0,15 \text{ MPa}$. Te tlakove treba stalno kontrolirati i održavati u navedenim vrijednostima.

Ulje za podmazivanje ležajeva vodi se kroz jedan od dva hladnjaka ulja (UHL); drugi hladnjak je u rezervi. Količina vode za hladnjak ulja regulira se tako da ulazna temperatura ulja u ležajeve iznosi 40°C . Maksimalna dopuštena temperatura ulja u ležaju jest 80°C . Ako iz bilo kojih razloga tlak ulja u stražnjem ležaju generatora padne ispod $0,13 \text{ MPa}$, pomoću presostata uključuje se pomoćna uljna elektropumpa (EPP), kapaciteta $27,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Suvišno ulje za podmazivanje ležajeva vraća se preko sigurnosnog ventila (SVR) u spremnik ulja. Uljne pare iz spremnika ulja odstranjuju se pomoću uređaja za odsisavanje uljnih para (ODS).

Kapacitet uljnog sustava određen je u skladu dobavne količine glavne uljne pumpe. Protočna količina ulja za koju treba dimenzionirati glavnu uljnu pumpu sastoji se od potrošnje ulja za podmazivanje (U_p) i ulja potrebnog za hidrauličke uređaje za regulaciju i zaštitu turbine (U_R):

$$U = U_p + U_R \quad (2)$$

Ta veličina je osnovna značajka uljnog sustava turbine. Potreba ulja za podmazivanje određuje se pri konstruiranju turbine za svaki podmazivajući sklop proračunom, te se na temelju toga projektiraju uljovodi za raspodjelu ulja, čime treba postići ispravnu opskrbu svih potrošača. Pravilnom raspodjelom količine ulja postiže se jednako zagrijavanje svih ležajeva turboagregata. Potrošnja ulja hidrauličkih uređaja sustava za regulaciju i zaštitu turbine ovisi o tipu i veličini turbine, opsegu primjene hidraulike, veličini servomotora i dinamičkih karakteristika. U ustaljenom pogonu, kada uređaji za regulaciju izvide samo male i spore pomake, potrebno je manje ulja, pa se višak pušta preko preljevni ventila u spremnik. Pri naglim pomacima uređji za regulaciju trenutno trebaju veće količine ulja, oduzimajući čak i dio ulja za podmazivanje.

Količina ulja u uljnom sustavu mora biti dovoljno velika, tako da ulje može boraviti u spremniku nekoliko minuta između dva prolaza kroz pumpu, što je potrebno radi odvajanja vode, zraka i taloga. Obično se primjenjuje takav odnos između kapaciteta glavne uljne pumpe i količine ulja u sustavu da se ostvari 8 do 12 izmjena ulja na sat. Na osnovi ovog pravila može se odrediti ukupna količina ulja u sustavu pomoću izraza [3]:

$$V = \frac{U}{Z}, \quad (3)$$

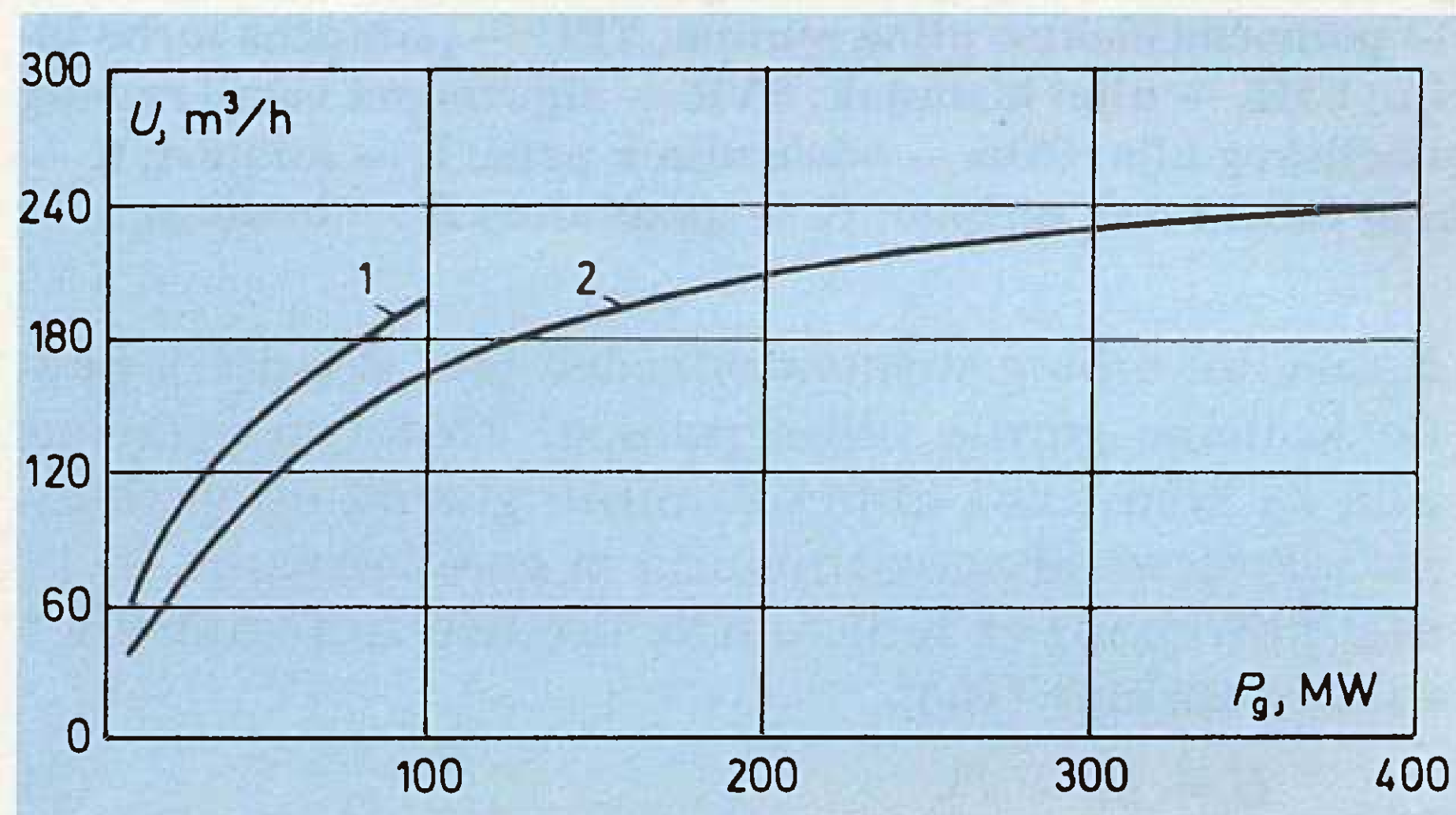
gdje je: U — dobavna količina glavne uljne pumpe, m³/h; $Z = 8$ do 12 — broj promjena ulja u sustavu na sat.

Radni obujam spremnika ulja se dimenzionira na nešto manji sadržaj ulja, jer je dio ulja u hladnjacima, ležajnim blokovima i cjevovodu:

$$V_s = \frac{U}{Z_s}, \quad (4)$$

gdje je: $Z_s = 8$ do 10 — broj izmjena ulja u spremniku na sat, tj. odnos kapaciteta glavne uljne pumpe i obujma spremnika.

Kapacitet glavne uljne pumpe u ovisnosti o snazi turbine može se približno odrediti pomoću dijagrama sl. 4. U dijagramu je dana ovisnost kapaciteta glavne uljne pumpe o snazi za industrijske i toplinske turbine i za kondenzacijske turbine namijenjene za termoelektrane. Industrijske i toplinske turbine zbog složenijeg regulacijskog sustava imaju jače dimenzionirane uljne sustave u odnosu na kondenzacijske turbine.



Slika 4. Protočna količina glavne uljne pumpe (U) u ovisnosti snage turboagregata (P_g) pri brzini vrtnje 50 s^{-1} : 1 — industrijske i toplinske turbine; 2 — kondenzacijske turbine

Ukupna količina ulja u uljnom sustavu može se odrediti i pomoću izraza [4]:

$$V = \frac{1}{Z} \left(\frac{W}{c \Delta t} + U_R \right), \quad (5)$$

gdje je: W — količina topline koju je potrebno odvesti s uljem iz ležajeva; c — specifična toplota ulja; Δt — pad temperature ulja u hladnjaku; U_R — protok ulja za regulaciju.

Radni obujam spremnika ulja može se odrediti također pomoću izraza (5); pri tome se treba umjesto veličine Z uvrstiti veličina Z_s .

Ukupni obujam spremnika mora omogućiti pražnjenje dijela uljnog sustava nakon zaustavljanja uljne pumpe.

Spremnik ulja mora biti uvijek napunjen do propisane razine koja se kontrolira pomoću pokazivača razine. Ulje se u uljnom sustavu stalno gubi zbog isparivanja, ispuštanja taloga, remonta turboagregata i neispravnosti uljnih brtvi. Zbog toga treba uljno punjenje povremeno nadopunjavati. Nadopuna se mora iz-

vršiti istim uljem koje je bilo upotrijebljeno za osnovno punjenje.

3. OSNOVNE OSOBINE TURBINSKOG ULJA

Ulje ima veoma važnu ulogu za pouzdan rad parnih turbina. Pogon suvremenih parnih turbina zahtijeva veoma kvalitetno ulje određenih svojstava. Turbinsko ulje mora imati određenu žilavost da dobro struji kroz kružni sustav, a da pritom sadrži dobra svojstva podmazivanja u dugotrajnom radu turbine. Da bi zadovoljilo te zahtjeve, od turbinskog ulja se zahtijevaju sljedeća svojstva:

- visoka moć podmazivanja
- optimalan viskozitet
- velika izdržljivost uljnog filma
- kemijska stabilnost prema oksidaciji
- otpornost prema emurgiranju
- otpornost prema pjenjenju
- dobra zaštita dijelova turbine od korozije
- stabilnost pri skladištenju.

Za podmazivanje u parnim turbinama primjenjuje se mineralno ulje, koje može biti nelegirano i legirano. Nelegirana turbinska ulja sadrže u malim količinama različite dodatke (aditive) kojima se povećava otpornost ulja na oksidaciju, koroziju, stvaranje emulzije, pjenjenje i dr. Danas se kod suvremenih parnih turbina upotrebljavaju samo legirana ulja, odnosno ulja s aditivima. Dodatkom aditiva pojačavaju se prirodne karakteristike ulja i postižu njegova poboljšana svojstva. Inhibitori oksidacije daju visok stupanj kemijske stabilnosti, što omogućava dugu upotrebu bez opasnosti stvaranje kiselina, smole, taloga i drugih proizvoda oksidacije, kao i otpornost na pjenjenje. Mineralna ulja bez aditiva upotrebljavala su se prije, a i sada se upotrebljavaju kod turbina starije izvedbe. Suvremeni razvoj turbina kod kojih se ide na veće snage i više tlakova i temperature, postavlja takve zahtjeve koje nelegirana ulja, pa ma koliko bila dobro rafinirana, više ne mogu zadovoljiti.

U tablici 1. dana su osnovna fizikalna i kemijska svojstva novog turbinskog ulja. Osim zahtjeva za kvalitetu ulja, dani su i standardi po kojima se može ispitati njegovo svojstvo. Kvaliteta ulja propisana je standardom JUS B.H3.210, koji turbinsko ulje dijeli na vrlo lako (VL), lako (L), srednje (S) i teško (T). Jedna od bitnijih osobina turbinskog ulja jest viskozitet. On je mjerilo otpora ulja protiv deformacije, tj. predstavlja veličinu unutarnjeg otpora kojim se ulje suprotstavlja strujanju. Sposobnost podmazivanja turbinskog ulja ovisi uglavnom o viskozitetu ulja. Iz tablice 1. vidljivo je da u općem slučaju viskozitet turbinskog ulja treba da je od 28 do $42 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ (28 do 42 cSt) pri temperaturi 50°C . S porastom viskoziteta ulja rastu otpori trenja u ležajevima, pa se ulje jače zagrijava. Pad viskoznosti može dovesti do prekida uljnog filma u ležajevima. Zbog toga je optimalan viskozitet ulja kod kojeg se uz najmanje unutarnje trenje još dobiva dovoljna mazivost za stvaranje uljnog filma. Izbor viskoziteta turbinskog ulja ovisi o sljedećim faktorima:

Tablica 1. Osnovne fizičko-kemijske osobine novog turbinskog ulja

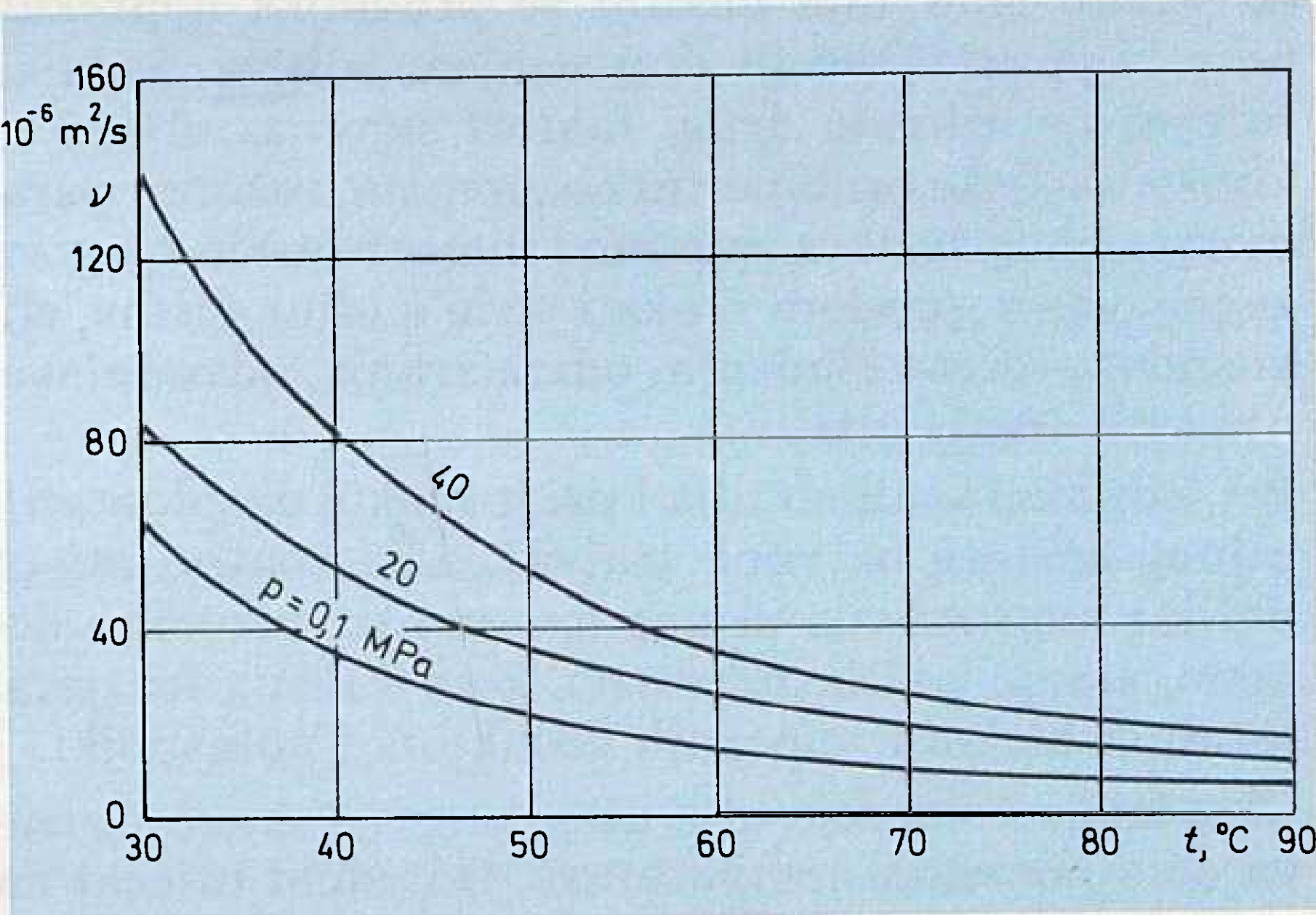
Fizičko – kemijske osobine	Jedinica	Zahtjev	Standard za ispitivanje
Gustoća, pri 15° C, max	g/cm³	0,93	JUS B.H8.015
Viskozitet, pri 50° C	10 ⁻⁶ m²/s (c St)	28 – 42	JUS B.H8.022
Indeks viskoziteta, min		95	JUS B.H8.024
Planište, min.	° C	210	JUS B.H8.601
Stinište, min.	° C	– 8	JUS B.H8.034
Neutralizacijski broj	mg KOH/g	0,05	JUS B.H8.025
Broj osapunjenja	mg KOH/g	0,15	JUS B.H8.025
Količina vode, max.	%	0,1	JUS B.H8.039
Količina pepela, max.	%	0,1	JUS B.H8041
Količina mehaničkih onečišćenja	%	0	JUS B.H8.027
Korozivnost (Cu, 100° C/3h), max.		1	JUS B.H8.042
Antikorozivnost u prisustvu vode		neg.	JUS B.H8.044
Demulzacijski broj, max.	s	300	DIN 51591
Sposobnost izdvajanja zraka, max	min	7	DIN 51381
Sklonost pjenjenja		0	ASTM
Boja Union, max.		2	ASTM D 1500
Vanjski izgled		bistro	
Oksidacijska stabilnost	mg KOH/g	2	JUS B.H8.044

— tipu i veličini turbine
— načinu podmazivanja ležajeva
— veličini opterećenja u ležajevima
— veličini brzine vrtnje rukavaca
— visini radne temperature u ležajevima.

Turbine za neposredan pogon radnog stroja obično koriste ulje manjeg viskoziteta (lako ulje), a turbine s reduktorom koriste viskoznije ulje (srednja ulja). Ispravno odabran viskozitet turbinskog ulja osigurat će održavanje fluidnog filma u svim radnim uvjetima turbine.

Viskozitet ulja je fiskalna karakteristika koja ovisi o temperaturi, tlaku, kemijskim unutarnjim promjenama ulja, okolišu i zaprljanjima iz okoliša. Na sl. 5. prikazana je ovisnost viskoziteta ulja o temperaturi i tlaku [4]. Iz dijagrama je vidljivo da veličina viskoziteta ulja s povećanjem temperature pada, a s povećanjem tlaka raste. Kao indikativan faktor za izdržavanje tendencije promjene viskoziteta s promjenom temperature koristi se indeks viskoziteta. To je empirički broj koji pokazuje utjecaj temperature na promjenu viskoziteta. Za turbinska ulja indeks viskoziteta ne smije biti manji od 90.

Osim viskoziteta, veoma važne značajke turbinskog ulja je brojka neutralizacije i osapunjenja jer se njima izražava sadržaj organskih kiselina u ulju koje su produkti starenja ulja. Turbinsko ulje ne smije sadržavati organske kiseline koje bi eventualno mogle iskorodirati uljovode i ostale dijelove turbine. Prema tablici 1. kod novog ulja broj neutralizacije mora biti ispod 0,05 mg KOH/g, a broj osapunjenja ispod 0,15 mg KOH/g. Mjerenjem i praćenjem promjena tih brojeva u eksploataciji turbine može se dobiti uvid u napredovanje procesa starenja ulja.



Slika 5. Ovisnost viskoziteta turbinskog ulja (ν) o temperaturi (t) i tlaku (p)

Za hidrauličku regulaciju važna značajka turbinskog ulja jest sposobnost izdvajanja zraka. Mjehurići zraka u ulju koji ostaju u njemu pri mješanju stvaraju smetnje i njihanje regulacije. Standardi propisuju da izlučivanje mjehurića zraka iz ulja u spremniku ulja ne smiju biti dulji od 5 do 7 minuta (tablica 1).

Za požarnu pouzdanost je važno plamište ulja koje prema tablici 1 ne smije biti ispod 210° C. Ta temperatura je manja od temperature dijelova turbine u koje ulazi svježa para. Zbog toga elementi uljnog sustava moraju biti niže i udaljeni od dijelova turbine koje imaju višu temperaturu od temperature plamišta ulja. Uljovod i spojevi kroz koje protiče ulje moraju biti dobro zabrtveni da ne bi došlo do curenja ulja na visokotemperaturne dijelove turbine i požara.

4. STARENJE I VIJEK TRAJANJA TURBINSKOG ULJA

Turbinsko ulje je u tijeku eksploatacije izloženo utjecaju temperature i različitih vanjskih i unutarnjih primjesa (nečistoća), koje mu postepeno mijenjaju prvobitne osobine. Zrak, voda, prašina, pijesak, pepeo i čađa koji upadaju kroz različite otvore u uljni sustav čine vanjske primjese. Unutarnje primjese su produkti trošenje dijelova turbine, ljevački pijesak, odljuštena boja i produkti raspadanja aditiva. Posebni zagađivač turbinskog ulja je dispergirani zrak, koji je osnovni izvor kisika u oksidacijskom procesu ulja.

Svi ovi utjecajni faktori potpomognuti djelovanjem željeznog oksida dovode u većoj ili manjoj mjeri do oksidacije ulja (kod koje nastaju kiseline, smole, talozi i stabilne emulzije), tj. do starenja ulja. Iako je starenje ulja veoma sporo, ipak će tijekom eksploatacije doći do granice kada ulje više neće moći vršiti svoju funkciju podmazivanja i hlađenja. Daljnje korištenje istrošenog ulja ugrozilo bi pouzdan rad turboagregata.

Obično se vijek trajanja turbinskog ulja povezuje s kemijskim sastavom ulja, tehnologijom njegove proizvodnje i korištenjem aditiva. Opće je mišljenje da je brzo starenje ulja posljedica njegove loše kvalitete. Radni vijek ulja nastoji se produljiti neprekidnom regeneracijom ili dodavanjem aditiva, a da se pritom ne uzimaju drugi faktori starenja ulja, i to konstrukcijske osobine turboagregata, režimni parametri uljnog sustava zajedno i intenzivnošću njegova zagrijavanja, prodora zraka i vode u uljni sustav, efikasnost procesa hlađenja, odzračivanja, odvodnjavanja i filtriranja ulja.

Pri jednakoj kvaliteti ulja i pri jednakoj eksploataciji uljnog sustava na vijek trajanja ulja znatno utječe oblik i konstrukcija uljnog spremnika, projekt uljovoda, stanje labirintnih brtvi, konstrukcija ležajeva, ležajnih blokova, zupčanih reduktora i poluspojki.

Oksidacija i starenje ulja uz prisutnost zraka ubrzava se s porastom temperature. Određeni utjecaj na porast temperature ulja ima prijenos topline od vrućih površina turbine. Međutim, osnovni uzrok povećanja temperature ulja jesu režimni faktori samog ležaja, kao što je smanjenje protoka ulja, povećanje opterećenja i dr. Nagli porast tlaka u pumpi, ležajevima i hidrauličkim elementima dovodi do naglog komprimiranja zračnih mjehurića u ulju, što uzrokuje povećanje gradijenta temperature na granici ulje-zrak. Jakoj oksidaciji ulja pridonosi mjestimično pregrijavanje ulja pri djelomičnom nalijeganju rukavaca u ležaju, zbog rascentriranja ili iskrivljenja vratila, kao i pri neravnomjernoj raspodjeli aksijalnog opterećenja po segmentima odzivnog ležaja. Oksidaciju ulja ubrzavaju i lokalna povećanja temperature ulja kod iskrenja pri probojima uljnog filma zbog lutajućih struja.

Visoka temperatura ulja jedan je od osnovnih faktora koji potpomaže oksidaciju i starenje ulja. Kritične temperature za turbinsko mineralno ulje su između 100 i 130 °C. Zbog toga u interesu očuvanja ulja treba

pri radu turbine paziti da ni na jednom mjestu uljnog sustava temperatura ulja nije viša od 80 °C. U spremniku treba održavati temperaturu ulja od 55 do 65 °C.

Proizvodi oksidacije mogu se podijeliti u dvije grupe: jedna koja je topljiva u ulju i druga koja na radnoj temperaturi nije topiva. Topljivi proizvodi postaju također netopljivi, kad toplo ulje dođe u hladne cijevi hladnjaka ulja i druge dijelove sustava u kojima je ta temperatura relativno niska. Netopljivi proizvodi oksidacije stvaraju taloge koji smanjuju prijenos topline u ležajevima i hladnjacima ulja. Time se povećava temperatura vratila i ulja, što uzrokuje daljnju i bržu oksidaciju ulja.

Povećani sadržaj kiselina u ulju kao produkata korozije prouzrokuje osim korozije dijelova turbine koji su u doticaju s uljem i stvaranjem metalnih soli (sapuna) topljivih u ulju, koji djeluju kao katalizatori daljnje oksidacije. Metalni sapuni i drugi proizvodi oksidacije izazivaju emulzije ulja i vode koje mogu biti vrlo stabilne. Ako se voda izmiješa s neoksidiranim uljem, nastala se emulzija brzo razdvaja u ulje i vodu. Prašina i metalne čestice mogu uzrokovati stvaranje permanentnih emulzija. Emulzija smanjuje moć podmazivanja ulja, a može dovesti i do prekidanja uljnog filma, zbog čega je neizbježno habanje i zaribavanje ležajeva. Da bi se izbjeglo stvaranje emulzije, potrebno je neprekidno sprečavati ulaz vode u uljni sustav.

Voda u uljni sustav dolazi kroz odušni otvor spremnika gdje nastaje kondenzacija zbog promjene temperature i vlažnosti okoline. Drugi izvor vode je propuštanje pare kroz brtve u turbini koja uz vratio prodire u ležajne blokove. Konstrukcijski je predviđeno da se voda skuplja na najnižem dijelu spremnika ulja na kojem se nalazi i otpusni ventil. U eksploataciji turbine poželjno je da se na ovome mjestu povremeno otpušta voda i mulj, kako bi se izbjeglo njihovo prodiranje u ostale dijelove turboagregata.

Djelovanje vode i organskih kiselina na metalne površine pokrivene ili nepokrivene uljem, nastaje korozija. Čestice korozije djeluju abrazivno na ležajeve i rukavce vratila, uzrokujući njihovo habanje i u krajnjem slučaju zaribavanje. Osim krutih čestica od produkata korozije, ulje se može u tijeku eksploatacije, kako je već rečeno, zaprljati različitim mehaničkim nečistoćama. Neke krute čestice ulaze kroz zazor u ležajevima, a druge se unose u sustav s uljem ili s vodom. Metalne čestice obično nastaju habanjem dijelova ili još u tijeku proizvodnje, a zadržavaju se u raznim džepovima i nakon čišćenja i ispuhivanja. Krute čestice, a naročito metalne, djeluju kao katalizatori oksidacije i kao sredstva koja pospješuju stvaranje emulzije. Osim toga, one djeluju abrazivno i uzrokuju dodatno habanje ležajeva, a ako su u većoj količini, i zaribavanje. Zbog toga je potrebno povremeno izvršiti separaciju ulja i čišćenje uljnog sustava. Turbinsko ulje može se separirati, tj. čistiti od mehaničkih nečistoća za vrijeme pogona. U paralelni rad uključi se centrifuga i odgovarajući filteri. Kod većeg zaprljanja uljnog sustava potrebno je ispustiti

ulje u bačve u tijeku remonta turbine i očistiti spremnik ulja i ostale uređaje.

Osim navedenih štetnih faktora, u uljnom sistemu pojavljuje se nepoželjna pojava pjenjenja ulja. Pjena u ulju nastaje u tijeku cirkulacije pri brzom miješanju ulja sa zrakom koji je ušao u uljni sustav. Stanovita količina pjene uvijek je prisutna u uljnom sustavu. Međutim, ako je ulje kvalitetno, ta se pjena brzo gubi i ostaje samo tanak sloj na površini ulja u spremniku. Budući da je gotovo nemoguće potpuno spriječiti prodiranje zraka u uljni sustav, jedan od zahtjeva za kvalitetu ulja dugog vijeka trajanja jest i sposobnost otpuštanja zraka. Prekomjerno pjenjenje smanjuje prijenos topline, pa može uzrokovati pregrijavanje ulja, čime se potpomaže oksidacija. Osim toga, veća količina zraka u ulju zbog pjenjenja također ubrzava oksidaciju. Pjena posebne probleme stvara kod hidrauličkih elemenata regulacije, čiji rad postaje neispravan. Ako se nakupi previše pjene u nekom dijelu uljnog sustava, može doći do prelijevanja i izbacivanja ulja iz spremnika ulja. Kod većih turbinskih postrojenja instalira se centrifuga koja odvađa vodu i smole. Centrifugiranje je kontinuirano, ali se dovodi u centrifugu oko 1/3 ulja u cirkulaciji.

Uzroci prekomjernog pjenjenja turbinskog ulja mogu se svrstati u tri grupe:

- neadekvatna konstrukcija uljnog sustava (premalen spremnik ulja, nepravilno smješteni usisni i odvodni otvori na spremniku, premalen promjer uljovoda, prevelika brzina cirkulacije ulja)
- neadekvatna kvaliteta ulja (nepravilno odabran viskozitet, neadekvatno odabrani aditivi, neadekvatna kvaliteta baznog ulja, prevelika površinska napetost ulja, prevelika gustoća ulja)
- nepravilna eksploatacija (popuštanje zraka u uljni sustav, loša brtvljenja, premalo ulja u sustavu, dodavanju veće količine novog ulja, mehaničke nečistoće u ulju, nečistoće od oksidacijskih produkata).

Iz navedenih mogućih uzroka prekomjernog pjenjenja ulja vidljivo je da za njihovo sprečavanje treba da surađuju proizvođač turbine, proizvođač ulja i osoblje iz eksploatacije turbine.

Radi pouzdanog rada turbinskog postrojenja nužno je u tijeku eksploatacije osim vizualne kontrole ulja povremeno uzimati uzorke ulja i davati ih na analizu u kemijski laboratorij za utvrđivanje i praćenje stanja, te ocjenu preostalog radnog vijeka ulja. Pritom treba voditi brigu o pravilnom uzimanju uzorka ulja. Uzorak će biti reprezentativan ako je uzet iz uljnog sustava dok je ulje još toplo, tako da je što je moguće više homogeniziran. Za uzimanje uzorka može se koristiti staklena boca, limena ili plastična kantica. Posuda u koju se uzima uzorak mora biti besprijekorno čista i potpuno suha. Postupak uzimanja uzorka ulja propisan je standardom JUS B.H8.011.

Da bi se mogla voditi evidencija i praćenje stanja kvalitete ulja, vrlo je važno uzeti sljedeće osnovne podatke o uzrokovanom ulju:

- naziv i oznaku ulja
- naziv i evidentni broj turbine
- naziv mjesta gdje je izvađen uzorak

- datum zadnjeg uzimanja uzorka
- ukupno vrijeme rada turbine (od prvog dana rada i od zadnjeg punjenja uljem)
- utrošak ulja između dva uzorkovanja
- datum uzimanja uzorka.

Kod sistematskog i stalnog praćenja kvalitete turbinskog ulja kroz dulje vremensko razdoblje, vrlo je važno raspolagati s podacima o radu turbine i intervencijama učinjenim u vezi s održavanjem ili neplaniranim kvarovima i oštećenjima. Samo na osnovi pravilne tehničke dijagnostike i praćenja stanja ulja moći će se pravovremeno poduzeti određene aktivnosti za čišćenje ulja i uljnog sustava i time produžiti radni vijek ulju i povećati pouzdanost rada turbine. Tehničkom dijagnostikom stanja ulja moći će se ustanoviti i eventualne neispravnosti elemenata turbine koji su u doticaju s uljem i tako spriječiti veći kvarovi i neplanirani zastoji. Praćenjem stanja ulja tijekom eksploatacije moći će se također procijeniti njegov preostali radni vijek i odrediti vrijeme pravovremene zamjene radi pouzdanog rada turbine.

Ulje treba mijenjati kad ne zadovoljava po zahtjevu broj neutralizacije, tj. kad je veći od 1,5 mg/KOH/g i kad je broj osapunjenja veći od 3 mg KOH/g, te kad je u njemu toliko vode da ono ostaje i poslije filtriranja i zagrijavanja na 70–85 °C, mutnožuto, svijetlosmeđe ili bijelo. Ostale podatke analize treba uzeti s rezervom jer nisu tako mjerodavni.

Ti podaci vrijede za čista, neinhibirana ulja. Kod inhibiranih, tj. legiranih ulja granična vrijednost za neutralizacijski broj iznosi 2 mg KOH/g, dok se broj osapunjenja ne uzima u obzir jer sami aditivi povećavaju vrijednost tog broja. Netopljivih sastojaka u ulju ne smije biti. Inhibirana ulja, koja sadrže aditive protiv korozije, praktično i ne stvaraju taloge u normalnom radu turbine. Postepena promjena boje ulja od svijetložute do tamnosmeđe zbog otopljenih smola je normalna pojava i nije toliko opasna. Smole u ulju smanjuju mazivna svojstva ulja i vrlo su bitne za kvalitetu ulja, a određuju se kao netopljivo u benzolu. Međutim, opasna je nagla promjena boje kada treba odmah dati ulje na kemijsku analizu bez obzira na to koliko je dugo u eksploataciji.

Statistički podaci pokazuju da se uz loše uvjete rada jedno uljno punjenje može potpuno pokvariti već za 10 000 pogonskih sati, a i u kraćem roku, pri havariji turbine. Trajanje ulja može se obično postići od 45 000 pogonskih sati. S vrlo povoljnim uvjetima dobiva se vijek trajanja ulja 80 000 pogonskih sati i više. U [4,5] navodi se da je vijek trajanja turbinskog ulja u normalnim uvjetima eksploatacije 8 do 10 godina.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I PRAĆENJA STANJA TURBINSKOG ULJA U EKSPLOATACIJI

Istraživanje i praćenje stanja ulja izvršeno je na kondenzacijskoj turbini s dva regulirana oduzimanja pare, snage 32 MW instalirane u TE-TO Zagreb. Opis i

shema uljnog sustava (sl. 3.) i turbine dani su prethodno u tekstu.

Turbina 32 MW je puštena u pogon 1962. godine. Prvo punjenje turbinskog ulja tip MOBIL-S zamijenjeno je nakon 14 godina eksploatacije. Drugo uljno punjenje izvršeno je uljem proizvodnje INA Rafinerija nafte Rijeka tip Turbo S. Prva analiza stanja novopunjenog ulja u eksploataciji izvršena je nakon 5 mjeseci rada. Kemijska analiza kvalitete ulja dala je sljedeće rezultate:

— gustoća kod 15 °C	= 0,879 gcm ⁻³
— viskozitet kod 50 °C	= 36,97 · 10 ⁻⁶ m ² /s (cSt)
— neutralizacijski broj	= 0,16 mg KOH/g
— deemulzijski broj	= 219 s
— korozija bakrenih pločica	= negativna
— mehanička onečišćenja	= 0%
— sadržaj vode	= 0%
— boja (union)	= 2
— vanjski izgled	= bistro.

Na osnovi danih rezultata utvrđeno je da je turbinsko ulje u vrlo dobrom stanju, te da se može dalje upotrebljavati.

Rezultati daljnjeg 15-godišnjeg praćenja stanja određenih karakteristika kvalitete turbinskog ulja bitnih za ocjenu njegove upotrebljivosti dani su na sl. 6. Iz dijagrama se može vidjeti da se je neutralizacijski broj i broj boje tijekom eksploatacije znatno povećao, a viskozitet je praktički ostao konstantan.

Ispitivanjem ulja u kemijskom laboratoriju nakon 15 godina njezine eksploatacije dobivene su ljeđeće vrijednosti fizičko-kemijskih svojstava:

— gustoća na 15 °C prema JUS B.HB.015	= 0,878 g cm ⁻³
— kinematički viskozitet na 40 °C, ISO 3104	= 57,20 · 10 ⁻⁶ m ² /s

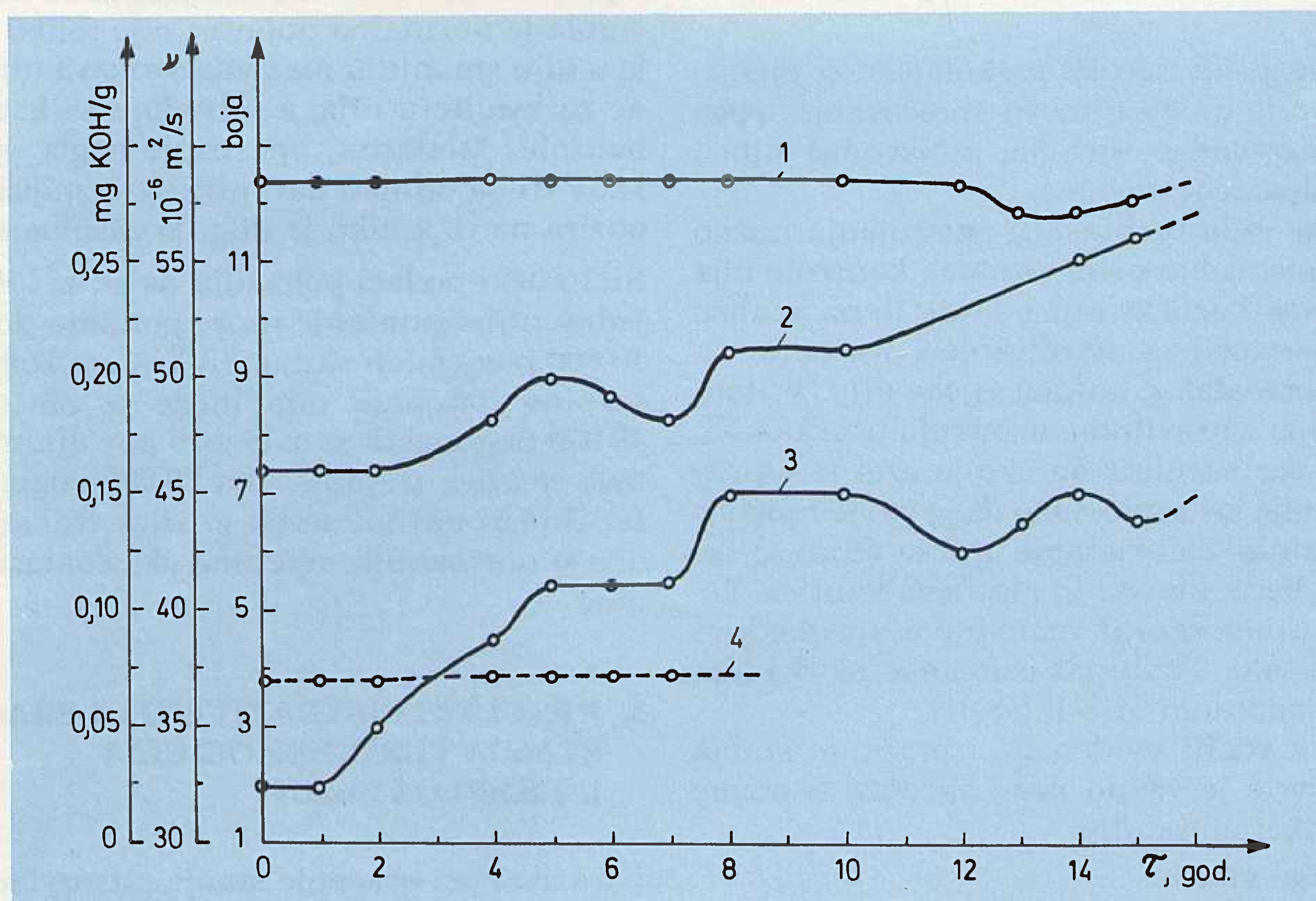
— neutralizacijski broj, ASTM D 974	= 0,26 mg/KOH/g
— količina mehaničkih onečišćenja	= 0,0%
— količina vode, JUS B.HB.039	= 0,0%
— boja, ASTM D 1500	= 6,5
— vanjski izgled	= tamno
— deemulzijski broj, TP 19	= 231 s
— sposobnost odvajanja zraka, DIN 51381	= 8 min.
— sposobnost pjenjanja ulja, ASTM D 892	= 30/0
— temperatura paljenja (otvoreni lončić)	= 240 °C.

Dobivene vrijednosti karakteristika kvaliteta ulja nakon 15 godina eksploatacije nalaze se unutar dopuštenih graničnih vrijednosti, prema tome ulje može biti dalje u eksploataciji, bez obzira na njegovo dugogodišnje korištenje.

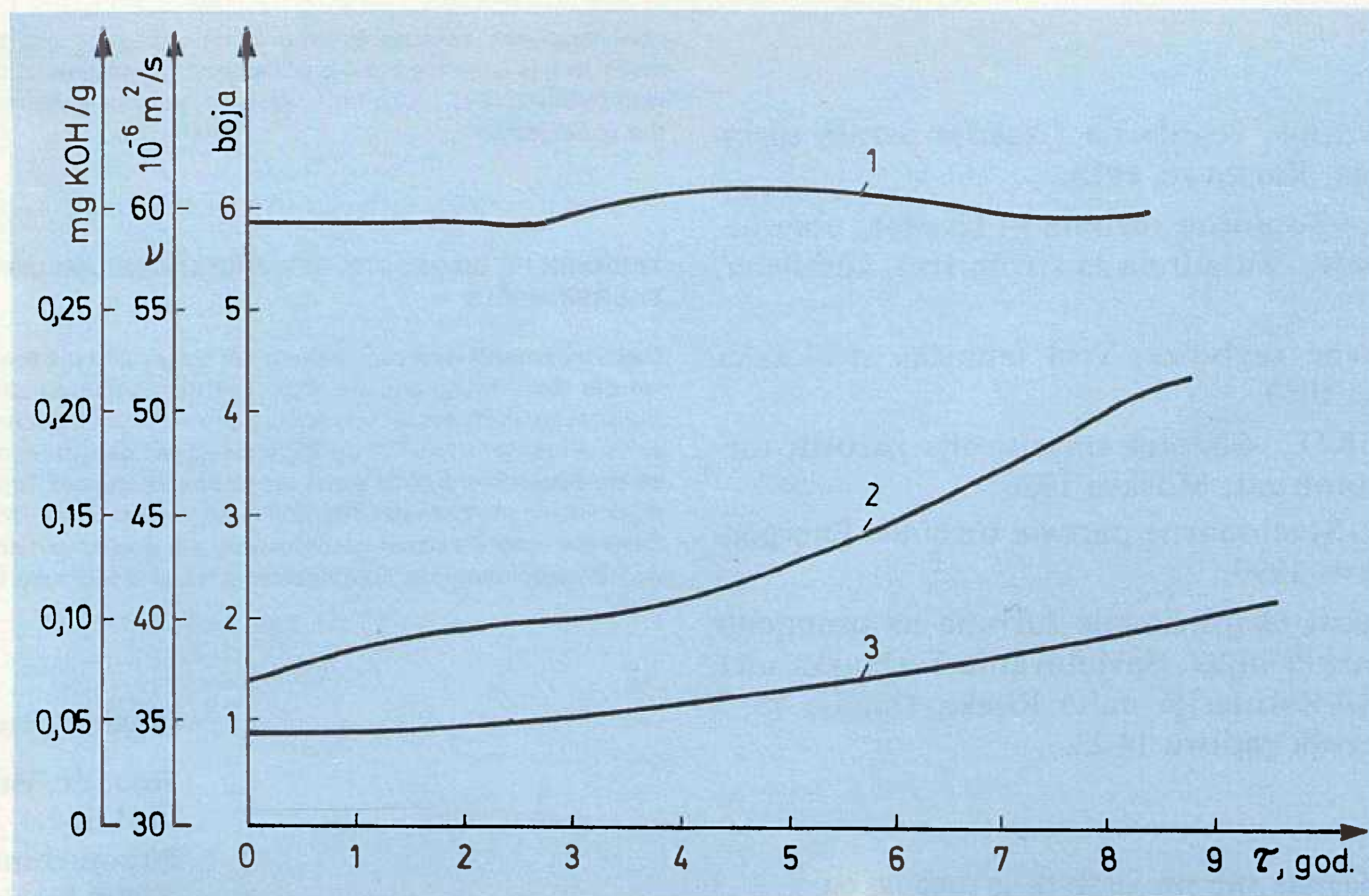
Relativno dugom korištenju uljnog punjenja (98 000 radnih sati) pridonijelo je, osim kvalitete ulja, redovita dijagnostika i praćenje njegova stanja, te pravovremeno poduzimanje određenih aktivnosti čišćenja ulja i održavanja uljnog sustava i cijeloga turbinskog postrojenja.

Na osnovi dobivenih zakonitosti promjene stanja praćenih veličina ulja mogu se u normalnim uvjetima eksploatacije turbine odrediti njegove daljnje promjene i procijeniti preostali radni vijek.

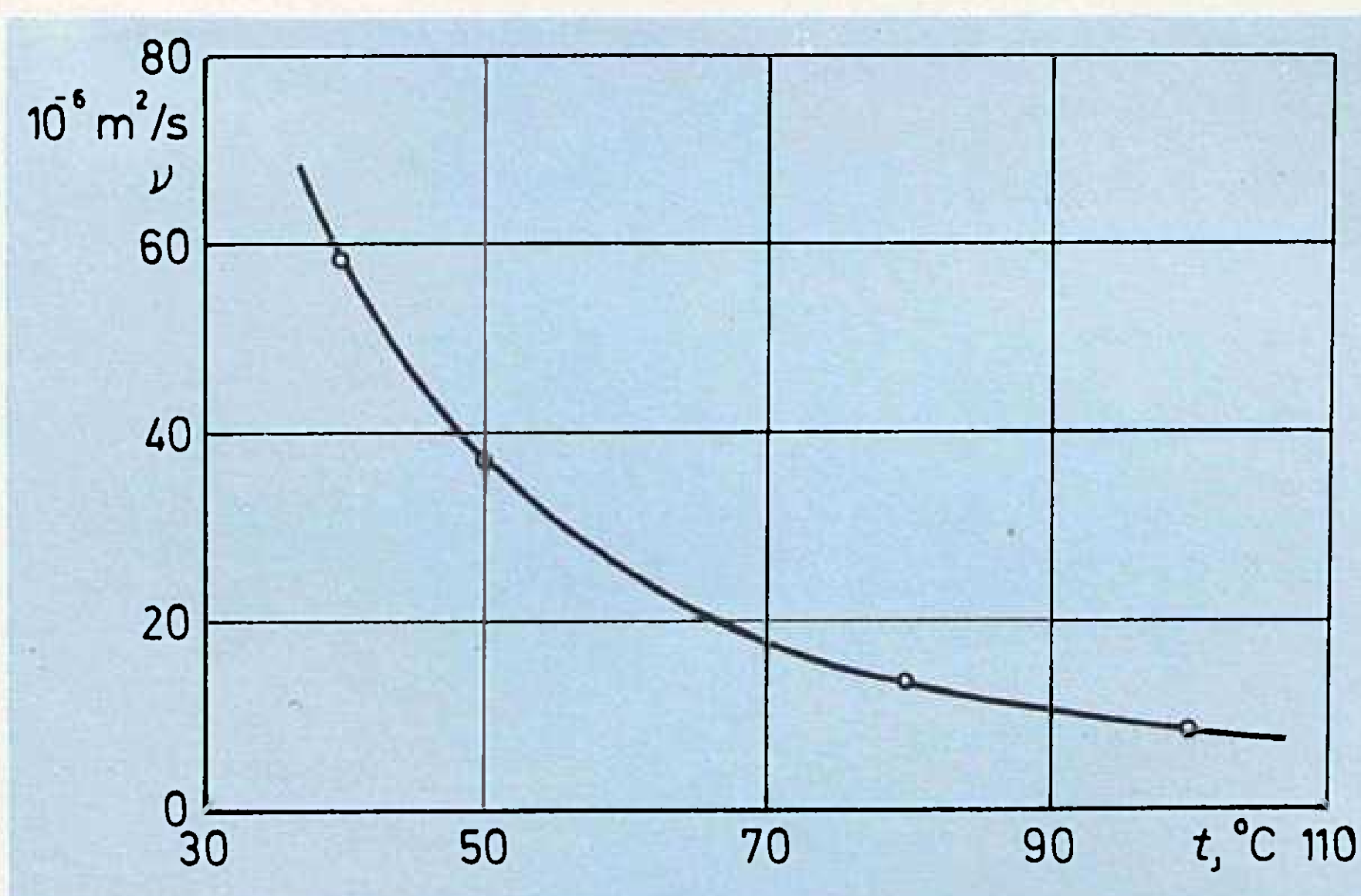
Slični rezultati istraživanja i praćenja stanja ulja na turbini 8 MW instaliranoj u INA Rijeka dobiveni su u [6], sl. 7. Uzorci ulja uzimani su svake godine i određivao se viskozitet, neutralizacijski broj i broj boje. Iz dijagrama je vidljiva zakonitost promjene mjerenih svojstava turbinskog ulja u tijeku 10 godina eksploatacije. Vidljivo je da se nakon 10 godina ek-



Slika 6. Rezultati praćenja stanja kvalitete ulja kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare, snage 32 MW, blok 1, TE-TO Zagreb: 1 — viskozitet (ν , 40 °C); 2 — neutralizacijski broj, 3 — boja; 4 — viskozitet (ν , 50 °C)



Slika 7. Dijagram praćenja stanja ulja kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, snage 8 MW, INA Rijeka, pogon Urinj: 1 — viskozitet (ν); 2 — boja; 3 — neutralizacijski broj



Slika 8. Ovisnost viskoziteta turbinskog ulja (ν) o temperaturi (t)

sploatacije praćena svojstva turbinskog ulja nalaze u dopuštenim granicama. Na osnovi dobivenih zakonitosti mogu se procijeniti daljnje promjene svojstva turbinskog ulja.

Na sl. 8. prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja promjene viskoziteta turbinskog ulja u ovisnosti o temperaturi. Iz danog dijagrama vidljivo je da se s porastom temperature znatno smanjuje viskozitet ulja. Poznavanje ovisnosti viskoziteta o temperaturi je važno jer od viskoziteta, osim ostalog, ovisi i radnja trenja i veličina minimalne zračnosti u ležajevima turboagregata. Indeks viskoziteta ispitivanog turbinskog ulja iznosi 106. Prema zahtjevima danih u tablici 1, indeks viskoziteta ispitivanog ulja nalazi se u dopuštenim granicama.

6. ZAKLJUČAK

Od kvalitete turbinskog ulja uvelike ovisi pouzdani rad cijeloga turbinskog postrojenja. Tijekom eksploatacije turbine kvaliteta ulja se mijenja, tj. ulje stari.

Nakon određenih graničnih vrijednosti koje karakteriziraju starost turbinskog ulja potrebno ga je zamijeniti novim uljem.

Vijek trajanja turbinskog ulja ovisi uglavnom o početnoj kvaliteti ulja, konstrukciji i uvjetima rada i održavanju uljnog sustava i turbine. Statistički podaci pokazuju da se u vrlo lošim uvjetima rada jedno uljno punjenje može potpuno istrošiti već za 10 000 pogonskih sati. Vijek trajanja turbinskog ulja u normalnim uvjetima rada obično iznosi 8 do 10 godina. U vrlo povoljnim uvjetima rada dobiva se vijek trajanja turbinskog ulja 80 000 do 15 000 pogonskih sati i više.

Rezultati istraživanja i praćenja stanja uljnog punjenja turbine snage 32 MW tijekom 15 godina eksploatacije pokazali su da se njegova određena svojstva mijenjaju. Povećao se neutralizacijski broj i broj boje, dok je viskozitet ulja ostao praktički konstantan. Neutralizacijski broj ulja povećao se od 0,16 na 0,26 mgKOH/g za 15 godina eksploatacije. Broj boje povećao se od 2 na maksimalno 7, već za 8 godina eksploatacije i dalje je praktički ostao konstantan. Istraživanja su pokazala da se karakteristike kvalitete turbinskog ulja nakon 15 godina eksploatacije nalaze još uvijek u dopuštenim granicama.

Na osnovi rezultata praćenja stanja ulja tijekom 15 godina eksploatacije dobivena je zakonitost promjene stanja kvalitete ulja. Pomoću dobivene zakonitosti može se procijeniti kako će se u normalnim uvjetima rada dalje mijenjati kvaliteta ulja radi pravovremene zamjene.

Radi osiguranja dugoga radnog vijeka turbinskom ulju i pouzdanog rada turbinskog postrojenja nužno je u određenim vremenskim razmacima vršiti dijagnostiku kvalitete ulja i pratiti njegovo stanje tijekom eksploatacije. Na osnovi rezultata dijagnostike stanja ulja treba pravovremeno poduzimati potrebne aktivnosti održavanja kvalitete ulja, uljnog sustava i turbinskog postrojenja u cjelini.

LITERATURA

- [1] Z. ELČIĆ, »Mazanje, regulacija i zaštita parnih turbi-
na«, Jugoturbina, Karlovac, 1975.
- [2] B. ČERMIGOJ, »Toplotne turbine — Izvedba, obreme-
nitve, obratovanje«, Fakulteta za strojništvo. Ljubljana,
1985.
- [3] E. ELČIĆ, »Parne turbine«, Viša tehnička strojarska
škola, Karlovac, 1983.
- [4] V. N. KAZANSKIJ, »Sistemi smazivanja parovih tur-
bin«, Energoatomizdat, Moskva 1986.
- [5] A. D. TRHNIJ, »Stacionarne parovne turbine«, Energoa-
tomizdat, Moskva 1990.
- [6] V. ZIMA, »Utjecaj eksploatacije turbina na promjenu
kvaliteta turbinskih ulja«, Savjetovanje Turbinska ulja
proizvodnja INA-Rafinerija nafte Rijeka, Opatija 15. i
16. 1. 1976, Zbornik radova 14-23.

TECHNICAL STATE DIAGNOSTICS AND THE LIFETIME OF TURBINE OIL

Turbine oil is used for the oiling of bearings and hydraulic regulation parts as well as the protection of the steam turbine. During the exploitation time the oil gets old and its initial physical and chemical characteristics change. For the reliability reasons, the steam-turbine unit diagnostics and the observation of the oil state are

very important, because clearing or oil change should be done at the right moment. In this work the basic qualities and the lifetime of the oil are given, together with the results of a long-time research and observation of the turbine oil state in the exploitation.

TECHNISCHE DIAGNOSTIK DES ZUSTANDES UND DIE DAUERHAFTIGKEIT DES TOURBINENÖLS

Das Tourbinenöl wird zur Einölung der Lager und die Arbeit des hydraulischen Teiles der Regulierung und des Schutzes der Dampfturbinen benutzt. Im Laufe der Benutzung altert das Öl und ändert dabei die anfänglichen physischen und chemischen Eigenschaften. Für die Zuverlässigkeit der Arbeit der Dampftourbinenanlage ist die Diagnostik wichtig sowie die Beobachtung des Tourbinenöls wegen rechtzeitiger Reinigung oder des Wechsels des verbrauchten Öls. Hier wurden die Grundqualitäten und die Dauer des Öls sowie die Ergebnisse der langjährigen Forschung und Beobachtung des Tourbinenöls bei der Benutzung beschrieben.

Naslov pisca:

Doc. dr. Branko Staniša,
dipl. inž.
Jugoturbina — Institut,
47000 Karlovac,
Mala Švarča 155, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1991-09-05.

U POGONU PRVA MINI HIDROELEKTRANA

Krajem studenog 1991. godine puštena je u pogon prva minihidroelektrana u Republici Hrvatskoj na Čabranki, pritoci Kupe, privatno vlasništvo. Ova mini hidroelektrana bit će uključena u javnu mrežu i oko 60 posto potrošača područja općine Čabar koristit će struju iz HE Čabranka.

Puštanju u pogon ove elektrane prisustvovali su predstavnici Hrvatske elektroprivrede, općine Čabar, graditelji, projektanti, isporučioći opreme i dr. Opremu su izradila poduzeća Končar, Litostroj, Metalna i drugi proizvođači elektroindustrije i strojogradnje. Za područje Gorskog kotara planirana je gradnja više takvih objekata za koje je već izrađena projektna dokumentacija. Za izgradnju takvih pogona zainteresirana je i manja industrija Gorskog kotara. Tako na primjer drvna industrija »Goranprodukt«, Čabar namjerava uskoro prići izgradnji svoje mini-hidroelektrane u neposrednoj blizini pogona u Čabru. Ona bi opskrbljivala strujom vlastite pogone, a višak distribuirala u javnu mrežu.

I. R.

SUSTAV KONČAR BEZ GUBITAKA

U 1990. godini sustav »Končar d.d.« Zagreb iskazao je gubitak od 50 milijuna USA dolara, ali će poslovanje u 1991. godini biti svedeno na pozitivan saldo. U nastojanjima da se proizvodnja i poslovanje sredi nakon velikih gubitaka 1990. godine sustav »Končar d. d.« prešao je prošle godine na opsežnu vlasničku, organizacijsku i kadrovsku preobrazbu. Godinu 1991. završit će bez gubitaka s izuzetkom nekih poduzeća koja će imati manje gubitke.

Bivši Elektrotehnički institut iz sastava »Končara« s oko 1000 zaposlenih je preskup za sustav »Končar d. d.« pa su sada umjesto njega ustanovljena tri poduzeća s oko četrdeset posto nekada zaposlenih. Cijeli sustav »Končar d. d.« koji danas zapošljava 10.500 radnika u 52 poduzeća u zemlji i u šest u inozemstvu, ostvarit će profit, a vrijednost proizvodnje iznositi će oko 30.000 DEM po zaposlenome.

Krajem prosinca prošle godine organi Upravnog odbora upoznali su javnost s radom sustava »Končar d. d.«. Da bi se taj veliki sustav konsolidirao, bilo je nužno provesti stečajne postupke u mnogim poduzećima bivšeg SOUR-a koji su dovršeni osim u dva manja poduzeća. Sada se normalno posluje, a predviđa se i ekspanzija u ovoj godini.

Orijentacija na izvoz

Za ovu godinu planirano je proširenje izvoza. Trebalo bi se postići da se oko 60 posto proizvodnje plasira na stranim tržištima, od čega trećina na zapadno tržište Europe.

Vrijednost izvoza iznositi će na to tržište oko milijardu DEM ili tri puta više nego sada.

Poduzeće za proizvodnju Solarnih ćelija u Splitu (u koje je sustav Končar d. d. ulagao zajedno s američkim partnerom) stalno proširuju izvoz.

S Hrvatskim željezničkim poduzećem Zagreb ugovorena je proizvodnja električnih lokomotiva koja je jedna od najsuvremenije opremljenih u Europi. U taj posao uključiti će se i tvornica »Đuro Đaković« Slavonski Brod. Za domaću brodogradnju osigurati će se kompletna proizvodnja elektroopreme.

Planirano je da se Končar orijentira na kompletan program proizvodnje kućanskih aparata, u suradnji s inozemnim tvrtkama.

Nedavno je zaključen ugovor o isporuci pokretnih stepenica za Teheran čija je vrijednost 20 milijuna USA dolara. Zanimanje oko isporuke pokretnih stepenica za potrebe iranskih željeznica znatno je veće pa će se i u idućim godinama izvoz znatno povećavati.

Poduzeće iz sustava »Končar d. d.« — Inženjering za industriju» ugovorilo je projektiranje i isporuku opreme za crpne stanice u Alžiru.

I. R.

LOKACIJA ZA SATELITSKU POSTAJU

Krajem prosinca 1991. godine u kongresnoj dvorani Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, u prisutnosti većeg broja stručnjaka i uzvanika, naznačen je završetak rada na izradi projekta i obilježavanje lokacije za buduću prvu zemaljsku satelitsku postaju u Republici Hrvatskoj.

Ovaj opsežan posao izvela je ekipa profesora Elektrotehničkog fakulteta u suradnji s HPT i HTV, te u suradnji s austrijskom PTT. Radovi su trajali pet mjeseci a lokacija je izabrana kod sela Kamenice blizu Ivanca. Izgradnja će početi tijekom ove godine i trebala bi biti završena 1993. godine. Ukupne investicije iznositi će oko pet milijuna dolara.

I. R.

PLAN INVESTICIJA U NAFTAPLINU

Iako je teška situacija u Hrvatskoj izazvana pustošenjem i razaranjem, plan investicijske izgradnje u Naftaplinu uspješno se provodi, osim na području zahvaćenim ratom.

Tijekom 1991. godine realizirana su 23 programa. U kratkom prikazu osvrnut ćemo se na izvedene rekonstrukcije, proširenje i izgradnju novih objekata. Rekonstruirana je Sabirna stanica na polju Kloštar, te sustav slanovoda i utisnih mjesta. Na naftnom polju Žutica dosta se gradi. Obnovljena je Dehidracija na otpremnoj stanici i taložnici pijeska, a završavaju se energetske objekti za rad pomoću dubinskih sisaljki. Završena su i tri priključna naftovoda na polju Ježevo. Na polju Ivanić planirana je gradnja flotacije slane vode. Završeni su priključni naftovodi na poljima Jamarice i Lipovljani.

Rekonstruirana se i kompresorska stanica Lipovljani. Za funkcioniranje kompresorske stanice izgraditi će se i kaptažni plinovod. I taj je posao već ugovoren. Na polju Kloštar izgrađena je nova stanica za dehidraciju nafte. U tijeku su i pripreme za izgradnju priključnih plinovoda na polju Okoli. Zatražena je građevna dozvola za izgradnju punilišta autocisterna u Dugom Selu.

Od većih objekata koji su obuhvaćeni planom izgradnje je gradnja magistralnog plinovoda Zagreb — Velika Gorica.

I. R.

ISTRAŽIVANJE NAFTE U INOZEMSTVU

Sve tri ININE platforme za istraživanje nafte i plina u podmorju rade u inozemstvu. Tako platforma »Labin« obavlja

istraživanja u Tunisu, a nakon toga posla istraživanja će se obavljati na istražnim bušenjima u vodama Nigerije. Platforma »Zagreb« izводи bušenja u vodama Sredozemnog mora za libijskog partnera, platforma »Panon« za talijanske naručioce u Jadranu.

Treba istaknuti da će INA koristiti svoje kapaciteta za istraživanje nafte i plina na kopnu, također za inozemne partnere. Već dvije remontne garniture rade u Sibiru, a u toku su pregovori za obavljanje bušenja u Iranu. U izgledu su i radovi na razradi plinskog kondenzatorskog polja u Albaniji, a očekuje se ugovaranje istražnih radova u bazenu Dures, također u Albaniji.

Procijenjeno je da će navedeni servisni radovi u inozemstvu u 1992. godini donijeti dobit od 30 milijuna USA dolara, a mogućnost je da se zaposli i oko 300 radnika.

I. R.

PLINOVOD S KRKA U ZAPADNU EUROPU

Razmatra se mogućnost izgradnje plinovoda s otoka Krka u Europu za transport uvoznog plina. Prema mišljenju stručnjaka postojeći terminal u Omišlju na otoku Krku samo bi se neznatno proširio, a u njemu bi se izgradila potrebna postrojenja za rasplinjavanje ukapljenog plina koji bi se u omišaljski terminal dovezio brodovima iz Alžira i nekih drugih mediteranskih zemalja.

Plinovod bi se gradio na trasi Omišalj — Rijeka — Karlovac — Zagreb — Maribor, a dalje za Austriju. Planiran je poseban odvojak preko Gole za Mađarsku, odnosno Češko — Slovačku. Ako se planovi ostvare to bi bila jedna od najkrupnijih energetske investicije ne samo za Republiku Hrvatsku, nego i za druge srednjoeuropske države.

Za izgradnju plinovoda planira se uložiti oko 900 milijuna USA dolara, a radovi bi trajali tri do četiri godine.

I. R.

UKINUT NUKLEARNI MORATORIJ

Prema izvješću Ministarstva energetike u Republici Hrvatskoj više ne vrijedi savezni zakon o zabrani gradnje novih nuklearnih objekata. Nedavno je u »Narodnim novinama« objavljeno više novih republičkih zakona iz oblasti energetike u kojima je uz ostalo objavljeno da često osporavani

nuklearni moratorij više ne vrijedi u Hrvatskoj. Tim je zakonima određeno i da Hrvatska elektroprivreda raskine ugovor o udruživanju u JUGEL, te da savezni zakoni o zaštiti ionizirajućih zračenja i o nuklearnoj sigurnosti do daljnega vrijede i u Hrvatskoj, iako ti zakoni nisu u skladu sa svjetskim iskustvima.

Takvi zakoni u Hrvatskoj su tek u izradi, te bi uz pomoć stručnjaka Međunarodne agencije za atomsku energiju do kraja 1993. godine trebali dobiti nove propise za to područje.

I. R.

RAZARANJE ENERGETSKIH OBJEKATA

U ratnim razaranjima koje provodi okupator, hrvatskom gospodarstvu se nanose velike materijalne štete. Prvi su udari usmjereni na vitalne dijelove republičkoga gospodarstva, prometnu i energetske infrastrukturu, a zatim je uslijedilo opće sustavno i smišljeno razaranje. Prema nekim procjenama stradala je gotovo trećina gospodarskog potencijala republike.

Na udaru su i energetske objekti, osobito proizvodna postrojenja i prijenosni sustavi Hrvatske elektroprivrede. Elektroprivredni sustav, iako u temeljima uzdrman nametnutim razaranjem, dosad je izkazao zavidnu otpornost i ispunio zadaću. To je ostvareno zahvaljujući ponajviše zalaganju i poštovnosti zaposlenih koji su popravili oštećenja i otklanjali kvarove na objektima. Ratnim razaranjem je najteže stradao sustav prijenosa električne energije. Izvan pogona su svi dalekovodi 400 i 220 kV, a prekinuto je i oko tridesetak dalekovoda 110 kV, što je polovica njihova ukupnog broja. Uz to su teško oštećene tri najveće transformatorske stanice 400, 220 kV — Tumbri (pokraj Zagreba; Ernestinovo u okolici Osijeka; i Konjsko (u zaleđu Splita). Teško su stradale i druge transformatorske stanice od 220 i 110 kV širom Hrvatske, osobito u Dalmaciji i zaleđu Dubrovnika.

Velike su štete nanijete i proizvodnim postrojenjima, termoelektranama u Osijeku i Sisku. Izvan pogona su hidroelektrane Dubrovnik a tri su hidroelektrane-Obrovac, Manojlovac i Krčić — izvan domašaja, na privremeno okupiranim područjima. Tu treba svakako pribrojiti i znatna oštećenja distributivnih mreža i postrojenja na kriznim područjima.

I. R.

SURADNJA NJEMAČKIH I KINESKIH PODUZEĆA

Njemačko poduzeće Bewag (Berlin) i kinesko Tianjin Electric Power Company (TEPCO) potpisali su ugovor o međusobnoj suradnji. Ugovor se za sada proteže na 5 godina. Predviđena je intenzivna izmjena iskustava i rad u području proizvodnje, razdiobe električne energije i topline, a osim toga i u području zaštite okoliša i upravljanja. Predviđeni su međusobni posjeti, seminari i nastavni programi. Razmjenjivat će se literatura i tehničke smjernice. TEPCO je poduzeće zaduženo za proizvodnju i radiobu električne energije, kao i toplifikaciju u širem području grada Tianjina koje ima oko 8 milijuna stanovnika. Poduzeće raspolaže sa 4 elektrane snage 2147 MW, a zapošljava 16 000 radnika.

Spomenuti je ugovor potpisan nakon posjeta kineske delegacije Berlinu 1990.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 13

Mrk.

RAZLIKE PORASTA PRIMARNE ENERGIJE U ZAPADNOM I ISTOČNOM DIJELU NJEMAČKE

Razvoj privrede u zapadnom i istočnom dijelu Njemačke je protusmjernan. To se pokazuje također pri usporedbi porasta potrošnje primarne energije. Podaci za prvi kvartal 1991. pokazuju, u usporedbi s istim razdobljem 1990, da je potrošnja primarne energije u bivšoj SR Njemačkoj porasla za 8 %, a na teritoriju bivše Njemačke DR pala za 26 %. U zapadnom dijelu, zbog oštrije zime, porasao je potrošak ložnog ulja za 11,5 %, i naftinih derivata za pogonsko gorivo. Naprotiv, upotreba kamenog ugljena pala je za 2 %. Nepromijenjena je ostala upotrebljiva količina koksa. Količina zemnog plina povećana je za 11,6 %, a povećan je i uvoz električne energije. U pripojenom istočnom dijelu pala je potrošnja sviju energenata. Naročito se snizila upotreba smeđeg ugljena, za 25 %, a električna energija iz nuklearnih elektrana pala je na nulu, jer su sve nuklearke iz sigurnosnih razloga iskopčane.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 13

Mrk.

FRANCUSKO-NJEMAČKA SURADNJA U PODRUČJU NUKLEARNOG OTPADA

Francuska organizacija CEA i njemačko ministarstvo za istraživanja i tehnologiju zaključile su u svibnju 1991. ugovor o međusobnoj suradnji u području postupaka za otklanjanje nuklearnih otpadaka. To se naročito odnosi na otpatke iz nuklearnih elektrana, na problem gašenja nuklearki i uskladištenju otpadaka. Osnova za zajednički istraživački i razvojni rad bit će njemačko-francusko izjašnjenje o zajedničkoj suradnji u području mirnodobskog korištenja nuklearne energije od 6. lipnja 1989.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 14

Mrk.

PRIVATIZIRAN JE ŠVEDSKI NUKLEARNI ISTRAŽIVAČKI CENTAR

Švedska je vlada zaključila da privatizira nuklearni istraživački centar Studsvik. Uбудuće će sve uređaje centra preuzeti švedska elektroprivreda. Sve će pak komercijalne aktivnosti Studsvika biti predane švedskoj industriji.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 15

Mrk.

ELEKTROAUTO GOLF

Tvornica Volkswagen proizvela je i prodala malu seriju od 40 elektroautomobila nazvanih Golf City Stromer. Premda je cijena subvencionirana, kola stoje 70 000 DEM. Proizvođač ima bogata iskustva u gradnji potpuno ili djelomično električki pokretanih automobila jer na tom problemu radi već od sedamdesetih godina.

Elektrogolf ima sljedeće karakteristike:

snaga elektromotora	18,5 kW
korisni teret	280 kg
težina baterija	480 kg.

Od stanja mirovanja u 13 sekundi dostiže brzinu od 50 km/h, a maksimalna mu je brzina 100 km/h. U gradskoj vožnji ima doseg od 56 km. Ovaj tip ima olovne baterije, no tvornica ispituje mogućnost primjene natrij-sumpornih baterija. Jedan od kupaca vozila, Hastra (elektroprivreda Hannover-Braunschweig) naglašava da se pri kupnji nije rukovodio ekonomskim razlozima, već željom da se ispita kako i u kojem se opsegu električna energija može koristiti za automobilski promet. Zbog ekoloških razloga poželjna je što veća primjena ovakvih vozila. Korištenjem električnog pogona Hastra želi dati primjer i ostalim vlasnicima automobila.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 16/17.

Mrk.

30 GODINA RADA NUKLEARNIH ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

U lipnju ove godine navršilo se 30 godina otkako je u Njemačkoj puštena u pogon prva nuklearna elektrana s uranom kao gorivom. Prva njemačka nuklearna elektrana sagrađena je u mjestu Kahl na Majni, snage 16,5 MW s lakovodnim reaktorom na kipuću vodu. Radila je do 1985, kada je ugašena. U tih 30 godina u nuklearnim je elektranama ukupno proizvedeno 1,6 bilijuna (10^{12}) kWh. Da je ta energija proizvedena u termoelektranama na ugljen u atmosferu bi bilo ispušteno 1,6 milijardi tona ugljičnog dioksida. U istom je razdoblju uloženo iz javnih sredstava 28 milijardi DEM u razvoj i istraživanja na polju nuklearne energije, uključujući nuklearnu fuziju i velike istraživačke centre.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 18

Mrk.

**U GRADNJI VELIKA VJETROELEKTRANA
U NJEMAČKOJ**

Kraj Wilhelmshavena, na sjeveru Njemačke, u gradnji je najveća vjetroelektrana u toj zemlji, a jedna od najvećih u svijetu. Imat će visinu 90 m s promjerom rotora od 80 m. Nazivna će joj snaga biti 3 MW, a procjenjuje se da će godišnje proizvoditi oko 7 milijuna kWh, koje će davati u javnu mrežu. Uređaj se gradi za elektroprivredno poduzeće Preussen-Elektra AG.

ETZ, god. 112 (1991), br. 13/14
Mrk.

**OSNOVANO EVROPSKO DRUŠTVO ZA GRADNJU
ELEKTRANA**

U španjolskom gradu Bilbao osnovano je društvo Independent Power Generators (IPG) čiji bi članovi gradili elektrane po cijelom svijetu. Članove čine pet velikih europskih elektrotvrtki, i to Iberdrola iz Španjolske, Compagnie Générale des Eaux, Electricité de France i Alsthom iz Francuske, a iz Velike Britanije East Midlands Electricity.

ETZ, god. 112 (1991), br. 13/14
Mrk.

PLINOFIKACIJA PORTUGALA

Portugalska je vlada zadužila internacionalni konzorcij vodećih energetske tvrtke da izrade strukturalne pretpostavke za opskrbu zemlje plinom. Uz vodstvo francuske tvrtke Gaz de France u konzorciju su tri portugalske i jedna njemačka tvrtka. Portugal ima 51 %, a stranci 49 % udjela. Konzorcij planira dobavu alžirskog plina koji će u tekućem stanju dopremiti tankeri u Portugal. U prvoj se fazi predviđa izgradnja triju centralnih uređaja. Prvo terminal za iskrcaj, uskladištenje i ponovno uplinjivanje tekućeg zemnog plina, zatim visokotlačni plinovod, duljine 400 km između zapadnih gradova Satubala i Braga, s pripadnim odvojcima, te kao treće podzemni visokotlačni spremnik. Ukupne se investicije ocjenjuju na oko 700 milijuna USD. Stručnjaci smatraju da bi godišnji potrošak plina u Portugalu, dugoročno gledano, mogao doseći 3,6 milijardi m³. Od toga bi se oko polovice potrošilo u elektranama, a trećina u industriji. U 2 000. godini udio zemnog plina u energetske bilanci zemlje bio bi 6 %.

Energie, god. 43 (1991), br. 9
Mrk.

ULAGANJE U ISTRAŽIVANJA

Da se procijeni intenzitet ulaganja neke zemlje u istraživanja i razvoj, ne treba znati samo godišnju svotu novaca, već je važno koji je to postotak od godišnjega nacionalnog dohotka. Gledajući na takav način, na prvome su mjestu Japanci, zatim Švicarska pa SAD. Međutim, velik postotak nacionalnog dohotka za istraživanja nije bezuvjetno i znak odgovarajućih rezultata. Ako pak postoje takvi rezultati, ne znači da će od privrede biti pretvoreni u nove proizvode i postupke. No Japan je i u tome ispred ostalih. Postotak ulaganja u istraživanja i razvoj u nekoliko najrazvijenih zemlja daje slijedeći pregled:

Zemlja	Ulaganje %
Japan	2,91
Švicarska	2,88
SAD	2,86
Švedska	2,84
Njemačka (bivša zapadna)	2,83
Francuska	2,29
Nizozemska	2,26
V. Britanija	2,20
Belgija	1,61
Danska	1,43
Austrija	1,32
Italija	1,23
Španjolska	0,67

Energie, god. 43 (1991), br. 9
Mrk.

**FRANCUZI GRADE VELIKU TERMoeLEKTRANU
U KINI**

Francuska tvrtka Alsthom i China National Machinery Import and Export (CMS) ugovorili su gradnju prve faze najveće termoelektrane u Aziji, obavještava agencija Xinhua. To je termoelektrana Dalate u unutrašnjoj Mongoliji. Trebala bi biti završena godine 1994/95, ukupne snage 5000 MW. U prvoj će fazi imati snagu od 660 MW, a građena će biti francuskim kreditima u visini 171 milijuna FRF.

ETZ, god. 112 (1991), br. 16
Mrk.

**ZAKOČENA GRADNJA VELIKE
HIDROELEKTRANE U KANADI**

U Kanadi su se složili starosjedioci, ekološka udruženja kao i Kanadani u inozemstvu da zapriječe gradnju velike hidroelektrane na rijeci Riviére de la Baleine, 1 200 km sjeverozapadno od Montreala, a istočno od Hudsonova zaljeva. Projekt nosi naziv Great Whale Project, a trebalo bi ga realizirati veliko kanadsko elektroprivredno poduzeće Hydro-Québec. Planirana elektrana imala bi snagu od 3 200 MW, a trebalo bi potopiti površinu od 4000 km². Zbog tih prosvjeda gradnja je za sada odgođena.

ETZ, god. 112 (1991), br. 18
Mrk.

ELEKTROAUTO U CESTOVNOM PROMETU

U Njemačkoj su na primjeru grada Kölna studirali ekološku korist uvođenja elektroautomobila u cestovni promet. Prema jednim procjenama do 2005. godine bit će do 38 % pređenih automobilske kilometara učinjeno elektrovozilom, a prema drugima čak 85 %. Zaključeno je da se uvođenjem takvih vozila bitno smanjuje emisija štetnih plinova (CO, CO₂, HC, NO i SO₂), no takva korist dolazi do izražaja tek onda ako izvori napajanja električnom energijom nemaju slične štetne emisije. Kako je, međutim, udio termoelektrane na klasična goriva velik, neće uvođenje elektrovozila imati ekološkog efekta. Pritom treba ipak primijetiti da se velik dio plinova iz automobila oslobađa u zatvorenim urbaniziranim sredinama, a termoelektrane izbacuju na otvoreno. Vrlo je važno također misliti na zagađenje rafineri-

ja. Ako bi elektroautomobili stvarno bili upotrijebljeni za 38 % pređenih kilometara uštedilo bi se dnevno 600 t benzina, što moraju preraditi rafinerije, a one su veliki potrošači električne energije. U protivnom postižu se velike elektroenergetske uštede. Treba stoga razmisliti koji je put korisniji. Kod elektrovozila otpada i opasni transport benzina i isparavanja na benzinskim crpkama. Navedene se prednosti elektroauta do sada redovno nisu isticale.

ETZ, god. 112 (1991), br. 18

Mrk.

PROIZVODNJA VISOKONAPONSKIH UREĐAJA U EZ

Prema studijama koje je provela posebna komisija pri EZ o industriji visokonaponskih električnih uređaja proizlazi da su najznačajnije zemlje proizvođači Njemačka, Francuska, Italija i Velika Britanija. U takvim proizvodnim poduzećima radi u Njemačkoj 12 000 radnika, Francuskoj 7 500, Italiji 3 500, a u Velikoj Britaniji 6 500. U Španjolskoj u toj su djelatnosti uglavnom inozemne internacionalne mješovite tvrtke. Tvrtke Belgije i Luxemburga imaju u toj proizvodnji dugu tradiciju, no zbog malog domaćeg tržišta upućene su na izvoz. Danski korisnici kupuju svoje uređaje ponajviše u Njemačkoj i Nizozemskoj. Vrlo su ovisni od uvoza Grčka, Portugal i Irska, koji većinom uvoze iz SAD. Svjetsko je tržište postiglo proizvodni volumen od 6 milijardi ECU. U svjetskoj proizvodnji 31 % otpada na zemlje EZ, 29 % na SAD, 27 % na Japan, a 13 % na ostatak svijeta. Posljednjih 10 godina ostaju postoci koji se odnose na EZ konstantni. Oni SAD lagano padaju, a Japana rastu.

ETZ, god. 112 (1991), br. 18

Mrk.

TOPLINSKA PUMPA U HIDROELEKTRANI

U hidroelektrani Villach (Austrija) ugrađena je 1983. toplinska pumpa kojom se iskorištava toplina iz rashladnog uređaja generatora. Time se opskrbljuje energijom centralno grijanje i toplom vodom pogon i radionice. Dosadašnji je pogon potvrdio opravdanost investicije koja se do sada gotovo amortizirala. Hidroelektrana je na Dravi, a ima dva agregata s Kaplanovim turbinama snage po 12 MW.

ÖZE, god. 44 (1991), br. 9

Mrk.

AUSTRIJA GRADI SVE VEĆE SOLARNE ELEKTRANE

Austrijsko elektroprivredno poduzeće OKA planira izgradnju najveće austrijske solarne elektrane snage 40 kW. Elektrana će biti smještena na zapadnoj auto-cesti u općini Seewalchen. Zauzet će otprilike 400 m², s ugrađenih 800 solarnih modula (monokristalnih), u duljini od 264 m. Predviđa se da će godišnje proizvesti oko 40 000 kWh. Stavljanje u pogon moglo bi uslijediti potkraj 1991. godine. Investirano će biti 7,7 milijuna ATS. Proizvedeni kWh stajat će oko 30 ATS. Treba istaknuti da je OKA instaliralo nekoliko solarnih elektrana na ugostiteljskim objektima i do sada najveću solarnu elektranu u Austriji na brdu Losser (vidi: Energija god. 40 (1991), br. 6

ÖZE, god. 44 (1991), br. 9

Mrk.

POVIJESTNI RAZVOJ TROFAZNOG SISTEMA

Prigodom stogodišnjice prvog trofaznog prijenosa (1881 – 1991)* zanimljivo je osvrnuti se na povijestni put razvoja koji je vodio do toga važnoga elektrotehničkog ostvarenja. Mnogo je bilo istraživača koji su dali svoj prilog teoriji i primjeni polifaznih struja, no javnost je često bila podijeljena u pogledu ocjene veličine zasluga nekog istraživača. Naročito je bila sklona da preuveliča doprinos pripadnika svog navoda, a prešućuje strani. Stoga je Savez njemačkih elektrotehničara 1957. osnovao odbor koji se na znanstvenim temeljima pozabavio poviješću trofaznog sistema. Rezultat rada tog odbora, donio je u tabličnom obliku ugledni njemački elektrotehnički časopis ETZ (god. 112. 1991. br. 16). U tablici su kronološki svrstani važni događaji u vezi s razvojem trofaznog sistema uz naznaku dotičnog istraživača odnosno pronalazača.

Datum	Pronalazač	Tehničko dostignuće
1882.	N. Tesla	Prva koncepcija višefaznog prijenosa snage bez komutatora.
1884.	N. Tesla	Prikaz modela dvofaznog sinkronog generatora i sinkronog motora istog tipa, sa 4 vezna voda, u Strassburgu.
1885.	G. Ferraris	Pokusi s modelom dvofaznog indukcionog motora.
8. 5. 1987.	C. Bradley	Prijava patenta Nr. 390. 4 39 (USA); dvofazni sinkroni stroj, generator i motor sa i bez samouzbude, 4 dovoda.
7.1987.	F. A. Haselwander	Prva koncepcija trofaznog sinkronog generatora i motora, povjerljivi izvještaj dr. Mayu i H. Voigu.
12. 10. 1887.	F. A. Haselwander	Javno stavljanje u pogon trofaznog sinkronog generatora sa samouzbuđom.
12. 10. 1887.	N. Tesla	Prijava patenta Nr. 382.280 (USA); dvofazni sinkroni generator i motor, dvofazni indukcionni motor s kratkospojenim faznim namotom, 4 dovoda.
11. 1888.	F. A. Haselwander	Pokusno prikazivanje trofaznog prijenosa snage sa dva sinkrona stroja.
18. 3. 1888.	G. Ferraris	Predavanje o pokusima iz 1885. godine.
23. 4. 1888.	N. Tesla	Prijava patenta Nr. 390.414 (USA) Dynamo-electric machine: Uzimanje električne struje iz prikladnih točaka istosmjerne kotve, dvofazna izvedba sa 4 voda i trofazna izvedba sa 3 voda.
4. 1888.	F. A. Haselwander	Prijedlog nacрта H. Upperborna za prijavu patenta.
1. 5. 1888.	N. Tesla	Najava DRP 47 885: Veza namota generatora s istim kod motora (USA Patent 382 280).
16. 5. 1888.	N. Tesla	Predavanje s pokusima u vezi s prijavom patenta od 12. 10. 1887.
21. 7. 1888.	f. A. Haselwander	Podnošenje prve prijave patenta H 8144. II 21.
12. 8. 1888.	Shallenberger	Prijava patenta Nr. 412.932 (USA); ulančeni dvofazni sistem.
26. 8. 1888.	C. Zipernowski M. Déri	Prijava patenta Nr. 53.416: Poredak razdiobe n – fazne izmjenične struje.
10. 1888.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Početak gradnje prvog trofaznog indukcionog motora s krletkastim rotorom.
5. 10. 1888.	C. Bradley	Prijava patenta Nr. 404 465 (USA): dvofazni indukcionni motor s krletkastim satorom.

* Vidi: Energija, god. 40 (1991), br. 3: 100 godina trofaznog visokonaponskog prijenosa električne energije

Datum	Pronalazač	Tehničko dostignuće
20.10. 1888.	C. Bradley	Prijava patenta Nr. 409 450 (USA): Trofazni generator i motor, sinkroni i asinkroni.
2. 1888.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Pokusni trofazni motor radi bez-priekorno.
8. 3. 1889.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Prijava DRP 51083: rotor za motore izmjenične struje.
9. 4. 1889.	J. Wenström	Britanska prijava patenta Nr. 5423: trofazni sistem u svim dijelovima.
29. 8. 1889.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Prijava DRP 56359: poredak jezgara i vezni jaram trofaznih transformatora.
5. 12. 1889.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Prijava patenta u Britaniji Nr. 19554: spoj u zvijezdi i trokutu trofaznih namota generatora i motora.
8. 1890.	C. E. L. Brown	Gradnja trofaznog motora 2 PS s otvorenim utorima.
24. 1. 1891.	C. E. L. Brown	Visokonaponski pokusi u tvornici Oerlikon radi dokaza mogućnosti prijenosa električne energije izoliranim nadzemnim vodovima, pri naponu od 20 kV do 30 kV.
28. 8. 1891.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Trofazni prijenos električne energije Lauffen-Fran-Frankfurt; stavljanje u pogon trofaznog generatora i motora s kliznim kolima 100 PS.
4. 10. 1891.	M. V. Dolivo-Dobrowolski	Prijava DRP 79608: Višefazni transformatori s rasporedom jezgara u jednoj ravni.
1891.	N. Tesla	Nastavak razvojnih radova iz 1890. na višefaznim motorima u Westinghousu.
1892.	N. Tesla	Dobri rezultati novog pokusnog motora.

Predsjednik prije spomenutog znanstvenog odbora dr. F. Hillebrand dao je i plastični pregled istraživača i njihovih postupaka.

G. Ferraris imao je rješenje, barem u načelu, ali je pomaknuo objavljivanje za dragocjene tri godine i zbog pogrešnog mišljenja nije spoznao njegovu važnost.

C. Bradley bio je dobro upoznat s materijom, razvijao je rješenje korak po korak u tehnički upotrebljivom obliku, ali samo u patentnim spisima. O realizaciji nije razmišljao.

F. A. Haselwander došao je gotovo slučajno do pravog rješenja, a zbog tehničke nadarenosti odmah ga je shvatio. Primijenio ga je u začuđujuće kratkom vremenu u skromnim iznimnim prilikama, u malom mjerilu, na pravi način. No nije imao dara i gospodarske potpore da se njegove ideje probiju.

N. Teslá izborio je rješenje u neumornom umnom radu i sanjao o fantastičnim izgledina, ali nije imao sposobnosti da brzo nađe uporabiv oblik ili suradnika kojega bi oduševio svojim idejama.

J. Wenström jasno je poznao problem, našao je bespriekorno promišljeno rješenje za cijelo područje, ali se sa svojim rješenjem javio godinu ili dvije prekasno.

M. V. Dolivo-Dobrowolski poznao je dobro situaciju na području dobave električne energije, vladao je materijom suvremeno, a naučen je svladavati poteškoće pri razvoju električnih strojeva. Hrabrost je vezao sa snagom odluke, a imao je sreću da surađuje s dalekovidnim privrednikom.

C. Brown dao je značajan doprinos ostvarenju velikog pokusa prijenosa električne energije. On je svladao za taj pokus visokonaponske i prijenosne probleme.

Mrk.

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II	BRODOMATERIJAL	20
KONČAR	omotna str. III	ELKA	38
TEP	omotna str. IV	PINIJA COMMERCE	44
MONTING — ENERGETIKA	2	IMPREGNACIJA	61
ELEKTROMATERIJAL	6	ELEKTROPROMET	62

»IMPREGNACIJA-TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

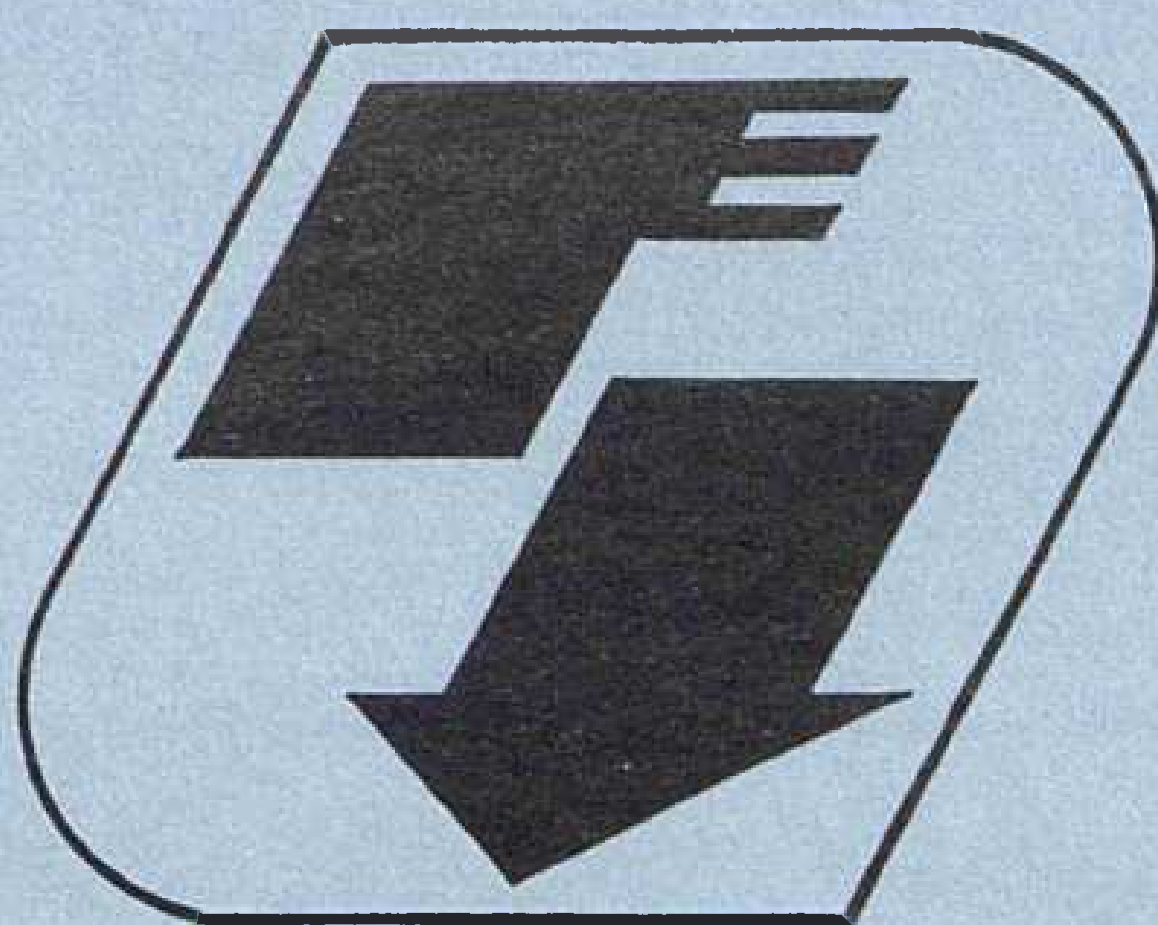
DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosijeke,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.



ELEKTROPROMET

ZAGREB

PODUZEĆE ZA UNUTARNJU I VANJSKU TRGOVINU
S P.O. ZAGREB, ILICA 10

Unutarnja trgovina

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 — 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Inženjering

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 — 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Vanjska trgovina

Zagreb, Ilica 10.
Telex 21311 YU ELPROM
Fax. 041/423-714
Tel. 041/433-653

Dugogodišnje iskustvo u energetici, elektroprivredi, opremanju objekata, izvozu i uvozu, zastupanju, maloprodaji elektrotehničkih aparata, kućanske tehnike i elektronike.

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Godište 41 (1992)

Zagreb 1992

Br. 2

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i
informatike

IZDAVAČKI SAVJET — THE PUBLISHING COUNCIL

Đuro *Stanković*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Slavica *Barta*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za razvoj i inženjering, Zagreb — Bruno *Šaina*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje Opatija — Marijan *Kovač*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, PP Primorskog sliva, Tribalj — mr. Damir *Subašić*, dipl. inž., Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, Zagreb — mr. Zdravko *Mužek*, dipl. inž., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR — EDITORIAL BOARD

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

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

Redakcija završena 1992 — 03 — 12

SADRŽAJ

<i>Markovčić B.</i> : 55 godina od prvog začetka Hrvatske elektroprivrede (Stručni članak)	65
<i>Žutobradić S.</i> — <i>Schenner D.</i> : O dugoročnom razvoju distribucijske djelatnosti u Hrvatskoj (Prethodno priopćenje)	67
<i>Vuković V.</i> : Budućnost nuklearne energetike u nas (Pregledni članak)	77
<i>Subašić D.</i> : Temelji strategije određivanja lokacije odlagališta radioaktivnog otpada (Prethodno priopćenje)	83
<i>Potočnik V.</i> : Projekt RECRO (Stručni članak)	89
<i>Valenčić M.</i> : Karakteristike konzuma pri promjenama stanja elektroenergetskog sistema (Pregledni članak)	95
Vijesti iz elektroprivrede	105
Iz strane stručne literature	109
Oglasi	115

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretnac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 2400 HRD, a za poduzeća i ustanove 6000 HRD (za studente 2000 HRD). Cijena pojedinog broja u prodaji 500 HRD.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišei — Print: TIZ »Zrinski«, Čakovec

55 GODINA OD PRVOG ZAČETKA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Boris Markovčić, Zagreb

UDK 621.31 (497.13)

STRUČNI ČLANAK

Između dvaju ratova Hrvatska je bila elektrificirana malim i skupim elektranama za uske mjesne potrebe bez plana i pogleda u širinu. Tek osnutkom Banovinskog električnog poduzeća prije 55 godina počinje široka elektrifikacija, što je začetak Hrvatske elektroprivrede.

Ključne riječi: Banovinska električna poduzeća, Hrvatska elektroprivreda, elektrifikacija Hrvatske.

Nakon prvoga svjetskog rata, u novoj državi Kraljevini SHS, uz razvoj industrije gradile su se i industrijske elektrane, a manje javne elektrane koje bi služile općoj elektrifikaciji.

O planskoj se elektrifikaciji zemlje počelo raspravljati već 1920. u Ministarstvu saobraćaja u Beogradu, u vezi s elektrifikacijom željeznica, ali učinjeno nije ništa. Između dva rata sastavljen je niz nacрта zakona o elektrifikaciji, no takav zakon nije nikada donesen. Unatoč općoj zaostalosti, elektrifikacija se nije mogla mimoći. Zaostajanje za ostalim europskim zemljama i na tom polju bilo je sve veće. Pojedina mjesta, pa i naprednija sela gradila su svoje elektrane uz velike investicije i redovno skup pogon, cijena električne energije bila je stoga visoka i teško dostupna širokim slojevima pučanstva, naročito siromašnim seljacima. Gradile su se samo male elektrane za uske mjesne potrebe bez plana i pogleda u širinu. O tadašnjem stanju elektroenergetskih izvora najbolje govore statistički podaci iz 1937. Tada je na teritoriju današnje Republike Hrvatske, osim dijelova koji su bili pod Italijom, evidentirano ukupno 158 elektrana većih od 10 kW. Ukupna njihova instalirana snaga bila je oko 170 MW. Od ukupnog broja 44% imalo je instaliranu snagu 10 kW do 100 kW, 40% od 100 kW do 50 kW. Dakle samo 16% bilo je veće od 500 kW.

Inicijative da se ipak nešto poduzme dolazile su jedino od nekih većih elektrana. Bilo bi logično da je s obzirom na razmjerno velike hidroelektrane široka elektrifikacija najprije krenula u Dalmaciji. To se, nažalost nije dogodilo. Jedino je Šibenik na osnovi hidroenergije rano elektrificiran. Sva ostala proizvedena električna energija utrošena je u industriji. Tek 1924. priključen je Omiš, a 1927. Split na hidroelektranu Kraljevac.

U sjevernom dijelu Hrvatske jezgra za širu elektrifikaciju stvorena je oko hidroelektrane Ozalj kraj Karlovca i Zeleni vir u Gorskom kotaru. No svakako je najznačajnija jezgra bila tada najveća termoelektrana u Hrvatskoj — Zagrebačka električna centrala. Bilo je više pokušaja da ona proširi svoje opskrbno

područje, no realizacija te zamisli tekla je vrlo sporo. Potkraj dvadesetih godina upravo je iz Zagreba potekao prijedlog o povezivanju tada većih elektrana Slovenije, zapadne Hrvatske, Slavonije i sjeverne Bosne kao osnova za širu elektrifikaciju, što nije realizirano, ali su se tih godina počeli ipak stvarati neki skromni počeci povezivanja. Tako je 1928. područje Varaždina i Ivanca priključeno na mrežu hidroelektrane Fala u Sloveniji, završena je 30 kV visokonaponska veza između Zagreba i Karlovca i time stvoren prvi, iako mali elektroenergetski sustav u Hrvatskoj.

Usprkos svim inicijativama i naporima široka se elektrifikacija u Hrvatskoj teško ostvarivala. U desetogodišnjem razdoblju od 1928. do 1938. prosječni je godišnji prirast potrošnje električne energije iznosio samo 4,1%, i to u doba kada je u svijetu vladao zakon o podvostručenju potrošnje u 10 godina.

Uoči rata tek je 6% naselja u Hrvatskoj bilo elektrificirano, a godišnji potrošak električne energije bio je oko 50 kWh po stanovniku.

Male i skupe elektrane, s jedne strane, a državni nameti na električnu energiju i elektromaterijal s druge bitno su kočili elektrifikaciju. Uz to se još početkom tridesetih pridružio odjek svjetske ekonomske krize, pa je potrošnja počela ponegdje čak opadati. Daljnja velika zapreka intenzivnoj elektrifikaciji bio je nedostatak kapitala u zemlji. Ako je on i postojao, financijeri su nerado ulagali u elektroprivredne investicije. Niska potrošnja električne energije, zbog nerazvijene industrije i rijetkog potrošačkog područja, bez većeg broja gradova a sa siromašnim seljačkim stanovništvom, nije dala uloženom kapitalu dovoljno izgledala za rentabilnost posla. Elektrifikacija sela činila se naročito nepogodnom, a njezina svrsishodnost bila je među elektroprivrednicima stalna tema. Zakon o elektrifikaciji nije postojao, pa je i tu kapital vidio stanovitu pravnu nesigurnost.

Široka elektrifikacija u Hrvatskoj dobila je jači poticaj tek osnivanjem Banovinskog električnog poduzeća (BEP) 1937. Poduzeće je najprije imalo svoj dje-

lokrug rada na području bivše Savske banovine, a osnutkom Banovine Hrvatske na cijelom njezinu području. Namjera pri osnivanju BEP-a bila je da Banovina sama preuzme proizvodnju, prijenos i veću razdiobu električne energije na svom području u svrhu javne opskrbe. Na taj bi se način elektrifikacija povjerila onom činitelju koji može najbolje ocijeniti pojedine momente odlučne za plansko električno gospodarstvo. Dotle nije postojao ni jedan faktor koji bi provodio, odnosno mogao provoditi plansku elektrifikaciju većih razmjera. Kao što je već rečeno, pojedina su pitanja električnog gospodarstva rješavana parcijalno za više ili manje usko područje koje je gravitiralo postojećoj gradskoj ili općinskoj elektrani.

Osnivanje javnog poduzeća BEP prije 55 godina, sa zadatkom planske elektrifikacije Hrvatske, ujedno je i začetak Hrvatske elektroprivrede.

Na traženje Savske banovine Ministarstvo trgovine i industrije Kraljevine Jugoslavije izdalo je 27. srpnja 1937. prethodnu dozvolu da ona može, kako je u aktu doslovce rečeno, »obavljati industrijsku radnju za proizvodnju i prodaju električne energije i sprovoditi istu pomoću elektrovođa«. Zatim je rješenjem bana Savske banovine od 11. rujna 1937. izdan Pravilnik o upravi Banovinskog električnog poduzeća Savska banovina, koji je potvrdilo Ministarstvo unutarnjih poslova 21. listopada 1937. Pravilnik je izašao u »Narodnim novinama« 28. listopada 1937. Na temelju tog Pravilnika, a radi izvršenja prava danih navedenom dozvolom, osnovana je trgovačka tvrtka Banovinsko električno poduzeće sa sjedištem u Zagrebu. Nadalje su banskim rješenjem od 15. prosinca 1937. imenovana tri člana upravnog odbora poduzeća: dr. Ognjen Aramicki, načelnik u banskoj upravi, te profesori zagrebačkog Tehničkog fakulteta inženjeri Miroslav Plohl i Jure Horvat. Nakon proširenja upravnog odbora prof. Plohl postao je predsjednik, a prof. Horvat opunomoćenik odbora.

BEP je osnovan s početnim iznosom od 600 000 dinara koji je iz svog proračuna dala Savska banovina. Takav je način financiranja nastavljen i u 1938, dok je u 1939. i 1940. banovinsko financiranje bilo samo djelomično jer su dignuti dugoročni zajmovi.

Za izvršenje preuzete zadaće — elektrifikacije zemlje — započeo je BEP s radom u dva smjera. S jedne strane izgradnjom elektroenergetskih izvora, a s druge otvaranjem konzumnih područja elektrifikacijom seoskih općina. Kad je BEP počeo svojim djelovanjem, postojali su u zemlji već neki akutni elektrifikacioni problemi kojih se rješavanje nije moglo odgoditi. Nije stoga bilo vremena za proučavanje općeg elektrifikacionog plana.

U sklopu nastojanja da se stvori neki jači izvor električne energije najprije se u BEP-u proučavala mo-

gućnost iskorištenja voda Like i Gacke. Godine 1937. provedena su ispitivanja koja su pokazala da postoje veliki problemi i nepoznanice u pogledu realizacije tog projekta. Godine 1938. ovaj je projekt napušten, a prihvaćeno je tehnički jednostavnije i lakše ostvarivo rješenje izgradnje elektrane Vinodol na vodama Ličanke i Lokvarske. Odmah se počelo i s projektiranjem, a radovi su započeli uoči rata i definitivno zaustavljeni 1943.

Prvi terenski radovi na elektrifikaciji sela počeli su u Moslavini 1938. Postepeno su elektrifikacijski radovi BEP-a obuhvatili i druga područja, i to Hrvatsko primorje, Međimurje, Hrvatsko zagorje, područje oko Karlovca, pa okolicu Osijeka i srednju Dalmaciju. Elektroprivredni su stručnjaci bili uoči rata mnogo diskutirali i kritizirali planove BEP-a i njegovo financijsko poslovanje. Planovi su ocijenjeni kao nerealni, a poslovi nerentabilni. Međutim, unatoč tome što je u tim kritikama bilo i istine, djelovanje BEP-a bilo je za elektrifikaciju Hrvatske vrlo pozitivno. S jedne strane stvorena je jedinstvena elektroprivredna organizacija kao osnova za daljnju široku i plansku elektrifikaciju koja se prolazeći različite organizacijske oblike razvila u današnju Hrvatsku elektroprivredu. S druge pak strane BEP je bio škola mladih elektroprivrednih kadrova koji su u poslijeratnom razdoblju mogli prionuti radu na obnovi i širokoj elektrifikaciji Hrvatske, odnosno kao nastavnici podizati mlade stručnjake.

55 th ANNIVERSARY OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY

Between the world wars electricity in Croatia was supplied by small and expensive power plants designed for local needs, without any plans and future options. Only after the establishment of the Land Electric-Power Supply Company, 55 years ago, wide electrification began and that was also the beginning of the Croatian Electric-Power Supply Company.

55 JAHRE SEIT DEM BEGINN DER KROATISCHEN ELEKTROWIRTSCHAFT

Zwischen den zwei Kriegen war Kroatien durch kleine und teure Kraftwerke für lokale Bedürfnisse ohne Plan und ohne einen Blick in die Zukunft elektrifiziert. Erst mit der Gründung des banalen Elektrowerkes vor 55 Jahren, beginnt die breitere Elektrifizierung, was den Beginn der kroatischen Elektrowirtschaft bedeutet.

Naslov pisca:

Boris Markovčić, dipl. inž.
41000 Zagreb, Vojnovićeva 26,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis
1992-01-20.

O DUGOROČNOM RAZVOJU DISTRIBUCIJSKE DJELATNOSTI U HRVATSKOJ

Dr. Srđan Žutobradić — mr. Rihard Schenner, Zagreb

UDK 621.316.1:621.315
PRETHODNO SAOPĆENJE

U članku su prikazani rezultati dosadašnjih analiza distribucijske mreže u Hrvatskoj. Izložen je potreban opseg izgradnje i rekonstrukcije mreže radi sanacije postojećeg stanja, te razvoja koji je uvjetovan porastom potrošnje električne energije. Također su dana financijska ulaganja za potrebna ostvarenja sanacije i razvoja mreže.

Ključne riječi: distribucija električne energije, dugoročni razvoj.

1. UVOD

U dosadašnjim radovima Instituta za elektroprivredu [1], [2], [3] utvrđena je potreba za veoma visokim ulaganjima za sanaciju i razvoj distribucijskih mreža u Hrvatskoj. S obzirom na visinu potrebnih financijskih sredstava, u posebnoj studiji [4] obrađeni su problemi sanacije i razvoja distribucijskih mreža, uz uvažavanje prioriteta za pojedine vrste ulaganja.

Analize su učinjene za dva osnovna stanja:

- a) postojeće stanje izgrađenosti mreže u odnosu prema dosegnutim energetske tokovima,
- b) potrebno stanje rasta mreže u skladu s rastom potrošnje električne energije.

Rezultati se, prema tome, iskazuju u dvije kategorije, i to:

Sanacija je definirana kao opseg izgradnje nužan da bi se mreža dovela u uredno stanje izgrađenosti s obzirom na:

- pouzdanost napajanja
- naponske prilike
- tehničku ispravnost.

Razvoj je definiran kao nužan opseg izgradnje mreže kojim se osigurava uredan plasman predviđenih količina energije u budućnosti. Analiza razvoja u ovom članku odnosi se na razdoblje od 1991. do 2005. godine.

U sanaciji postojećeg stanja mreže treba razlikovati:

Revitalizaciju, kojom se obuhvaćaju svi radovi na zamjeni i rekonstrukciji postojeće mreže i postrojenja, i to oni koji ne povećavaju bitno propusni kapacitet mreže, a uvjetovani su dotrajalošću ili tehnički nepropisnim stanjem.

Novu izgradnju, koja obuhvaća sve radove kojima se povećava propusni kapacitet mreže.

Navedeni pristup je nužan jer je postojeće stanje distribucijske mreže vrlo loše, pa je zato najprije potrebno izvršiti **analizu izgrađenosti** postojeće mreže,

te potrebni opseg sanacije, a tek onda pristupiti razvoju koji je uvjetovan porastom konzuma.

U članku nisu obrađene štete nastale zbog ratnih razaranja tijekom 1991, jer one u trenutku pisanja članka nisu bile poznate.

2. DEFINIRANJE KRITERIJA DOBRE IZGRAĐENOSTI DISTRIBUCIJSKIH MREŽA

Preduvjet za određivanje potrebnog opsega sanacije i razvoja distribucijske mreže jest definiranje kriterija dobre izgrađenosti mreže, i to za transformaciju i vodove.

Ti kriteriji su definirani već u [1], a ovdje će se ukratko ponoviti.

Izgrađenost odnosno iskoristivost grupe elemenata distribucijske mreže određena je izrazom

$$f_i = \frac{\sum P_{vi}}{\sum P_{inst}} \quad (1)$$

gdje je P_{vi} — vršna opterećenja elemenata mreže;
 P_{inst} — instalirane snage (odnosno prenosne moći) elemenata mreže.

U dobro izgrađenoj distribucijskoj mreži suma vršnih opterećenja elemenata mreže ograničena je s obzirom na:

- maksimalno dopuštena opterećenja elemenata mreže;
- mogućnost prilagođavanja instaliranih snaga elemenata mreže vršnom opterećenju.

Maksimalna dopuštena opterećenja ovise o:

- nazivnoj snazi odnosno prijenosnoj moći elemenata mreže
- potrebnoj rezervi za osiguranje pouzdanosti
- maksimalnom dopuštenom padu napona.

Instalirane snage elemenata mreže ne mogu se potpuno prilagoditi vršnom opterećenju zbog ovih razloga:

- tipizacije elemenata mreže
- porasta konzuma, zbog čega se električna mreža mora graditi za određeno razdoblje unaprijed, odnosno za veća opterećenja od postojećih
- konceptijskim rješenjima, odnosno činjenicom da je često gradnja transformatorskih stanica uvjetovana naponskim prilikama na priključenim vodovima, a ne opterećenjem.

Elementi distribucijske mreže mogu se podijeliti na transformatorske stanice i vodove, pa se može govoriti o iskoristivosti odnosno izgrađenosti **transformacije i vodova**.

Iskoristivost transformacije

Suma vršnih opterećenja grupe transformatora može se definirati izrazom:

$$\Sigma P_{vi} = f_o \cdot (1 - f_r) \cdot \Sigma P_{inst}, \quad (2)$$

gdje je f_r — faktor rezerve;

f_o — faktor kojim se obuhvaća utjecaj tipizacije, nazivna snaga i porast konzuma.

Iz prethodne formule definira se sljedeći izraz za faktor iskoristivosti transformacije:

$$f_i = f_o \cdot (1 - f_r). \quad (3)$$

Za **dobro izgrađenu transformaciju** utvrđuju se sljedeći faktori:

Transformacija X/10(20) kV

- Između TS X/10(20) kV postoji povezana mreža 10(20) kV
 - 2 transformatora: $f_o = 0,75$ $f_r = 0,25$ $f_i = 0,525$
 - 3 transformatora: $f_o = 0,70$ $f_r = 0,17$ $f_i = 0,581$.
- Samostalni pogon transformatorske stanice X/10(20) kV (bez povezne mreže)
 - 2 transformatora: $f_o = 0,7$ $f_r = 0,5$ $f_i = 0,35$
 - 3 transformatora: $f_o = 0,7$ $f_r = 0,33$ $f_i = 0,469$.

Transformacija 10(20)/0,4 kV

- kolektivna izgradnja: $f_o = 0,65$ $f_r = 0,1$ $f_i = 0,585$
- individualna izgradnja: $f_o = 0,75$ $f_r = 0,1$ $f_i = 0,675$
- seoska područja: $f_o = 0,55$ $f_r = 0,1$ $f_i = 0,495$.

Za transformaciju X/10(20) kV osigurava se faktorom rezerve napajanje u slučaju ispada jednog transformatora iz pogona, i to ili prekapčanjem u 10(20) kV mreži ili osiguranjem rezerve u ostalim transformatorima. Kod transformacije 10(20)/0,4 kV ne osigurava se napajanje u slučaju ispada transformatora iz pogona.

Faktor f_o određen je analizom na modelu. Analize realnih područja (Split) dale su slučajne veličine, čime je verificiran model.

Prema rezultatima analiza [1], [2], najveći problem distribucijskih mreža su padovi napona u niskonaponskim vodovima. Odnos troškova niskonaponskih vodova i transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV je takav da se sanacija tog stanja isplati uz znatno povećanje broja transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV, što **smanjuje iskoristivost transformacije**. U budućem razvoju situacija se nešto popravlja, ali ne znatno.

Kod transformacije X/10(20) kV treba upozoriti na uvođenje stanica s direktnom transformacijom (110/10(20) kV). One, barem u prvoj fazi eksploatacije, znatno smanjuju iskoristivost transformacije, pa je tada vrlo teško definirati potrebu za novim pojnim točkama samo pomoću tog pokazatelja.

Iskoristivost vodova

Mreža 110 i 35 kV mora biti tako izvedena da se osigura pogon transformatorskih stanica X/10(20) kV u slučaju ispada jednog voda iz pogona (tzv. pravilo $n - 1$). U mrežama 10(20) kV i 0,4 kV redovito se osigurava dvostrano napajanje u urbanim sredinama, a u pokrajinskim mrežama dvostrano napajanje osigurava se samo po potrebi.

U svim mrežama treba osigurati da padovi napona ostanu u dopuštenim granicama, a to su sljedeće vrijednosti:

- vodovi 35 kV: $\Delta u = 8\%$
- vodovi 10(20) kV: $\Delta u = 8\%$
- vodovi 0,4 kV: $\Delta u = 6\%$.

Za vodove 0,4 kV maksimalni pad napona preuzet je iz dosadašnjih tehničkih propisa, dok je za vodove 10 kV i 35 kV veličina od 8% usvojena u proračunima u Institutu za elektroprivredu. U toku je razmatranje mogućnosti da se dopušteni pad napona na niskonaponskim vodovima poveća na 10%.

Budući da je kod vodova ograničavajući faktor pad napona, adekvatan izraz za instaliranu snagu je maksimalno dopušten moment opterećenja definiran dopuštenim padom napona za razne slučajeve pogona.

Rezerva, ako je potrebna, određena je većim dopuštenim padom napona. To znači da je u svim slučajevima $f_r = 0$.

Faktor f_o računao se i za 10(20) kV i 0,4 kV mrežu kao $f_o = 0,6$.

To znači da pad napona na **ekvivalentnom** odnosno **prosječnom** izvodu 10(20) kV i 0,4 kV ne smije biti veći od:

- vodovi 10,20,35 kV: $\Delta u \leq 0,6 \cdot 8 = 4,8\%$
- vodovi 0,4 kV: $\Delta u \leq 0,6 \cdot 6 = 3,6\%$.

3. KRITERIJI ZA ODREĐIVANJE PRIORITETA PRI SANACIJI I RAZVOJU DISTRIBUCIJSKIH MREŽA

Kao što je već rečeno u uvodu, u dosadašnjim radovima Instituta određen je potrebni opseg izgradnje distribucijske mreže, uvjetovan sanacijom i razvojem. Budući da se radi o veoma velikim financijskim ulaganjima, nužno je uspostaviti kriterije za određivanje prioriteta u sanaciji i razvoju distribucijskih mreža. Na temelju dosadašnjih iskustvenih spoznaja definirane su tri kategorije prioriteta:

- visoki prioritet,
- srednji prioritet,
- niski prioritet.

Prema tome, ovisno o raspoloživim financijskim sredstvima mogu se izraditi tri varijante planova razvoja:

- planovi koji obuhvaćaju objekte i vodove prioriteta I — »minimalni planovi«,
- planovi koji obuhvaćaju objekte i vodove prioriteta I + II — »srednji planovi«,
- planovi koji obuhvaćaju objekte i vodove prioriteta I + II + III — »maksimalni planovi«.

Varijanta (a) pretpostavlja najmanja ulaganja, odnosno izgradnju objekata i vodova visokog prioriteta.

Varijanta (b) pretpostavlja izgradnju objekata i vodova visokog i srednjeg prioriteta, što znači da zahtijeva veća ulaganja nego varijanta (a).

Varijanta (c) pretpostavlja izgradnju **svih potrebnih** objekata i vodova za sanaciju i razvoj distribucijske mreže. Dakako, ta varijanta zahtijeva maksimalna financijska ulaganja.

Gledano sa stajališta tehničkih potreba, trebalo bi nastojati da se osiguraju sredstva za realizaciju »maksimalnih planova«. Ako nije moguće osigurati potrebna sredstva za provedbu »maksimalnih planova«, tada treba realizirati »srednje« ili barem »minimalne planove«. No pri tom treba uzeti u obzir činjenicu da se realizacijom tih planova mreža neće do kraja dovesti u tehnički uredno stanje.

Na temelju analiza postojećeg stanja distribucijske mreže u [4] je usvojena sljedeća kategorizacija distribucijskih objekata i vodova koje će trebati izgraditi/rekonstruirati zbog sanacije i razvoja distribucijske mreže (prema prioritetima I – III).

3.1. Objekti i vodovi visokog prioriteta (I)

U ovu kategoriju ubrajaju se ponajprije rekonstrukcije objekata i vodova kojima se vrši njihova revitalizacija. Time se oni dovode u tehnički ispravno stanje, kojim se omogućuje njihovo normalno funkcioniranje. Osim toga, u prvi prioritet ulazi i izgradnja novih TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV koje su uvjetovane porastom konzuma.

Prema tome, pod visoki prioritet (I) ubraja se:

- revitalizacija sredjonaponskih postrojenja u TS 110/X kV (prema sadašnjoj praksi transformatori 110/X i postrojenje 110 kV su u nadležnosti prijenosne djelatnosti),
- revitalizacija TS 35/10 kV (tamo gdje se zadržava napon 35 kV),
- rekonstrukcija TS 35/10 kV zbog povećanja propusne moći ili zbog uvođenja transformacije 35/20 kV (tamo gdje se zadržava napon 35 kV),
- revitalizacija vodova 35 kV (tamo gdje se zadržava napon 35 kV),
- revitalizacija vodova 10(20) kV,
- revitalizacija TS 10(20)/0.4 kV,
- rekonstrukcija TS 10/0.4 kV u TS 20/0.4 kV,
- izgradnja novih TS 110/10(20) kV sa priključnom mrežom, za potrebe razvoja,
- izgradnja novih TS 35/10(20) kV sa priključnom mrežom za potrebe razvoja,
- izgradnja novih TS 10(20)/0.4 kV sa priključnim 10(20) kV vodovima, te niskonaponskim vodovima za potrebe priključka novih potrošača (osim vikendica)

3.2. Objekti i vodovi srednjeg prioriteta (II)

U kategoriju srednjeg prioriteta ubraja se:

- revitalizacija vodova niskog napona (obično se izvodi zamjenom dotrajalih vodova novoizgrađenim vodovima. Kod nadzemnih mreža obično će novi vodovi biti izvedeni pomoću SKS-a, presjeka 70 mm² Al,
- sanacija mreže 110 i 35 kV u smislu osiguranja dvostranog napajanja TS 110/10(20) i TS 35/10(20) kV s vršnim opterećenjem **većim od 8 MW**,
- sanacija transformacije 110/10(20) kV, te transformacije 35/10(20) kV, u smislu osiguranja rezerve u slučaju kvara jednog transformatora,
- sanacija naponskih prilika u mrežama niskog napona za slučaj veoma loših naponskih prilika, koje su definirane maksimalnim padom napona na niskonaponskim izvodima većim od $\Delta u = 10\%$.

Pri sanaciji naponskih prilika uzima se u obzir i t.

- 1 — revitalizacija vodova niskog napona, jer se izgradnjom novih zamjenskih niskonaponskih vodova većeg presjeka (70 Al) ujedno sudjeluje u sanaciji loših naponskih prilika,
5. izgradnja novih TS 10(20)/0.4 kV s priključnim 10(20) kV vodovima, te niskonaponskim vodovima, za praćenje porasta potrošnje električne energije.
6. tehnološka unapređenja pogona distribucijske mreže, a osobito uvođenje:
 - sistema daljinskog vođenja SDV)
 - mrežne ton-frekventne komande (MTK)
 - uzemljenja zvjezdišta postojećih TS 110/10(20) i TS 35/10(20) kV
 - kompenzacije jalove energije.

3.3. Objekti i vodovi niskog prioriteta (III)

U kategoriju najnižeg prioriteta ubraja se:

1. sanacija mreže 110 kV i 35 kV, u smislu osiguranja dvostranog napajanja TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV. U ovu kategoriju ulazi izgradnja novih vodova 110 i 35 kV koji osiguravaju dvostrano napajanje TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV s vršnim opterećenjem **manjim od 8 MW**,
2. sanacija naponskih prilika u mrežama niskog napona, za slučaj umjereno loših naponskih prilika, koje su definirane maksimalnim padom napona na niskonaponskim izvodima u granicama $6\% \leq \Delta u \leq 10\%$.

4. POTREBNI OPSEG IZGRADNJE MREŽE ZBOG SANACIJE I RAZVOJA

Pri odabiru metoda za analizu distribucijske mreže treba voditi brigu da te metode budu prilagođene raspoloživom fondu podataka.

Distribucijska mreža Hrvatske sadrži veoma mnogo elemenata, što svakako uvjetuje izbor metodologije. Osnovni podaci o izgrađenosti sadašnje mreže su sljedeći:

TS 110/10(20) kV — 27 kom (sa tercijarima u TS 110/35/10 kV)

TS 35/10(20) kV — 349 kom

TS 10/0,4 kV — 19397 kom

vodovi 35 kV — 4554 km (oko 345 izvoda iz TS 110/35 kV)

vodovi 10(20) kV — 27827 km (oko 2393 izvoda iz TS X/10(20) kV)

vodovi 0,4 kV — 58213 km (oko 65757 izvoda iz TS 10(20)/0,4 kV).

Osnovni podaci o potrošnji električne energije 1990. g. na razini distribucijske djelatnosti u Hrvatskoj su sljedeći:

Potrošači 35 KV: 1 064 509 MWh (10,48%)

Potrošači 10 KV: 2 609 963 MWh (25,69%)

Potrošači 0,4 KV — kućanstva: 4 464 946 MWh (43,95%)

Potrošači 0,4 kV — ostali: 1 829 029 MWh (18,00%)

Javna rasvjeta: 191 567 MWh (1,89%)

Ukupno: 10 159 842 MWh (100%)

Analiza postojećeg stanja provedena je na dva načina:

- pomoću ankete o potrebnom opsegu revitalizacije srednjonaponske mreže (zbog dotrajalosti);
- pomoću energetske i tehničke podataka o distribucijskom sustavu Hrvatske.

Anketa o revitalizaciji srednjonaponskih objekata i vodova provedena je tako da su za objekte i vodove 35 kV dobiveni poimenični podaci, a za mrežu 10(20) kV s pripadnim stanicama sumarni podaci.

Prognoza porasta potrošnje električne energije koji uvjetuje daljnji razvoj izrađena je u [4] i to uz uvažavanje različitosti distribucijskih područja. Na razini Hrvatske dobiveni su sljedeći prosječni godišnji trendovi:

- potrošači 35 kV: 0,9%
- potrošači 10 kV: 4,2%
- kućanstva: 3,4%
- ostali potrošači na 0,4 kV: 4,6%
- javna rasvjeta: 5,5%.

Navedeni trendovi su donekle optimistični za prvo petogodište (1991 – 1995) zbog teških posljedica rata. No realno je očekivati izraženiji porast potrošnje u daljnjim petogodištima (1996 – 2000, 2001 – 2005). Osim toga, sigurno je da će se porast potrošnje različito kretati po distribucijskim područjima.

S obzirom na različite metode koje su korištene za analizu distribucijskih mreža raznih naponskih razina posebno će se izložiti dobiveni pokazatelji u mrežama srednjeg i visokog napona, a posebno u niskonaponskim mrežama.

4.1. Objekti i vodovi 110 kV, 35 kV i 10 kV

Poimenični popis vodova 110 i 35 kV, te transformatorskih stanica 110/10(20) i 35/10(20) kV koje bi trebalo sagraditi do 2005. g. dan je u [4]. Pri definiranju spomenutih objekata poštovani su kriteriji iz poglavlja 3.

Dobiveni rezultati iskazani su u dvije kategorije:

- sanaciji postojećeg stanja mreže
- razvoju mreže zbog porasta konzuma.

Pod **sanacijom mreže** 110 kV, 35 kV i 10 kV misli se na sljedeće zahvate:

- izgradnju vodova 110 kV i 35 kV zbog osiguranja dvostranog napajanja TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV (kriterij »n – 1«),
- dogradnju transformacije 110/10(20) kV i 35/10(20) kV zbog osiguranja rezerve u slučaju kvara jednog transformatora; u nekim slučajevima dovoljno je zamijeniti postojeći (e) transformator (e) većim jedinicama; a u drugim slučajevima treba ugraditi nove transformatore (kod transformatorskih stanica koje danas imaju samo po jedan transformator),
- revitalizaciju postojećih vodova i postrojenja distribucijske mreže, osim vodova niskog napona,
- sanaciju loših naponskih prilika na vodovima 35 kV i 10 kV. Ovaj problem obično se rješava interpolacijom novih pojnih transformatorskih stanica ili uvođenjem viših napona (posebno je aktualna zamjena napona 10 kV sa 20 kV). U [4] pojedinačno su analizirani kritični 10 kV izvodi u distribucijskoj mreži Hrvatske. Što se tiče mreže 35 kV, u ranijem radu [1] izvršeni su proračuni naponskih prilika u svim današnjim 35 kV mrežama pomoću podataka iz baze tehničkih podataka Instituta za elektroprivredu.

Razvoj mreže 110, 35 i 10 kV obuhvaća izgradnju novih TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV, te rekonstrukciju postojećih stanica zbog povećanja njihove propusne moći ili zbog promjene naponskog nivoa. Uz izgradnju novih stanica slijedi izgradnja priključnih vodova (110 kV ili 35 kV) te 10(20) kV raspleta. Navedeni objekti grade se kako bi omogućili praćenje porasta potrošnje električne energije, tj. opterećenja. No mnoge transformatorske stanice predviđene za gradnju u razdoblju 1991 – 1995. imaju dvostruku ulogu: sanaciju postojećeg stanja i praćenje razvoja. Budući da je u tom slučaju dosta teško razdvojiti obje funkcije, svi takvi objekti iskazani su u kategoriji razvoja.

Kao što se vidi iz izloženih napomena, a u analizama su uzete u obzir TS 110/10(20) kV, te pripadni vodovi 110 kV, iako ti objekti nisu u potpunoj nadležnosti distribucijske djelatnosti. Prema sadašnjem stanju, vodovi 110 kV su u nadležnosti prijenosne djelatnosti, a TS 110/10(20) kV su samo u djelomičnoj nadležnosti distribucijske djelatnosti. No, budući da su navedeni objekti **funkcionalno** potpuno vezani za distribucijsku djelatnost, i oni su iskazani u daljnjim pregledima potrebne izgradnje mreže. Ostali objekti 110 kV (TS 110/35 kV) koji dosad nisu spadali u distribucijsku djelatnost, nisu posebno analizirani u [4].

Predlaže se sljedeća vremenska dinamika provedbe sanacije postojećeg stanja mreže:

Sanacija mreže 110 i 35 kV (dvostrano napajanje): najvećim dijelom u idućih deset godina, uz uvažavanje prioriteta iz poglavlja 3.

Sanacija transformacije 110/10(20) i 35/10(20) kV: u idućih pet godina.

Revitalizacija srednjonaponske mreže: u idućih deset godina, pri čemu bi u prvom petogodištu trebalo uložiti veći dio potrebnih sredstava — oko 60% [4]. U drugom petogodištu trebalo bi uložiti preostalih 40% financijskih sredstava. Takav pristup je usvojen zbog veoma opasnih posljedica koje mogu rezultirati iz dotrajalosti srednjonaponske mreže. Osim toga, i nakon provedene revitalizacije (poslije 2000. g.) trebat će nastaviti s takvim ulaganjima, jer će dio postojeće mreže koji danas još ne zahtijeva revitalizaciju to trebati u budućnosti. Za petogodište 2001–2005. g. potrebna sredstva su procijenjena sa 25% ukupno potrebne svote za revitalizaciju današnje mreže [4].

Sanacija loših naponskih prilika na srednjonaponskim vodovima: Ovaj problem treba rješavati zajedno s izgradnjom mreže zbog razvoja, kao što je već objašnjeno.

Pri analizi pojedinih distribucijskih mreža u Hrvatskoj uočene su četiri osnovne vrste područja sa sličnim karakteristikama (s obzirom na veličinu konzuma i zemljopisne značajke). To su:

- veliki gradovi
- srednji gradovi
- pokrajinska područja
- posebni slučajevi.

Navedene specifičnosti uvažene su u [4].

U analizi distribucijskih područja kod kojih je usvojena koncepcija uvođenja 20 kV napona to se poštovalo. Uvođenjem tog napona dugoročno se rješava problem padova napona na 10 kV vodovima. S druge strane, razvoj distribucijskih područja koja nisu predviđjela uvođenje napona 20 kV temeljen je na gradnji/rekonstrukciji TS 35/10 kV s priključnom mrežom.

U ovom članku izložit će se sveukupna potrebna izgradnja u Hrvatskoj do 2005. g.:

Izgradnja vodova 110 kV (sanacija zbog dvostranog napajanja):	212 km/ + 4,6%
Izgradnja vodova 110 kV (za priključak novih TS 110/10(20) kV):	296 km/ + 6,4%
Izgradnja vodova 35 kV (sanacija zbog dvostranog napajanja):	783 km/ + 17%
Izgradnja vodova 35 kV (za priključak novih TS 35/10(20) kV):	660 km/ + 14%
Izgradnja novih TS 110/10(20) kV:	31 kom/ + 163%
Izgradnja novih TS 35/10(20) kV:	57 kom/ + 16%
Rekonstrukcija postojećih TS 110/X kV:	11 kom/ + 57%
Rekonstrukcija postojećih TS 35/10 kV:	20 kom/ + 5,7%
Nabava transformatora 110/10(20) kV, zbog sanacije:	5 kom/ + 15%
Nabava transformatora 35/10 kV, zbog sanacije:	34 kom/ + 6%
Nabava transformatora 110/10(20) kV zbog razvoja:	87 kom/ + 163%

Nabava transformatora 35/10 kV zbog razvoja: 178 kom/ + 34%

Izgradnja vodova 10(20) kV — raspleti novih TS 110/10(20) i TS 35/10(20) kV: 702 km/ + 2,5%.

Potrebni opseg revitalizacije postojeće srednjonaponske mreže u Hrvatskoj dan je sljedećim veličinama:

Djelomična rekonstrukcija vodova 35 kV:	816 km/18%
Zamjena dotrajalih vodova 35 kV novim:	443 km/10%
Djelomična rekonstrukcija TS 35/10(20) kV:	100 kom/27%
Potpuna rekonstrukcija TS 35/10 kV:	14 kom/4%
Zamjena dotrajalih TS 35/10(20) kV novim:	6 kom/1,7%
Djelomična rekonstrukcija vodova 10(20) kV:	1736 km/6%
Zamjena dotrajalih vodova 10(20) kV novim:	4552 km/16%
Djelomična rekonstrukcija TS 10(20)/0,4 kV:	1851 kom/9,6%
Potpuna rekonstrukcija TS 10(20)/0,4 kV:	315 kom/1,6%
Zamjena dotrajalih TS 10(20)/0,4 kV novim:	999 kom/5%

Vrijednosti u postocima pokazuju relativni odnos potrebne izgradnje u odnosu na postojeću distribucijsku mrežu.

Potrebno je upozoriti da se najveći dio sanacije postojeće (loše) mreže mora izvršiti tzv. **novom izgradnjom**.

4.2. Mreža niskog napona i pripadne TS 10(20)/0.4 kV

Metodologija za globalnu analizu naponskih prilika u niskonaponskim mrežama razvijena je i opisana u studijama Instituta za elektroprivredu [1], [2]. Metoda je zasnovana na ekvivalentiranju mreže određenog područja jednim izvodom s ekvivalentnom dužinom i presjekom, te prosječnim opterećenjem koje se dobiva iz podataka o potrošnji kućanstva i ostalih potrošača na niskom naponu. Opisani pristup uvjetovan je raspoloživim fondom podataka o niskonaponskim mrežama, te izuzetno velikom količinom podataka. Ekvivalentiranje mreža i proračuni obavljeni su na temelju raspoloživih podataka na razini pogona u distribucijskim područjima.

Sanacija postojećih loših naponskih prilika može se provesti:

- interpolacijom novih TS 10(20)/0.4 kV
- zamjenom vodiča malog presjeka, vodičima većeg presjeka (u nadzemnim mrežama to je obično SKS, $4 \times 70 \text{ mm}^2$ Al)
- kombinacijom navedenih metoda.

Uz važeće jedinične cijene, optimalni pristup je interpolacija novih TS 10(20)/0.4 kV. No u svim postojećim mrežama postoje stari vodovi s vodičima malog

presjeka, koji zahtijevaju zamjenu zbog **dotrajalosti**. To znači da je sanaciju loših naponskih prilika najpogodnije provesti kombinacijom interpolacije TS 10(20)/0.4 kV i rekonstrukcijom niskonaponske mreže, tako da se zamjene stari vodovi malog presjeka novim vodovima (obično presjeka 70 mm² Al). Drugim riječima, pri sanaciji mreže niskog napona zbog velikih padova napona ujedno se vrši i njezina **revitalizacija**. Razvoj mreže niskog napona zbog porasta opterećenja simulira se na sličan način. Mreža niskog napona prikazuje se ekvivalentnim izvodom mreže **nakon provedene sanacije**; opterećenje se povećava u skladu s prognoziranim porastom potrošnje. Naravno, padovi napona postaju veći od dopuštenih vrijednosti, pa je nužno interpolirati nove TS 10(20)/0.4 kV, odnosno rekonstruirati dio mreže niskog napona, itd.

Najveći problem pri određivanju ulaznih podataka jest određivanje dijela niskonaponske mreže koju treba na opisani način **rekonstruirati**.

Budući da u Hrvatskoj nije uspostavljena baza podataka niskonaponske mreže, obavljena je procjena zasnovana na:

- uvidu u potrebnu revitalizaciju 10 kV vodova
- uvidu u prosječnu starost TS 10/0.4 kV
- konzultativnim razgovorima sa stručnjacima pojedinih distribucijskih područja.

Na temelju tih analiza zaključeno je da pri sanaciji mreže niskog napona potrebno **rekonstruirati barem 20 % postojećih vodova**. Pri razvoju mreže niskog napona zbog porasta opterećenja procijenjeno je da će u svakom petogodištu trebati **rekonstruirati daljnjih 5 % mreže**, jer će dio postojećih vodova koji danas zadovoljava postati dotrajaao.

U [4] učinjene su dvije serije proračuna sanacije i razvoja mreže niskog napona. Prvi proračun zasnovan je na kriteriju maksimalnog dopuštenog pada napona od 6 %. Drugi proračun zasnovan je na maksimalnom dopuštenom padu napona od 10 %. Takav pristup temelji se na prioritetima definiranim u točki 3, gdje je usvojena teza da maksimalni padovi napona do 10 % predstavljaju umjereno loše naponske prilike. Takve mreže također zahtijevaju sanaciju naponskih prilika, ali uz niži prioritet nego mreže u kojima maksimalni padovi napona prelaze 10 %.

Sanaciju mreže niskog napona trebalo bi provesti do 2000. godine.

Potreban opseg izgradnje mreže niskog napona i pripadnih TS 10(20)/0.4 kV u [4] određen je za postojeće pogone u distribucijskim područjima; iz toga proizlazi potrebna izgradnja po distribucijskim područjima, odnosno u Hrvatskoj. Na razini Hrvatske dobiveni su sljedeći rezultati (do 2005. god.)

A. Potrebna izgradnja uz ograničenje maksimalnog dopuštenog pada napona u n.n. mreži na 6 %

- priključni vodovi 10(20) kV (zbog sanacije n.n. mreže): 4692 km/ + 17 %
- priključni vodovi 10(20) kV (zbog razvoja n.n. mreže): 3248 km/ + 12 %
- TS 10(20) kV (zbog sanacije n.n. mreže): 9382 km/ + 48 %

- TS 10(20) kV (zbog razvoja n.n. mreže): 6477 km/ + 33 %
- priključni vodovi 0.4 kV (zbog sanacije n.n. mreže): 1601 km/ + 3 %
- priključni vodovi 0.4 kV (zbog razvoja n.n. mreže): 9040 km/ + 15 %
- rekonstrukcija vodova 0.4 kV (zamjenski vodovi 0.4 kV): 20379 km/ + 35 %

B. Potrebna izgradnja uz ograničenje maksimalnog dopuštenog pada napona u n.n. mreži na 10 %

- priključni vodovi 10(20) kV (zbog sanacije n.n. mreže): 1331 km/ + 5 %
- priključni vodovi 10(20) kV (zbog razvoja): 1960 km/ + 7 %
- TS 10(20) kV (zbog sanacije n.n. mreže): 2655 km/ + 14 %
- TS 10(20) kV (zbog razvoja): 3892 km/ + 20 %
- priključni vodovi 0.4 kV (zbog sanacije n.n. mreže): 449 km/ + 0,8 %
- priključni vodovi 0.4 kV (zbog razvoja): 5415 km/ + 9 %
- rekonstrukcija vodova 0.4 kV (zamjenski vodovi 0.4 kV): 20379 km/ + 35 %

Vrijednosti u postocima pokazuju relativni odnos potrebne izgradnje u odnosu na postojeću distribucijsku mrežu.

Kao što se vidi iz prikazanih vrijednosti, trendovi porasta naturalnih veličina nisu osobito visoki, osim za TS 10(20)/0.4 kV. Time se potvrđuje teza da konceptijski gledano, treba graditi mreže s više transformatorskih stanica male nazivne snage, te sa malom priključenom niskonaponskom mrežom. Dosadašnji pristup, s gradnjom TS 10(20)/0.4 kV relativno velike nazivne snage, te dugačkom niskonaponskom mrežom rezultirao je veoma lošim naponskim prilikama u tim mrežama. Osim toga, i ovdje vrijedi napomena da se sanacija postojećeg stanja mora povesti izgradnjom novih objekata i vodova.

5. PREGLED POTREBNIH ULAGANJA ZA SANACIJU I RAZVOJ DISTRIBUCIJSKIH MREŽA U HRVATSKOJ

U prethodnom tekstu iskazane su naturalne potrebe za izgradnjom i rekonstrukcijom distribucijske mreže u Hrvatskoj do 2005. godine. Pri određivanju potrebnih ulaganja za takav opseg izgradnje u [4] usvojene su jedinične cijene opreme (u DEM) koje su kompatibilne sa svjetskom razinom cijena (Španjolska, Francuska). Današnje cijene opreme u Hrvatskoj više su nego svjetske cijene (kod nekih elemenata mreže i do 50 %); no te će se razlike u budućnosti morati ukloniti.

U [4] dana je rekapitulacija financijskih ulaganja po distribucijskim područjima, i to uvažavajući prioritete ulaganja (točku 3), te vremenske etape u kojima se predviđa njihova realizacija. U ovom članku dana je odgovarajuća rekapitulacija na nivou Hrvatske (tabl. 1).

Tablica. 1. Struktura potrebnih ulaganja u distribucijsku mrežu

(1991 – 2005. g.)		
Element mreže	Ulaganja (mil. DEM)	Udjel (%)
Sanacija mreže 110 kV (VOD110_S)	40.6	0.87
Priključni vodovi 110 kV (VOD110_P)	61.5	1.32
Sanacija mreže 35 kV (VOD35_S)	94.2	2.03
Priključni vodovi 35 kV (VOD35_P)	89.3	1.92
Transfor. stanice 110/10 kV (TS110)	91.8	1.97
Sanacija transform. 110/10 kV (TR110_S)	4.4	0.09
Razvoj transform. 110/10 kV (TR110_R)	92.4	1.99
Transform. stanice 35/10 kV (TS35)	47.6	1.02
Sanacija transform. 35/10 kV (TR35_S)	6.6	0.14
Razvoj transform. 35/10 kV (TR35_R)	31.1	0.67
Rasplēti 10(20) kV (V10_R)	86.2	1.85
Revitalizacija S.N. mreže (REV.)	453.6	9.75
Tehnološka unapređenja (T.U.)	122.0	2.62
Priključni 10(20) kV vodovi (V10_P)	660.0	14.19
TS 10(20)/0.4 kV (TS10)	727.6	15.65
Novi vodovi 0.4 kV (VO.4)	716.0	15.40
Rekonstrukcija mreže 0.4 kV (VO.4_R)	1 325.2	28.51
Ukupno	4 650	100.00

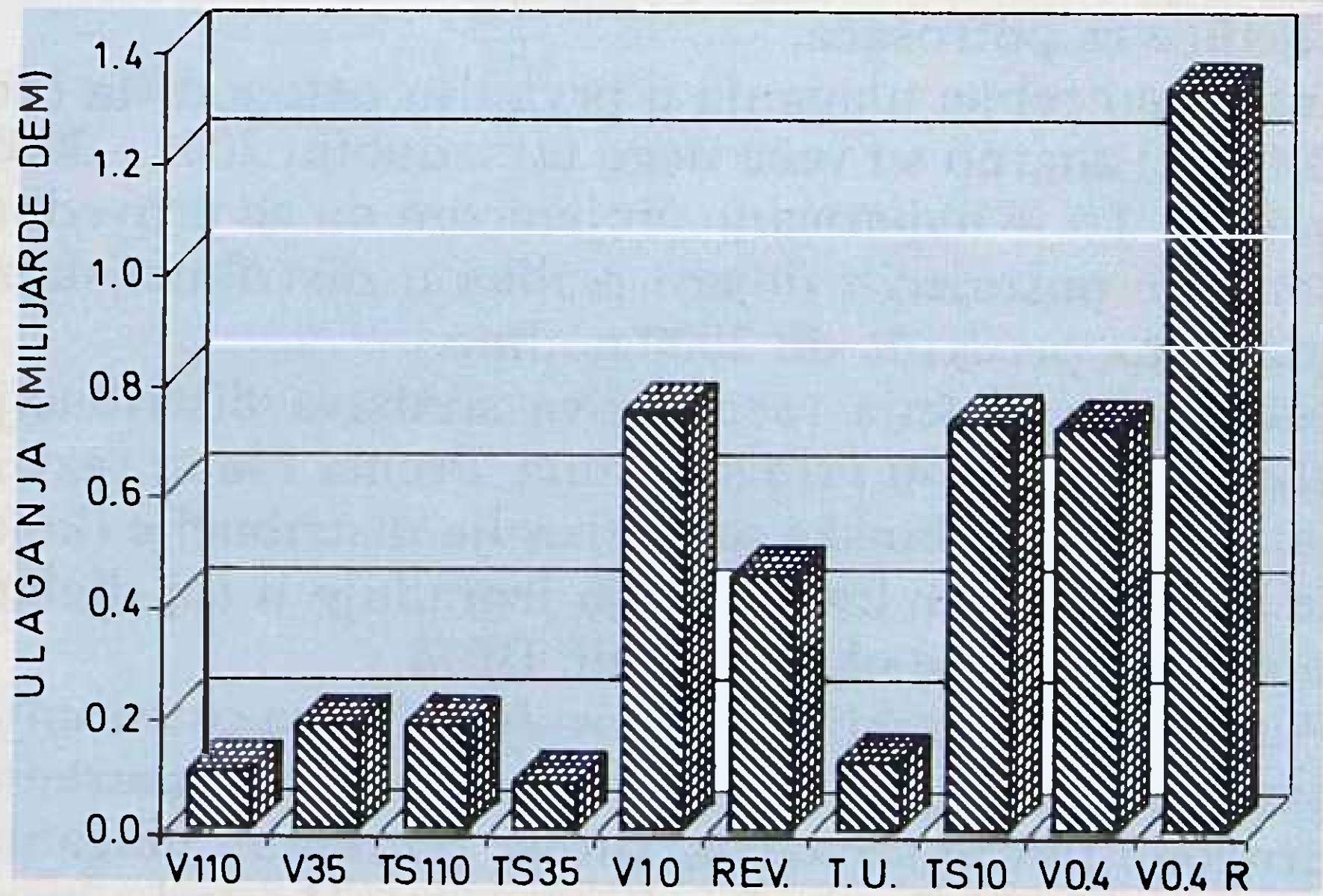
V110_S:	ulaganja zbog sanacije mreže 110 kV (osiguranje dvostranog napajanja TS 110/10(20) kV
V110_P:	ulaganja zbog izgradnje priključnih vodova 110 kV, za nove TS 110/ 10(20) kV
V35_S:	ulaganja zbog sanacije mreže 35 kV
V35_P:	ulaganja zbog izgradnje priključnih vodova 35 kV, za nove TS 35/10 kV
TS110:	ulaganja za izgradnju/rekonstrukciju TS 110/10(20) kV
TS35:	ulaganja za izgradnju/rekonstrukciju TS 35/10(20) kV
TR110:	ulaganja u transformatore 110/ 10(20) kV, zbog razvoja
TR110_S:	ulaganja u transformatore 110/ 10(20) kV, zbog sanacije transformacije
TR 35:	ulaganja u transformatore 35/ 10(20) kV zbog razvoja
TR35_S:	ulaganja u transformatore 35/ 10(20) kV zbog sanacije transformacije
V10_R:	ulaganja u 10(20) kV rasplete TS 110/ 10(20) kV ili TS 35/ 10(20) kV
REV.:	ulaganja za revitalizaciju sredjenaponske mreže
T. U.:	ulaganja u tehnološka unapređenja
V10_P:	ulaganja u priključne vodove 10(20) kV za TS 10(20)/0.4
TS10:	ulaganja u TS 10(20)/0.4 kV
VO.4:	ulaganja u priključne vodove niskog napona, kod novih TS 10(20)/0.4 kV
VO.4_R:	ulaganja zbog rekonstrukcije mreže niskog napona.

Veoma je indikativno da čak 60% potrebnih ulaganja otpada na sanaciju i revitalizaciju mreže. To znači da nesigurnosti prognoze porasta električnog konzuma ne mogu bitno djelovati na proračun ukupnih ulaganja, jer ulaganja zbog razvoja sudjeluju samo sa 36%. Međutim, treba upozoriti da razvoj mreže niskog napona (s izgradnjom pripadnih TS 10(20)/0.4 kV i priključnih 10(20) kV vodova) zbog porasta konzuma nije moguć bez paralelne provedbe sanacije naponskih prilika. U protivnom potrošači bi se našli u veoma teškim naponskim prilikama. Prema tome, sanacija naponskih prilika u mrežama niskog napona nužan je preduvjet za omogućavanje daljnjeg razvoja zbog porasta konzuma.

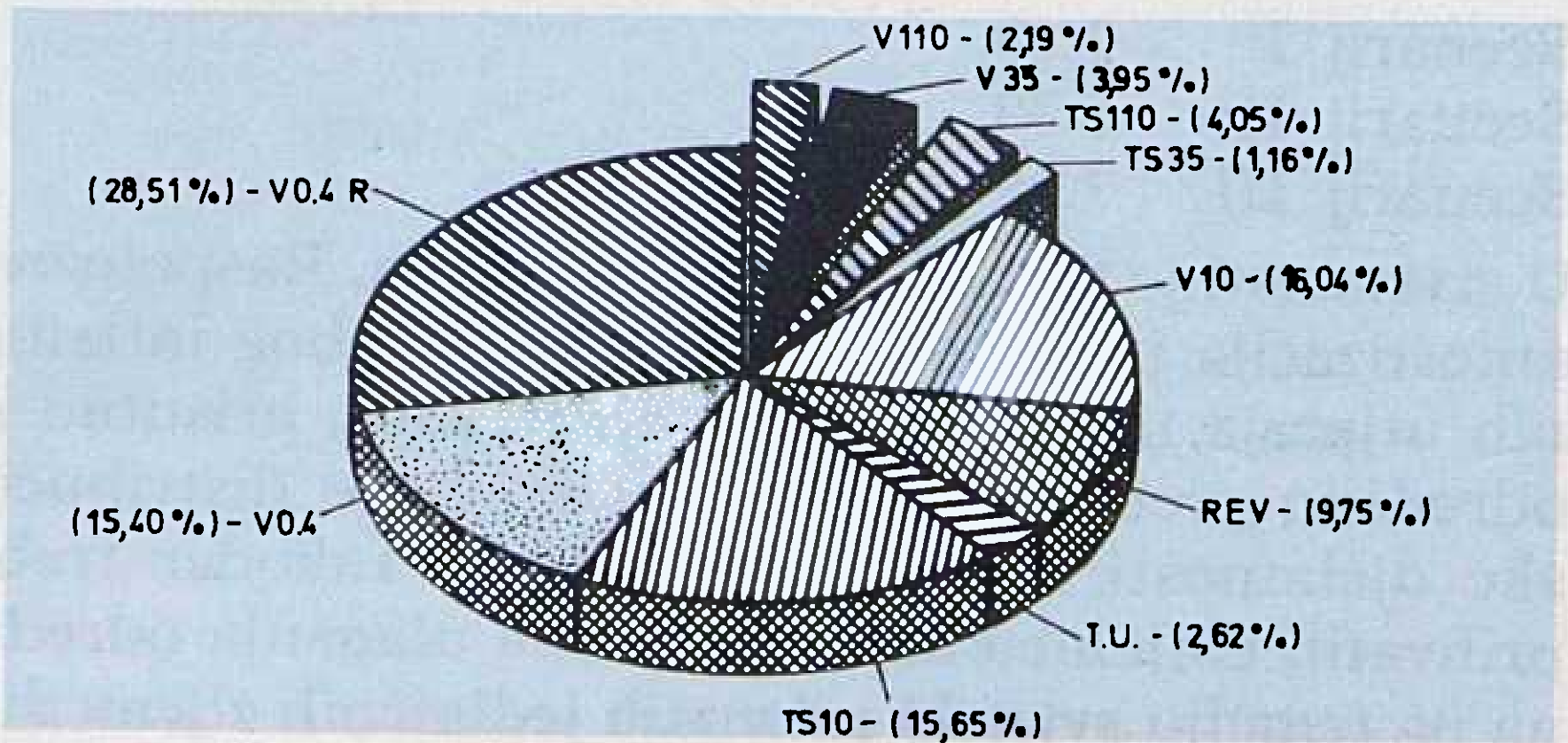
Analizom tabl. 1. vidi se da najveći dio potrebnih ulaganja otpada na rekonstrukciju vodova niskog napona (28.5%), zatim na izgradnju novih vodova niskog napona, TS 10(20)/0.4 kV, te priključnih vodova 10(20) kV za nove TS 10(20)/0.4 kV. Sva ta ulaganja vezana su na sanaciju i razvoj mreže niskog napona, a u ukupnim ulaganjima sudjeluju sa 73.75%. S druge strane, ulaganja u »krupne objekte«, pogotovo vodove i trafostanice gornjeg napona 110 kV sudjeluju relativno malo: 6.24%.

Izloženi rezultati (iz tabl. 1) prikazani su u grafičkom obliku na sl. 1 i 2. Značenja pojedinih veličina su ista kao u tabl. 1, osim za ove slučajeve:

- V110 — ulaganja u sve vodove 110 kV;
- V35 — ulaganja u sve vodove 35 kV;
- V10 — ulaganja u sve vodove 10 kV;
- TS110 — ulaganja u TS 110/ 10(20) kV i transformatore 110/ 10(20) kV;
- TS35 — ulaganja u TS 35/ 10(20) kV i transformatore 35/ 10(20) kV.



Slika 1.



Slika 2.

Raspodjela ukupnih ulaganja na sanaciju (i revitalizaciju) postojeće mreže, razvoj mreže zbog porasta konzuma i tehnološka unapređenja su sljedeća:

Ulaganja radi sanacije i revitalizacije mreže:	2 816 milijardi DEM (60.57%)
Ulaganja zbog razvoja (porasta konzuma):	1 711 milijardi DEM (36.81%)
Ulaganja radi tehnološkog razvoja:	0.122 milijardi DEM (2.62%)
Ukupna ulaganja:	4.650 milijardi DEM (100%)

Na slici 1. dan je prikaz ulaganja po elementima distribucijskog sistema, a na slici 2. vidi se relativna raspodjela ulaganja pod istim elementima (u skladu sa tabl. 1). Priložene slike opet potvrđuju činjenicu da je kudikamo najveći dio potrebnih ulaganja uvjetovan mrežom niskog napona, te pripadnim TS 10(20)/0.4 kV.

Pregled potrebnih ulaganja uz uvažavanje prioriteta iz točke 3, na razini Hrvatske izgleda ovako:

Scenarij I:	427,7 mil. DEM (1991 – 1995)
	358,8 mil. DEM (1995 – 2000)
	236,7 mil. DEM (2001 – 2005)
Scenarij II:	417,7 mil. DEM (1991 – 1995)
	1 333,7 mil. DEM (1996 – 2000)
	713,6 mil. DEM (2001 – 2005)
Scenarij III:	1 945,4 mil. DEM (1991 – 1995)
	1 809,1 mil. DEM (1996 – 2000)
	896,0 mil. DEM (2001 – 2005)

Scenariji ulaganja definirani su na temelju kriterija iz točke 3. na sljedeći način:

Scenarij I: ulaganja prvog prioriteta (minimalni plan),

Scenarij II: ulaganja prvog i drugog prioriteta (srednji plan),

Scenarij III: ulaganja prvog, drugog i trećeg prioriteta (maksimalni plan).

Dakako, treći scenarij obuhvaća **sva potrebna ulaganja**, te je tehnički gledano optimalan. No zbog manjka sredstava trebat će ostvariti drugi scenarij, ili, što je još gore, prvi scenarij, koji je veoma restriktivan. Ako se ostvare ulaganja samo po prvom scenariju, neće se omogućiti sanacija i revitalizacija mrežne niskog napona, kao ni tehnološka unapređenja. Sigurno je da bi to u budućnosti imalo veoma teške posljedice za potrošače.

Inače, potrebna ulaganja u prva dva petogodišta (do 2000. g.) znatno su veća nego u razdoblju 2001 – 2005 godine. To je uvjetovano činjenicom da se provedba sanacije postojećih (loših) prilika u distribucijskim mrežama predviđa do 2000 godine.

Nažalost, sadašnja raspoloživa sredstva distribucijske djelatnosti su vrlo skromna. Prema Planu razvoja za 1992. g., planska amortizacija distribucije (koja je osnovni izvor financiranja izgradnje u toj djelatnosti, iznosila je oko 53,4 mil. DEM.

Planska amortizacija je nedovoljna čak za ostvarenje prvog scenarija, a to pogotovo vrijedi za ostvarenje drugog i trećeg scenarija. Omjer potrebnih ulaganja prema planskoj amortizaciji na nivou Hrvatske iznosi:

Scenarij I:	1.60,
Scenarij II:	5.30,
Scenarij III:	7.28.

U stvarnosti je situacija još mnogo teža. Raspoloživa amortizacija je realno gledano manja zbog inflatornih utjecaja tijekom godine. Osim toga, prisutno je određeno preusmjeravanje amortizacije distribucijske djelatnosti u druge djelatnosti. Također treba prihvatiti činjenicu da su potrebna ulaganja određena na temelju **svjetski priznatih jediničnih cijena** distribucijske opreme. Cijene kooperanata Hrvatske

elektroprivrede su znatno veće, pa će trebati vremena da se one spuste na svjetsku razinu.

Navedene činjenice rezultiraju time da distribucijska djelatnost u Hrvatskoj elektroprivredi ne može osigurati ni ostvarivanje prvog scenarija koja obuhvaća samo objekte prvog prioriteta.

6. ZAKLJUČCI

1. U članku su prikazani rezultati analiza distribucijske mreže u Hrvatskoj. Izložen je potrebni opseg izgradnje mreže zbog sanacije postojećeg lošeg stanja mreže i zbog omogućavanja razvoja uvjetovanog porastom konzuma električne energije do 2005. godine. Dana su potrebna financijska ulaganja za provedbu sanacije i razvoja mreže.

2. Potrebna financijska ulaganja u distribucijsku mrežu do 2005. g. zasnovana su na svjetski priznatim jediničnim cijenama opreme. Kod nekih elemenata mreže te cijene su osjetno niže nego kod nas; no u budućnosti će se to morati ispraviti. Iskazane su sljedeće potrebe:

Sanacija postojećeg stanja mreže:

2,816 milijarde DEM (60.6 %)

Razvoj mreže zbog novog konzuma:

1,711 milijarde DEM (36.8 %)

Tehnološki razvoj: 0,122 milijarde DEM (2.6 %)

Ukupno:

4,650 milijarde DEM (100 %).

Prema tome, čak 60 % potrebnih ulaganja uvjetovano je sanacijom postojeće mreže (uključujući revitalizaciju). To je rezultat dosadašnje loše politike prema distribucijskoj djelatnosti. Raspoloživa financijska sredstva uglavnom su bila zasnovana na amortizaciji distribucijskih organizacija, koja je bila nedovoljna za praćenje razvoja (porasta konzuma). Zbog toga je tijekom niza godina distribucijska mreža došla u veoma loše stanje, koje danas zahtijeva velika ulaganja. Pritom treba upozoriti da je nemoguće osigurati razvoj mreže ako se ne provede njezina sanacija. Zbog toga je nužno sanaciju postojećeg stanja provesti do **2000. godine**. U protivnom će se još drastičnije pogoršati stanje mreže; i oni dijelovi mreže koji danas zadovoljavaju zahtijevat će tada sanaciju.

3. Najveći dio potrebnih ulaganja uvjetovan je mrežom niskog napona — 73,7 %.

Tako teško stanje niskonaponske mreže opet se može objasniti višegodišnjim zaostajanjem distribucijske djelatnosti u razvoju. Raspoloživa **nedostatna** sredstva korištena su prvenstveno za izgradnju tzv. krupnih objekata, što je potpuno razumljivo. Za mrežu niskog napona nije preostajalo dovoljno sredstava, što je rezultiralo veoma lošom mrežom.

4. Budući da su potrebna financijska ulaganja za sanaciju i razvoj distribucijske mreže veoma visoka, u točki 3 predloženi su kriteriji za određivanje prioriteta u izgradnji objekata i vodova (i za sanaciju i za razvoj). Definirane su tri kategorije prioriteta:

- I — visoki prioritet,
- II — srednji prioritet,
- III — niski prioritet.

Nakon takve definicije moguće je, ovisno o raspoloživim financijskim sredstvima, definirati tri scenarija ulaganja (minimalna, srednja i maksimalna ulaganja).

U točki 5 pokazano je da samo financiranje objekata i vodova I. prioriteta zahtijeva barem 60 % veća sredstva u odnosu prema današnjoj amortizaciji distribucijske djelatnosti Hrvatske. Za financiranje objekata i vodova I. i II. prioriteta potrebna su čak 5,3 puta veća sredstva od amortizacije.

5. Na temelju izloženih pokazatelja može se utvrditi da raspoloživa sredstva za sanaciju i razvoj distribucijske mreže, koja su temeljena na amortizaciji, ne omogućavaju ostvarenje ni minimalnih potrebnih ulaganja.

U stvarnosti je situacija još teža jer se amortizacija prikuplja u dvanaestinama, te često ne slijedi inflaciju. Osim toga, prisutno je određeno preusmjeravanje dijela amortizacije u druge djelatnosti. Na kraju, u ovoj studiji nisu uzeta u obzir potrebna ulaganja koja su u indirektnoj vezi s mrežom (poslovni prostori, mehanizacija, poslovni i tehnički informacijski sustavi), a koja bi povećala potrebna ulaganja.

Jedino moguće rješenje jest višestruko povećanje raspoloživih sredstava za financiranje distribucijske djelatnosti. Zbog toga bi trebalo naći nove izvore financiranja osim amortizacije. To se pogotovo odnosi na financiranje nove izgradnje uvjetovane razvojem. Prema definiciji, amortizacija služi za **obnovu postojećih osnovnih sredstava**, a ne za financiranje razvojnih potreba. To pravilo se u distribucijskoj djelatnosti zbog nedostatnih sredstava tijekom niza godina nije poštovalo, a posljedice su vidljive.

U protivnom će se stanje distribucijske djelatnosti dramatično pogoršati. Tada će sanacija takvog stanja biti još teža (skuplja) nego danas.

Također treba cijene domaćih proizvođača opreme svesti na svjetsku razinu, kako je i pretpostavljeno u ovom članku. Inače, potrebna sredstva bit će još veća.

6. U članku nisu sagledana ratna razaranja distribucijske mreže jer se nije raspolagalo definitivnim podacima.

Sigurno je da je dio oštećenih objekata obuhvaćen ovom studijom (pod revitalizacijom srednjonaponskih objekata, rekonstrukcijom vodova niskog napona). Prema tome, potrebna ulaganja za sanaciju postojećeg stanja trebat će povećati za uklanjanje šteta na objektima koji nisu obuhvaćeni ovim radom. Riječ je uglavnom o novijim vodovima i postrojenjima koji inače nisu zahtijevali sanaciju.

Ulaganja za sanaciju oštećenih distribucijskih objekata moraju imati **maksimalni prioritet**; no i za to treba osigurati dovoljna sredstva.

7. Analize **srednjonaponske mreže** u Hrvatskoj pokazale su da ne postoji jedinstveni konceptijski pristup u dosadašnjoj izgranji (uvođenje napona 20 kV, pitanje direktne transformacije, itd.). U budućnosti treba ukloniti takve konceptijske razlike.

LITERATURA

- [1] S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER, D. BALDASARI, M. RIMAC: »Dugoročni razvoj distributivne djelatnosti u Hrvatskoj do 2000. s projekcijom do 2005. godine«, studija IE Zagreb, 1990.
- [2] S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER, M. RIMAC, L. WAGMANN: »Dugoročni razvoj distributivne djelatnosti Hrvatske elektroprivrede (detaljna područna analiza te izrada programskog paketa na PC računar)«, studija IE, Zagreb, 1991.
- [3] G. GRANIĆ i suradnici: »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede«, studija IE, Zagreb, 1991.
- [4] S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER: »Strategija sanacije i razvoja distribucijske mreže u Hrvatskoj«, studija IE, Zagreb, 1992.
- [5] E. LAKERVI, E. HOLMES: Electricity Distribution Network Design«, P. Pesegrinus Ltd, London, 1989.
- [6] Technique Electricite, Atlas 1989, EDF Paris

ABOUT LONG-TERM DEVELOPMENT OF DISTRIBUTION ACTIVITIES IN CROATIA

In the paper up to now results of the distribution network analysis are presented. Needed construction and reconstruction of the network in order to restore the existing state, and for the future development because of the consumption growth is displayed. Financial investments for the network restoration and development are also given.

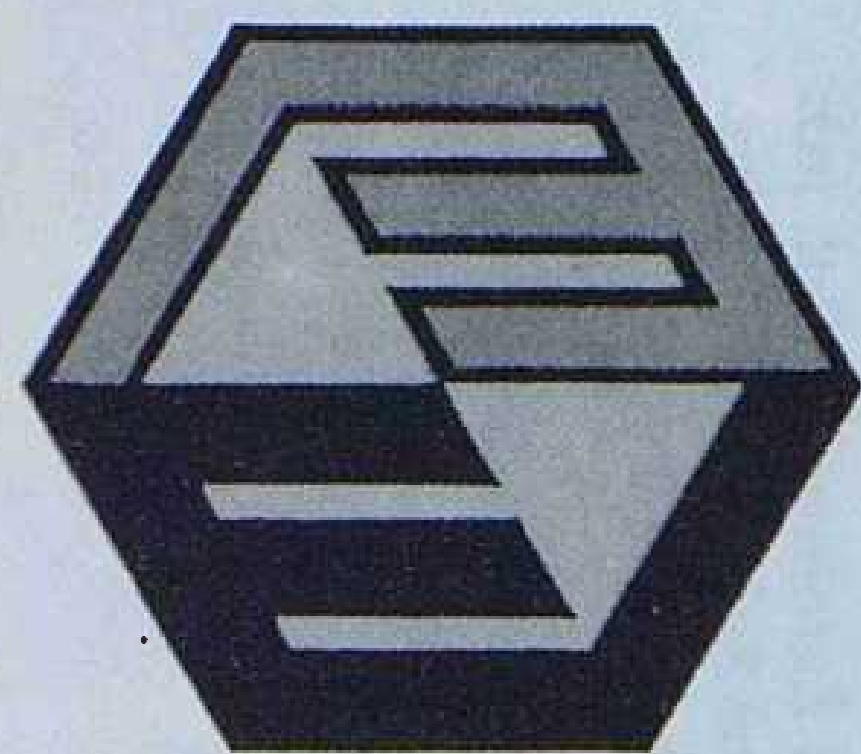
ÜBER DIE LANGFRISTIGE ENTWICKLUNG DER DISTRIBUTIONSTATIGKEIT IN KROATIEN

Im Artikel werden die Ergebnisse von bisherigen Analysen des Distributionsnetzes in Kroatien geschildert. Man beschrieb den notwendigen Umfang des Ausbaues und der Rekonstruktion des Netzes wegen der Sanierung des gegenwärtigen Zustandes, sowie der Entwicklung die durch den Wachstum der elektrischen Energie bedingt wurde.

Naslov pisaca:

Dr. Srđan Žutobradić, dipl. inž.
Mr. Rihard Schenner, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
Zagreb,
41000 Zagreb, Avenija Vukovar
37,
Hrvatska

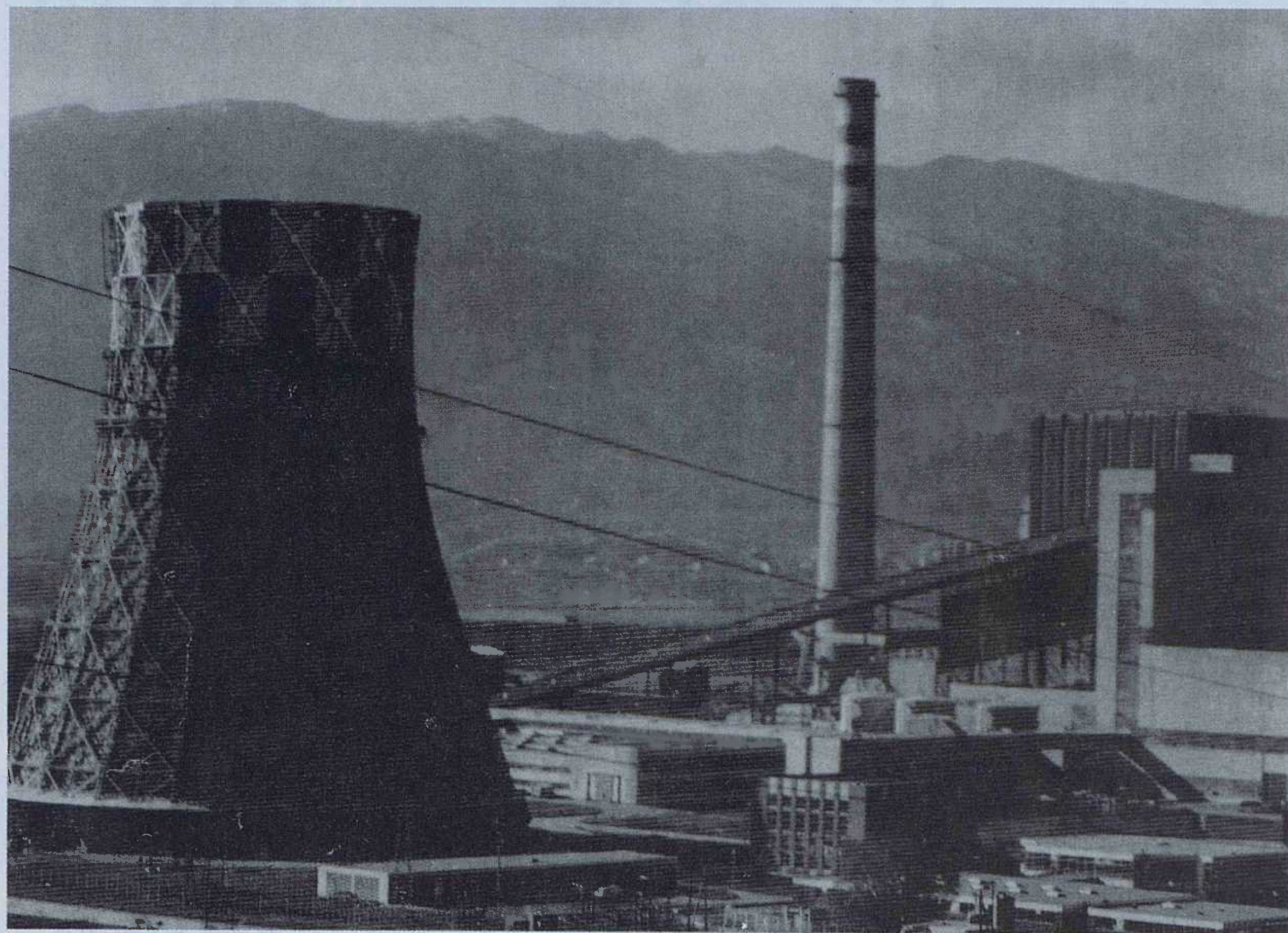
Uredništvo primilo rukopis:
 1992-03-04.



MONTING ENERGETIKA ZAGREB

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

**41000 ZAGREB
Kesterčankova 1**



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 yu mont

Telefax 235-560

TE »GACKO« – Gacko: Kompletna montaža bloka 1 instalirane snage 1×300 mW, 1982. godine.
Rekonstrukcija kotla kapaciteta 990 t/h pare i kapitalni remont turbogenerators 300 MW, 1989. godine.

BUDUĆNOST NUKLEARNE ENERGETIKE U NAS

Vladimir Vuković, Zagreb

UDK 621.039.5(497.13)
PREGLEDNI ČLANAK

Sažeto i precizno se iznose najbitnije karakteristike nuklearne energetike nekoliko zemalja kako s aspekta strateških opredjeljenja, tako i s aspekta tehnoeconomičkih zahtjeva za novu generaciju nuklearki. Predviđaju se realne pozicije nuklearki u našim programima izgradnje.

Ključne riječi: energetika, nuklearne elektrane, strategija.

1. UVOD

Prije četiri godine, predsjednik Skupštine Slovenije potpisao je »Zakon o odložitvi graditve jedrskih elektrana do leta 2000«. To je zakon čiji se bitni sadržaj nalazi u samo jednom članu koji zabranjuje do kraja ovog stoljeća sve aktivnosti za pripremu i gradnju nuklearnih elektrana u Sloveniji. Tim se zakonom zabranjuje i ulaganje financijskih sredstava iz Slovenije u gradnju NE u drugim republikama i/ili »autonomnim pokrajinama«. Pritom se, dakako, prešućuje Sporazum izvršnih vijeća Hrvatske i Slovenije, koji su 1970. potvrdili Hrvatski sabor i Skupščina Slovenije, po kojemu se utvrđuje zajednička gradnja i eksploatacija dviju nuklearnih elektrana (po jedna u svakoj republici).

Ne ulazeći u analizu razloga i posljedica takvih mijenjanja Sporazuma, a pogotovo nakon ostvarene zajedničke gradnje i eksploatacije NE Krško, može se zauzeti i drugo stajalište. Naime, jednostranost dogovorenih programa može dovesti do problematične situacije, pa i štetne za obje strane. Jer samo obostrano povjerenje i obostrani interesi dovode do istinskog dogovora.

Da nas u našim prostorima »ništa ne smije iznenaditi«, potvrđuje i činjenica da nakon prijetnji raketiranjem NE Krško, te bezumnog i zločinačkog razaranja na ovim prostorima svega što su ljudski razum i vrijedne ljudske ruke vijekovima stvarale, prijeti se i zločinačkim i bezumnim činom rušenja brane hidroelektrane Peruča na rijeci Cetini, s nesagledivim posljedicama.

Ovom uvodnom diskusijom želi se upozoriti na svu složenost djelatnosti u području energetike, uključujući i naftnu industriju. Posebno u današnjoj situaciji. Moć odlučivanja mora biti, u svako vrijeme i na svakome mjestu, usklađena s odgovornostima u donošenju odluka. Treba izbjegavati donošenje zakona i/ili propisa koji bi se kasnije pokazali nepromišljenima ili čak štetnima. Time se stvara diskontinuitet, a troši se i novac i nepovratno vrijeme. Kreiranje

energetske politike treba dati takva rješenja da ni eventualne izmjene u radnim i vodećim timovima elektrogospodarstva ne dovode na naglih zaokreta koji bi štetili u ostvarivanju glavnih ciljeva, a to su skladni rast i/ili obnova energetske izvora i distribucijskih kapaciteta, prema potrebama potrošnje. Dakako da pritom treba voditi brigu i o utjecaju energetske okruženja (susjedi i svjetski energetske trendovi).

Gotovih recepata tu nema, jer svaka zemlja ima svoje specifičnosti, a u našoj situaciji treba biti svjestan i činjenice da se mnogi problemi moraju tretirati od samog početka.

2. NUKLEARNA ENERGETIKA U HRVATSKOJ DANAS I SUTRA

Iako je Hrvatska vlasnik polovine nuklearne elektrane u Krškom, formalno se može i osporavati postojanje nuklearne energetike u Hrvatskoj. No budući da se ne radi samo o vlasništvu 330 MWe kapaciteta već i o kadrovima koji su sudjelovali u gradnji i sudjeluju u eksploataciji, održavanju, a i u komercijalnom i financijskom servisiranju, Hrvatska stvarno posjeduje inicijalni kapacitet koji bi još godinama trebao obavljati svoju funkciju. Štoviše, Hrvatska sudjeluje i u zbrinjavanju radioaktivnih otpadaka, a vjerojatno će sudjelovati i u pospremanju elektrane kada joj prođe životni vijek.

A kako gledati na budućnost? U prvom redu treba ustvrditi da je za one koji bolje poznaju ovu problematiku, nuklearna energija u najmanju ruku ravnopravna drugim oblicima komercijalne proizvodnje temeljnih količina energije. Taj oblik može imati i znatne prednosti (cijena, zaštita okoline i dr.) prema drugim oblicima. Konačni sud o prednostima i nedostacima zavisi od slučaja do slučaja, ali je neosporno da u sadašnjoj situaciji mnogima odgovara razumna kombinacija nuklearnih elektrana, hidroelektrana i termoelektrana na fosilna goriva. A kada se i posebno i općenito razmatraju tako složeni proble-

mi, mnogi činitelji ovise ne samo o mjestu već i o vremenu u kojem se razmatraju (primjerice stanje nuklearne energetike bitno je bilo drukčije prije dvadeset i pet godina od onoga danas ili onog koje će biti za dvadeset i pet godina). Situacija se danomice mijenja, pa se prave odluke mogu donositi jedino neprestanim praćenjem i analizom događaja i trendova u svjetskoj i domaćoj energetici. Hrvatska siromašna u energentima, možda je i olako ulagala u gradnju energetskih izvora izvan svojih granica. Unatoč tome što bi takve investicije trebale biti od interesa za oba partnera, ako ugovori nisu dobro sročeni ili se ne temelje na istinitim podacima (recimo sporne analize ugljena) ili ako se ne poštuju potpisani ugovori zbog više sile ili drugih okolnosti, onda takva ulaganja mogu rezultirati katastrofalnim rezultatima. Ne radi se tu o pomislima okupacije ugljenokopnih područja ili blokade granica, već, jednostavno, ta područja većinom nisu pogodna za gradnju enormnih kapaciteta zbog nedostatka rashladne vode ili problema zaštite okoline. Primjerice, mrtve bosanske rijeke u doslovnom smislu optužuju za nerazboritu »udarničku« industrijalizaciju i vape za povratak prirodi.

Ni na Kosovu nije situacija bolja. Voda je potrebna i poljoprivredi i industriji. Možda bi banovičko-tuzlanski bazen mogao ugljen transportirati hidraulički (cjevovodom) na sjever do rijeke Save, gdje bi ga konzumirale elektrane. To bi predstavljalo bypass rijekama Jali, Spreči i Bosni. To bi bila zanimljiva studija i za Hrvatsku, čak i s gradnjom kanala Vukovar–Županja na primjer (u nas treba postojati uvijek više rješenja za isti problem). No, budući da se ovdje radi o nuklearnoj energetici, vratimo se toj temi. Čini se da je nuklearna opcija za Hrvatsku neizbježna. Kao tema je apsolutno neizbježna. Budući da ovo nije energetska studija, već samo skica po naslovu ovog članka, najzgodnije je skrenuti pozornost na energetske put nekih europskih zemalja. Neki bi to bio povod za razmišljanje o našoj energetskej situaciji sada i u budućnosti, uz prihvaćanje samo onoga što našim okolnostima najviše odgovara.

Na slici 1. dani su tipovi i starost reaktorskih postrojenja u Zapadnoj Europi, a približna slika stanja udjela nuklearne energije u ukupnoj proizvodnji električne energije u nekim zemljama izgleda ovako:

Francuska	75 %
Belgija	60 %

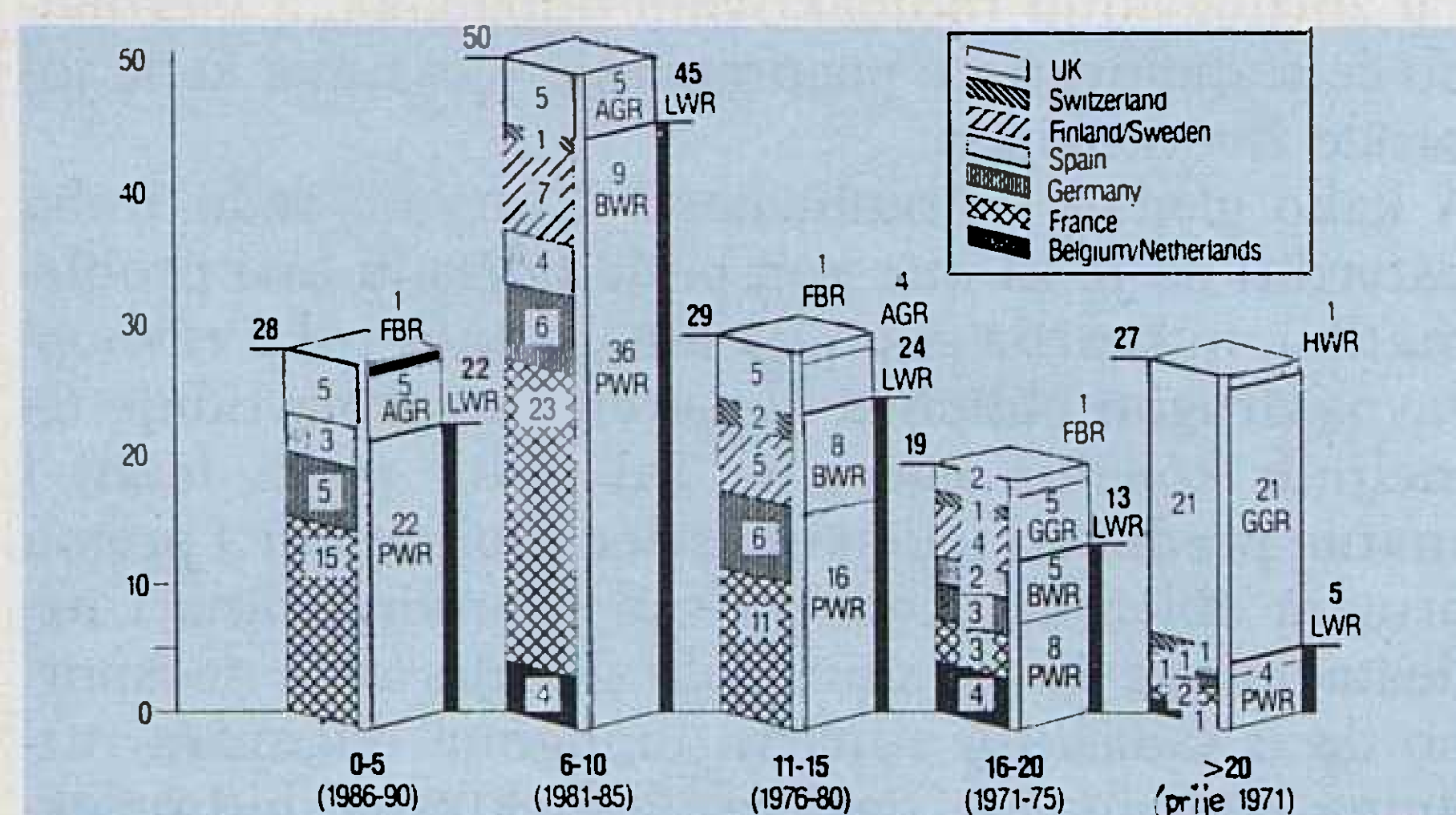
Bugarska	36 %
Njemačka	33 %
Japan	27 %
USA	21 %
Britanija	20 %
SSSR	12 %

I evo karakterističnih energetskej orijentacija nekih europskih zemalja:

Austrija. Početkom sedamdesetih još se uvijek od nuklearne tehnologije očekivalo nešto sasvim izuzetno, možda obilje jeftine energije uz malo uloga u organizaciju i servisiranje takve proizvodnje. Austrija je također izgradila nuklearnu elektranu, ali nikad nije stavljena u funkciju. To je BWR reaktorsko postrojenje približno iste snage kao NE Krško (na međunarodnom natječaju KWU je za Krško nudio identičnu elektranu). Austrijska nuklearna elektrana Tullnerfeld locirana je na Dunavu ispred Beča na gotovo istoj udaljenosti kao Krško uzvodno od Zagreba. Nije ovdje mjesto da se analiziraju uzroci konzerviranja NE Tullnerfeld i odustajanja Austrije od nuklearne energetike, ali se može pretpostaviti da je, osim politike i mišljenja stanovništva, najjači utjecaj imala pojava većeg kvara na referentnoj elektrani Würgessen u Njemačkoj. Naime, u početku rada spomenute elektrane pri otvaranju sigurnosnih ventila, pukla je dekompresijska komora u kontejneru i slijedili su i drugi problemi. Uklanjanje kvarova proizvelo je tolike zastoje da je elektrana u prve dvije godine proizvela samo 25 % moguće količine energije, a komercijalna proizvodnja kasnila je više od 3 godine, te je počela prije završetka Tullnerfelda u Austriji, čiji je start planiran za 1976. godinu. Vjerojatno je u Austriji odabran pogrešan tip reaktora, a možda je sreća u nesreći da se kvar na ovom tipu reaktora dogodio u zemlji proizvođača, gdje se bezbolnije može akcident tumačiti kao »eksperiment«, pa se postiže i veća korist od učenja. Da li je KWU kakvu obvezu Austriji nadoknađivao, nije poznato. No, bilo kako bilo, Austrija je donijela dobru odluku ako može sigurno računati s njemačkom ili drugom susjedskom komplementarnom energetikom i/ili privredom koja raspolaže s dovoljno nuklearnih elektrana. Naravno da si identični »luksuz« nemože priuštiti Njemačka, a konzerviranje izgrađene elektrane netko mora platiti i netko nadomjestiti energetskej izvor u pravo vrijeme i na pravome mjestu.

Francuska. Bez značajnijih domaćih rezervi fosilnih goriva, a s kompetentnom industrijom i tehnologijom, ova zemlja se odlučila na čvrst nuklearni program. Sa svojih 44,7 GW nuklearnih elektrana (druga u svijetu iza USA) proizvodi blizu 75 % svoje elektrike. Na taj način ostvaruje pouzdanu opskrbu električnom energijom, a ostvaruje i profitabilni izvozni posao isporukom energije europskom okruženju.

Švedska. Oskudna u fosilnim gorivima, s razvijenom industrijom, i ona se u samom početku odlučila za razvoj svoje nuklearne energetike. Rezultat toga je 12 reaktorskih postrojenja sa netokapacitetom 9.817 MWe. Sa zamjenom generatora pare u Ringahalsu 2



Slika 1. Tipovi i starost reaktora u Zapadnoj Europi (na ordinati je broj reaktora)

znatno će se produžiti životni vijek ove elektrane, a s novim generatorima pare povećan joj je kapacitet za 7,5 %. U švedskoj proizvodnji električne energije udio nuklearnih elektrana je danas 46 %. No ni ti rezultati nisu postignuti bez otpora. Prema rezultatima referenduma 1980. trebalo bi zatvoriti sve nuklearne elektrane do 2020. godine, počevši sa prve dvije 1995. i 1996.

Iako bi ekonomska cijena tog poteza bila visoka (cijena električne energije mogla bi se udvostručiti), vlada se deklarirala da će poštivati volju naroda. Ali cijena energije dovela bi u opasnost komercijalno vrijednu industriju papira i drvne mase, zatim rudarstvo i metalnu industriju koja zapošljava stotinu tisuća ljudi, odnosno 40 % radne populacije u sjevernom dijelu zemlje. A tu se stvara i približno jedna trećina neto izvozne vrijednosti švedske industrije. Švedska vlada je i nekoliko godina bila spremna platiti ovu visoku cijenu, i to ne zato što bi smatrala nuklearne elektrane nesigurnima (u tom slučaju odmah bi ih zatvorila), već zato što se »zabrinutost naroda mora respektirati«, odnosno radi »mira u kući«. Švedski primjer je pokazao kako se javljaju poteškoće pri ocjeni prihvatljivosti nuklearnih elektrana i zbog toga što i način interpretacije informacije može biti važniji i od same informacije koja je izvor prepirke. Švedska vlada koja ima potpun pristup u detalje znanstvenih, medicinskih i tehnoloških informacija te s iskustvom u proizvodnji i regulativi može kompetentno predlagati energetske politiku, koja može biti i suprotna nekim općim šablonama. Na kraju, ove godine (1991) su se i tri vladajuće partije sporazumjele o novoj energetske politici koja ne spominje bilo kakvo vremensko ograničenje za pogon nuklearnih elektrana. Sporazumu su prethodile tromjesečne diskusije u kojima se uspostavilo da se sa plinovitim ispustima termoelektrana ne bi smjelo prijeći razinu iz 1988. da se ne bi smjele graditi nove hidroelektrane na sjevernim rijekama, a da bi zaustava prvog reaktora 1995. bila nekompatibilna sa zahtjevom da se zaposlenost i životni standard zemlje ne smiju izložiti opasnosti. Jer samo primjenom nuklearne energije mogu se održati cijene koje švedskoj industriji omogućuju nastavak natjecanja u svjetskoj trgovini. U međuvremenu je donesen i petogodišnji energetski budžet (3,8 milijardi švedskih kruna) s programom razvoja alternativnih izvora, s naglaskom na energiji vjetra, sunčanoj energiji, tehnologiji biomase, te proizvodnji etanola za transport. Ako se ne postignu bitno značajniji rezultati, vjerojatno će nuklearne elektrane nastaviti s radom ekonomično i sigurno, kao što su i dosad radile.

Švicarska. U Švicarskoj se neprekidno vodi realna energetska politika, a ekonomske operacije podržane su silama tržišta. Naravno pritom se ne pravi nikakav kompromis u pogledu kvalitete, pouzdanosti i sigurnosti. U vrijeme jeftinih tekućih goriva a još neizgrađenih nuklearnih elektrana Švicarska je sagradila svoj naftovod prema Italiji (Genova). Budno prateći razvoj nuklearne energetike, ova je zemlja gradila i nuklearne elektrane, tako da danas posjeduje kapacitet od 3065 MWe, kojima nadoknađuje 41 %

svojih potreba. Pregled švicarskih reaktora dan je u sljedećoj tablici:

Ime reaktora	Neto MWe	Tip	Glavni isporučilac	Početak komer. rada	Kumulativni faktor korišćenja
Beznau 1	350	PWR	West./BBC	1965.	77,3
Beznau 2	350	PWR	West./BBC	1968.	88,1
Mühleberg	320	BWR	Gestco/BBC	1967.	82,1
Gösgen	940	PWR	KWU	1973.	81,0
Leibstadt	990	BWR	Getsco/BBC	1975.	78,8

Rujna 1990. referendumom je prihvaćen desetogodišnji prekid u izdavanju dozvola za nove nuklearne elektrane, ali je odbačen prijedlog za istovremeno odbacivanje nuklearne energije. Manjak električne energije nadoknađuje se iz francuskih nuklearnih elektrana, a potrošnja neprekidno raste. Interesantno je upozoriti da elektrane u Beznau, Mühlebergu i Gösgenu opskrbljenog toplinom obližnju javnu potrošnju i industriju.

USA. Sjedinjene Države Amerike pokrivaju više od 20 % potrošnje električne energije iz nuklearnih izvora. Iskustva u ugradnji i eksploataciji lakovodnih reaktora (LWR) i obećanja koja daje današnji razvoj nuklearne tehnologije, upućuje na zaključak da će sljedeća generacija nuklearnih elektrana počivati na lakovodnim reaktorima s mnogim poboljšanjima (Advanced Light Water Reactors — ALWR). Američki institut EPRI (Electric Power Research Institute) radi na razvoju dvaju tipova:

- veće snage (oko 1300 MWe), »razvojni« ALWR i
- srednje snage (600 MWe) nazvan ALWR pasivne koncepcije.

Ideja potječe još od 1982. godine, a EPRI je na programu LAWZ započeo 1985. s glavnim ciljevima da se uvedu sva poboljšanja koja rezultiraju iz dosadašnjih iskustava (30 godina rada stotinjak reaktora samo u Americi), te da se u nuklearnu industriju i tehnologiju maksimalno uvede standardizacija. Naravno, u Program je direktno uvedena i NRC, a organizacija sveobuhvatno uključuje i američke i strane institucije i organizacije (bilo na bazi sponzorstva, bilo direktnih aktivnosti). Korisnici, uključeni u Program još od samog početka, traže sigurnija i jednostavnija postrojenja, s većim projektiranim rezervama. Entuzijastičnim prikupljanjem korisničkih zahtjeva došlo se do spoznaje da pored velikih kapaciteta (1 300 MWe) postoji interes i za manje jedinice (600 MWe), tako da manji korisnici ne bi ulagali u velike projekte (interesantno i za naše prilike).

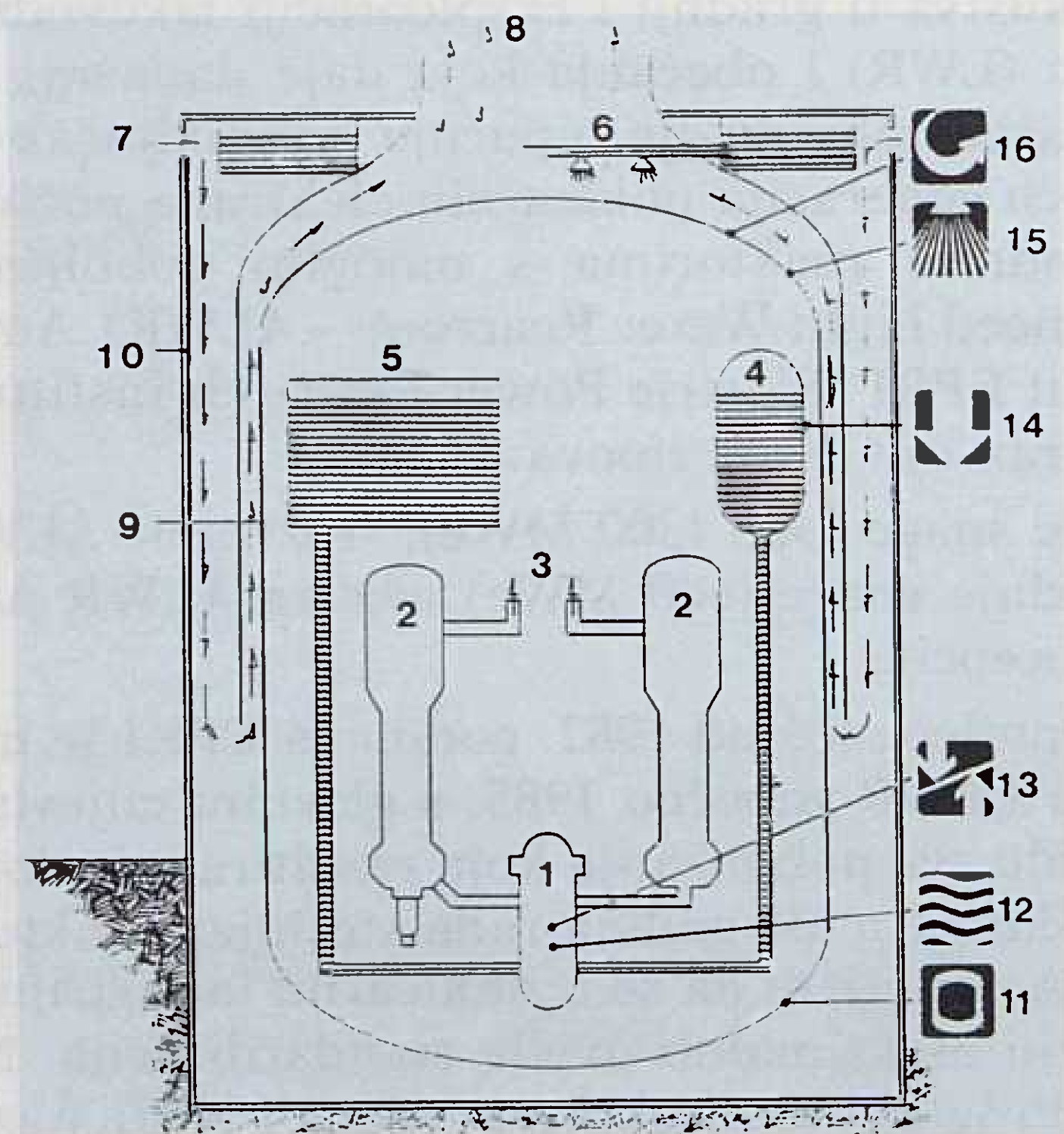
U prvoj fazi istraživanja cilj je bio razviti osnove za »stabilizaciju« regulative U.S. NRC je identificirala više od 700 otvorenih problema koje je trebalo razriješiti. U drugoj fazi rada na ALWR Programu, između ostaloga, rješavani su problemi pojednostavnjenja sistema i sniženja troškova. Time se izbacuje nepotrebna složenost koja je korijen velikoga broja problema na postojećim elektranama. U pogledu cijena Program treba 10 % sniziti troškove u odnosu na ugljenom loženu elektranu nakon prvih 10 godina pogona i oko 20 % u životnom ciklusu u usporedbi na

referentnu ugljenu elektranu tijekom 30-godišnjeg amortizacijskog perioda.

Treća faza ALWR Programa (započeta još 1989) daje potporu korisnicima te kontrolu i pregled projekta dvaju specifičnih »pasivnih« postrojenja koja su odabrana za daljnji razvoj (po Department of Energy — DoE).

U.S. DoE potpisao je veće ugovore s Westinghousom i General Electricom za detaljni razvoj i odobrenje detaljnog projekta pasivnog postrojenja AP 600, odnosno SBWR. Za to je odobreno oko 100 milijuna dolara. Na ovim projektima sudjeluje zajedno s Westinghousom i General Electricom i EPRI, koji također osigurava znatan dio financijskih sredstava. Znatniji program participacije daju i korisnici.

Smatra se da bi ALWR Program bio dovršen kada projekat potvrdi U.S. NRC, a koji odražava dogovor korisnika i potrošača. Na slici 2. prikazano je pasivno hlađenje jezgre u opasnosti (gravitacijski i/ili tlakom plinova), odvođenje ostatne topline i kontejnmentskog sistema za hlađenje. Jezgra se hladi vodom iz velikih spremnika smještenih iznad jezgre.



Slika 2. Pasivno hlađenje jezgre u opasnosti, odvod ostatne topline i hlađenje kontejnmenta. Reaktor (1), Generatori pare (2), izlaz pare (3), voda u akumulatoru pod tlakom dušika i gravitacijom (4, 14), atmosfersko-gravitacijski spremnik (5), gravitacijsko hlađenje kontejnmenta (6, 15), ulaz i izlaz zračne struje za hlađenje kontejnmenta (7, 8, 16), kontejnmentska tlačna posuda (9, 11), betonski štiti (10), simboli za hlađenje jezgre prirodnom cirkulacijom (12) i samoregulacije s padom reaktivnosti pri porastu temperature (13)

No, na kraju se sve svodi na standardizaciju. Naime, Strateški plan Nuclear Power Oversight Committee — NPOC (Nadzorni odbor za nuklearnu energiju) priprema okvir za gradnju novih nuklearnih elektrana u kojem se dozvoljava gradnja novih NE. Pritom je jedan od najvažnijih elemenata velika obveza industrije prema standardizaciji. NPOC Plan predlaže 4 stadija standardizacije ALWR. Prvi stupanj specificira zahtjeve vlasnika/operatora na razini funkcioniranja, pokrivajući sve elemente projekta postrojenja i izgradnje, te mnoge aspekte pogona i održavanja.

Ovaj dokument osigurava viši stupanj standardizacije jer predstavlja suglasnost budućih kupaca na karakteristikama projekta ALWR. Podnošenjem dokumenta NRC-u za pregled i odobrenje očekuje se i sporazum s industrijom na rješenju generičkih sigurnosnih problema. Dokument također opisuje zahtjeve vlasnika/operatora u pogledu projektnih karakteristika (razmještaj opreme, ciljevi pouzdanosti, instrumentacija i kontrola, ljudski faktor, projekt sekundarnih postrojenja, kontrola radijacije, te troškovi kapitala i eksploatacije).

U drugom stupnju standardizacije treba postići da projekt potvrdi NRC. Pritom trebaju biti projektne informacije na razini zahtjeva NRC-a, po kojima ovaj može dati konačne sigurnosne određenosti. Komerijalnom standardizacijom (treći stupanj) postiže se razina kompletnosti projekta i dobiju se specifični inženjerski detalji (stupanj djelovanja, gospodarski efekti).

Četvrti stupanj standardizacije treba NRC-u demonstrirati projektne detalje tako da ovome nije potreban regulatorni pregled izvan zahtjeva postavljenim u 10 CFR 52.

Standardizacija nameće velike obveze svim sudionicima u projektu kao industrijskim participantima, ali zato izgrađeno postrojenje ne bi smjelo biti ugroženo novim zahtjevima. Na taj način očekuje se u Americi ponovno otvaranje nuklearne opcije.

Nakon ove ilustrativne diskusije može se dati komentar nuklearne energetike u nas danas i sutra. Kako uspješno i koliko dugo će Hrvatska i Slovenija koristiti NE Krško kao čist i pouzdan izvor električne energije, ovisi o stupnju organiziranosti servisiranja proizvodnje. Naravno da je najbolje rješenje da se elektrana koristi čitav životni vijek, odnosno dok se može osiguravati pouzdan pogon i održavanje (dok joj se sigurnost eksploatacije ne smanjuje). Uz pretpostavku da obje zemlje kontinuirano osiguravaju tehnički i financijski servis te strogi i kompetentni nadzor na svim područjima aktivnosti, nerazumno bi bilo ulagati sredstva u eventualno zatvaranje kad se i manjim sredstvima mogu još više usavršiti sistemi i/ili organizacija, koji eventualno ne bi odgovarali najvišoj razini. Osim toga, kada bi i postojala financijska sredstva, zamjenski izvor u pravo vrijeme i na pravom mjestu jedva je zamisliv, pa makar koliko se to željelo.

A kakva je budućnost? U prvome redu, nakon svih političkih promjena energetske politiku ne bi trebalo apriori voditi zavisno od susjeda, iako je suradnja neizbježna. No ta suradnja mora biti od obostranih interesa i garantirano dugoročna.

Hrvatska, siromašna u fosilnim gorivima (domaće rezerve nafte i plina mogu se i racionalnije koristiti), vjerojatno će trebati veći dio proizvodnje električne energije zasnivati na nuklearnim izvorima, iako ni alternativni izvori nisu zanemarivi. Strukturu energetskih izvora treba dati jedan dobro smišljeni i organizirani energetske strateški plan. Plan mora biti vrlo dinamičan, a to znači da se njegove dobre osnovne strukture kontinuirano dopunjavaju najnovijim spoznajama i promjenama situacije. Tome je preduv-

jet da jedan vrlo kompetentan tim stalno prati, provjerava i analizira sve događaje na području razvoja energetske tehnologije i tehnike, kao i na području projektiranja, gradnje, eksploatacije, regulative i marketinga. Dobri planovi i programi ne zahtijevaju veća financijska sredstva u izradi, već potpune i pravovremene informacije. Republika Hrvatska treba i može graditi nuklearnu elektranu, ali se pritom apsolutno mora izbjeći svaki promašaj, a za to je potrebna dobra organizacija, detaljno planiranje i pravi odgovor na svako pitanje.

3. ZAKLJUČAK

Gradnja nuklearnih elektrana može se organizirati samo u dobro organiziranom društvu i sa stabilnom političkom situacijom. S obzirom na ratne prilike u nas sada, a u perspektivi potrebe rješavanja vrlo složenih gospodarskih i energetskih problema, potrebno je hitno djelovati na izradi strategijskog energetskog programa. Taj program trebao bi u svako vrijeme dati najprihvatljivije rješenje za najveći broj nastalih i/ili predvidivih energetskih problema.

LITERATURA

- [1] NEI, March 1991., World News, U.S. DoE proposal to complete ALWR design;
- [2] NEI March 1991., World News, Back to a nuclear future;
- [3] T. U. MARSTON, W. H. LAYZMAN and W. R. SUGNET, »Update on the ALWR Program: the future of nuclear power in the USA«, NEI, Dec. 1991.;

- [4] B. L. COHEN, »The Nuclear Energy Option«, Plenum Press, N. Y. & London 1990.;
- [5] G. GREENHALGH, »The Future of Nuclear Power«, Graham & Trotman, London 1988.
- [6] G. GREENHALGH, »Sweden back from the brink«, NEI, March 1991.
- [7] D. SEELIGER, »PLEX: is it ever too soon to start? — the view from Germany«

FUTURE OF NUCLEAR ENERGY IN CROATIA

Condensed and precisely, the most important characteristics of the nuclear energy of some countries are given, from the point of strategic orientation as well as from the aspects of technical-economical demands on the new nuclear generation. A realistic position of the nuclear plants in Croatian development plans is predicted.

DIE ZUKUNFT DER KERNENERGIE BEI UNS

Hier werden zusammenfassend und präzise die wichtigsten Charakteristiken der Kernenergie einiger Länder sowohl vom Aspekt der Strategie als auch vom Aspekt der technoökonomischen Ansprüche für die neue Generation der Kernkraftwerke besprochen.

Naslov pisca:

Vladimir Vuković, dipl. inž.
41000 Zagreb, Kroflinova 38,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1991-12-26.

Republički hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske izdaje jedanput godišnje publikaciju »Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike u Republici Hrvatskoj«.

Težište takve publikacije za 1990. godinu odnosi se na ekstremnu sušu i njene posljedice na razne vidove života, kao i na uzroke koji su doveli do te suše. U doba pisanja ovog izvještaja (ožujak 1992) očekuje se izlazak publikacije za 1991. godinu.

S obzirom na utjecaj meteoroloških i hidroloških prilika na energetiku, a naročito na elektroprivredu korisno je da se stručnjaci upoznaju s tom publikacijom, a naročito bi bilo korisno da daju sugestije redakciji publikacije u vidu njenog daljeg unapređenja.

Publikaciju je moguće pogledati u redakciji Energije.

Z. C.

Elektromaterijal Rijeka



35. godina

TRGOVINA I USLUGE, DRUŠTVENO PODUZEĆE SA P.O.
TRGOVINA NA VELIKO
RIJEKA — Dimitrija Tucovića 13
Žiro račun 33800-601-12386

Telefon: centrala
051/37-777

Telex: 24339
24671

Telefax: 051/213-670

RADNE JEDINICE:

RADNA JEDINICA ZAGREB

Tel: 041/528-872
041/520-484
041/520-878

RADNA JEDINICA PODRAVSKA SLATINA

Tel: 054/751-010
054/751-263
054/751-481
28-030

RADNA JEDINICA ZADAR

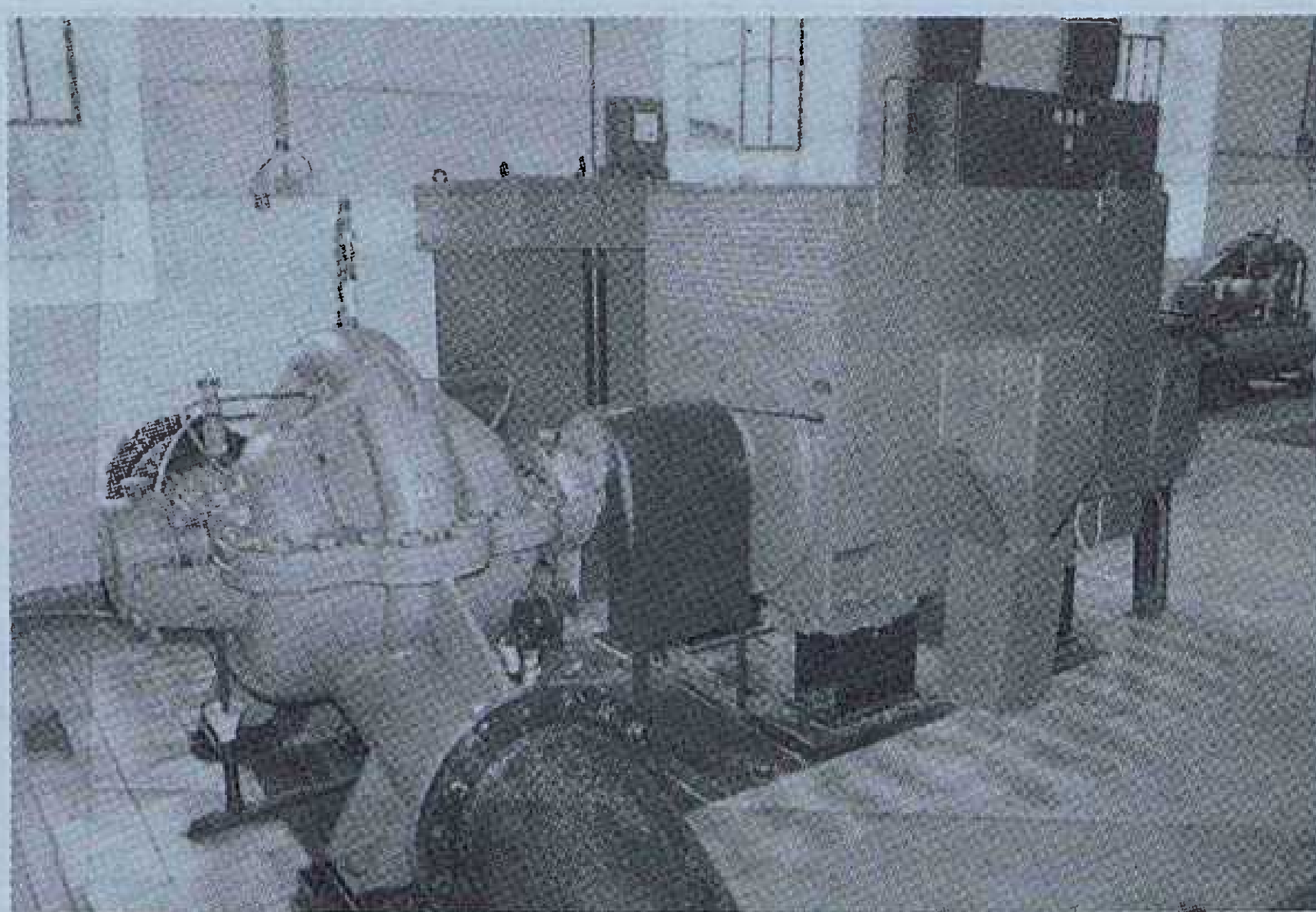
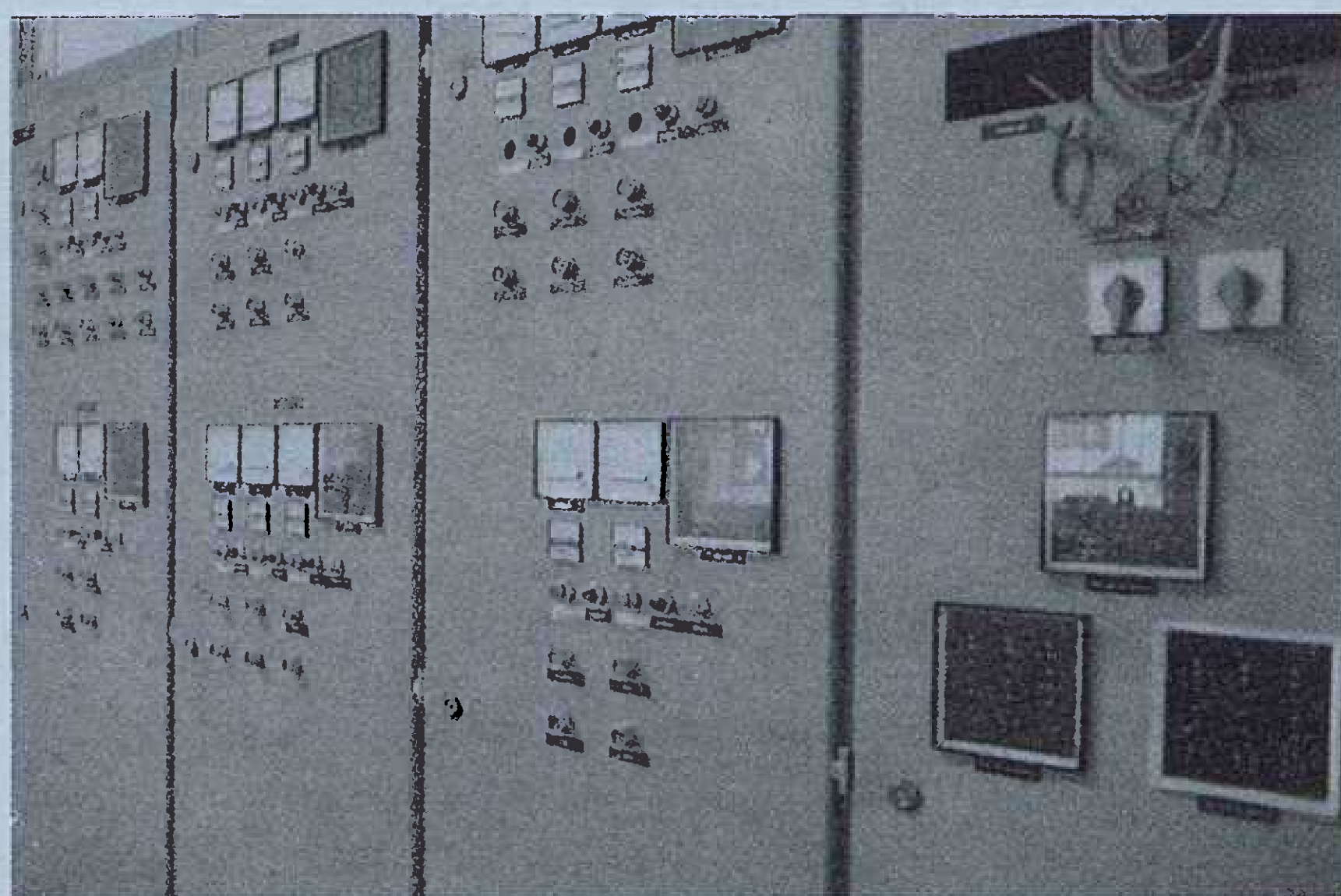
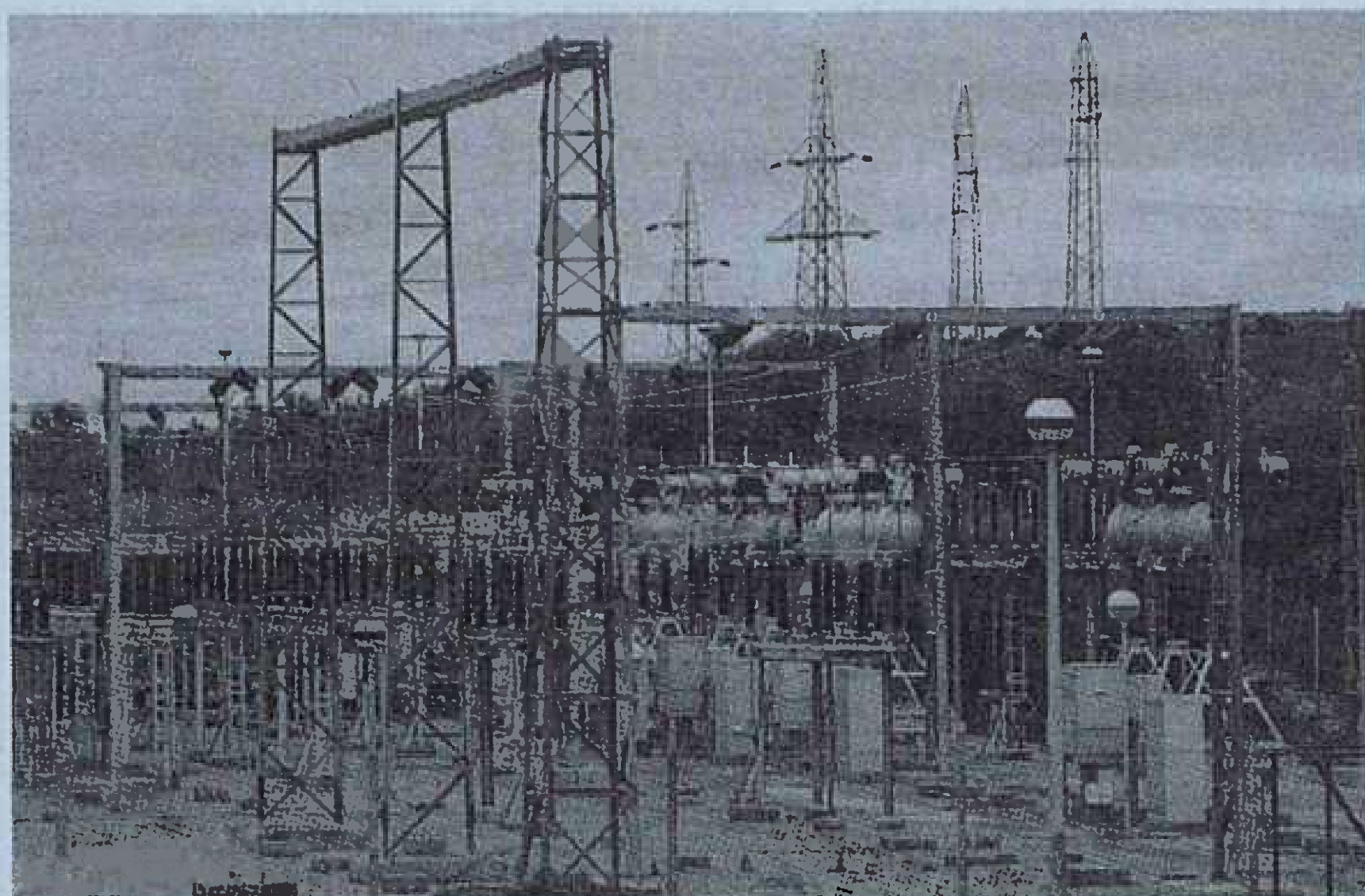
Tel: 057/24-440
057/24-844
27-236

Obavljajući djelatnost prometa roba i usluga u trgovini 117-tom granom »Elektromaterijal« opskrbljuje slijedeće najznačajnije potrošače: Elektroprivredu, brodograđevnu i ostalu industriju, građevinska, montažerska, PTT i ostala poduzeća i korisnike, kao i trgovinu na malo.

Organizirani smo u tri sektora, u okviru kojih su specijalizirane poslovnice.

Izvan sjedišta poduzeća posluju tri vanjske radne jedinice sa skladištima, komercijalnim i ostalim pratećim službama i to u: Zagrebu, Zadru i Podravskoj Slatini te razgranatom putničko-predstavničkom mrežom po cijeloj zemlji.

Imajući u vidu bogatstvo asortimana, dnevno prisutnog na našim skladištima, veliko iskustvo u obavljanju ove značajne funkcije u društvenoj reprodukciji, kao i solidnost u dosad povjerenim poslovima, želja nam je da i ubuduće uživamo Vaše povjerenje.



TEMELJI STRATEGIJE ODREĐIVANJA LOKACIJE ODLAGALIŠTA RADIOAKTIVNOG OTPADA

Mr. Damir Subašić, Zagreb

UDK 620.9:621.039.7

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Analizom dosadašnjih neuspješnih pokušaja u Hrvatskoj i uspješnih i neuspješnih pokušaja u drugim zemljama, u ovom se radu pokušavaju utvrditi temeljne postavke strategije određivanja lokacije odlagališta radioaktivnog otpada, i to takve strategije koja bi mogla pribaviti naklonost javnosti te bi zbog toga mogla biti uspješna.

Ključne riječi: odlaganje RAO, lociranje RAO, prihvatljivost RAO.

UVOD

Ideja održivog razvoja neozaobilazno uključuje obvezu da otpad koji smo stvorili zbrinemo na takav način da ne stvara probleme budućim generacijama. Malo se zamjerki može postaviti takvom načelnom stavu. Međutim, u provođenju, realizaciji ove ideje stvari nimalo nisu tako jednostavne i jasne. Kada se razmatra radioaktivni otpad (RAO), bilo u svijetu bilo kod nas, čini se da prihvatljivog rješenja za odlaganje nema, iako se tehnički i financijski problem ne ubraja u teško rješive. Sve se slamalo na tome da li je lokacija prihvatljiva javnosti. No i takvi negativni rezultati mogu biti korisni, ako ničemu a onda bar tome da se iste greške ne ponavljaju. Ovo je pokušaj da se na temelju saznanja iz naših ali i tuđih primjena koncipiraju temelji strategije određivanja lokacije koja ne bi ponavljala već dokazane greške, pa bi zbog toga mogla uspjeti.

ZNAČAJKE DOSADAŠNJIH POKUŠAJA

Dosadašnji pokušaji lociranja odlagališta RAO u Hrvatskoj zasnivali su se na tradicionalnom pristupu:

1. lokacija se određuje (izabire) u vrlo uskom stručnom krugu;
2. određena izabrana lokacija se obznanjuje javnosti;
3. lokacija se brani osmišljenim programom informiranja javnosti ili bez njega.

Takvi pokušaji su naročito brzo propadali ako je javnost za njih doznala prije kraja ili u toku izbora, to jest ako su se otkrili »trajni projekti« odnosno »državne tajne«.

Za sudionike izbora, tj. za one koji su provodili takve »tajne projekte«, vlast je uvijek bila jedan od najvećih krivaca za neuspjehe jer nije u kritičnom momen-

tu dala »odgovarajuću« podršku lociranju objekta općeg značenja, i to na najpodobnijem mjestu.

RAZLOZI NEUSPJEHA

Jedna vrlo značajna analiza ovih neuspjeha, osim prethodno spomenutih značajki, ukazala je i na preveliku nadređenost tehnicističkih, to jest sigurnosnih i tehnno-ekonomskih kriterija izbora lokacije, a zapostavljanje kriterija zaštite okoliša, prostornog uređenja i socioloških aspekata lociranja koji često mogu prema tehnicističkim čak izgledati iracionalni [1]. Upravo suprotno onome na što nas upućuje iskustvo drugih, to jest da je mnogo lakše nadoknaditi tehnički ili ekonomski nedostatak lokacija, a da je najteže promijeniti društvenu prihvatljivost.

Nalaženje tehnicistički najbolje lokacije te tek nakon toga njezino konfrotiranje drugim »sociološkim« kriterijima, to jest prihvatljivosti javnosti, uz pokušaje da se dobrim tehničkim i ekonomskim karakteristikama zasjene i omalovaže loše sociološke strane lokacije, bila je najveća greška. Takvim pristupom rješavanju problema prilazilo se s pogrešne, to jest manje bitne strane, pa su se stvarale nepovoljne okolnosti (čak frustracija) kada su otvoreni bitni problemi — prihvaćanje lokacije od okolnog stanovništva. Program informiranja javnosti i medijske podrške često je bio koncipiran tako da nekritički, bespogovorno i s visine stručne superiornosti brani izbor tehnički najbolje lokacije obavljen u zatvorenom i stručno uskom krugu. Polazio je od pretpostavke da je lokalno stanovništvo samo auditorij za retoričke vježbe i nastupe monološkog tipa. Osim toga, takve programe medijske podrške i informiranja javnosti provodili su sami već »kompromitirani« nosioci projekta s vrlo niskom razinom kredibiliteta u javnosti, a bili su namijenjeni najzagriženijim protivnicima. Često su to bili samo zakašnjeli demantiji nekih njihovih istupa, dok su ti isti već lansirali nova »otkri-

ća«, »činjenice«, »optužbe« ili druge kompromitirajuće podatke.

Vladalo je uvjerenje da će se edukacijom, tj. povećanjem činjeničnog znanja o odlaganju RAO promijeniti stavovi javnosti, pa se na »prosvjeđivanju« naroda nešto pokušalo dobiti, iako stručnjaci smatraju da je samo poznavanje činjenica irelevantno za orijentaciju stavova [2].

Zbog svega toga neprihvatanje izabrane lokacije brzo je prerastalo u žestoko protivljenje bilo kakvom daljnjem radu na lokaciji, pa čak i bilo kakvom daljnjem razmatranju te lokacije i daljnjim kontaktima.

PERCEPCIJA RIZIKA

Međutim, čak i savršeno dobar program komuniciranja s javnošću imao je male šanse ako je izbor lokacije bio tradicionalan, to jest ako se lokacija nametala. Bit je u tome da je rizik stanovništvu **nametnut** a da nije **izabran**. Neki autori smatraju da je doživljaj straha i zabrinutosti od jednakog rizika ako je volonterski izabran i do 1 000 puta manji nego ako je taj isti rizik nametnut [3], to jest da je isti rizik neusporedivo lakše prihvatljiv ako je volonterski. Objašnjenje je uglavnom u osobnoj, izravnoj te brznoj i koristi i riziku kod izlaganja volonterski izabranom riziku (promet, skijanje), dok je kod nametnutog rizika korist opća, posredna i dugoročna, a rizik uglavnom neposredan i vrlo usko prostorno i demografski fokusiran. Tu nepravdu u raspodjeli rizika i koristi treba vrlo pažljivo pokušati ublažiti nadoknadama što je predmet posebnog razmatranja [4].

KOOPERACIJA UMJESTO KONFRONTACIJA

Analiza dosadašnjih programa komuniciranja s javnosti te saznanja o percepciji volenterskog i nametnutog rizika pokazale su da program komuniciranja javnosti ne smije biti ciljan da informira javnost, tj. nametne stav kako je mali rizik koji im prijeti od odlagališta, pa zbog toga ne moraju brinuti jer je stručno utemeljeno da prihvate lokaciju odnosno da potvrde izbor. Mnogo je važniji cilj da program komuniciranja što prije kooperativno uključi javnost u izbor lokacija umjesto da je konfrontacijski uključena u proces potvrđivanja (verificiranja) lokacije.

Uključivanjem javnosti u proces izbora lokacije može se postići situaciju u kojoj lokacija nije nametnuta, pa ni rizik nije nametnut, već je suodlučivanjem dobrovoljno izabran, dakle volonterski. Takva aktivnost koja reducira percepciju rizika za faktor 1000 nužna je i opravdana, jer ni jedan program informiranja javnosti ni nadoknada to ne može postići.

Osjetljiva strana ovakvog pristupa jest u tome što se i formalno forsira iskazivanje stava javnosti i onda kada takvo izjašnjavanje javnosti nije regulativom obvezno. No da li je to stvarno osjetljiva, opasna i loša strana? Kao prvo, iskustvo je pokazalo da javnost de facto ima pravo veta pri potvrđivanju lokacije odlagališta RAO. Ako se to prihvati kao realna činjenica,

ne mijenjaju se pozicije između države koju zastupa investitor i lokalnog stanovništva. Međutim, bitno je što se to pravo formalno priznaje **unaprijed**, pa odnosi **od početka** postaju partnerski, a ne tutorski. Ako se krene u pregovore s aspekta ravnopravnih partnera, veće su mogućnosti za toleranciju sudionika i za postizanje kompromisa koji su u ovom poslu nužni, jer idealnih lokacija bez posljedica nema, a odlagalište nam treba i negdje mora biti smješteno.

Čak ako javnost demokratskim izjašnjavanjem definitivno zahtijeva zabranu izgradnje odlagališta na bilo kojoj lokaciji, takva odluka je korisnija što je ranija. U takvom nesretnom slučaju potencijale ne treba beskorisno trošiti na pripremu izgradnje odlagališta, nego na obustavljanje primjene radioaktivnih izvora i na njihovu eventualnu supstituciju, što bi mogao biti prilično izazovan zadatak. Evaluacija te opcije razvika društva vjerojatno bi bila konstruktivniji doprinos rješavanju pravih ekoloških problema, među kojima i odlaganja RAO, nego što bi to bilo nametanje javnosti lokacije odlagališta RAO.

LOKALNA JAVNOST

Očita je poteškoća s kooperativnim pristupom u tome na koju javnost se primjenjuje, tj. odnosi. Ako cjelokupno stanovništvo suodlučuje, ono će konačnom sigurnom odlaganju RAO davati podršku sve dok se ne definira nekoliko potencijalnih lokacija. Nakon toga i dalje će većina ukupnog stanovništva biti za to da se ozbiljan ekološki problem riješi, tj. da se RAO civilizacijski zbrine. Međutim, stanovnici u okolici bit će protiv (NIMBY sindrom). Takva većinska podrška je bezvrijedna jer dolazi od onih koji žive daleko od lokacije. Kooperativnost treba razvijati sa stanovnicima oko potencijalne lokacije jer su oni bitni.

To znači da za primjenu ovakvog pristupa treba prethodno provesti neki preliminarni izbor većeg broja potencijalnih lokacija. Time se odmah osigurava i vrlo važno zadovoljenje minimuma zahtjeva sigurnost i zaštite okoliša s kojima ne smije biti kompromisa [5]. Bitno je da broj izabranih potencijalnih lokacija bude dovoljno velik da ne izazove NIMBY ponašanje. Prema iskustvima iz Velike Britanije [6], NIMBY ponašanje počinje tek kada se preostali broj potencijalnih lokacija u razmatranju smanji ispod deset.

SOCIOLOŠKI KRITERIJI

Već u takvom prethodnom izboru potencijalnih lokacija moraju se razmatrati i kriteriji zaštite okoliša, prostornog uređenja, kao i oni sociološki. Ne koriste se u fazi grube eliminacije nepodobnih prostora, već se koriste u fazi rangiranja potencijalnih lokacija. Pritom je naglasak na analizi organizacije prostora, postojećoj i planiranoj namjeni korištenja prostora, odnosno stupnju društvene prihvatljivosti s obzirom

na objektivne i subjektivne promjene »vrijednosti« prostora. Primjenjuju se takvi kriteriji koji daju prednost postojećoj i planiranoj organizaciji prostora koja pretpostavlja manje suprotnosti i time veću društvenu prihvatljivost, te prirodnim karakteristikama koje osiguravaju niži stupanj osjetljivosti ili manje posljedice izazvane odloženim otpadom (takozvani sociološki kriteriji) [7]. Ti se kriteriji primjenjuju do relativno velikih udaljenosti (20 km) od potencijalnog odlagališta, čime se kompenzira eventualno buduće pomicanje mikrolokacije.

Najkraće rečeno, povoljnije su one potencijalne lokacije kod kojih se mogu očekivati manji objektivni i subjektivni konflikti s postojećim korisnicima prostora. Ukupni težinski faktor koji je potrebno pridati svim kriterijima iz ove grupe može iznositi oko 10 %. Bit je primjene »socioloških« kriterija da se njima pokušavaju ukloniti pogreške iz prethodnih pokušaja, to jest da se ne traži sigurnosno-tehnički najbolja lokacija. Izabiru se samo one sigurnosno i tehnički prihvatljive potencijalne lokacije koje bi mogla prihvatiti javnost. Takve lokacije nisu nužno i tehnički najbolje, ali je taj tehnički »nedostatak« takve razine da ga je moguće inženjerskim zahvatima i rješenjima potpuno kompenzirati.

Takvim pristupom »sociološki« kriteriji zapravo postaju vrlo važni, čak nadređeni, naravno tek i samo nakon što su najnužniji i najbitniji sigurnosni zahtjevi posve ispunjeni.

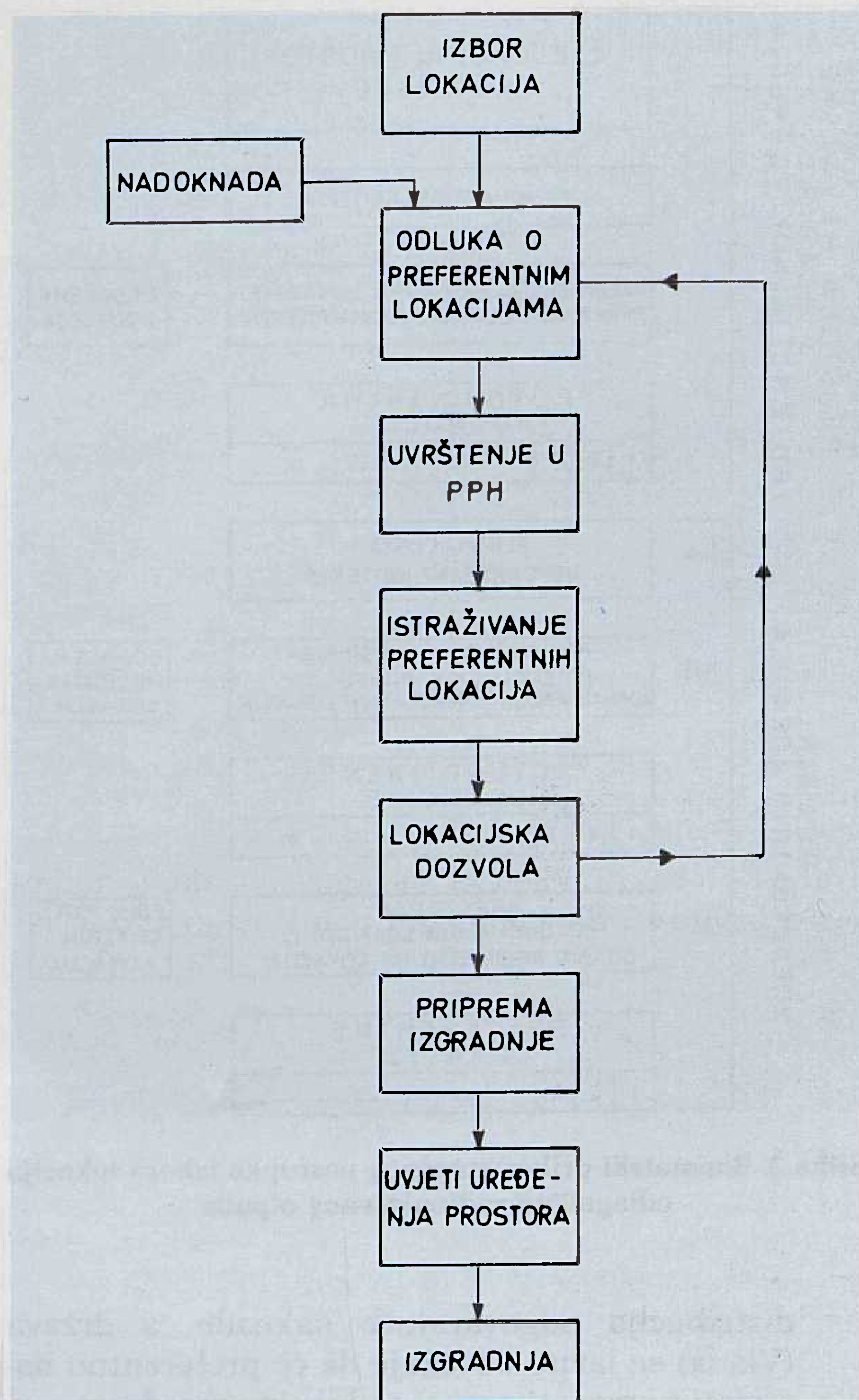
Time su otvorene mogućnosti za kooperativan pristup s lokalnom javnošću. Idealno bi bilo kada bi se od velikog broja (50) tako izabranih potencijalnih lokacija volonterski javili okolni stanovnici neke od lokacija. Za takvo što mogla bi pomoći nadoknada pažljivo prostudirane i odabrane vrste i visine, što je predmet posebnog razmatranja [8]. Ako nema volontera, kooperativni pristup se nudi preferentnim lokacijama iz skupine potencijalnih, uz napomenu da je preferentnost određena uglavnom »sociološkim« kriterijima.

POSTUPAK

Na temelju prethodnih razmatranja, kojima su koncipirane temeljne postavke strategije određivanje lokacije, u nastavku slijedi prijedlog postupka za određivanje lokacije (slika 1). Zasnovan je na što većem otklonu od tradicionalnoga konfrontacijskog pristupa i na težnji za kooperativnim određivanjem lokacije.

1. Prethodni izbor lokacija

- 1.1. Kao da dosada nije ništa rađeno, zanemaruju se svi prethodni rezultati i nanovo započinje stručni postupak izbora lokacija od cijelog teritorija Republike Hrvatske.
- 1.2. Definira se metodološki pristup (temeljen i na prethodno razmatranom) kojemu su značajke interdisciplinarnost, javnost i postupnost odlučivanja. Provođi se javna stručna verifikacija metodološkog pristupa.

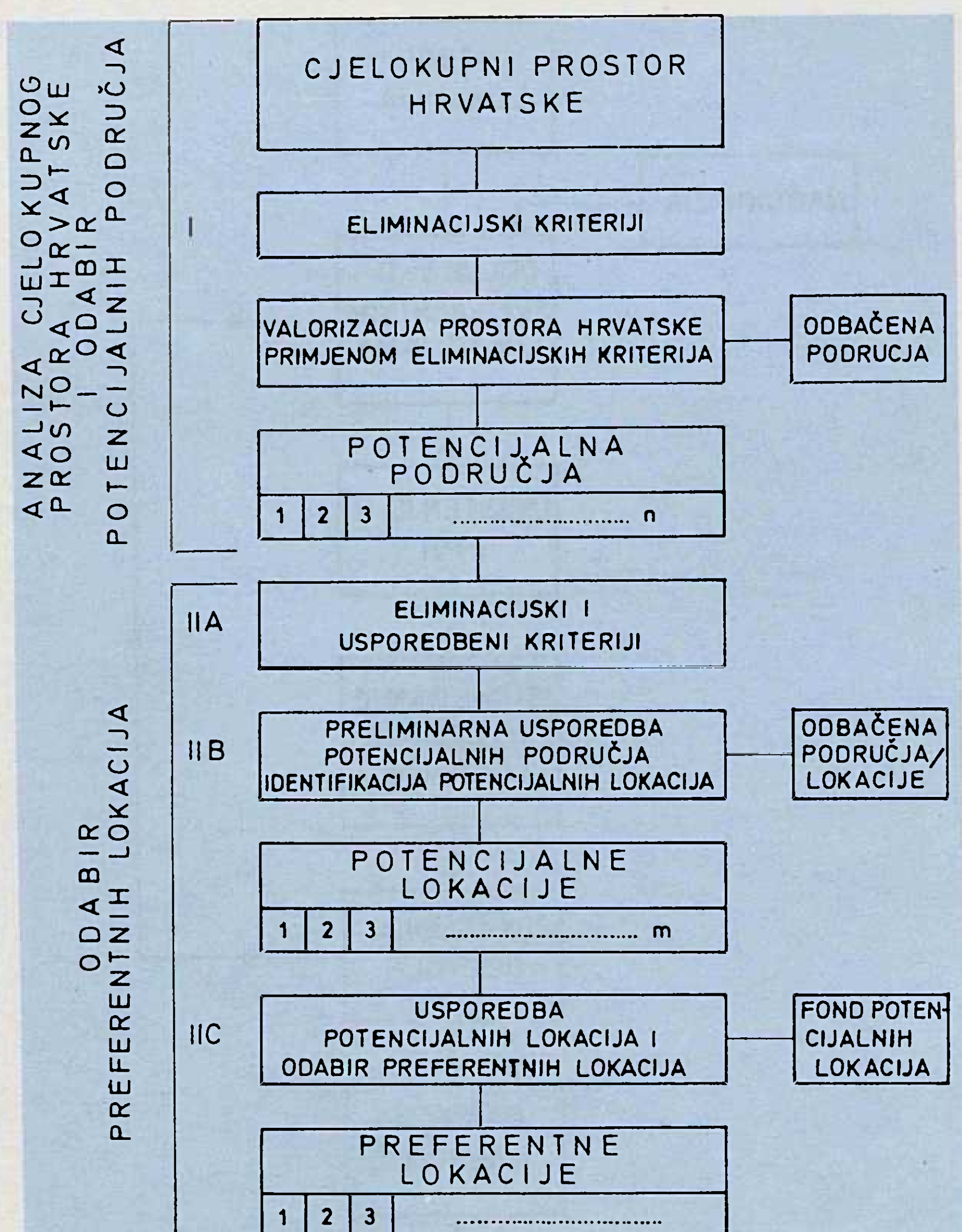


Slika 1. Shematski prikaz postupka određivanja lokacije odlagališta radioaktivnog otpada

- 1.3. Uz probnu i preliminarnu primjenu definiraju se kriteriji za izbor lokacije. Provođi se javna stručna verifikacija kriterija.
- 1.4. Bez izlaska na teren (terenskih istraživanja) primjenom verificiranih kriterija izabiru se i određuju sve potencijalne lokacije na teritoriju Republike Hrvatske. U slučaju neoperativno velikog broja odbacuju se manje podobne potencijalne lokacije, te se prioriteto za daljnja razmatranja i istraživanja ističu i određuju četiri preferentne lokacije.
- 1.5. Angažiranjem nezavisnih domaćih i inozemnih stručnjaka javno se verificira cijeli posao izbora i potencijalnih i četiri preferentne lokacije. Postupak verifikacije završava raspravom i odlukom Sabora. (Slika 2. daje prikaz jednog konkretnog (7) postupka izbora više lokacija.)

2. Nadoknada

- 2.1. Zakonskim aktom ili na neki drugi način lokalnoj zajednici koja prihvati odlagalište RAO određuje se i garantira iznos, dinamika, trajanje i



Slika 2. Shematski prikaz stručnog postupka izbora lokacija odlagališta radioaktivnog otpada

distribucija odgovarajuće naknade, a država (Vlada) se javno obvezuje da će preferentno nastojati pomagati razvoj te lokalne zajednice.

3. Odluka o preferentnim lokacijama

- 3.1. Pozivaju se organi lokalne uprave u okolici svih potencijalnih lokacija da se volonterski prijave za daljnji postupak određivanja lokacije, to jest da »svoju« potencijalnu lokaciju prijave za status preferentne lokacije.
- 3.2. Ako u razumnom roku (3 mjeseca) ne bude volonterskih prijava za status preferentne lokacije, kao takve se utvrđuju one koje su određene u stručnom postupku izbora.

4. Uvrštenje u Prostorni plan Hrvatske

- 4.1. Za tako utvrđene preferentne lokacije Vlada Republike Hrvatske donosi odluku o pokretanju postupaka izmjena i dopuna Prostornog plana Hrvatske.
- 4.2. Preferentne lokacije se obvezatno uvrštavaju u Prostorni plan Hrvatske u skladu propisanom procedurom koja uključuje javnu raspravu i konačnu odluku Sabora. Time se stječe uvjet za provođenje terenskih istraživanja. Preostale potencijalne lokacije »čekaju« dok se preferentne potvrde ili odbace zbog prirodnih karakteristika ili stava javnosti.

5. Suodlučivanje lokalne javnosti

- 5.1. Odmah nakon odluke o preferentnim lokacijama mora započeti i formalna suradnja s lokalnom javnošću radi suodlučivanja.
- 5.2. U tu svrhu lokalno stanovništvo: a) upoznaje se s planovima za odlaganje i o svim aspektima odlaganja RAO; b) organizira se za iskazivanje i zaštitu vlastitih prava i interesa u vezi s potencijalnim odlaganjem RAO, i to osnivanjem formalnih tijela (komiteta, komisija) za tu namjenu; c) uključuje se u nadzor provođenja svih aktivnosti; d) uključuje se u donošenje odluka o svim bitnim aktivnostima u vezi s potencijalnim odlaganjem RAO; e) izabire opcije tehničkih rješenja eventualnog odlaganja RAO, zaštite okoliša te sigurnosti, ako bi do izgradnje došlo.
- 5.3. U međuvremenu investitor: a) poklanja ukupna sredstva za pokriće troškova informiranja i organiziranja pod 5.2. a) i b), te troškova nezavisnih ekspertiza potrebnih u vezi s ulogom lokalne zajednice pod 5.2. c), d) i e); b) plaća troškove odvjetničke kancelarije ili drugog zastupnika prava i interesa lokalnog stanovništva kojega oni sami izaberu; c) nadoknađuje sve štete koje, u međuvremenu od nominacije za Prostorni plan Hrvatske do odluke o lokaciji, trpi lokalno stanovništvo.
- 5.4. Suradnja se razvija s javnošću u okolici svih preferentnih lokacija, a kako rezultati terenskih istraživanja budu ukazivali više na jednu od preferentnih lokacija, tako će se i intenzitet i kvaliteta suradnje i suodlučivanja seliti na tu lokaciju.
- 5.5. Jednako, kako će rezultati istraživanja isticati neku od preferentnih lokacija, tako isto treba na temelju rezultata suradnje i suodlučivanja s lokalnom javnosti procjenjivati »sociološku« podobnost te lokacije te donositi odluke o daljnjem preferiranju i neke tehničke manje privlačne lokacije.

6. Istraživanje preferentnih lokacija

- 6.1. Najkasnije četiri mjeseca nakon uvrštenja u Prostorni plan moraju započeti detaljna dugotrajna i skupa **terenska** istraživanja preferentnih lokacija.
- 6.2. Terenska istraživanja se provode etapno s namjerom da se nakon završetka prve etape, koja se provodi na svim preferentnim lokacijama, daljnja istraživanja provode samo na onoj lokaciji koja se iskazuje izrazito podobnom.
- 6.3. Utemeljeno na rezultatima istražnih terenskih radova, definitivna odluka o onoj preferentnoj lokaciji koja se kao podobna predlaže za izgradnju mora se donijeti najkasnije 24 mjeseca nakon uvrštenja u prostorni plan Hrvatske.
- 6.4. U odlučivanju koja se lokacija predlaže za izgradnju ne smije biti kompromisa s temeljnim zahtjevima sigurnosti i zaštite ljudi i okoliša. Ako više preferentnih lokacija zadovoljava te te-

meljne zahtjeve, izbor se zasniva na rezultatima suradnje i suodlučivanja s lokalnom javnošću.

7. Ishođenje lokacijske dozvole

- 7.1. Za onu preferentnu lokaciju za koju su terenska istraživanja potvrdila podobnost i za koju je razvijena obećavajuća suradnja i suodlučivanje s lokalnom javnošću podnosi se zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole.
- 7.2. Lokacijsku dozvolu izdaje nadležni republički organ uprave. Propisana procedura utemeljena je na nezavisnoj provjeri podobnosti lokacije koju investitor dokazuje analizom rezultata istražnih radova.
- 7.3. Izdavanjem lokacijske dozvole podobnosti lokacije s aspekta mogućeg ugrožavanja ljudi i okoliša od radioaktivnosti smatra se dokazanom.

8. Izgradnja

- 8.1. Ako je izdana lokacijska dozvola, investitor je dužan intenzivno nastaviti s pripremom izgradnje i u što kraćem roku započeti s izgradnjom. O obvezama i garancijama investitora za vrijeme izgradnje i rada odlagališta sklapa se s lokalnom upravom ili tijelima pod 5.2. b) poseban ugovor u roku 3 mjeseca nakon izdavanja lokacijske dozvole.
- 8.2. Ugovorom investitor preuzima obvezu da: a) i nadalje pokriva sve troškove kao pod 5.3; b) doznači jednokratnu sumu za prihvaćanje lokacije u iznosu koji je određen zakonskim aktom. U svijetu je to oko 2 mln. USD; c) precizira iznos, dinamiku, trajanje i distribuciju zakonom propisane nadoknade. U svijetu je uobičajena godišnja nadoknada u iznosu 200 000 USD kroz cijeli radni vijek odlagališta (oko 40 godina); d) kao uvjet za početak izgradnje odlagališta preuzima obvezu da s lokalnim stanovništvom sklopi ugovor o participaciji u budućim razvojnim programima; e) kao uvjet za početak odlaganja RAO preuzima obvezu da pripremi za potpis ugovor između lokalne uprave i trećeg partnera za zajedničku realizaciju jednog projekta relevantnog za razvoj lokalne sredine; f) preuzima obvezu stipendiranja svih lokalnih odličnih učenika i doškoloavanja radnika za zapošljavanje u izgradnji ili radu odlagališta, u čemu prioritet imaju lokalni stanovnici.

9. Ponavljanje postupka

- 9.1. Ako se sve preferentne lokacije odbace bilo istražnim radovima bilo zbog neuspostavljanja zadovoljavajuće suradnje s lokalnom zajednicom, cijeli postupak se ponavlja sa četiri nove preferentne od preostalih potencijalno podobnih lokacija.

ZAKLJUČAK

Izbor i određivanje lokacije za odlaganje RAO i to posebno prihvaćanje javnosti te lokacije ekstremno je kompleksan i krajnje neizvjestan zadatak. Međutim, nasuprot tome ne postoji dilema da li ili ne RAO koji već postoji treba zbrinuti. Polazeći od takvih činjenica, strategija izbora i određivanje lokacije odlagališta RAO mora biti znanstveno utemeljena i dobro promišljena. Ovaj je rad jedan od doprinosa koncipiranju takve strategije.

LITERATURA

- [1] I. CIFRIĆ, O. ČOLDAREVIĆ, B. ČULIG, D. MATIĆ i I. ROGIĆ: »Križa energije i društva — Sociologijska istraživanja o upotrebi energije«, Edicija Centra za idejno-teorijski rad SDP, Zagreb, 1990.
- [2] T. LEE; »Social Attitudes and Radioactive Waste Management«, Proceedings from Workshop on Waste Disposal, p. 65–85, Stockholm, June 7–10 1988. The Ministry of Environment and Energy Ds 1989:20, Stockholm, 1989.
- [3] E. M. FRECH: »Nuclear Waste Management and NIMBY« Note presented at the IAEA Public Information Forum: »Nuclear Power — Communicating for Confidence« 18–19 September, 1990 Vienna, Austria
- [4] D. SUBAŠIĆ: »Uloga i značaj nadoknade u lociranju kontraverznih objekata«, Energija 39, 1990, Broj 5, 355–359.
- [5] Dj. TANKOSIĆ, D. SUBAŠIĆ: »Low and Intermediate Level Waste Repository Site Selection Process — A System Approach«, prihvaćeno za prezentaciju na 1991 Joint International Waste Management Conference, October 21–24, 1991, Seoul, Korea.
- [6] T. McEWEN, član WAMAP misije IAEA u Hrvatskoj od 22–24 travnja 1991, privatno saopćenje.
- [7] »Kriteriji za izbor lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte«, izdavač Vlada Republike Hrvatske, Zagreb 1991.
- [8] D. SUBAŠIĆ: »Kolika nadoknada za prihvaćanje odlagališta radioaktivnog otpada«, Energija 40, 1991, Broj 3, 135–143

STRATEGY BASICS OF SITE DETERMINATION OF THE RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL

Analysing the current unsuccessful attempts in Croatia and successful and unsuccessful attempts in other countries, this paper tries to determine the strategy basics of site determination of the radioactive waste disposal and of such strategy that could be accepted from the public and therefore be successful.

GRUNDSTRATEGIE DER LOKATIONSBESTIMMUNG DER VERSORGUNGSSTELLE FÜR RADIOAKTIVEN MÜLL

Mit Hilfe der Analyse von bisherigen misslungenen Versuchen in Kroatien und erfolgreicher sowie misslungener Versuche in anderen Ländern wird hier versucht die Grundmasstäbe einer Strategie der Lokationsbestimmung der Versorgungsstelle für radioaktiven Abfall festzustellen und zwar einer solchen Strategie die von der Öffentlichkeit akzeptiert werden könnte und aus diesem Grund erfolgreich sein würde.

Naslov pisca:

Mr. Damir Subašić, dipl. inž.
Javno poduzeće za zbrinjavanje
radioaktivnog otpada
41000 Zagreb, Savska 41,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1991-09-17.



**brodomaterijal — poduzeće za unutarnju i vanjsku trgovinu i usluge, p.o.
tehničke robe d.o.o. rijeka**

51000 rijeka, j. kraša 12 • p.p. 396 • telefoni: © 211-211 • telegram: brodma rijeka
telex: 24205 brodma yu • telefax 32882 • žiro račun: 33800-601-11971

»Brodomaterijal« je u okviru svog širokog polja djelatnosti stekao ugled obavljajući i mnoge poslove za Elektroprivredu.

Postao je priznata firma na području građenja trafostanica 110/20 kV i 110/35 kV po sistemu inženjeringa i isporukom opreme za DV 110 kV i DV 400 kV.

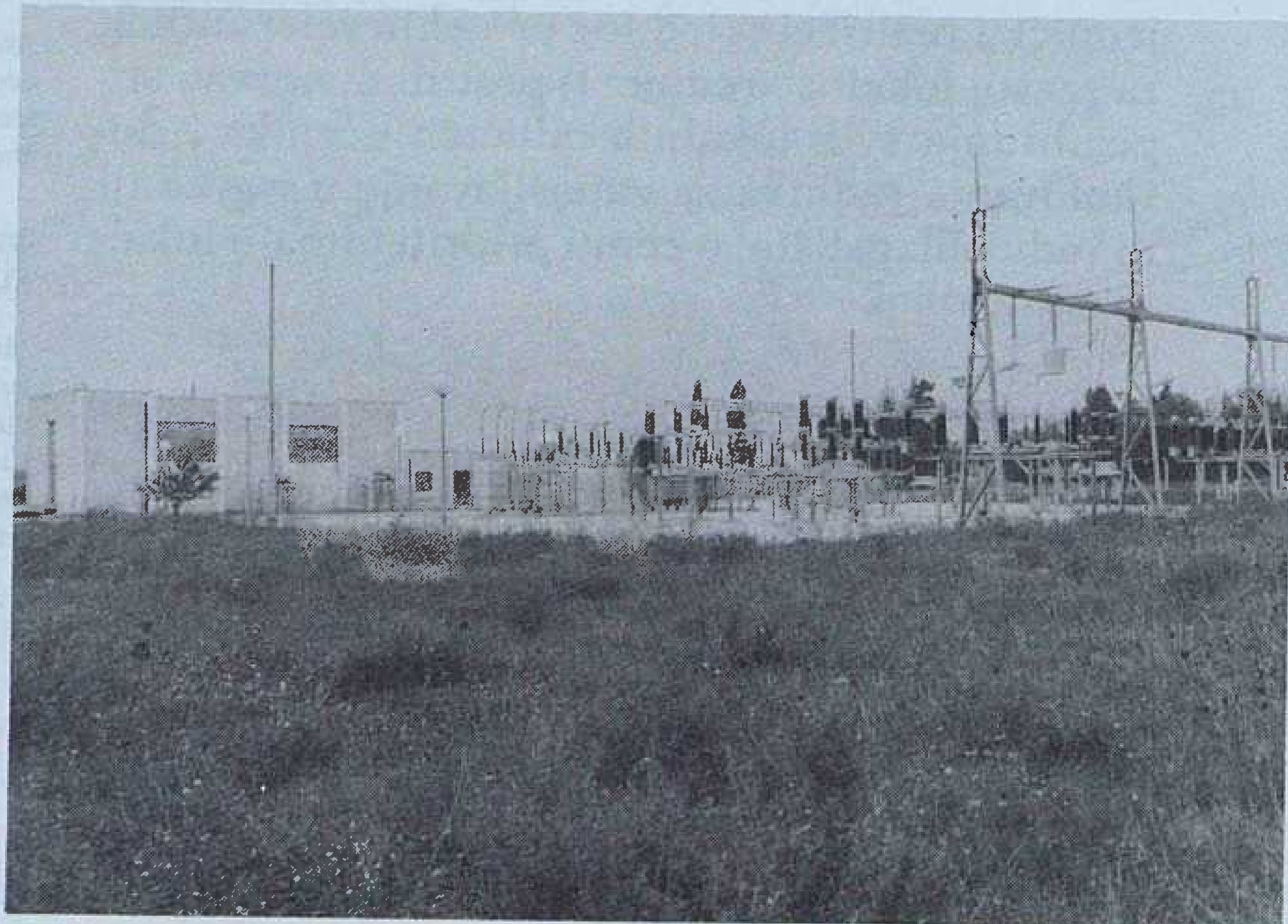
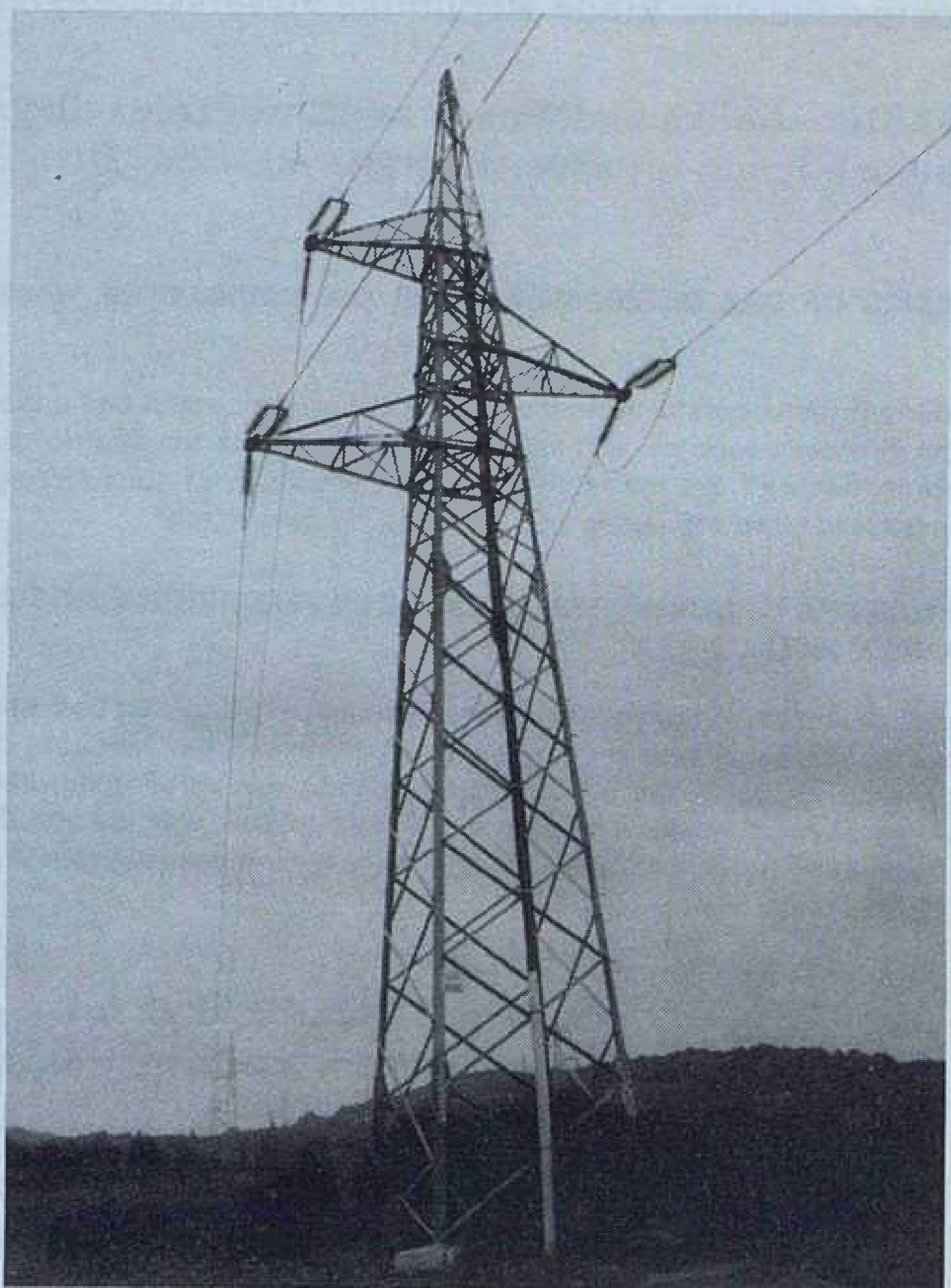
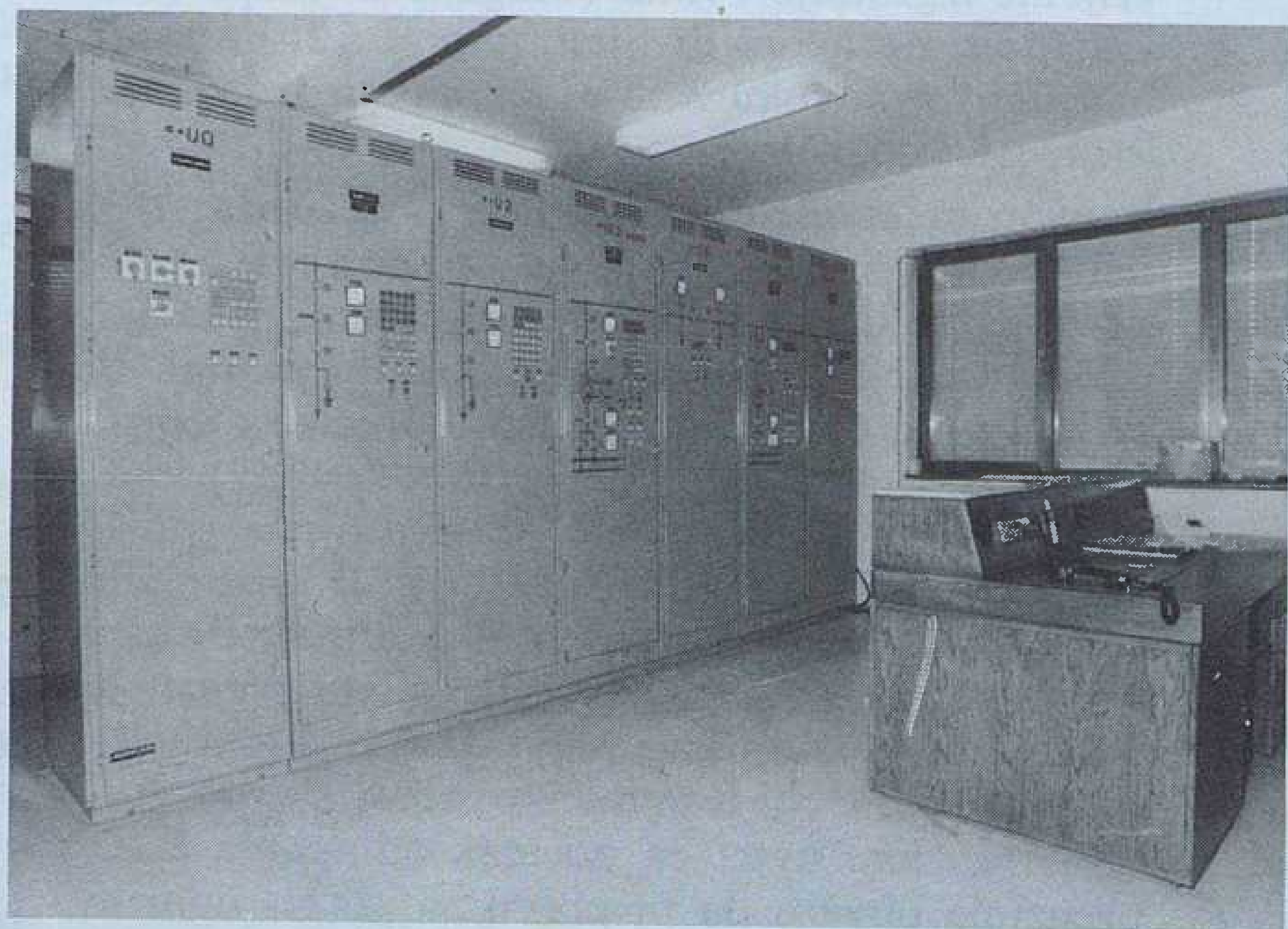
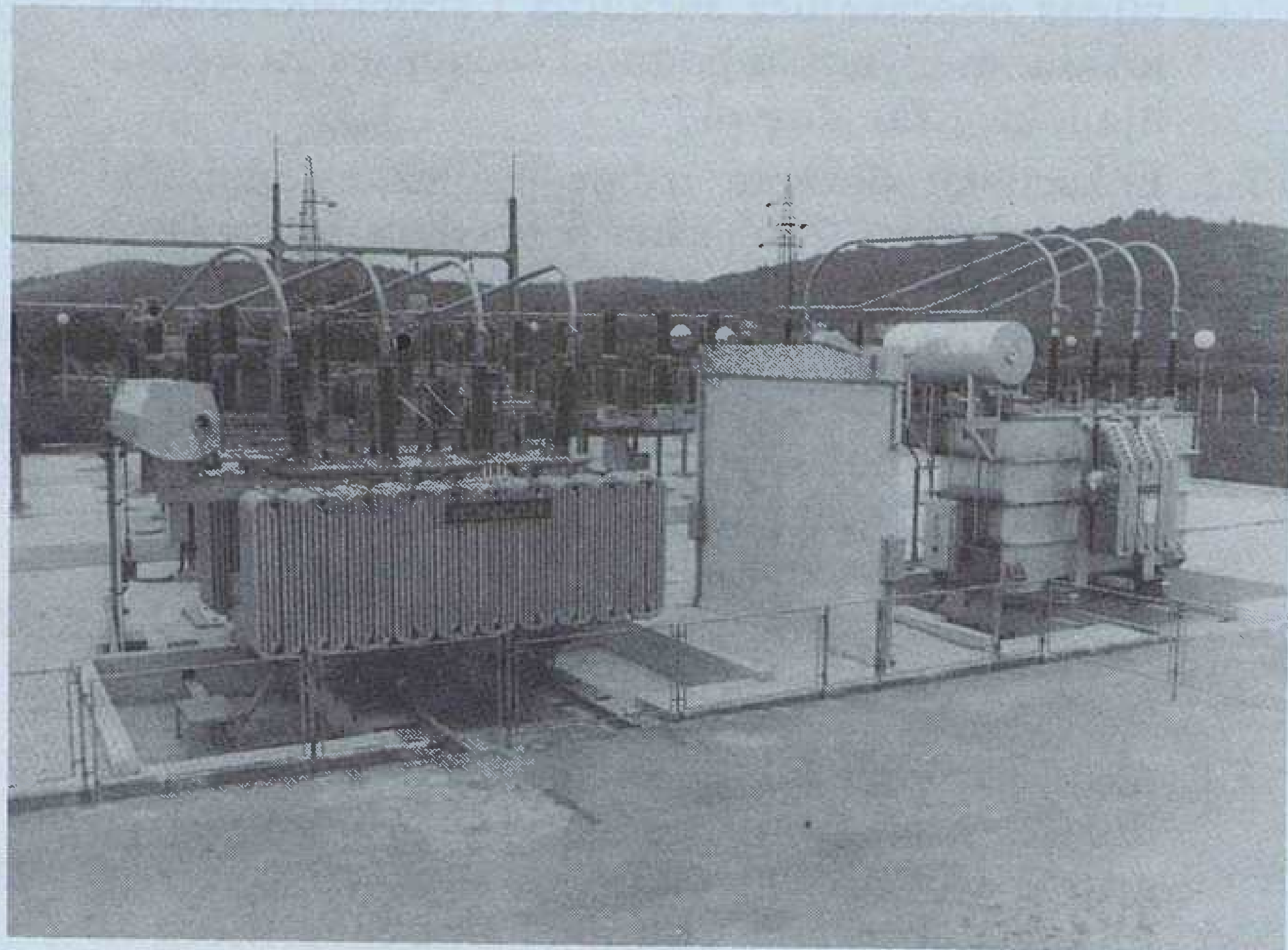
Na regiji Hrvatskog primorja i Istre obavio je sljedeće poslove za Hrvatsku elektroprivredu:

- uvoz podmorskih kabela za Krk — Rab 110 kV,
- isporuka kompletne opreme za TS 110 kV Rovinj — Lošinj — Šijana,
- DV 110 kV Rovinj — Vodnjan — Pula
- isporuka opreme za DV 400 kV TS Melina — TS Tumbri
- isporuka opreme i izgradnja objekta po sistemu ključ u ruke za TS Matulji 110/20 kV.

Za sve informacije izvolite se obratiti na poslovnicu Elektromaterijal 146, na telefone:

051/211-211 kućni: 206, 207 i 211

051/213-541, (telefax br. 32-882 ili 213-541, telex br. 24205).



PROJEKT RECRO

(Regenerativne energije Hrvatske)

Mr. Vladimir Potočnik, Zagreb

UDK 621.31:620.9(497.13)

STRUČNI ČLANAK

Republika Hrvatska ima prilično skromne rezerve fosilnih goriva, ali relativno velik potencijal gotovo svih vrsta regenerativnih, odnosno obnovljivih izvora energije (geotermija, solarna, biomasa, vjetar itd.). Cilj Projekta RECRO jest omogućavanje postupnog uvođenja obnovljivih izvora energije u energetski sustav Republike Hrvatske. Projekt RECRO sadrži izradu prve dvije faze Studije izvodljivosti: Faza 1 — Studija mogućnosti i Faza 2 — Studija predizvodljivosti.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, geotermalna i solarna energija, energija vjetra i biomase.

1. CILJEVI I OČEKIVANA POSTIGNUĆA

Ciljevi projekta su sljedeći:

- utvrđivanje optimalnog potencijala regenerativnih odnosno obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj na regionalnoj osnovi
- istraživanje najpovoljnijih tehnologija pretvorbe obnovljivih energenata u električnu i toplinsku energiju
- određivanje realnog programa razvoja obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj na osnovi višekriterijalne analize.

Kao glavno postignuće projekta RECRO očekuje se omogućavanje regionalnog planiranja progresivnog uvođenja obnovljivih izvora energije u energetski sustav Republike Hrvatske, čime se mogu postići pozitivni ekonomski, sociološki i ekološki efekti.

2. POSTOJEĆE STANJE

Republika Hrvatska, jedna od najstarijih europskih država, koja nakon 900 godina kao neovisna država ponovno stupa na europsku scenu, smjestila se na jugoistoku Europe gdje zauzima sjeverozapadni dio Balkanskog poluotoka između $42^{\circ} 23'$ i $46^{\circ} 32'$ sjeverne širine te $13^{\circ} 30'$ i $19^{\circ} 26'$ istočne dužine (slika 1). Sjeverni kontinentalni dio Hrvatske pokriva dio Panonske nizine, dok je zapadni priobalni dio smješten uz otprilike 500 km zračne linije vrlo razvedene istočne obale Jadranskog mora s više od 1 000 otoka.

Prema popisu stanovništva od 31. 3. 1991. Republika Hrvatska je imala 4 760 344 stanovnika na površini 56 538 km². Društveni proizvod po stanovniku smanjen je zbog ratnih razaranja s oko 3 000 USD na manje od 2 000 USD u 1991. godini.

Prema dosadašnjim spoznajama Republika Hrvatska raspolaže vrlo skromnim rezervama nafte i plina, dok urana i ugljena praktički nema. Ekonomski

iskoristivi hidropotencijal (osim malih hidroelektrana) gotovo je iscrpljen. Dokazane rezerve primarne energije Republike Hrvatske po stanovniku su manje oko 30 puta od svjetskog prosjeka.

Republika Hrvatska potrošila je 1990. godine otprilike 420 PJ primarne energije (10 milijuna tona ekvivalent nafte), pretežni dio u nafti i prirodnom plinu. Oko 40 % energije uvezano je s trendom porasta (slika 2. Ref. 2). Potrošnja električne energije iznosila je oko 15 TWh godišnje, od čega je približno polovica pokrivala nuklearna energija i hidroenergija.

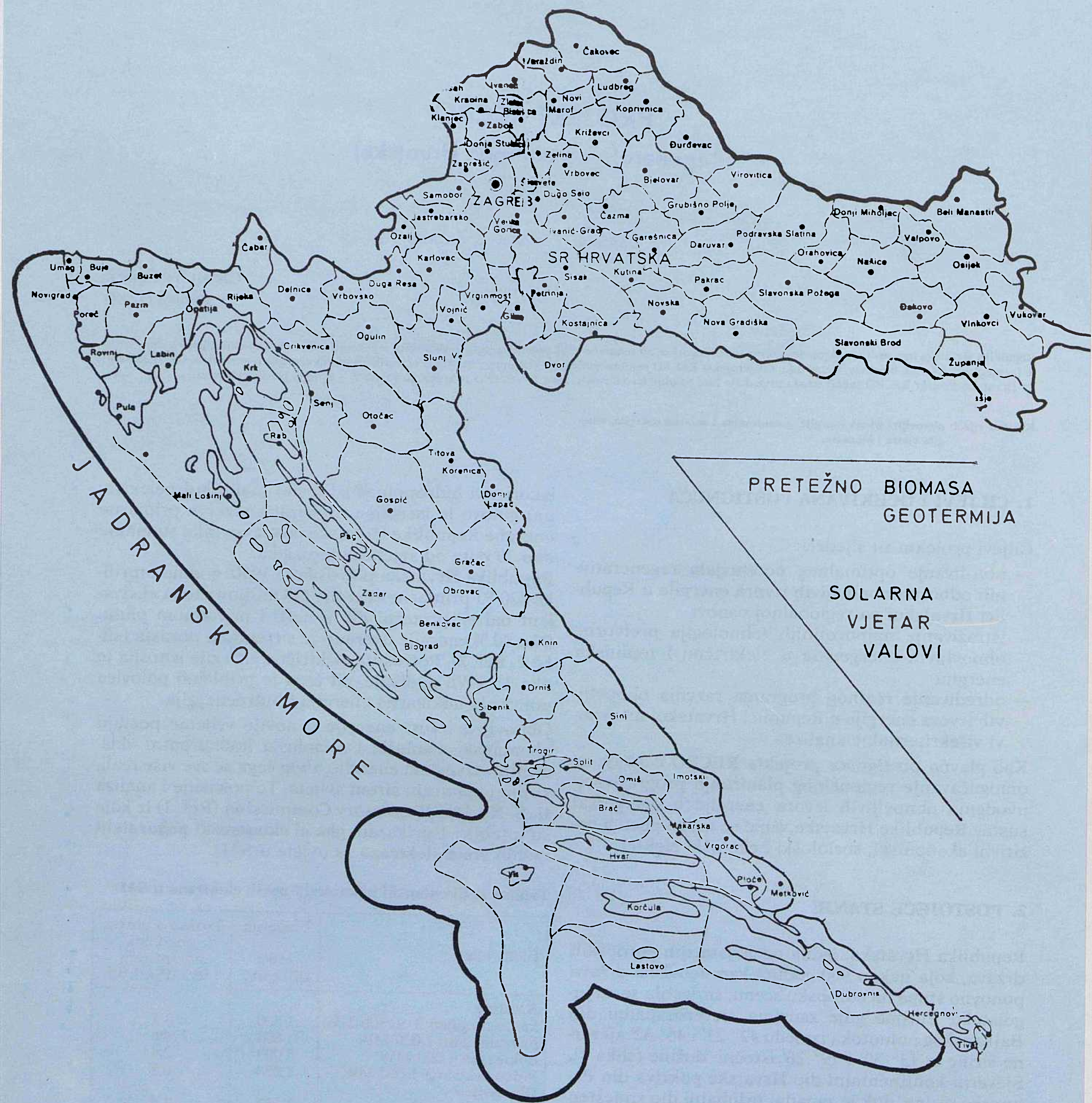
Obnovljivi izvori energije u novije vrijeme postaju ekonomski, ekološki i sociološki konkurentni »klasičnim« izvorima energije, zbog čega se sve više realiziraju i planiraju širom svijeta. To pokazuje i analiza U. S. Nuclear Regulatory Commission (Ref. 1) iz koje su u tablici 1 prikazani **glavni ekonomski pokazatelji raznih vrsta elektrana** za uvjete u SAD.

Tablica 1. Ekonomski pokazatelji novih elektrana u SAD

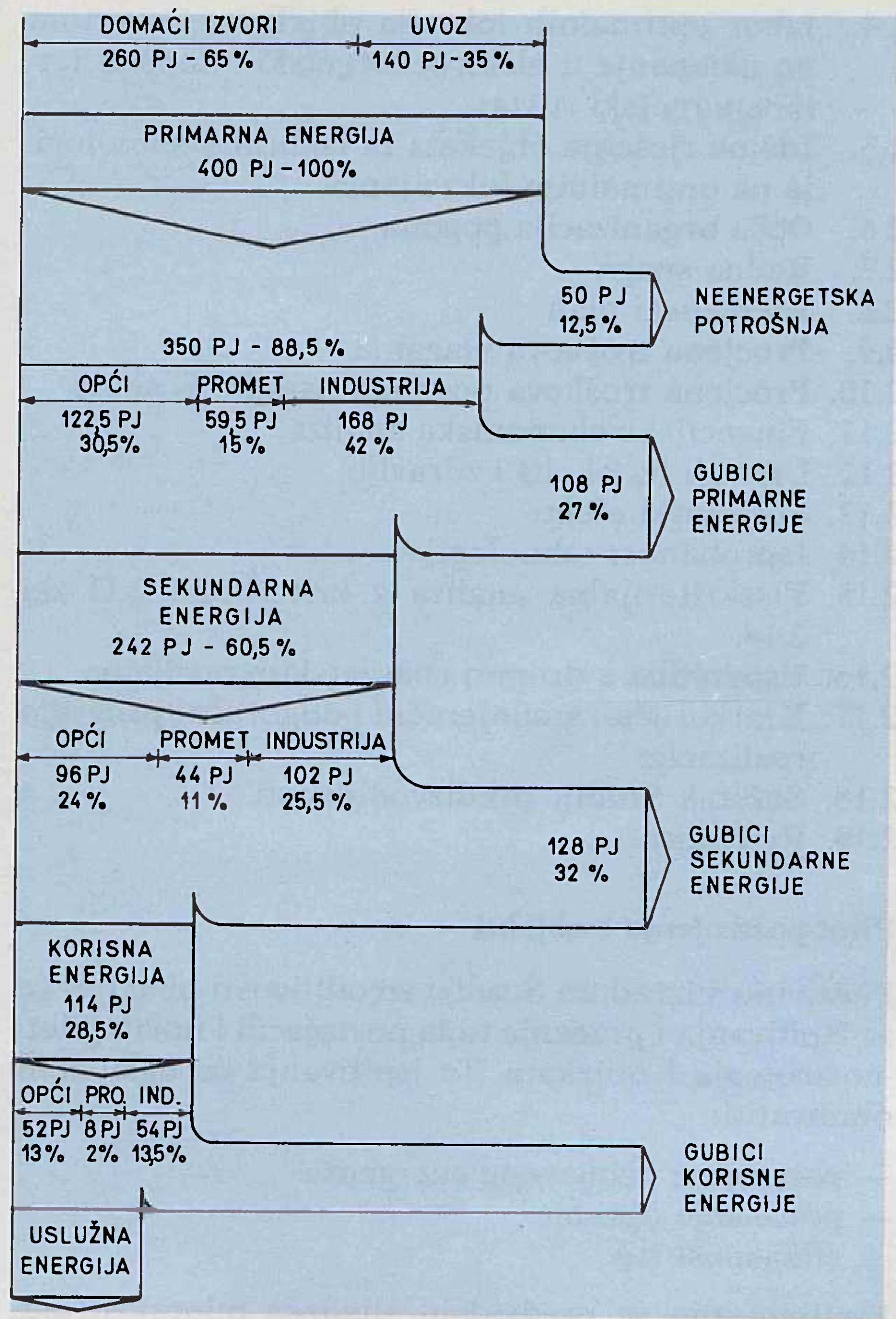
Elektrane	Ulaganja 1 989 USD/kW	Troškovi goriva pogona i održavanja 1 989 USc/kWh
Klasične		
kameni ugljen 2 × 500 MW	1 500	3,1
prirodni plin 1 000 MW	600	4,6
nuklearna 1 000 MW	5 000	2,6
hidroelektrana 1 000 MW	2 074	0,5
Obnovljive		
vjetar	1 167	1,8
geotermalna	1 867	1,8
solarna FV	7 260	0,5
solarna term.	3 111	2,0
biomasa		4,6

Republika Hrvatska raspolaže relativno velikim potencijalom gotovo svih vrsta obnovljivih izvora energije, i to uglavnom:

- geotermalnom energijom i biomasom u kontinentalnom pojasu i



Slika 1. Republika Hrvatska i obnovljivi energenti



Slika 2. Sankeyev dijagram toka energije za SR Hrvatsku 1985. godine

— suncem, vjetrom i morskim valovima posebno u obalnom pojasu.

Taj potencijal danas se koristi u simboličnim iznosima od samo nekoliko promila od ukupne potrebne energije, što je posljedica položaja Hrvatske u bivšoj Jugoslaviji.

Dosadašnje procjene potencijala obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj prikazane su u tablici 2 (Ref. 2).

Tablica 2. Procjena potencijala obnovljivih izvora energije Hrvatske

Obnovljivi izvor energije	tehnički iskoristivi potencijal PJ/god.	Sadašnje korištenje (PJ/god.)
biomasa i otpad	30*	0,4
solarna	90	0,2
geotermija	100	0,3
vjetar	15	—
male HE	10	0,1
ostali	15	—
Ukupno	260	1,0
Udio u potrošnji energije 1990.	62 %	0,24 %

* Bez energetske plantaže biomase.

Ekonomski iskoristivi potencijal je niži od tehnički iskoristivog potencijala, a svrha je ove studije da se utvrdi ekonomski potencijal.

Dosadašnji dugoročni planovi razvoja energetskeg sustava Hrvatske predviđali su samo 2–3 % udjela navedenih obnovljivih izvora energije (Ref. 3 i 4).

3. STUPANJ INOVACIJE

Dosadašnja energetska politika Hrvatske nije pogodila istraživanju, realnom sagledavanju i razvoju obnovljivih izvora energije. Stoga su sporadični individualni naponi na tom području dosad davali vrlo ograničene rezultate.

Predloženi projekt predstavlja pokušaj koordiniranog znanstveno-inženjerskog pristupa tom problemu, koji bi uz anticipiranu podršku najvažnijih energetskeg i državnih čimbenika Republike Hrvatske (Hrvatska elektroprivreda, Industrija nafte INA, Ministarstvo energetike i industrije itd.) trebao rezultirati uključivanjem obnovljivih energenata u energetskeg sustav Republike Hrvatske.

4. GOSPODARSTVENE, DRUŠTVENE I TEHNIČKE KORISTI

Iskorištavanje relativno velikog potencijala obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj moglo bi rezultirati sljedećim koristima:

- Gospodarske koristi — djelomična zamjena uvoznih fosilnih goriva domaćim obnovljivim energentima.
- Društvene koristi — razvoj novih radno intenzivnih tehnologija omogućava intenzivnije zapošljavanje u odnosu na »klasične« energetske tehnologije
- Tehničke koristi-tehnologije iskorištavanja obnovljivih energenata dostupnije su manjim i nerazvijenijim državama nego što je to slučaj s tehnologijama iskorištavanja fosilnih energenata, a pogotovo nuklearne energije.
- Ekološke koristi — perspektiva smanjivanja negativnih utjecaja na okoliš u Republici Hrvatskoj i okolnim državama.

5. ODNOS PREMA DRUGIM EZ RTD PROJEKTIMA

Projekt RECRO uklapa se u opću energetskeg politiku E.Z. Prema našim spoznajama nema izravnu vezu s drugim EZ RTD projektima.

Stanovit broj potprojekata projekta RECRO veže se u određenim područjima na neke tekuće projekte.

6. TEHNIČKI OPIS PROJEKTA RECRO

Predloženi projekt RECRO obuhvaća potprojekte sljedećih obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj:

- A. — geotermalna energija za proizvodnju toplinske i/ili električne energije (RECRO-GEO)
- B. — energija vjetra za proizvodnju električne energije (RECRO-WIND)
- C. — biomasa (neiskorišteni ostaci i energetske plantaže) za proizvodnju goriva, toplinske i/ili električne energije (RECRO-BIO)
- D. — solarna energija (aktivna i pasivna) za proizvodnju
 - toplinske energije
 - električne energije (RECRO-SOLAR)
- E. — energija gradskog otpada i otpadnih voda za proizvodnju toplinske i/ili električne energije (recro-WASTE)
- F. — male hidroelektrane (recro-HYDRO).

Projekt RECRO sadrži izradu prve dvije faze Studije izvodljivosti:

Faza 1 — Studija mogućnosti

Faza 2 — Studija predizvodljivosti popraćene ispitivanjima na pilot postrojenjima i objektima

Faza 1 — **Studija mogućnosti** sadrži sljedeće zadatke:

- 1.1. Postojeće stanje korištenja obnovljivog energenta
 - Svijet — svjetska iskustva
 - Hrvatska
- 1.2. Karakteristika Hrvatske po regijama: geografske, demografske, ekonomske, privredne, energetske, ekološke itd.
- 1.3. Procjena tehnički iskoristivog energetskog potencijala uz glavna ograničenja: karta energetskog potencijala Hrvatske
- 1.4. Tehnologije energetskih pretvorbi u svijetu i Hrvatskoj, stanje razvoja i prethodni izbor
- 1.5. Utvrđivanje povoljnih makrolokacija i mikrolokacija na osnovi višekriterijske analize
- 1.6. Uklapanje u enegetski sustav — elektroenergetski i termoenergetski
- 1.7. Identifikacija približnih kapaciteta, proizvodnja i karakteristika objekata
- 1.8. Procjena troškova ulaganja, pogona itd.
- 1.9. Ekonomsko-financijska evaluacija
- 1.10. Ekološko-zdravstveni efekti
- 1.11. Sociološki efekti
- 1.12. Preliminarna višekriterijalna analiza za globalnu evaluaciju i određivanje prioriteta po regijama; usporedba s drugim energetskim opcijama
- 1.13. Zakonska regulativa i stimulacija: stanje u svijetu i sugestije za Republiku Hrvatsku
- 1.14. Sažetak Studije mogućnosti

Faza 2 — **Studija predizvodljivosti** sadrži sljedeće zadatke:

- 2.1. Analiza rezultata rada pilot-postrojenja
- 2.2. Izbor optimalnih tehnologija s osvrtnom na mogućnosti domaće industrije i stanje razvoja u svijetu
- 2.3. Osnovne značajke, podaci i parametri potencijalnih lokacija objekata

- 2.4. Izbor optimalnih lokacija objekata s osvrtnom na uklapanje u elektroenergetski odnosno termoenergetski sustav
- 2.5. Idejna rješenja objekata za izabrane tehnologije na optimalnim lokacijama
- 2.6. Opća organizacija pogona
- 2.7. Radna snaga
- 2.8. Vremenski plan
- 2.9. Procjena troškova ulaganja
- 2.10. Procjena troškova pogona i ostalih troškova
- 2.11. Financijsko-ekonomska analiza
- 2.12. Utjecaji na okoliš i zdravlje
- 2.13. Sociološki efekti
- 2.14. Isprobanost tehnologije
- 2.15. Višekriterijalna analiza s kriterijima 2.11 do 2.14.
- 2.16. Usporedba s drugim energetskim opcijama
- 2.17. Kratkoročni, srednjeročni i dugoročni program realizacije
- 2.18. Sažetak Studije predizvodljivosti
- 2.19. Reference.

Pilot-postrojenja i objekti

Paralelno s izradom Studije izvodljivosti obavljat će se ispitivanja i praćenje rada postojećih i novih pilot-postrojenja i objekata. Ta ispitivanja će uglavnom obuhvatiti:

- parametre primarnog energenta
- ponašanje opreme
- efikasnost itd.

Preliminarno se predviđaju sljedeća pilot-postrojenja i objekti:

- A. Geotermalna energija
 - postojeći sistemi za grijanje objekata
- B. Energija vjetra
 - meteorološki tornjevi visine oko 70 m za visinska ispitivanja brzine vjetra na karakterističnim lokacijama uz Jadransko more
 - postojeći vjetrogenerator električne snage 22 kW Valtura kod Pule
 - plašt vjetroturbine u sapnici na lokaciji vjetra bura kod Senja
 - vjetrogeneratori (1–2 kom) snage 100–200 kW na jednom srednjojadranskom otoku u realizaciji renomiranih tvrtki (Wind Energy Group Ltd. UK, Danish Wind Technology A/S DK) uz pomoć EZ
- C. Biomasa
 - farma poljoprivrednih kultura za proizvodnju energije površine oko 10 ha
 - postojeća kotlovnica s fluid-bed kotlovima (15 MW) u Novoj Gradiški za ispitivanje raznih vrsta biomase
 - klonski testovi stablastih vrba (*Salix alba*) uzgajanih u klasičnim plantažama (3 × 3 m ili 4 × 4 m) površine 6 ha
 - specijalni energetske klonski nasadi guste sadnje (20–25 000 sadnica/ha) i vrlo kratkih op-hodnji (3–5 godina) na površini otprilike 1 ha

- D. Solarna energija
- pasivna solarna obiteljska kuća »P2« u Mariji Bistrici, izgrađena 1988. godine
 - postojeći fotonaponski sustavi male snage u Splitu i Zagrebu
 - pokusna stanica za pasivni solarni sustav (8,44 × 3,80 × 3,60 m) u skladu s istraživačkim projektom EZ »Passys«, oprema i metodologija mjerenja u skladu s izvještajima »The Basis Test Cells«
 - postojeće solarno postrojenje za pripremu potrošne tople vode (otprilike 400 m² sunčevih kolektora) kod Makarske

Vremenski plan realizacije projekta RECRO

Planirano je ukupno trajanje projekta od 27 mjeseci (10. 92. – 12. 94). Preliminarni vremenski plan prikazan je u tablici 3.

7. PODJELA ZADATAKA MEĐU SUDIONICIMA PROJEKTA

Projekt RECRO pokriva mnoga područja znanosti i profesionalnih djelatnosti, pa je stoga u njegovoj realizaciji predviđen relativno velik broj sudionika.

Tablica 3. Vremenski plan realizacije projekta RECRO

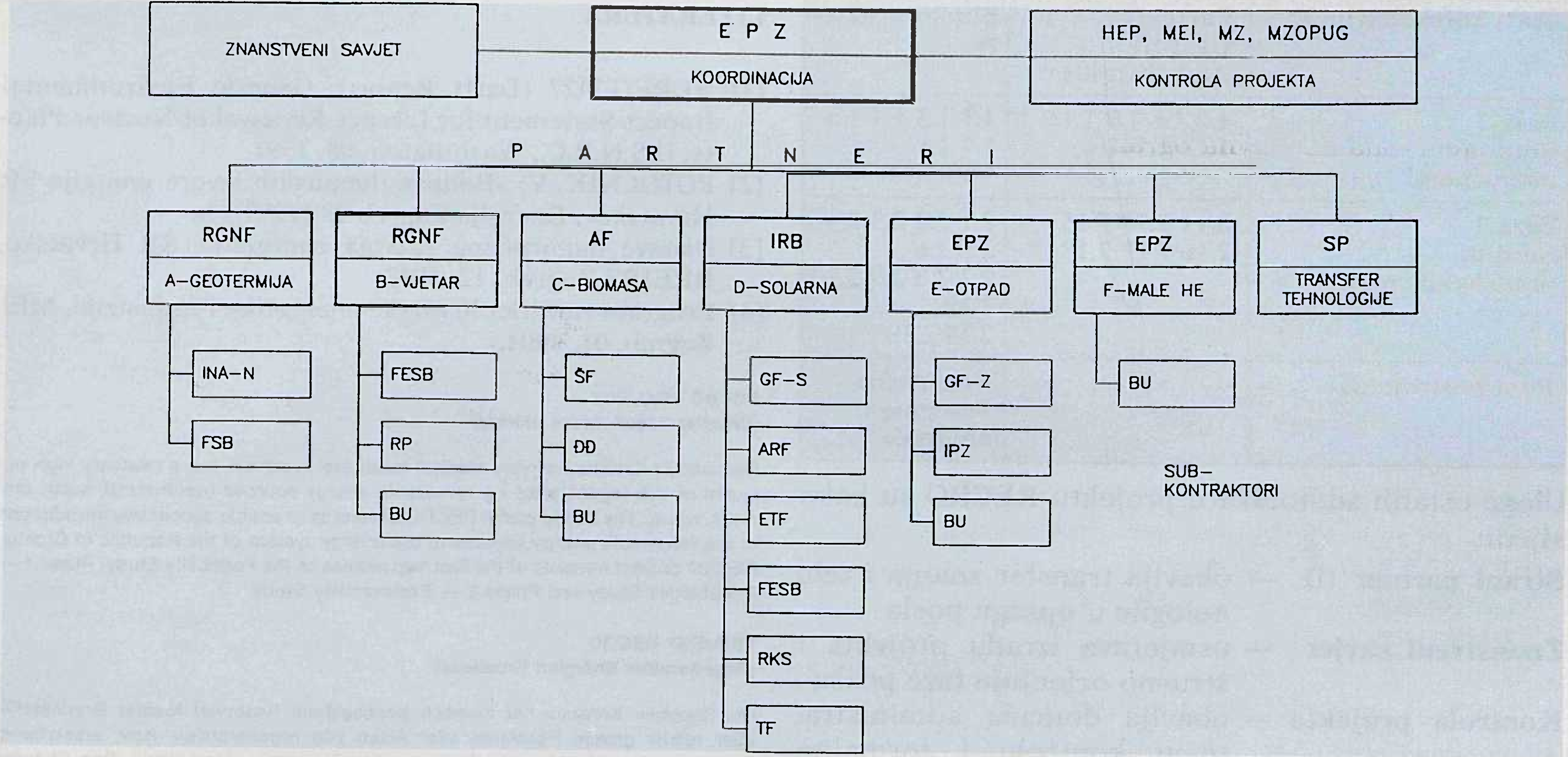
AKTIVNOST	1992.				1993.				1994.			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Ponude	■											
Evaluacija		■										
Ugovor			■									
Mobilizacija				■								
Faza 1. Studija mogućnosti					■	■						
Odobrenje Faze 1							■					
Faza 2. Studija predizvodljivosti								■	■	■		
Odobrenje Faze 2												■
Pilot postrojenja				■	■	■	■	■	■	■	■	

Glavni sudionici na projektu RECRO bili bi kako sljedei:

- Koordinacija projekta:

Potprojekt A RECRO-GEO:
- Elektroprojekt Consulting Engineers Zagreb (EPZ)

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta Zagreb (RGNF)



Slika 3. Organizacija projekta RECRO

- INA-N

FSB

FESB

RP

BU

ŠF

DD

GF-S

ARF

ETF
- INA — Naftaplin, Zagreb

Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu

Rijekaprojekt, Rijeka

Brodogradilište Uljanik, Pula

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Tvornica »Đuro Đaković«, Slavonski Brod

Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu

Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- RKS

TF

GF-Z

IPZ

SP
- Tvornica »Rade Končar«, Split

Tehnički fakultet Sveučilišta Rijeka

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Industrijski projektni zavod, Zagreb

Strani partner(i)
- U kontroli projekta predviđen je udio sljedećih institucija:

HEP

MEI

MZ

MZOPUG
- Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Ministarstvo energije i industrije Republike Hrvatske

Ministarstvo znanosti Republike Hrvatske

Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva Republike Hrvatske

Potprojekt B

RECRO-WIND: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu (RGNF)

Potprojekt C

RECRO-BIO: Agronomski fakultet Sveučilišta Zagreb (AF)

Potprojekt D

RECRO-SOLAR: Institut Ruđer Bošković Zagreb (IRB)

Potprojekt E

RECRO-WASTE: Elektroprojekt Consulting Engineers Zagreb (EPZ)

Potprojekt F

RECRO-HYDRO: Elektroprojekt Consulting Engineers Zagreb (EPZ)

Svaki od potprojekata, kao i koordinacija, sadrži još određen broj sudionika supkontraktora, što je vidljivo iz slike 3.

Podjela zadataka opisanih u prethodnoj točki između koordinacije posla sa svojim supkontraktorima i partnera sa supkontraktorima prikazana je u tablici 4.

Tablica 4. Podjela zadataka na projektu RECRO

Zadatak	Koordinacija projekta	Partneri
Opća koordinacija	Partneri i vlastiti supkontraktori	Supkontraktori
Faza 1 Studija mogućnosti	1.2 1.6 1.9 1.11 1.12 1.14	1.1 1.3 1.4 1.5 1.7 1.8 1.10 1.13
Faza 2 Studija predizvodljivosti	2.11 2.13 2.15 2.16 2.17 2.18	2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 2.10 2.12 2.14 2.19
Pilot-postrojenja		Realizacija Praćenje i analiza

Uloge ostalih sudionika u projektu RECRO su kako slijedi:

- Strani partner (i)** — obavlja transfer znanja i tehnologije u opsegu posla
- Znanstveni savjet** — usmjerava izradu projekta i stručno ocjenjuje faze posla.
- Kontrola projekta** — obavlja domaću administrativnu kontrolu i formalno preuzimanje faza posla.

8. KOMPLEMENTARNOST SUDIONIKA

U projektu RECRO planiran je udio institucija i stručnjaka različitih profila:

- fakulteti Sveučilišta u Zagrebu, Splitu i Rijeci
- instituti i projektne organizacije
- proizvodna poduzeća.

Uz nadzor institucija Vlade Republike Hrvatske i Hrvatske elektroprivrede. Zbog efikasnijeg prijenosa

svjetskih iskustava i tehnologija na domaće sudionike predviđen je udio stranih partnera.

Takvim koordiniranim djelovanjem svih sudionika može se postići osnovni cilj projekta RECRO — stvaranje uvjeta za uvođenje obnovljivih izvora energije u energetske sustav Republike Hrvatske.

9. VOĐENJE PROJEKTA

Vođenje projekta RECRO organizirat će se na dvije razine:

- razini projekta i
- razini potprojekata.

Vođenje projekta RECRO sadržano je u sklopu koordinacije projekta i uključuje sljedeće funkcije:

- tehničku i administrativnu koordinaciju potprojekata
- kontakte s naručiteljem, znanstvenim savjetom i kontrolom projekta
- izradu dijela zadataka iz Studije izvodljivosti prema tablici podjela zadataka.

Vođenje potprojekata izvode koordinatori potprojekata, a sadrži sljedeće funkcije:

- koordinaciju rada supkontraktora
- izradu dijela zadataka iz vlastitog opsega posla.

LITERATURA

- [1] NUREG-1427 (Darft Report), Generic Environmental Impact Statement for Licence Renewal of Nuclear Plants, U.S.N.R.C., Washington, 08. 1991.
- [2] POTOČNIK, V: »Bilansa dopunskih izvora energije SR Hrvatske«, Energija Zagreb 38 (1989), 1«
- [3] Osnove dugoročnog razvoja energetike SR Hrvatske, RKEIRZ Zagreb, 12. 1987.
- [4] Program razvitka hrvatske energetike i industrije, MEI Zagreb, 01. 1991.

RECRO PROJECT (Croatian regenerative energy)

Republic of Croatia has very modest fossil fuel reserves, but a relatively high potential of the regenerative i.e. renewable energy sources (geothermal, solar, biomass, wind). The scope of the RECRO project is to enable successive introduction of the renewable energy sources to the energy system of the Republic of Croatia. RECRO project consists of the first two phases of the Feasibility Study: Phase 1 — Possibilities Study and Phase 2 — Prefeasibility Study.

PROJEKT RECRO (Regenerative Energien Kroatiens)

Die Republik Kroatien hat ziemlich bescheidene Reserven fossiler Brennstoffe, aber relativ grosse Potentiale aller Arten von regenerativen, bzw. ersetzbaren Energiequellen (Geothermie, Solarenergie, Biomasse, Wind usw.). Das Ziel des Projektes RECRO ist die Verwirklichung einer stufenweisen Einführung der regenerativen Energiequellen in das energetische System der Republik Kroatien. Das Projekt RECRO enthält die Erarbeitung der ersten zwei Phasen der Ausführbarkeit: Phase 1 — Studie der Möglichkeiten und Phase 2 — Studie der Vor — Ausführbarkeit.

Naslov pisca:

**Mr. Vladimir Potočnik, dipl. inž.
Elektroprojekt
41000 Zagreb, Avenija Vukovar
37,
Republika Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1992-02-20.

KARAKTERISTIKE KONZUMA PRI PROMJENAMA STANJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA

Mr. Mirko Valenčić, Rijeka

UDK 621.31:621.316
PREGLEDNI ČLANAK

Izlaže se problematika određivanja karakteristika konzuma i njegova utjecaja na prijelazna stanja EES-a.

Ključne riječi: karakteristike konzuma, prijelazna stanja, vođenje elektroenergetskog sistema.

1. UVOD

Na sva stanja elektroenergetskog sistema od normalnog, poremećenog, havarijskog, posthavarijskog i restorativnog uvelike, često presudno, utječe konzum-potrošnja električne energije, odnosno potrošači sa svojim karakteristikama. Njihovo poznavanje, odnosno određivanje statičkih i dinamičkih karakteristika konzuma, koji se svodi za potrebe elektroenergetskih analiza na identifikaciju zakonitosti promjena radnih i jalovih snaga potrošača određenih čvorišta konzuma EES-a pri promjeni napona, frekvencije ili pri promjeni obje veličine istovremeno, a što se događa u prijelaznim stanjima, omogućuje kvalitetniju analizu rada EES-a, optimalniji izbor parametara kako osnovnih elemenata sistema, tako i definiranje zahtjeva i karakteristika regulacionih, zaštitnih i drugih upravljačkih uređaja, te cjelokupno vođenje sistema u raznim stanjima. Konzumu kao jednom od elemenata u dosadašnjim analizama prijelaznih stanja pridavala se nedovoljna pozornost pored ostalog i zbog poteškoća na koje se nailazi pri definiranju njegovih statičkih i dinamičkih karakteristika, pa je ovaj rad prilog boljem poznavanju ove problematike.

2. POREMEĆAJI U EES-u

Za EES karakteristično je da se u svakom trenutku mora održavati ravnoteža između proizvodnje, gubitaka u prijenosu, distribuciji i razdiobi i potrošnji električne energije, i to i radne i jalove energije.

Svaki poremećaj, npr. isključenje ili uključanje velikih potrošača, ispadi proizvodnih i prenosnih postrojenja ili pojedinih objekata trenutno se prenose teorijski na cijeli EES. Reakcija EES-a na poremećaj, koji se manifestira promjenama napona, frekvencije, pojavama nihanja generatora i eventualno ispadima iz pogona pojedinih elemenata ili dijelova EES-a ili

čak totalni raspad, ovisi o brojnim faktorima, od kojih je najrelevantnija veličina poremećaja, definirana najutjecajnije u smislu njezina relativnog odnosa snage prema djelu EES u kojem je poremećaj nastao, kao i raznih odlika i mogućnosti cijelog sistema, od vlastitih karakteristika proizvodnih postrojenja, elemenata prijenosa i konzuma do sveukupnih upravljačkih akcija u nastalom prijelaznom stanju radi održavanja stabilnosti. Pritom posebno značenje za sistem imaju rješenja u domenima relejne zaštite, lokalne automatike, systemske relejne zaštite, protuhavarijske automatike, automatike proizvodnih jedinica, mogućnosti uzbude i regulacije okretaja, zatim regulacije frekvencija — snaga, obrtne rezerve i samih proizvodnih karakteristika pojedinih elemenata, kao i samog sistema u cjelini. Prema općim uvjetima stabilnosti, EES će održati stabilnost ako su promjene koje imaju tendenciju narušavanja stabilnosti manjeg intenziteta od faktora i veličine koje se tome suprotstavljaju.

Kriterij uspješnog odziva EES-a na poremećaje jest održanje statičke, dinamičke i resultantne stabilnosti pogonskih agregata, uz tolerantnu vremenski i intenzitetom ograničenu promjenu glavnih električnih veličina napona i frekvencija sa stajališta konzuma i ograničenja pojedinih elemenata sistema.

Kako sam konzum utječe na prijelazne režime i poremećena stanja pri pojavama promjene napona i frekvencije, pokazuju njegove karakteristike, koje ćemo u nastavku upoznati.

3. UTJECAJ KONZUMA NA STANJA EES-a

Suvremena analiza elektroenergetskih sistema u području vođenja usmjerena je pretežno na probleme optimizacije normalnih stanja i rješavanja problematike poremećaja u prijelaznim režimima.

Za EES je važno ne samo da može normalno raditi u raznim normalnim stanjima već da pri prijelazu iz

jednog normalnog stanja u drugo parametri u prijelaznom režimu ostaju u prihvatljivim granicama sa stajališta svih elemenata EES-a, uključujući i konzum.

U vezi s nenormalnim stanjima EES-a, treba spomenuti da je sama problematika rješenja konkretnih zadataka pri npr. naglim opterećenjima i rasterećenjima sistema, održavanja napona i frekvencije, ispadi i drugo, rješavana od samih početaka razvoja elektroenergetskih sistema i baš konzum je bio u početku najmjerodavniji faktor svojom veličinom, snagom najvećih potrošača, svojim promjenama, karakteristikama i sve većim zahtjevima u pogledu kvalitete električne energije.

Kvantitativni rast EES-a u smislu snage ukupne i pojedinih elemenata, te prostorne rasprostranjenosti, nametao je i kvalitativne promjene gotovo svih elemenata i postrojenja posebno uređaja relejne zaštite, lokalne i systemske automatike i regulatora napona i okretaja, kao i samog načina vođenja.

Rastom EES-a snaga proizvodnih jedinica i kapaciteti prijenosa električne energije, uopćeno čvrstoća električne mreže s jedne strane, a s druge strane kvaliteta uređaja regulatora napona i okretaja, te sistem regulacije frekvencija-snaga utjecali su da poremećaji EES-a koji dolaze sa strane konzuma u smislu naglih opterećenja ili rasterećenja, uklapanje i isklapanje i najvećih potrošača ili promjene statičkih karakteristika konzuma ne predstavljaju u normalnim stanjima veće probleme, osim možda lokalno u pojedinim djelovima EES-a, i to redovito na nižim naponskim nivoima.

Pri takvim normalnim promjenama stanja među koje pripadaju i promjene konfiguracije električne mreže, promjene tokova snaga u normalnim granicama, pa čak i ispadi pojedinih proizvodnih ili prijenosnih objekata ne mijenjaju bitno dvije presudne veličine; frekvencija obično ostaje u granicama $\pm 0,01$ do $\pm 0,1$ Hz a i naponske prilike ostaju u normalnim granicama od nekoliko postotaka.

Najkrupniji poremećaji u EES-u proizlaze iz njega samog, shvaćenog u užem smislu, odnosno kvarova i ispada prijenosnih objekata i proizvodnih jedinica.

Ispadi magistralnih dalekovoda i krupnih elektrana ili ključnih čvorišta su najkritičniji. Debalans radnih i jalovih snaga proizvodnje i konzuma prouzrokuju najveće poremećaje, koji mogu znatnije promijeniti napon i frekvenciju, pa na te pojave uvelike utječe i konzum sa svojim dinamičkim karakteristikama.

Dobar primjer za to jest pojava narušavanja statičke ili dinamičke stabilnosti generatora, kada se javljaju pojave njihanja. Pri tome su u težištu elektroenergetskog sistema promjene napona najveće, a ako je težište čvorište jakoga konzuma nepovoljnih karakteristika, promjene radne i jalove snage konzuma mogu znatno pogoršati prilike stabilnosti.

Istraživanje prijelaznih pojava koja se danas provode radi ocjene raznih parametara baziraju se na matematičkim modelima, rjeđe na fizikalnim u laboratorijima, a sasvim rijetko na ispitivanjima »u živo«.

Razne analize statičke sigurnosti, prijelaznih stabilnosti i druge koriste najčešće matematičke modele.

Pri tome je modeliranje konzuma vrlo pojednostavljeno, te se konzum najčešće uzima kao konstantna veličina, admitancijom ili impedancijom čvorišta, odnosno konstantnim radnim i jalovim snagama. Ponekad s namjerom da se uzmu u obzir i promjene radnih i jalovih snaga konzuma pri promjeni napona te promjene snage aproksimativno se tretiraju kao linearne ili kao kvadratne funkcije napona za sve čvorove isto, što sve ne odgovara stvarnim pojavama u EES-u.

Točnije analize prijelaznih pojava koje više odgovaraju realnim pojavama, a omogućuje ih suvremena računska tehnika i numeričke matematičke metode, jer riječ je i o nelinearnim pojavama, ne zadovoljavaju se sa pojednostavnjenim modelima, već se teži što potpunijem modeliranju uza sve manje aproksimacije, tako da se u obzir uzimaju i suptranzijentne elektromagnetske pojave i parametri svih bitnih elemenata EES-a, pa tako i konzuma.

4. KONZUM I NJEGOVE KARAKTERISTIKE

Dok su za gotovo sve glavne elemente EES-a poznati zadovoljavajući modeli, pri modeliranju konzuma nailazi se na velike poteškoće zbog same prirode elektroenergetskih potrošača, pa je potreba za identifikacijom adekvatnoga matematičkog modela za konzum pojedinih čvorišta koji ima razne potrošače posebno složen zadatak. Gotov svako čvorište konzuma ima drukčiju prirodu potrošača, pa čak ako i imaju neka čvorišta istu strukturu i međusobne odnose pojedinih kategorija potrošača ili čak gotovo istovjetno potrošače, u vremenu, zbog nejednolikog opterećenja, mogu se dosta razlikovati radne i jalove snage i takvih čvorišta. Što se tiče samih potrošača, u industrijskim centrima prevladavaju elektromotori, u urbanim cjelinama rasvjeta i grijanje, u ruralnim je struktura mješovita, ali koja tokom dana znatno mijenja karakter konzuma s obzirom na potrošnju radne i jalove snage, pa tokom dana prevladavaju elektromotorni pogoni, a uvečer i noću rasvjeta i grijanje.

Općenito na karakteristike konzuma jednog čvorišta utječu brojni faktori, od kojih najutjecajnije posebno navodimo:

- Potrošači su različitih priroda (elektromotori, rasvjeta, grijanje itd.).
- Konzum je najčešće različit po snazi i faktoru snage te tokom vremena mijenja obje te veličine.
- Uklopno stanje električne mreže napajane iz promatranog čvorišta i njezini parametri utječu ponekad i znatno na reaktivnu ukupnu snagu, a djelom i aktivnu.
- Snage transformacije i stupanj opterećenosti transformatora uz podatak da li su oni kompenzирани ili ne, također ima utjecaja.
- Regulacija napona: da li je automatska u regulacionim transformatorima ili to nije.
- Snage kompenzacije i njezina priroda: prevladavaju li kondenzatori, sinhroni elektromotori ili sinhroni kompenzatori.

- Promjena prirode elemenata prijenosa s obzirom na opterećenje (prazni hod ili malo opterećenje, dalekovod ili kabel je proizvođač reaktivne energije a potrošač je više opterećen).
- Izbor relejne zaštite i njezini parametri udešenja, uključujući lokalnu automatiku i APU.
- Postojanje ili nepostojanje automatskog frekventnog rasterećenja.

Svaki od tih faktora, iako različito, utječe na razna čvorišta konzuma te i oni uz potrošače opredjeljuju ukupne njegove karakteristike i ponašanje u prijelaznim stanjima EES-a.

5. STATIČKE I DINAMIČKE KARAKTERISTIKE KONZUMA

Karakteristike konzuma s obzirom na veličinu i brzinu promjena napona i frekvencije dijelimo na statičke i dinamičke. Statičke karakteristike konzuma prema naponu kao promjenjivoj veličini, uz konstantnu frekvenciju, zavise o njegovoj potrebi za radnom $P_{su} = f(U)$ i jalovom snagom $Q_{su} = f(U)$ za manje i relativno spore promjene napona.

Statičku karakteristiku konzuma po frekvenciji uz konstantni napon možemo izraziti sa $P_{sf} = fp(f)$ i $Q_{sf} = fq(f)$.

Te funkcije su u općem slučaju nelinearne i obično se navodi njihova linearizacija uz određene aproksimacije, tako da složene zavisnosti, u biti stohastičke, definiramo funkcijama s koeficijentima statizma statičkih karakteristika.

Statičke karakteristike, odnosno koeficijenti statizma k_{pf} , k_{qf} , pri konstantnoj frekvenciji i k_{pu} , k_{qu} , pri konstantnom naponu, koji pokazuju veličinu promjene radne i jalove snage za određenu promjenu napona odnosno frekvencije jesu:

$$k_{pf} = \frac{\partial P}{\partial U}, k_{qf} = \frac{\partial Q}{\partial U} \quad \text{i} \quad k_{pu} = \frac{\partial P}{\partial f}, k_{qu} = \frac{\partial Q}{\partial f}$$

Same promjene aktivne i reaktivne snage konzuma za manje ($\pm 10\%$) i sporije (do $5\%/min$) napone i frekvencije možemo dati izrazima

$$\begin{aligned} dP &= k_{pf} dU + k_{pu} df \\ dQ &= k_{qf} dU + k_{qu} df \end{aligned} \quad \begin{aligned} (1) \\ (1a) \end{aligned}$$

Za čvorište konzuma mješovitih potrošača koeficijenti su izraženi relativnim jedinicama, a imaju približno ove vrijednosti:

$$\begin{aligned} k_{pf} &= 0,1 - 1,5, k_{qf} = 1,5 - 5 \\ k_{pu} &= 1,5 - 3, k_{qu} = 1 - 5. \end{aligned}$$

Statička karakteristika konzuma po promjeni frekvencije uz koju se obično istovremeno mijenja napon izražava se koeficijentom:

$$k_{fu} = \frac{dP}{df} = \frac{\partial P}{\partial f} = \frac{\partial P}{\partial U} \frac{dU}{df}$$

Dinamičke karakteristike konzuma po naponu uz konstantnu frekvenciju pokazuju promjene radne i jalove snage konzuma kada se napon dinamički mijenja u vremenu $U = f(u, t)$ u širim granicama $\pm 50\%$ i više a brzinom $0,1 - 10$ sek:

$$P_{du} = P\left(U, \frac{dU}{dt}\right) \quad \text{i} \quad Q_{du} = Q\left(U, \frac{dU}{dt}\right).$$

Analogno imamo za dinamičke karakteristike konzuma po frekvenciji $f = F(f, t)$ uz konstantni napon:

$$P_{df} = P\left(f, \frac{df}{dt}\right) \quad \text{i} \quad Q_{df} = Q\left(f, \frac{df}{dt}\right),$$

a pri promjeni obiju veličine, koje su i same promjenjive u vremenu:

$$P_{du} = P\left(U, \frac{dU}{dt}, f, \frac{df}{dt}\right) \quad \text{i} \quad Q_{du} = Q\left(U, \frac{dU}{dt}, f, \frac{df}{dt}\right).$$

Dinamičke karakteristike, za razliku od statičkih, koje je nekad dovoljno dati sasvim pojednostavnjeno putem koeficijenata statizma, nužno je izraziti složenijim matematičkim modelima.

6. MODEL KONZUMA

Statičke karakteristike konzuma za manje promjene frekvencije i napona mogu se dati, ako su nam poznati koeficijenti statizma prema (1) i (2):

$$P_{su} = P_n + [k_{pf}(U_n - U) + k_{pu}(f_n - f)] \quad (2)$$

$$Q_{su} = Q_n + [k_{qu}(U_n - U) + k_{qu}(f_n - f)] \quad (2a)$$

gdje su P_n , Q_n , f_n , U_n — nominalne vrijednosti.

Uopćeno, zbog navedenih složenosti gotovo je nemoguće dati funkcionalnu zavisnost promjena aktivne i reaktivne snage po naponu i (ili) frekvenciji konzuma nekog čvorišta EES-a, pogotovo ne tokom vremena. Zato se pribjegava, koristeći se eksperimentalnim metodama, određivanju u suštini stohastičkih zavisnosti prema teoriji korelacije. Prema karakterističkim krivuljama regresije za skupove vrijednosti aktivnih i reaktivnih snaga i odgovarajućih napona uz konstantnu frekvenciju ili odgovarajućih frekvencija uz konstantni napon, nastoji se utvrditi da li je u pitanju linearna ili nelinearna korelacija i dati tome respektivno jednadžbu pravca, kvadratnu ili eksponencijalnu funkciju s izračunatim koeficijentima, koje nam daju najbolje odgovarajuće matematičke modele konzuma. Modeli daju funkcionalnu zavisnost, i to aproksimativno, jer je ona u biti stohastička, pogotovo ako se konzum promatra u vremenu.

Za većinu slučajeva statičke karakterističke konzuma zadovoljavajuće prikazuje linearna korelacija — jednadžba pravca, gdje se mogu razlikovati koeficijenti od čvora do čvora konzuma. Dinamičke karakteristike konzuma u najviše slučajeva najbolje održava nelinearna korelacija, a funkcija koje joj odgovara obično je kvadratna ili eksponencijalna, opet s različitim koeficijentima za pojedina čvorišta konzuma.

Koeficijenti funkcija kojima predstavljamo karakteristike konzuma izračunavaju se različito, ali najčešće metodom najmanjih kvadrata prema teoriji vjerojatnosti.

Za određivanje statičkih karakteristika konzuma eksperimentima registriamo promjene ΔP_i i radne i ΔQ_i jalove snage za odgovarajuće promjene napona ΔU_i , a stohastičke zavisnosti predstavljamo linear-

nim približnim funkcijama tako da se kvadratna funkcija snaga po naponu prikazuje prvim dvama članovima Taylorova reda:

$$\Delta P_i = k_{p1} + k_{p2} \Delta U_i \cdot 2 U_o \quad (3)$$

$$\Delta Q_i = k_{q1} + k_{q2} \Delta U_i \cdot 2 U_o \quad (3a)$$

gdje su k_{p1} , k_{p2} , k_{q1} , k_{q2} traženi koeficijenti koji karakteriziraju regulirajuće efekte promjena snaga po naponu uz konstantnu frekvenciju a ΔU_i , ΔP_i , ΔQ_i registrirane fluktuacije napona, a U_o je napon u normalnom početnom stanju.

Rješenja jednadžbi metodom najmanjih kvadrata daju sljedeće vrijednosti koeficijenata:

$$k_{p1} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U})^2 (\Delta P_i - \overline{\mu \Delta P})}{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U})^2}, \quad (4)$$

$$k_{p2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U}) (\Delta P_i - \overline{\mu \Delta P})}{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U})^2}, \quad (4a)$$

$$k_{q1} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U})^2 (\Delta Q_i - \overline{\mu \Delta Q})}{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U})^2}, \quad (5)$$

$$k_{q2} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U}) (\Delta Q_i - \overline{\mu \Delta Q})}{\sum_{i=1}^n (\Delta U_i - \overline{\mu \Delta U})^2}, \quad (5a)$$

gdje su $\overline{\mu \Delta U}$, $\overline{\mu \Delta P}$, $\overline{\mu \Delta Q}$, prema statističkoj teoriji matematička očekivanja kontinuiranih varijabli, fluktuacija napona ΔU_i jalove snage ΔQ_i i radne ΔP_i . Umjesto linearnih funkcija dobijenih na opisani način ponekad se uzimaju i nelinearne kvadratne ili eksponencijalne, već prema tome koje najbolje odgovaraju za pojedina konzumna čvorišta:

$$P = a_p U^2 + b_p U + c_p \quad (6)$$

$$Q = a_q U^2 + b_q U + c_q \quad (6a)$$

$$P = P_n (2 \pi f)^{\alpha_p} \cdot U^{\beta_p} \quad (7)$$

$$Q = Q_n (2 \pi f)^{\alpha_q} \cdot U^{\beta_q} \quad (7a)$$

$$P = P_n \left[a_{p0} + a_{p1} \frac{U}{U_n} + a_{p2} \left(\frac{U}{U_n} \right)^2 \right] (1 + k_{pu} \Delta f) \quad (8)$$

$$Q = Q_n \left[a_{q0} + a_{q1} \frac{U}{U_n} + a_{q2} \left(\frac{U}{U_n} \right)^2 \right] (1 + k_{qu} \Delta f) \quad (8a)$$

gdje su a_p , b_p , c_p , a_q , b_q , c_q , α_p , β_p , α_q , β_q različiti koeficijenti koji mogu imati razne vrijednosti uključujući i 0, a U_n , P_n , Q_n i f nominalne vrijednosti napona, snaga i frekvencija.

Takve funkcije dobijene obradom podataka iz eksperimenta i izračunom koeficijenata, a koje možemo nazvati aproksimirajućima, mogu zadovoljavajuće interpretirati po prirodi stohastičkih zavisnosti dobijene na bazi praktičnih eksperimenata promjene snaga konzuma po naponu i frekvenciji, odnosno konkretno podacima registriranih tablicama, krivuljama itd.

Samo u nekim čvorištima konzuma, gdje su prisutni gotovo isključivo, i to istovrsni potrošači istih ili jako sličnih karakteristika, kao npr. samo asinkroni ili samo sinkroni elektromotori, moguće je deduktivnim načinom, ali čak i tada uz neke aproksimacije, dati matematičke modele odnosno izraze koji funkcionalno pokazuju promjene aktivne i reaktivne snage takvoga konzuma pri promjenama napona i (ili) frekvencije.

U realnosti pogotovo čvorišta konzuma visokog i srednjeg napona imaju različite potrošače, pa, kako je navedeno, matematičke modele dajemo približnim funkcijama s koeficijentima, te je nužno pribjeći eksperimentalnim metodama kako bismo navedene koeficijente krutizma i druge navedene mogli odrediti. Njihovim određivanjem ostvaruje se preduvjet za kvalitativno bolje i točnije analize rada EES-a u raznim prijelaznim stanjima, jer se na bazi poznatih zavisnosti može dati konzum za pojedini čvor, iako još uvijek aproksimativno, kao funkcija promjena napona i frekvencije, a ne konstantnim veličinama ili prema pretpostavljenim zavisnostima za sve čvorove isto.

Uz ostale elemente u EES-u, identifikacija adekvatnog modela konzuma za pojedina čvorišta u matematičkom smislu, a spoznavanje sveukupnih karakteristika i parametara u informacijskom, omogućuje s jedne strane primjenu metoda analize koje će uzimati u obzir i tekuće promjene parametara konzuma u prelaznim stanjima, a s druge procjenu i generiranje određenih upravljačkih akcija vođenja sistema.

Posebnu pozornost treba obratiti na ona čvorišta konzuma kod kojih identificirane karakteristike ukazuju na nepostojanje samoregulirajućih efekata za veće promjene napona i (ili) frekvencije, odnosno kod kojih pad napona i (ili) frekvencije ne smanjuje preuzimanje radne i (ili) jalove snage. U pravilu, a prema prirodi svojih potrošača, to su potencijalno čvorišta konzuma industrijskih potrošača.

7. EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE KONZUMA

Eksperimentalna ispitivanja »uživo« izvide se kod nas, iz dijelom razumljivih razloga dosta rijetko, ali samo njima možemo najrealnije ocijeniti razne karakteristike elemenata EES-a: regulatore i njihova podešenja, uređaja automatike relejnu zaštitu i njezino udešenje, posebno sistemsku, i konačno ukupno ponašanje sistema za pojedine kvarove ili druge poremećaje koje izvodimo eksperimentima.

Za određivanje karakteristika konzuma ona se nameću kao nužna. Promjene radne i jalove snage konzuma u nekom čvorištu kao posljedica promjene napona, frekvencije ili istovremeno promjene obiju veličina, mogu se eksperimentalno odrediti metodom pasivnog ili aktivnog ispitivanja »uživo«. To je ujedno jedini način određivanja putem obrade dobijenih podataka i izračuna, točnijih karakteristika konzuma ili provjera valjanosti zavisnosti dobivenih deduktivno-analitičkim putem.

7.1. Pasivna ispitivanja

Pasivna ispitivanja ne traže posebne mjere u smislu namjerne promjene režima rada EES-a, već se postojećom mjernom opremom u postrojenjima, uz eventualno potrebne dopunske instrumente, prate i registriraju promjene radne i jalove snage konzuma u zavisnosti od promjene napona.

Registrirajući instrumenti s dovoljno točnošću i rezolucijom promjena vrlo su pogodni, ali traže obradu mjernih podataka.

Pogodnija je upotreba sofisticiranije mjerne opreme na bazi mikroprocesora i automatske obrade podataka.

Pasivnim ispitivanjem u dužem vremenskom razdoblju nakon obrade podataka može se sigurnije doći do zavisnosti između promjena napona i odgovarajućih promjena radne i jalove snage konzuma, pa čak utvrditi i granice promjena zavisnosti tokom vremena, što nam je nemoguće kod aktivnog eksperimenta koji traje relativno kratko. Obrada mjernih podataka uz daljnju matematičko-statističku obradu i primjenu teorije vjerojatnosti može statičke karakteristike potrošača, kao i dinamičke, dosta precizno izraditi, dati ih, naime, aproksimativnim funkcionalnim izrazima. Postoji mogućnost da upotrebom računala i primjenom matematički orijentiranih programa, iz tabelarno unesenih podataka, dobijemo ne samo grafički prikaz nego i analitičke izraze krivulja odnosno funkcija koje definiraju pojave.

Nedostatak je pasivnog ispitivanja taj što su promjene napona u užim granicama i obično spore, a promjene aktivne i reaktivne snage konzuma po frekvenciji praktički su isključene.

7.2. Aktivno ispitivanje

Aktivno ispitivanje provodi se na djelu EES-a ili samo u čvorištu radijalno napajanom s jedne strane. Pritom napon možemo mijenjati u granicama $\pm 10\%$ kraće vrijeme, odnosno dovoljno za očitavanje instrumenata kojima registriamo promjene radne i jalove snage konzuma za određivanje statičkih karakteristika. Pri većim brzim kratkotrajnim promjenama -20% do -30% U_n treba poduzeti sve mjere opreza, a podaci takvih mjerenja služe i za određivanje dinamičkih karakteristika.

Promjenu napona možemo izvesti uzбудom generatora i regulacionim transformatorima, brzinom i intenzitetom $1\%/min$ od $U_n - 1,1 U_n$, a zatim do $0,9 U_n$. Tijekom tih promjena odčitavaju se vrijednosti P i Q i unose u prikladne tablice za daljnju obradu.

Najpogodnije je ovakva eksperimentalna istraživanja provoditi u trafo-stanicama 110/35(20kV) s regulacionim transformatorima.

Promjene radne i jalove snage treba odčitavati ili registrirati na svim 35 (20 kV) odvodima i posebno zbirno — ukupno za čitavo postrojenje odnosno čvorište.

Promjenu snaga P i Q kod promjene frekvencije možemo izvoditi samo dijelom sistema otočno napajanim iz elektrane. Pritom postoje ograničenja s obzirom na same tehničko-tehnološke karakteristike di-

jelova i elektrane u cjelini, a djelomično i sa stajališta konzuma.

Kao izvori promjenjive frekvencije hidroelektrane su pogodnije od termoelektrana. Granice promjene frekvencije koje zadovoljavaju sa stajališta ocjene statičkih karakteristika konzuma su 48 Hz i 52 Hz.

Preporučuje se brzina — intenzitet promjena $0,2\text{ Hz/min}$.

U nešto širim granicama frekvenciju možemo kraće vrijeme promijeniti bez većih opasnosti za konzum ako mijenjamo istovremeno i napon u istom smjeru povećanja ili sniženja, vodeći brigu i o vlastitim mogućnostima elektrana i dijela sistema u cjelini. Pri promjenama frekvencije napon održavamo jedanput isti, a drugi put ga povisujemo ili snižavamo proporcionalno s frekvencijom. U užim granicama $\pm 1\text{ Hz}$ možemo napon mijenjati i obrnuto proporcionalno do 5% kraće vrijeme $0,5 - 1\text{ min}$.

Eksperimenti se provode u karakterističnim vremenima minimalnih i maksimalnih opterećenja — radnim danom i neradnim danom. Pri promjenama napona i frekvencije odčitavaju se instrumenti mjerenja, a obrada rezultata omogućuje određivanje statičkih karakteristika konzuma po naponu i frekvenciji odnosno koeficijenata statizma pomoću kojih se daju pojednostavnjeni modeli kao (2) i (2a) ili se provodi daljnja obrada rezultata za izračun drugih navedenih koeficijenata iz formula (3) — (8a).

Što se tiče očekivanih rezultata eksperimenata »uživo« koeficijenti statizma $k_{pf} = \partial P / \partial U$ i $k_{qf} = \partial Q / \partial U$, koji pokazuju intenzitet promjene radne i jalove snage po naponu uz konstantnu frekvenciju, mogu se dosta razlikovati već prema prirodi konzuma:

- za sinkrone elektromotore — $k_{pf} = 0$, $k_{qt} = 2 - 3,2$
- za asinkrone elektromotore — $k_{pf} = 0 - 0,13$, $k_{qt} = 1,7 - 2,5$
- za urbane cjeline — $k_{pf} = 1,45$, $k_{qt} = 3,5$
- za industrijska područja — $k_{pf} = 1$, $k_{qt} = 2,8$
- za urbano područje s industrijom — $k_{pf} = 0,7 - 1,07$, $k_{qt} = 3,7 - 6$
- za komplekse naftne industrije — $k_{pf} = 0,5 - 2$, $k_{gf} = 2,5 - 5$.

Prosječna vrijednost koeficijenata statizma za čvorište kompleksnog konzuma — $k_{pf} = \partial P / \partial U = 0,9 - 1$, za područje promjena napona od U_n do $0,8 U_n$.

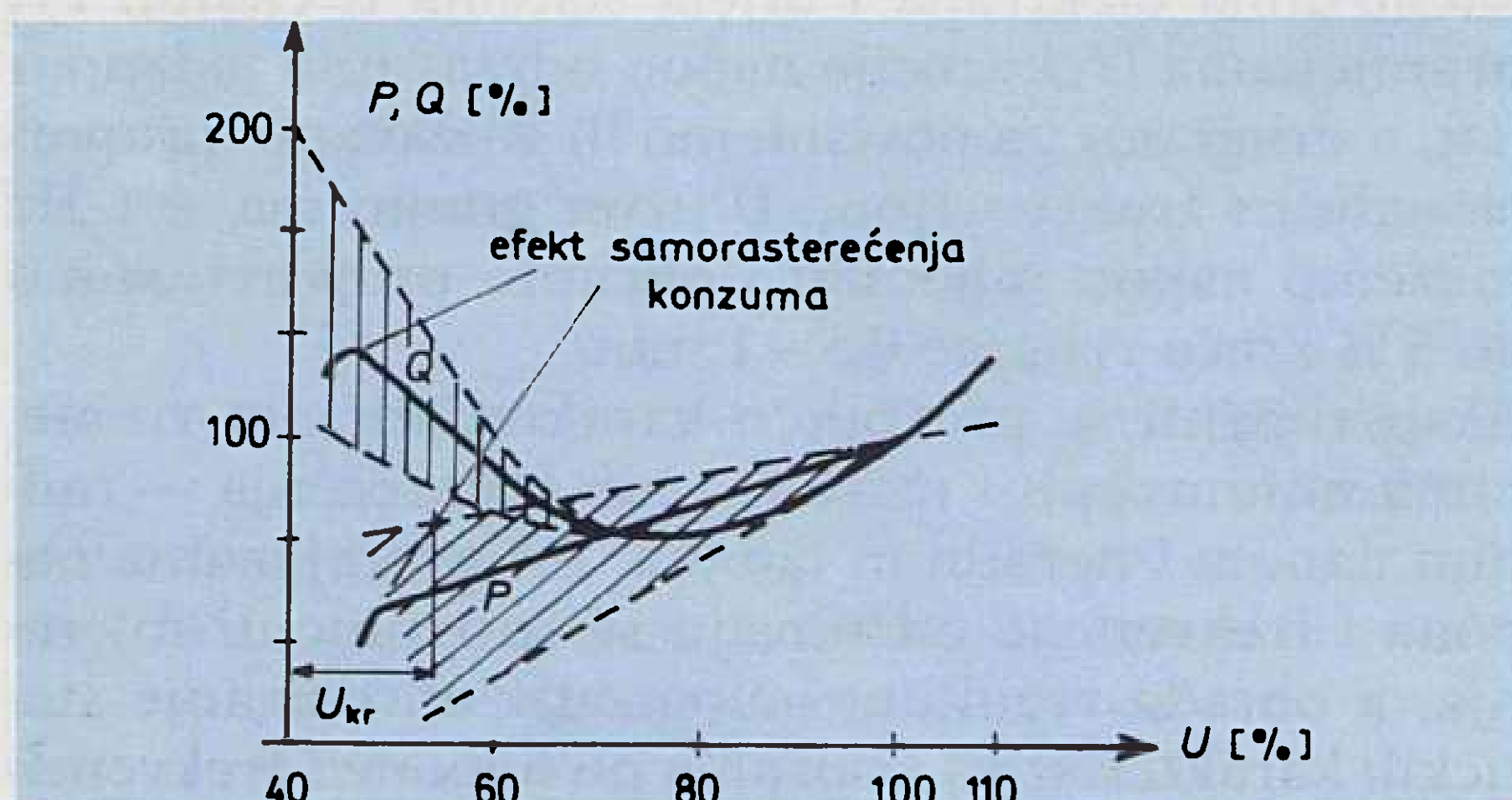
Za razliku od statičke karakteristike radne snage, a za koju možemo reći da se obično linearno mijenja u užim granicama, jalova snaga za promjenu napona u istim granicama i za čvorišta sličnog konzuma može znatno odstupati od čvorišta do čvorišta. Ta statička karakteristika jalove snage određena je prirodnim karakteristikama konzuma isto koliko i stupnjem i načinom kompenzacije potrošača, opterećenjem i brojem transformatora, djelovanjem automatske regulacije napona pod opterećenjem, konfiguracijom i uklopnim stanjem te vrstom prijenosnih vodova i posebno reakcijom automatske regulacije uzbude sinkronih elektromotora, ukoliko su eventualno prisutni većim dijelom u ukupnom konzumu.

Stoga koeficijent statizma promjene jalove snage po naponu varira u relativno širokim granicama. Teorijskim i eksperimentalnim istraživanjima pokazalo se

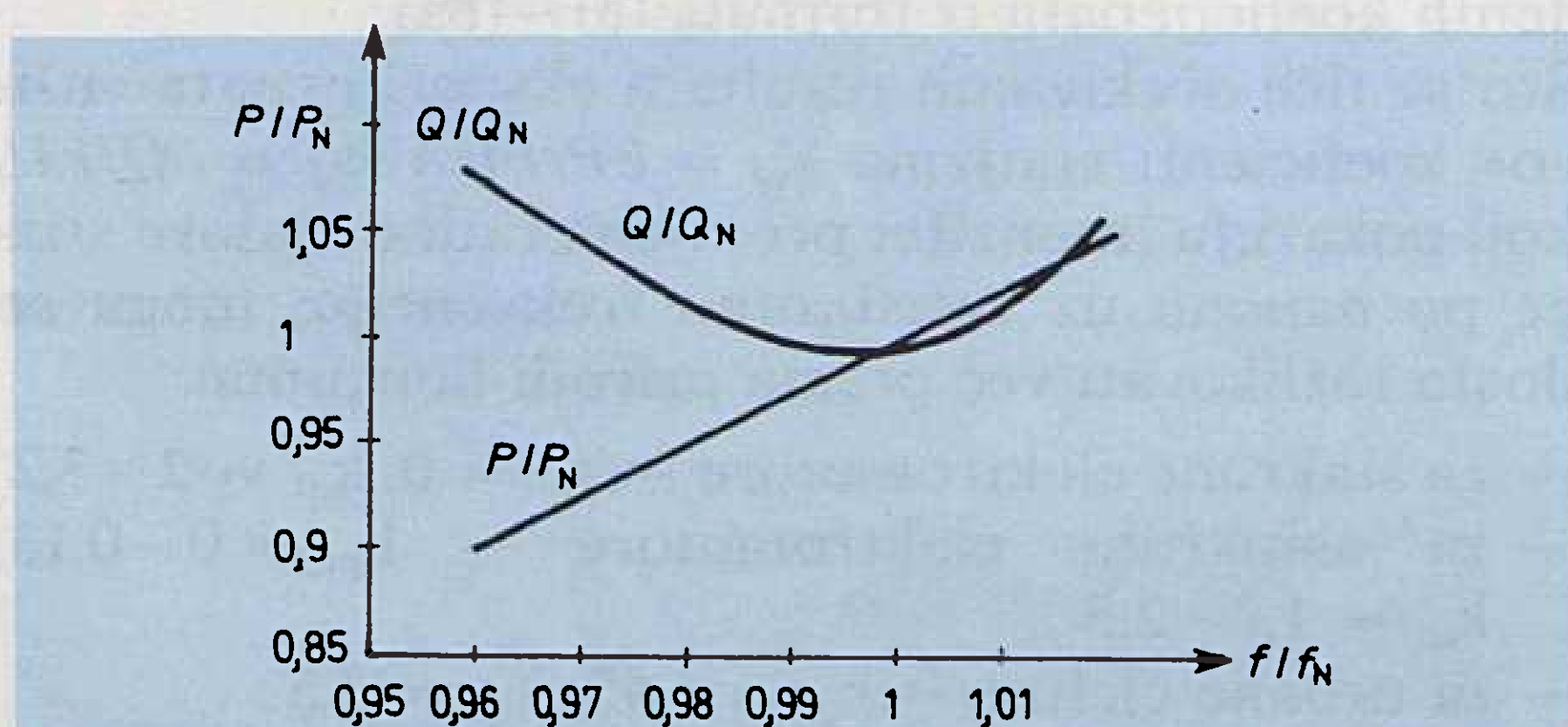
da se on može uz određene aproksimacije izraziti kao funkcija ukupnog faktora snage $\cos \varphi$, odnosno $\tan \varphi$:

$$k_{qt} = \frac{1,1 \pm 1,1}{\tan \varphi} + 2 \quad (9)$$

Ta funkcionalna zavisnost, ako nema djelovanja automatskih regulatora napona transformatora, zadovoljava pouzdanošću. Tipične promjene radne i jalove snage pri promjeni napona uz konstantnu frekvenciju pokazuje sl. 1, a sl. 2, daje te promjene uz konstantan napon i promjenjivu frekvenciju.



Slika 1. Konzum pri promjeni napona (tipična karakteristika)



Slika 2. Statička karakteristika konzuma po frekvenciji

8. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA

Dinamičke promjene radne i jalove snage konzuma pojedinih čvorišta moguće je eksperimentalno istraživati ako ostvarimo praktične mogućnosti za brzu promjenu napona u relativno širim granicama.

Brze promjene napona mogu se realizirati promjenom konfiguracije EES-a, isklopom ili uklopom dalekovoda i transformatora te sklapanjima sinkronih kompenzatora, većih kapacitativnih baterija za kompenzaciju i isključenjem izvora električne energije. Brza promjena uzbude generatora u ovim ispitivanjima obično se ne prakticira. Eksperimentalna ispitivanja dinamičkih karakteristika konzuma »uživo« odnosno dinamičke promjene P i Q konzuma po frekvenciji ne izvode se.

Pri ispitivanju dinamičkih karakteristika eksperimentalnom metodom »uživo« moramo se služiti složenijom mjernom opremom: brzim registrirajućim instrumentima, osciloperturbografima, osciloskopi- ma, ali najbolje mjernom opremom na bazi mikrop-

rocesora i mjernih pretvarača s mogućnošću automatske obrade podataka.

Pri obradi rezultata sve veličine prikazuju se u jediničnim vrijednostima, tako da se mogu dobiti međusobno uporedni rezultati bez obzira na naponski nivo na kojem su dinamičke promjene praćene.

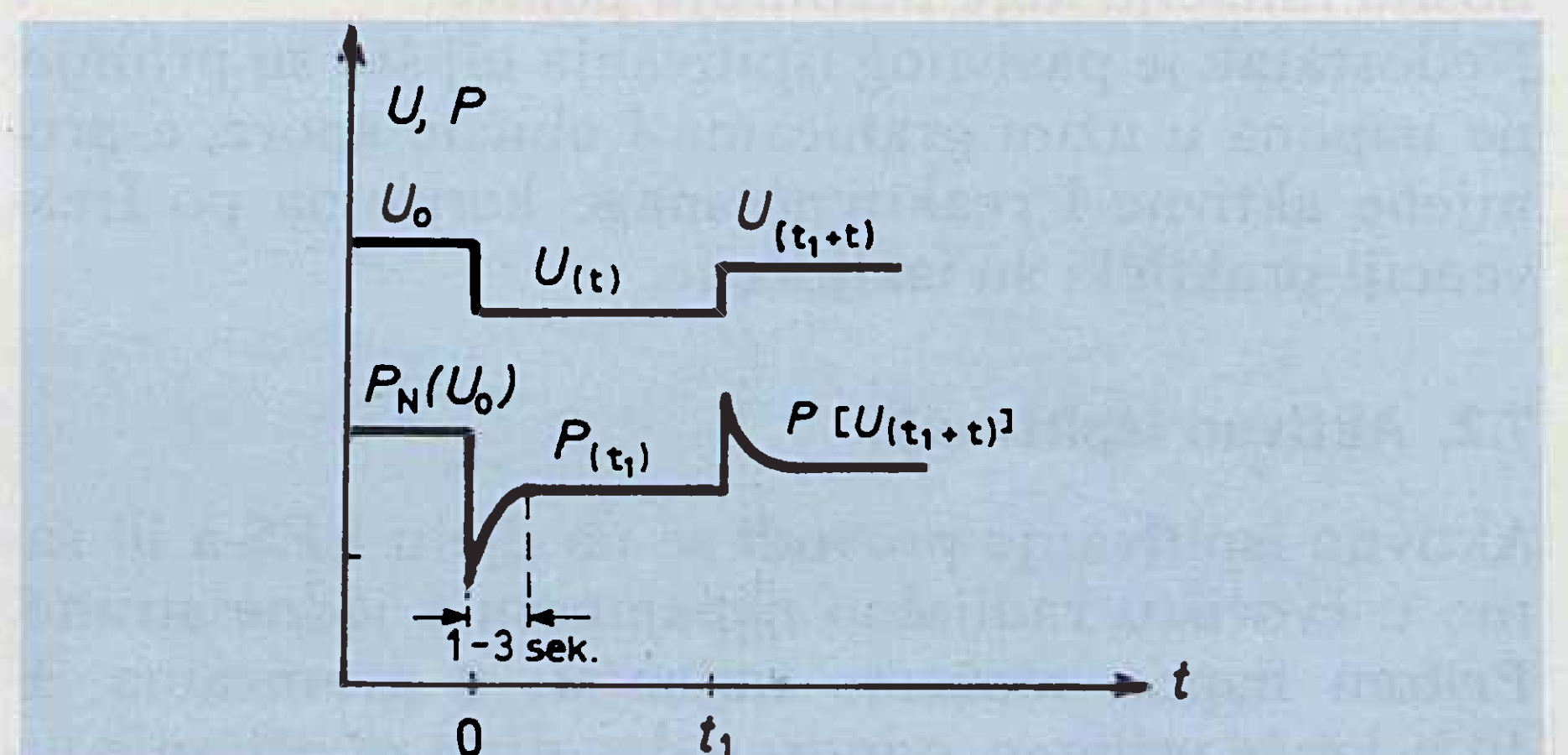
Nagla sniženja napona do $0,8 U_n$ ne narušavaju u većoj mjeri statičku stabilnost potrošača, definirano u smislu održanja u radu sa EES-om. Pritom radna snaga i pri padu i pri porastu napona kratkotrajno opadne, odnosno poraste proporcionalno s kvadratom napona s prijelaznim procesom koji traje 1,5–3 sek, nakon čega imamo stabilizaciju radne snage koja odgovara normalnoj statičkoj promjeni radne snage po naponu, prema koeficijentu statizma:

$$k_{pf} = \frac{P_n(U_0) - P_n(t)}{U_0 - U_t} \quad (10)$$

Promjene jalove snage gotovo su analogne za većinu čvorišta, a koeficijent statizma je:

$$k_{qt} = \frac{Q_n(U_0) - Q(t)}{U_0 - U_t} \quad (11)$$

Prijelaz radne snage konzuma početnog stanja s naponom U_0 u drugo stanje U_t odvija se po aperiodskoj promjeni s vremenskom konstantom 0,2–0,5 sek. Vidi sl. 3.



Slika 3. Uopćena dinamička karakteristika promjene snage konzuma po naponu

Na osnovi eksperimentalnog istraživanja dinamičkih karakteristika konzuma naglim skokovitim promjenama napona za ΔU_k u momentu t , a za period $t_{k-1} \leq t \leq t_k$, gdje je $t_k - t_{k-1} \geq 1,5$ sek. i $U(t) = U_k = U_0 + \sum_{k=1}^n \Delta U_k$ moguće je aktivnu snagu konzuma kod dinamičkih promjena dati izradom:

$$P_{du}(t) = P_{su}(U_k) - \left[P_{su}(U_k) - P_{su}(U_{k-1}) \right] \cdot \left(\frac{U_k}{U_{k-1}} \right)^2 \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (12)$$

gdje je $T = 0,2-0,5$ sek a P_{su} radna snaga konzuma prema statičkoj karakteristici promjene snage po naponu uz konstantnu frekvenciju.

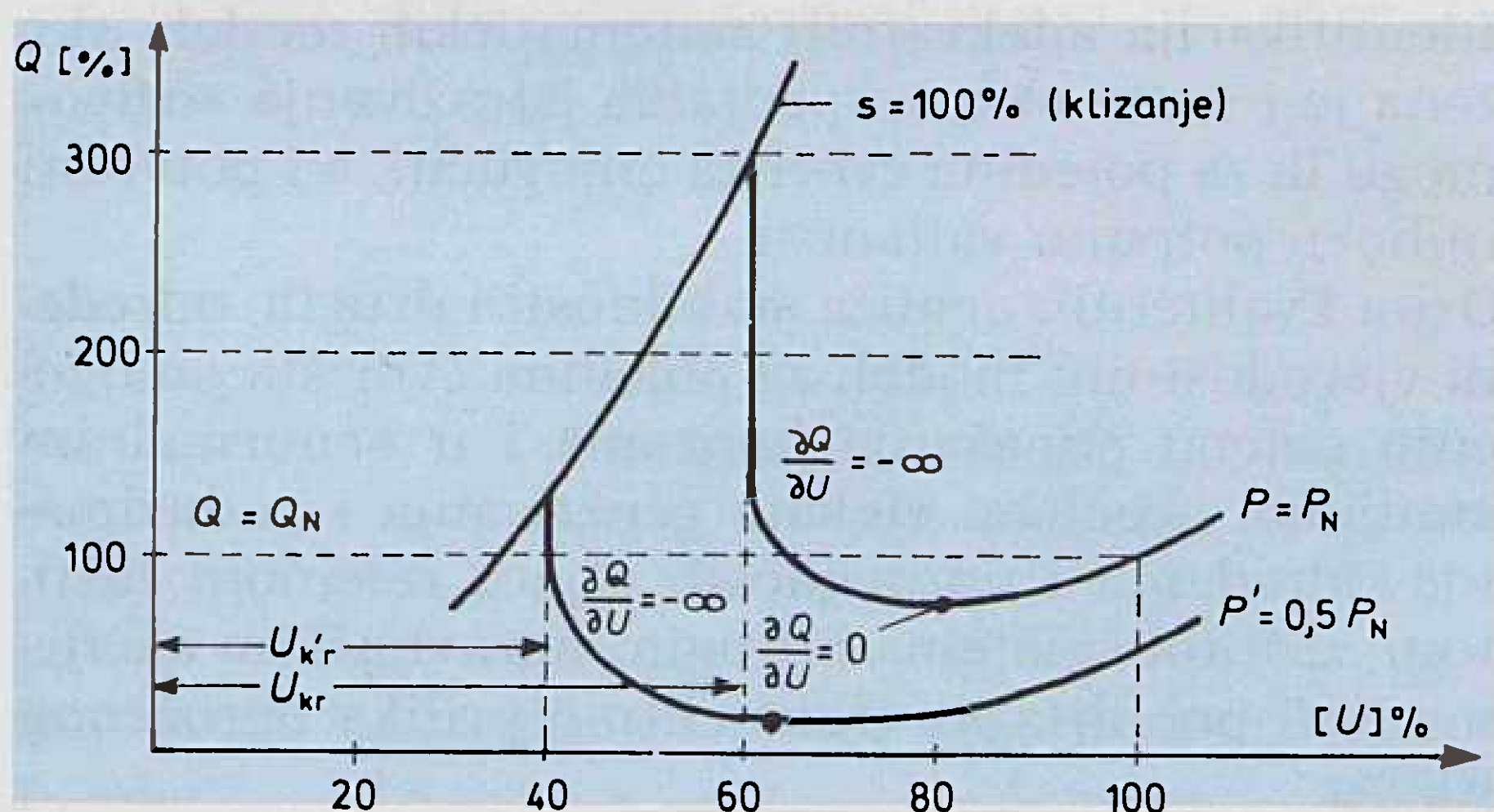
9. PONAŠANJE KONZUMA PRI DINAMIČKIM PROMJENAMA NAPONA

Pri većim promjenama napona za više od 20 % a do 30 % dolazi do isključenja dijela konzuma — samorasterećenja, pri čemu se preostalom konzumu ne narušava statička stabilnost u smislu veza sa EES-om, a napon do potrošača se stabilizira i nema tendenciju daljnjeg pada.

Pri još većim sniženjima napona $0,7 - 0,5 U_n$ najčešće se isključuje znatan dio konzuma, elektromotorni pogon i narušava se statička stabilnost pogona. Tome izrazito pridonosi nagla promjena jalove snage asinkronih elektromotora. Tipično ponašanje konzuma čvorišta jednoga industrijskog područja napajano iz transformatorske stanice 110/35 kV s pretežno asinkronim elektromotorima kao potrošačima kod sniženja napona od U_n do $0,8 U_n$ u skokovima po 5 %, a u vremenskom razmaku od nekoliko sekundi, manifestira se dosta jakim povećanjem potrošnje jalove snage a gotovo neznatnom promjenom radne snage.

Sniženjem napona ispod $0,8 U_n$ do $0,6 U_n$, odnosno napona koji nazivamo kritičnim naponom U_{kr} , može doći, najviše zbog asinkronih elektromotora kao potrošača, do efekta samosniženja napona — lavine pada napona, koja se odvija relativno brzo u vremenu otprilike 2 sek, pri čemu imamo vrlo izražen porast jalove snage konzuma, a obično i pad aktivne snage.

Ilustrativan je primjer za takvo ponašanje konzuma jednog čvorišta koje napaja industrijsko područje, gdje je reprezentant ovakvih potrošača — asinhroni elektromotor, sl. 4.



Slika 4. Promjena reaktivne snage (Q) po naponu (U) asinkronog elektromotora

Uočava se zavisnost U_{kr} od opterećenja i činjenica da se pri padu napona naglo povećava jalova snaga, a klizanje elektromotora može dostići vrijednost $s = 100 \%$, odnosno zbog niskog napona i malog momenta radni strojevi mogu i zaustaviti motor.

Pri padu napona ispod $0,5 U_n$ brzo opada aktivna i reaktivna snaga konzuma te dolazi do samorasterećenja konzuma.

Kod elektromotornih pogona isključuju se sklopnici i podnaponska okidači niskonaponskih prekidača, a većina ostalih potrošača smanjuje snagu po svojoj prirodnoj karakteristici.

10. ZAŠTITA OD LAVINE PADA NAPONA

Prema porastu brzine uzimanja reaktivne snage iz sistema pri sniženju napona dQ/dU i (ili) pojavljivanja određene maksimalne kritične reaktivne snage konzuma Q_{kr} za određeno čvorište možemo procjenjivati mogućnost nastanka kritičnog napona i pojave lavine pada napona konzuma. To može biti ujedno i kriterij za primjenu systemske relejne zaštite EES-a koja bi se postavljala u sama konzumna čvorišta VN ili, još bolje, na SN ili čak NN postrojenja, što je predmet daljnje analize. Takva predložena zaštita sistema, a dijelom i samih potrošača, mogla bi se realizirati relejima jalove snage s mogućnošću podešavanja reaktivne snage i vremena zadržavanja i podnaponskim relejima s vremenskom zadržskom. Primjena ovakve zaštite i na nižim naponskim nivoima, pored funkcije zaštite sistema, ujedno može djelomično zaštititi i potrošače, posebno elektromotore, koji obično osim svitka sklopnika i podnaponskih okidača prekidača i nemaju zaštitu preniskih napona. Poznavanje zavisnosti jalove snage po naponu, ako je ona aproksimacijom dana kvadratnom ili eksponencionalnom funkcijom, a što se i može očekivati kod konzuma s pretežno elektromotornim potrošačima, omogućuje da se iz uvjeta prve derivacije $dQ/dU = 0$ odredi taj kritični napon. Uopćeno, kritički minimalni napon zavisi od prirode konzuma i električne udaljenosti čvorišta konzuma od mjesta naponski čvrste točke EES-a napona E , on određuje granične mogućnosti prijenosa — dotura jalove snage, te opredjeljuje kritičnu naponsku stabilnost koja je određena uvjetima:

$$\frac{dE}{dU} \geq 0 \quad \text{i} \quad \frac{d(Q_g - Q_k)}{dU} \leq 0 \quad (13)$$

gdje je Q_g proizvedena reaktivna energija izvora u čvrstoj naponskoj točki E , a Q_k potrošnja reaktivne snage konzuma zajedno s dodatnom potrošnjom za prijenos ukupne snage.

Pri padu napona čvorišta konzuma ispod kritičnog potreba konzuma za jalovom energijom veća je od mogućnosti njezina dotura iz sistema, te neminovno dolazi do sloma napona.

Jalova snaga Q_{kr} koju konzum uzima pri pojavi kritičnog napona ujedno je, a to je najčešće u alarmnim stanjima EES-a, najveća jalova snaga za dano opterećenje konzuma i taj napon. Naime, veću reaktivnu snagu nemoguće je dostaviti konzumu zbog pojave ograničenja mogućnosti proizvodnje jalove snage u EES-u i gubitaka u prijenosu.

Porast proizvodnje jalove snage pri takvim prilikama u sinkronim generatorima i sinkronim kompenzatorima troši se na prijenos snaga tog konzuma. Kako pri daljnjem padu napona konzum može imati tendenciju još veće potrošnje jalove snage, onemogućen mu je daljnji dotur jalovih snaga, što dovodi do lavine pada napona konzuma i mogućeg naponskog sloma sistema. To najbolje ilustrira izraz za gubitke jalove snage ΔQ za potrebe prijenosa P_k radne i Q_k jalove snage konzuma duž reaktancije X_L prijenosnog voda od izvora napajanja:

$$\Delta Q = \frac{P_k^2 + Q_k^2}{U_k^2} X_L \quad (14)$$

Ne samo da se ove potrebe za prijenos uvećavaju obrnuto proporcionalno s kvadratom napona konzuma U_k već se i potrebe samog konzuma za jalovom snagom mijenjaju. Tipično je za industrijska konzumna područja do $0,8 U_n$ da jalova snaga neznatno pada ili čak raste, ali se za daljnji pad napona $0,7 U_n$ i niže naglo povećava, pa i ta činjenica rezultira još većim gubicima snage prijenosa.

Nepovoljnim naponskim prilikama pridonosi i efekt smanjenja proizvodnje jalove snage dalekovoda proporcionalan kvadratu pada napona.

11. KONZUM I STABILNOST EES-a

Karakteristike konzuma jalove snage upućuju na potencijalno postojanje čvorišta s nesamoregulirajućim efektom, kod kojih se padom napona ne smanjuje potrošnja jalove snage. Prijenos jalove snage, analogno kao i radne, ima također teorijski gornju granicu, a u realnosti obično je ograničen ukupnom snagom prijenosa, odnosno termičkog granicom ugrijanja elemenata u sistemu prijenosa, maksimalno dozvoljenim provjesima vodiča dalekovoda i činjenicom da za prijenos snage od izvora do konzuma sami elementi prijenosa, dalekovodi i transformatori, torše pretežno jalovu snagu, a da njezina moguća proizvodnja zavisi od ukupnog opterećenja sistema i ograničena je mogućnostima proizvodnje generatora i sinkronih kompenzatora. Kompenzacija kapacitivnim baterijama vrlo je nepovoljna pri većim sniženjima napona, jer reaktivna snaga opada s kvadratom napona. Isti je slučaj i s drugim kapacitivnostima. Povećana potrošnja jalove energije ili čak slom napona u pojedinim konzumnim čvorištima teorijski je dovoljno da samo jednom, u prijelaznim pojavama prilikom veće poremećenosti rada EES-a, narušava drastično ukupnu naponsku stabilnost dijela ili cijelog sistema, a često je i presudni faktor raspada EES-a.

Tako pored ostalih faktora bilansna ravnoteža reaktivnih snaga, proizvedenih za prijenos i za konzum, može biti kritičnija za narušavanje stabilnosti od samih radnih snaga. Debalans radnih snaga, uz tolerantne naponske prilike, narušava frekvenciju, a prijelazne pojave pri tome osim elektromagnetskih veličina uključuju i mehaničke s većim vremenskim konstantama, pa su za razliku od debalansa jalovih snaga, koje su posve elektromagnetske, znači vrlo brze, po svojoj prirodi nešto duže, što omogućuje pravovremeno djelovanje upravljačkih akcija zaštite sistema i regulatora.

Veća neravnoteža jalovih snaga može brzo dovesti do sloma EES-a zbog naglog slabljenja i narušavanja sinkronizacionih veza među generatorima, pojava električnog ograničenja mogućnosti prijenosa električne energije, a što se prethodno manifestira pojavama njihanja i pojavljivanja izuzetno niskih napo-

na, povećanjem dodatnih gubitaka radne energije i potrebama za dodatnom jalovom snagom.

Tome naročito negativno pridonose čvorišta konzuma električno udaljena (impedancijom-reaktancijom) od izvora, koje imaju opisane nepovoljne statičke i dinamičke karakteristike jalove energije po naponu što je slučaj, ponavljamo, s industrijskim područjima.

Na kraju, navest ćemo jednu važnu činjenicu koja se odnosi na naponsku stabilnost, a ta je da u prijelaznim režimima i kritičnim alarmnim stanjima, pri pojavi vrlo niskih napona, pri preopterećenjima prijenosnog sistema ili kratkotrajno pri ispadima pojedinih elemenata EES-a, na primjer, manjak jalove snage mogu nadoknaditi samo proizvođači »aktivne« jalove snage — sinkroni generatori i sinkroni kompenzatori, a ostali statički proizvođači »reaktivne — pasivne« jalove snage, kondenzatori i ostale kapacitivnosti sistema, to ne mogu.

Odnos tih jalovih snaga, različitih po suštini, u sistemu se pogoršava uvođenjem sve većih, posebno termičkih proizvodnih agregata s većim $\cos \phi$, pa je aktualna nužnost razmatranja rekonstrukcije postojećih i uvođenje uzбудnih sistema generatora sa što većim faktorom forsiranja, radi poboljšanja ukupne stabilnosti EES-a.

12. ZAKLJUČAK

Poznavanje statičkih i dinamičkih karakteristika konzuma za pojedina čvorišta omogućuje kvalitetnije analize rada u prijelaznim režimima, a i za različita stanja EES-a.

Identifikacija adekvatnih matematičkih modela složena je i samo eksperimentalna istraživanja »uživo« mogu ih za pojedina čvorišta omogućiti, a i potvrditi njihovu potpunu valjanost.

Osim kvalitetnih analiza stabilnosti i drugih, odrede ni vjerodostojni modeli za pojedina čvorišta omogućuju ocjenu ponašanja konzuma i u nenormalnim stanjima, procjenu efekata generiranja i poduzimanja određenih i upravljačkih mjera relejnom zaštitom, zaštitom sistema i drugim upravljačkim akcijama radi poboljšanja tranzientnih prilika ugroženog EES-a.

Poznavanje statičkih karakteristika konzuma omogućuje predviđanje ponašanja konzuma pri manjim promjenama napona ili namjernim sniženjem pri eventualno nužnim redukcijama potrošnje električne energije. Navedeni razlozi nameću tretiranu problematiku određivanja karakteristika konzuma kao jedan od prioritetnih preduvjeta daljnjih poboljšanja vođenja EES-a u prijelaznim stanjima.

LITERATURA

- [1] V. A. VENIKOV: »Transient processes in electrical power systems«, Mir publishers, 1977.
- [2] E. GUREVIĆ: »Ustojivost nagrusrki električkih sistema« (na ruskom), Energoizdat, 1981

- [3] I. J. NAGRATH, D. P. KOTHARI: »Modern power system analysis«, Tata, Mc Grow Hill, 1989.
- [4] A. OGORELEC, F. GUBINA: »Matematično modeliranje za potrebe vodenja iz zaštite EES-a Ljubljana, 1981.
- [5] A. ČURLIN: »Programski alati u matematici« Beograd, 1990.
- [6] I. PAVLIĆ: »Statistička teorija i primjena« Tehnička knjiga Zagreb, 1988.

CONSUMPTION CHARACTERISTICS BY ELECTRIC-POWER SYSTEM STATE CHANGES

The problem field of the consumption characteristics determination and its influence on the electric-power system transient states are presented.

CHARAKTERISTIKEN DES KONSUMS BEI VERÄNDERUNGEN DER ZUSTÄNDE DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

Hier bespricht man die Problematik der Bestimmung von Konsumcharakteristiken und ihres Einflusses auf die Übergangszustände des EE Systems.

Naslov pisca:

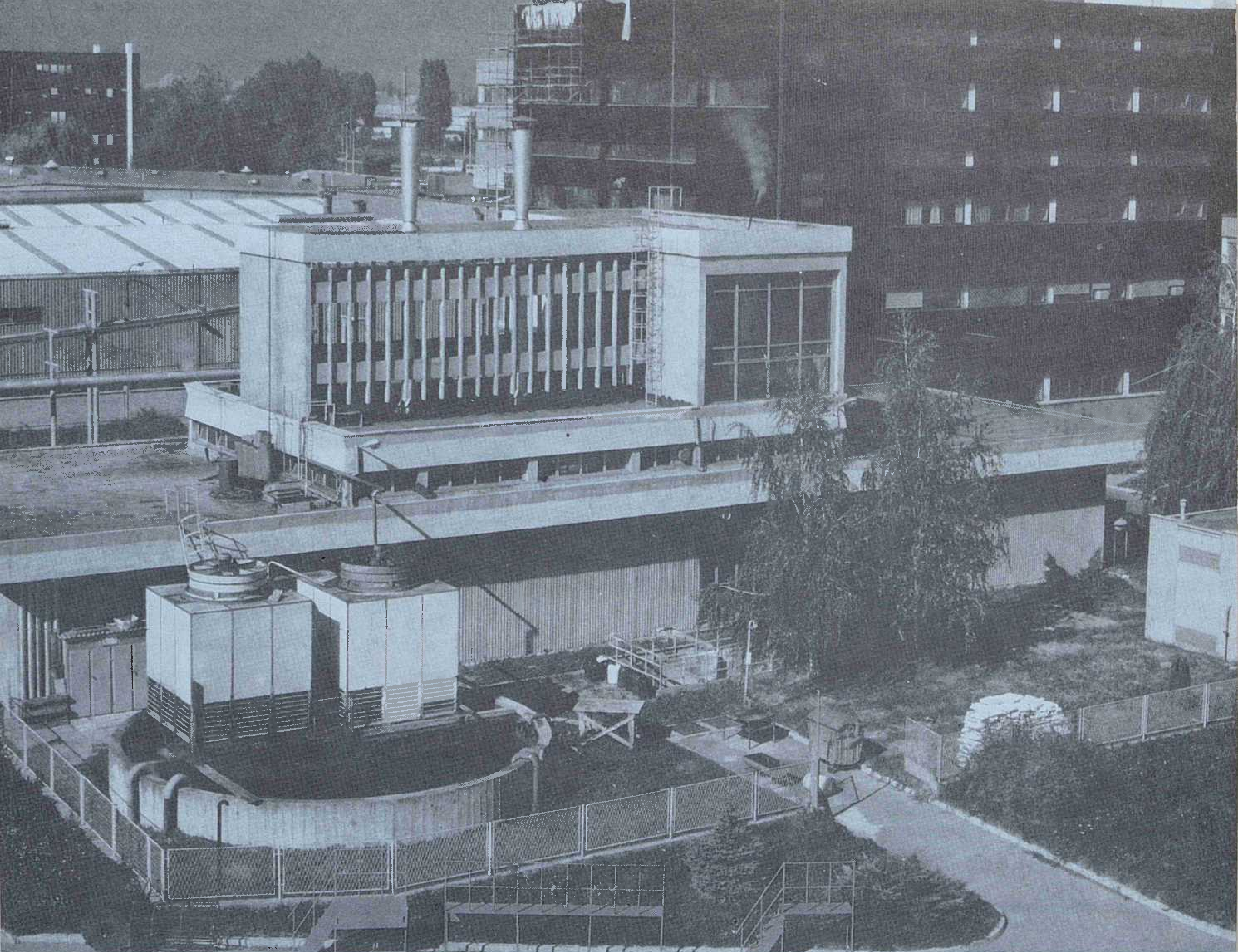
Mr. Mirko Valenčić, dipl. inž.
Tehnički fakultet Rijeka
51000 Rijeka, Narodnog ustanka
58,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-02-05.

»PINIJA COMMERCE«

**PODUZEĆE ZA PROMET
I POSLOVNE USLUGE, s p. o.**

ZAGREB, Trg sportova 11
Telefon: (041) 311-829, Fax: 327-578



PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabeili 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 kabeili.
 Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabeili.
 Brodski kabeili izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
 Kabeili i konektori za aerodromske instalacije.
 Samonosivi kabeilski snopovi Elkalex-1.
 Telekomunikacijski kabeili s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
 Optički kabeili.
 Specijalni vodovi i kabeili.
 Rudarski kabeili.
 Kabeilski setovi sa konektorima.
 Lakirana žica.
 Alumunijaska, alu-čelična i užad iz alumunijске legure.
 Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.
 Umreživi polietilen.



RAZARANJE ENERGETSKIH OBJEKATA

Agresija na Hrvatsku, brižljivo i sustavno pripremana, usmjerena je na prometnu i energetska infrastrukturu, a zatim je slijedilo sustavno i smišljeno razaranje vitalnih dijelova republičkog gospodarstva. Hrvatskom su gospodarstvu nanesene goleme štete i na energetskim objektima. Komisija za utvrđivanje i procjenu ratnih šteta Hrvatskoj elektroprivredi utvrdila je da je ovom poduzeću do 31. siječnja 1992. počinjena izravna šteta veća od 200 milijuna dolara. To se uglavnom odnosi na proizvodna i prijenosna postrojenja. Najteže je stradala TE-TO Osijek i prema procjeni šteta iznosi otprilike 45 milijuna dolara. Prijenosni objekti trpe štetu približno 46 milijuna dolara.

Izravna šteta distributivnih poduzeća iznosi oko 30 milijuna dolara. Najveća oštećenja učinjena su na području Zadra, Šibenika, Dubrovnika, Siska, Novske, Nove Gradiške, Vinkovaca, Osijeka i dr.

Znatno su oštećeni i objekti naftne industrije, naročito postrojenja locirana u industrijskoj zoni Siska. Najveća oštećenja napravljena su na sisačkoj rafineriji nafte. Na energetsko i procesno postrojenje palo je više stotina granata različite razorne moći. Rafinerija je dvadesetak puta bombardirana, tako da je izravna šteta procijenjena na približno 140 milijuna dolara, no neizravno je višestruko veća.

I. R.

SURADNJA INE S KINESKIM TVRTKAMA

Nedavno je INA zaključila ugovore s kineskom tvrtkom uvoz-izvoz China National Chemicals o zajedničkoj suradnji. To je najveći ugovor Hrvatske za ovu godinu. Riječ je o poslovima vrijednim blizu 500 milijuna dolara. Prema ugovoru kineska nafta trebala bi 1992. godine osigurati barem djelomično opskrbu hrvatskog tržišta, a Kina će dobiti minimalno gnojivo i polietilen niske gustoće.

U 1992. godini uvoz nafte iz Kine iznosit će više milijuna tona, a po dogovorenoj dinamici mjesečno će se isporučivati 100 tisuća tona nafte. Ugovorom je također predviđena isporuka 100 tisuća tona baznog benzina za DINA — Petrokemijску industriju Omišalj, a DINA će Kini isporučiti 100 tisuća tona derivata niske gustoće.

Kineska tvrtka je zainteresirana za proširenje suradnje i u drugim područjima, kao što je istraživanje nafte i plina u Sibiru. Taj posao vrijedan je nekoliko stotina milijuna dolara, a sibirski nalazišta, prema ocjeni stručnjaka, ubrajaju se među najbogatija u svijetu.

Osim toga, Kinezi su zainteresirani i za suradnju u distribuciji nafte u Srednjoj Europi, odnosno zajedničku prodaju Mađarskoj, Češko-Slovačkoj i širem krugu zemalja koje to žele. Do Omišlja bi se nafta dopremala tankerima, a dalje Jadranskim naftovodom.

I. R.

PLINOFIKACIJA MAKEDONIJE

Makedonsko poduzeće »Makpetrol« u Skopju i »Sojuzgaseksport« iz Moskve potpisali su ugovor o dugoročnoj isporuci plina za potrebe plinifikacije Makedonije. Do 1995. go-

dine Makedonija će iz Rusije za svoje potrebe uvoziti 760 milijuna prostornih metara plina. U izradi projekata plinifikacije zajednički će surađivati makedonski i ruski stručnjaci.

Radovi na izgradnji glavnog plinovoda trajat će 27 mjeseci, a prve količine prirodnog plina iz Rusije u Makedoniju početak će stizati u drugoj polovici 1994. godine. Za izgradnju plinovodnog sustava potrebne su investicije od otprilike 70 milijuna USA dolara. Sredstva će djelomično osigurati poduzeće »Makpetrol« (oko 10 milijuna dolara), a najveći dio osigurat će republička vlada.

Primopredaja plina iz Rusije u Makedoniju bit će kod mjesta Devi Bair, u blizini Krive Palanke, na makedonsko-bugarskoj granici. Ugovorom je predviđeno da ruski partner izgradi potrebne instalacije, odnosno da u Bugarskoj izvede priključni krak od glavnoga magistralnog plinovoda prema Makedoniji.

I. R.

GODIŠNJA PROIZVODNJA NE KRŠKO

Prošle godine NE Krško ostvarila je proizvodnju 4,7 milijarde kilovatsati električne energije, čime je godišnji plan premašen za osam posto. Jedan od razloga povećanja proizvodnje jest i činjenica da je nuklearna posljednjih pet mjeseci radila punom snagom i bez zaustavljanja.

Potkraj prošle godine uspješno je završeno prvo desetljeće komercijalnog rada, i to rezultatima koji ulaze u red najboljih u svijetu kako po proizvodnji, tako i po sigurnosti i zaštiti okoliša. U tih deset godina proizvedeno je ukupno 40 milijardi kilovatsati električne energije. Posebno je zanimljivo da radioaktivnost nikad nije bila ni blizu opasnoj granici.

Od ostvarene proizvodnje 1991. godine Hrvatska elektroprivreda preuzela je 2,364 milijarde kWh električne energije. Ta preuzeta količina električne energije od NE Krško čini 18,2 posto ukupne potrošnje u Hrvatskoj. U 1992. godini u Hrvatskoj će se, prema procjeni stručnjaka, potrošiti blizu 12,5 milijardi kWh, a udio NE Krškog bit će 15,4 posto odnosno 1,94 milijarde kWh. Uzroci manje proizvedene NE Krško kao i manje potrošnje struje ove godine uglavnom su rezultat planiranog remonta nuklearke i smanjene potrebe u odnosu na 1991. godinu. Remont NE Krško planiran je od svibnja do 7. srpnja 1992.

I. R.

IZVOZ TEKUĆIH PLINOVA

Početkom 1992. godine poduzeće Naftaplin sklopilo je dva ugovora o isporuci tekućih goriva kupcima iz Njemačke i Austrije. Prema ugovoru Njemačkoj će se isporučiti 1 200 tona propana i 400 tona butana. Nedavno je sklopljen i treći ugovor o prodaji tekućih plinova, i to ponovno za kupce iz Austrije. Tim ugovorom je predviđena isporuka 600 tona butana i 400 propana. Prve količine iz tog ugovora već su isporučene.

Prema dosad potpisanim ugovorima, poduzeće Naftaplin će stranim kupcima ukupno isporučiti 3 600 tona tekućih plinova.

Treba istaknuti da Naftaplin u ove zemlje izvozi samo višak tekućih plinova, koji zbog gubitaka tržišta na području bivše Jugoslavije više ne može plasirati. Naime, domaće se tržište znatno smanjilo, i to zbog raspada Jugoslavije, a i zbog ratnih uvjeta, te nemogućnosti isporuka tekućih plinova na privremeno okupiranom području Hrvatske.

I. R.

ELEKTROENERGETSKA BILANCA HRVATSKE
ZA 1992. GODINU

Upravni odbor Hrvatske elektroprivrede na 15. sjednici Upravnog odbora, održanoj 23. prosinca 1991, donio je sljedeću odluku.

1. Utvrđuje se elektroenergetska bilanca Hrvatske za 1992. godinu s osnovnim godišnjim veličinama na mreži prijenosa:

Plan potreba električne energije	-GWh
— distribucijski potrošači	10 729
— veliki potrošači	1 426
— gubici prijenosa	362
Ukupno plan potrošnje	12 517
Vraćanje duga iz 1991. godine	60
Plan sveukupnih potreba	12 577
Plan raspoložive električne energije	-GWh-
— proizvodnja hidroelektrana	5 301,0
— proizvodnja TE na ugljen	357,0
— proizvodnja teroelektrana-toplana	567,0
— proizvodnja TE na tekuće gorivo	2 510,0
— proizvodnja TE u drugim republikama za potrebe Hrvatske	1 872,0
— proizvodnja nuklearne elektrane za Hrvatsku	1 940,0
Ukupan plan proizvodnje	12 577,0
— nabava	0,0
Plan ukupne raspoloživosti	12 577,0
Nepodmirene potrebe	0,0

2. Za planiranu proizvodnju termoelektrana potrebno je osigurati:
- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| — kamenog ugljena | 183 300 tona |
| — loživog ulja | 689 000 tona |
| — zemnog plina | $378,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ |
| — koksnog plina | $48,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ |

1. UVOD

Elektroenergetska bilanca Hrvatske za 1992. godinu rađena je u vrijeme rata u Hrvatskoj, razaranja proizvodnih, prijenosnih postrojenja elektroenergetskog sustava Hrvatske, privrednih objekata i objekata široke potrošnje električne energije.

Na temelju raspoloživih informacija o onesposobljenim i ratom razorenim objektima u Hrvatskoj, te predviđanja prekida rata do kraja 1992. godine, definirani su polazni elementi bitni za razradu elektroenergetske bilance za:

- potrošnju
- isporuku električne energije iz drugih republika na temelju ugovora o izgradnji zajedničkih objekata (TE Tuzla, TE Gacko, TE Kakanj), a posebno TE Obrenovac

- proizvodne objekte električne energije koji su neraspoloživi zbog okupacije ili zbog onesposobljene prijenosne mreže.

Spomenuti polazni elementi uključeni su u razradu Elektroenergetske bilance sa sljedećim osnovnim pretpostavkama:

1. U razdoblju siječanj — veljača elektroenergetski sustav Hrvatske razdijeljen je na dva podsustava od kojih je jedan spojen na mrežu UCPTE (područje Istre, Primorja, Like i sjeverozapadne Hrvatske), a drugi (područje Slavonije i Dalmacije) preko elektroenergetske mreže Herceg-Bosne na ostatak bivše Jugoslavije. U ovom razdoblju nije računato s radom okupiranih i raspoloživih hidroelektrana HE Dubrovnik RHE Obrovac, HE Peruća, HE Manojlovac, HE Golubić i HE Sklope. Također je pretpostavljena nemogućnost upravljanja akumulacijom Peruća.
Uzeta je u obzir i obveza vraćanja električne energije od 60 GWh, kojom se HEP zadužila u 1991. godini.
2. U razdoblju ožujak — prosinac pretpostavljen je povezan i jedinstven elektroenergetski sustav na području Hrvatske.
Sve hidroelektrane, uključujući i prethodno spomenute, raspoložive su za elektroenergetski sustav Hrvatske, samo što se zbog potrebne sanacije kvara proizvodnja HE Dubrovnik planira od 1. travnja, a HE Peruća od 1. srpnja. Pretpostavljena je mogućnost upravljanja akumulacijom Peruća od 1. ožujka korištenjem temeljnog ispusta do ulaska u pogon HE Peruća.
3. Rad TE Plomin planiran je sa 50 posto snage u prva tri mjeseca zbog očekivanih problema zašljakivanja kotla zbog otežanih uvjeta nabave dovoljnih količina ugljena za miješanje.
4. Kod TE-TO Osijek pretpostavljena je sanacija oštećenja do 1. svibnja. Tijekom cijele godine nisu uzete u obzir isporuke električne energije TE Obrenovac u izgradnji od 1 680 GWh zbog nedefiniranih odnosa Republike Hrvatske i Srbije.

2. PLAN POTREBA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Plan potreba električne energije sadrži ukupne potrebe potrošača distribucije, potrebe velikih potrošača, gubitke električne energije u prijenosnoj mreži te isporuku električne energije u iznosu od 60 GWh kojom se Hrvatska elektroprivreda zadužila u 1991. godini.

Plan godišnjih potreba električne energije	-GWh-
— potrebe potrošača distribucije	10 729,0
— potrebe velikih potrošača	1 426,0
— gubici u prijenosnoj mreži	362,0
Plan ukupne potrošnje	12 517,0
Vraćanje duga iz 1991. godine	60,0
Plan sveukupnih potreba	12 577,0

Plan ukupne potrošnje električne energije za 1992. godinu u iznosu 12 577,0 GWh za 15 posto je manji od ostvarene ukupne potrošnje u Hrvatskoj u 1990. godini.

2.1. Plan potreba električne energije za potrošače distribucije

Godišnje potrebe električne energije potrošača distribucije planirane su na razini procjene potrošnje u 1991. godini u iznosu 10 729,0 GWh. Tako planirane ukupne potrebe distribucije niže su za otprilike osam posto ostvarenih u 1990. go-

dini. Dinamika mjesečnih potreba planirana je na temelju prosječnog mjesečnog udjela u godišnjem ostvarenju u posljednje tri neratne godine (1990, 1989, i 1988).

2.2. Plan potreba električne energije za velike potrošače na mreži prijenosa

Plan potreba električne energije za velike potrošače na mreži prijenosa utvrđen je dijelom na temelju prijave samih potrošača, a dijelom je procijenjen na temelju ostvarenja u zadnjim mjesecima 1991. godine i prijavi plana za prosinac 1991.

Plan potreba velikih potrošača za 1992. godinu u iznosu 1 426,0 GWh manji je za 42,2 posto od ostvarenja u 1990. godini. Znatno dio smanjenja plana potreba proizlazi iz zbog izostanka proizvodnje aluminija u TA Ražine (oko 1 200 GWh).

2.3. Gubici električne energije u prijenosnoj mreži

Gubici električne energije u prijenosnoj mreži planirani su u odnosu na planirani promet električne energije u mreži u istom postotku koji je ostvaren u prethodnoj godini.

Procjena ostvarenja u 1991. godini	
Ukupan promet 13 080 GWh	Gubici 361 GWh ili 2,76 posto ukupnog prometa
Plan za 1992.	
Ukupan promet 13 116 GWh	362 GWh ili 2,76 posto ukupnog prometa

3. PLAN RASPOLOŽIVE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Potrebe potrošača za električnom energijom podmiruju se proizvodnjom hidroelektrana, proizvodnjom termoelektrana te isporukama električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama na temelju ugovora i aneksa ugovora o zajedničkoj izgradnji energetskih objekata. Elektroenergetski sustav Hrvatske raspolagat će u 1992. godini snagom na pragu od 3 686 MW. Snaga HE Dubrovnik računata je sa 40 posto od instalirane snage za HEP, a za elektroprivredu BiH 60 posto. U TE Jertovec, zbog dotrajalosti, neraspoloživ je turboagregat br. 1 instalirane snage 14,8 MWA (na pragu 13 MW). Izgrađenost elektroenergetskih objekata za proizvodnju i prijenos s elektranama izgrađenim u drugim republikama za potrebe Hrvatske može potpuno zadovoljiti sve potrebe.

3.1. Plan proizvodnje hidroelektrana

Godišnja proizvodnja hidroelektrana planira se na razini koja odgovara 70-postotnoj godišnjoj vjerojatnosti pojave sušnosti na profilu svakog sliva u hidrološkom nizu od 40 godina (niz 1951 – 1990). U 1992. godini ne pušta se u pogon ni jedna novoizgrađena hidroelektrana. Početno stanje akumulacija 01/I 1992 određeno je na temelju ostvarenja u prosincu i procjene do kraja 1991. godine. S obzirom na velik iznos očekivanih ukupnih akumulacija (990 GWh) na početku godine planirano je njihovo pražnjenje tijekom godine za 247 GWh, pa je stanje ukupnih akumulacija potkraj 1992. godine 743 GWh.

Zbog okupacije i raspoloživosti u siječnju i veljači:

- u HE Manojlovac manja je proizvodnja za 26 GWh
- u HE Golubić manja je proizvodnja za 4 GWh
- u HE Sklope manja je proizvodnja za 19 GWh
- u HE Obrovac manja je proizvodnja za 88 GWh

- u HE Peruća manja je proizvodnja za 53 GWh zbog okupacije i sanacije kvara do 1. srpnja
- u HE Vinodol manja je proizvodnja za 15 GWh zbog punjenja akumulacije na kraju godine.

Veća proizvodnja zbog pražnjenja akumulacije Buško blato i Peruća:

- HE Orlovac za 54 GWh
- HE Zakućac za 147 GWh
- HE Dale za 11 GWh.

3.2. Plan preuzimanja električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama

Plan preuzimanja električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama za 1992. godinu utvrđen je na temelju Osnovnih ugovora i aneksa Osnovnim ugovorima o zajedničkoj izgradnji elektroenergetskih objekata, kao i Sporazuma za TE Gacko

Plan godišnjih isporuka	MW	GWh
— TE Tuzla GI	182	100
— TE Kakanj GII	46	276
— TE Gacko GIV	92	506
— TE Obrenovac GII	0	0
Ukupno	320	1872

Za 1992. godinu nisu uzete u obzir isporuke električne energije Obrovac u izgradnji TE od 1 680 GWh.

Plan proizvodnje hidroelektrana:			
	Kriterij	Plan GWh	Razlika
HE Rijeka	94	94	0.0
HE Manojlovac	123	97	– 26.0
HE Golubić	20	16	– 4.0
HE Gojak	197	191	– 6.0
HE Varaždin	455	455	0.0
HE Čakovec	362	362	0.0
HE Dubrava	328	328	0.0
Ukupno HE protočne	1579	1543	– 36.0
HE Senj	940	957	17.0
HE Sklope	76	57	– 19.0
HE Vinodol	122	107	– 15.0
HE Peruća	104	51	– 53.0
HE Orlovac	289	343	54.0
HE Zakućac	1400	1547	147.0
HE Kraljevac	35	35	0.0
HE Dubrovnik-HEP	445	235	– 210.0
RHE Obrovac	338	250	– 88.0
HE Dale	133	144	11.0
Ukupno HE akumulacijske	3882	3726	– 156.0
Male HE	62	62	0
Raspoloživo HE	5523	5331	– 192.0
HE Dubrovnik i HE Trebinje 1 (HET 1):			GWh
HE Dubrov. za BIH (60%)	954	1020	66.0
HE Dubrov. za HEP (28%)	445	340	– 105.0
HE Dubrov. depo (12%)	191	185	– 6.0
Ukupno HET 1	1590	1545	– 45.0

Ostvarenje planirane proizvodnje hidroelektrana slučajna je veličina jer neposredno ovisi o dotocima koji se ne mogu unaprijed točno predvidjeti. Pri sadašnjem stupnju izgrađenosti njihova proizvodnja može varirati od 2 500 HWh za izrazito sušnu godinu do 7 000 GWh za izrazito vlažnu godinu.

Planirana proizvodnja hidroelektrana u 1992. godini kod mjesečnih dotoka koji odgovaraju 70%-tnoj godišnjoj vjerojatnosti pojave dotoka iznosi 5 331 GWh.

Odstupanja plana proizvodnje u odnosu na kriterijem predviđene iznose kod:

- HE Gojak: manja proizvodnja za 6 GWh zbog totalne obustave u kolovozu
- HE Senj: veća proizvodnja za 17 GWh zbog većeg pražnjenja akumulacije u odnosu prema početku godine, uključujući gubitak proizvodnje zbog potpune obustave u rujnu i 5 dana u lipnju.

3.3. Plan proizvodnje termoelektrana

U 1992. godini ne ulazi u pogon ni jedna novoizgrađena termoelektrana.

Plan proizvodnje termoelektrana

	Snaga MW	Kriterij GWh	Plan 1992. GWh
TE Plomin	93	531,0	357
NE Krško 50 posto	316	2 054,0	1 940
TE – TO Zagreb	161	999,0	400
EL – TO Zagreb	35	205,0	129
TE – TO Osijek	42	144,0	38
TE Rijeka	303	1 634,0	1 285
TE Sisak	386	2 085,0	1 225
KTE Jertovec	80	—	—
PTE Osijek	47	—	—
Ukupno	1 463	7 652,0	5 374

Proizvodnja TE Plomin nije planirana u skladu s kriterijem (5 700 sati) zbog sadašnjeg stanja cijevnog sustava kotla koje ne pruža garanciju za pouzdaniji pogon termoelektrane, već sa 3 839 sati rada. Ujedno, u prva tri mjeseca planirana je sa 50 posto snage zbog očekivanih problema zašljakivanja kotla poradi otežanih uvjeta nabave dovoljnih količina ugljena za miješanje. Proizvodnja NE Krško planirana je prema prijedlogu stručnih službi NE Krško u sklopu kriterija.

Proizvodnja TE Rijeka i TE Sisak planirana je do iznosa koji je potreban za potpunu opskrbu potrošača električnom energijom (TE Rijeka sa 4 241 sati, a TE Sisak sa 3 174 sati rada godišnje).

Toplane su planirane za proizvodnju električne energije samo u vrijeme ogrjevnog sezone u protutlačnom režimu, a njihovo stvarno angažiranje ostvarit će se prema redoslijedu troškova, odnosno optimumu troškova u elektroenergetskom sustavu.

Kod TE-TO Osijek pretpostavljena je sanacija oštećenja do 1. svibnja.

Plinske elektrane nisu predviđene u planu proizvodnje termoelektrana za 1992. godinu zbog visokih troškova proizvodnje. Kako su plinske elektrane interventnog karaktera, njihov ulazak u pogon ostvarit će se samo ako nestanu veći poremećaji u elektroenergetskom sustavu. Ako se za njihov rad osiguraju dovoljne količine plina, njihovo angažiranje ovisit će o troškovima njihove proizvodnje.

I. R.

OSNOVAN HRVATSKI KOMITET CIGRE

U Zagrebu je 18. veljače 1992. godine održana osnivačka skupština Hrvatskog komiteta CIGRE (HK CIGRE). Skupštini je prisustvovalo oko 150 zainteresiranih stručnjaka iz elektroprivrede, elektroindustrije, instituta, fakulteta te projektnih i montažnih organizacija. Također su bili prisutni i predstavnici 15 kolektivnih članova.

Za predsjednika HK CIGRE izabran je mr. Ivan Putanec, a za dopredsjednika Josip Moser. Na skupštini je prihvaćen Statut HK CIGRE kao i poslovnik o radu skupštine.

U danima koji su slijedili formirano je 15 Studijskih komiteta, a 25. ožujka 1992. godine formiran je i prvi Izvršni odbor kojega uz predsjednika i dopredsjednika čine predsjednici Studijskih komiteta te generalni sekretar. Izvršni odbor

je između ostalog donio plan rada i financijski plan za 1992. godinu te razmotrio postupak ulaska HK CIGRE u članstvo međunarodne CIGRE.

Kao prva akcija HK CIGRE je organizacija »Stručne konzultacije o obnovi i izgradnji elektroenergetskog sustava Hrvatske teško oštećenoga ratom« koja će se održati u svibnju 1992. godine. U jesen 1993. godine održat će se prvo Savjetovanje HK CIGRE za koje su Studijski komitei definirali preferencijalne teme.

U ožujku 1992. godine je također osnovan Slovenski komitet CIGRE, a za prvog predsjednika je izabran dr. Ferdinand Gubina.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

STANOVNICI MADŽARSKE I ČEŠKO-SLOVAČKE O NUKLEARNIM ELEKTRANAMA

Francuska elektroprivredna organizacija provela je u Mađarskoj anketu o raspoloženju građana prema nuklearnim elektranama. Pokazalo se da je 55% stanovnika za nuklearke.

EdF je s mađarskom nacionalnom elektroprivredom razmatrala mogućnost gradnje dvaju reaktora na vodu pod tlakom, prema takvom modelu EdF-a. Jedna od tih elektrana proizvodila bi energiju za izvoz, čime bi se riješio problem financiranja. Za taj se projekt izjasnilo 48% stanovnika Mađarske. Slična je anketa također provedena u travnju ove godine u Češko-Slovačkoj. Pokazalo se da je 57% ispitanika za proizvodnju električne energije u nuklearnim elektranama, dok je 20% protiv. No 60% od njih odbija da elektrana bude u blizini njihovih domova.

Opozicija protiv termoelektrana mnogo je izrazitija. 55% ispitanika ne odobrava, a 84% je protiv da budu sagrađene u blizini njihovih obitavališta. Samo je 36% ispitanika za gradnju novih nuklearki, a 43% prihvaća da se završe samo one koje su u gradnji.

RGE, god. (1991), br. 9

Mrk.

GRADNJA DVAJU NOVIH NUKLEARNIH REAKTORA U JAPANU

Državna energetska komisija ovlastila je organizaciju Tokyo Electric Power da može početi s gradnjom dvaju reaktorskih blokova na ključajuću vodu, razvijenih u kooperaciji s tvrtkom General Electric, Toshiba i Hitachi. Reaktori bi imali snagu od 1350 MW. Gradili bi se na lokaciji Kashiwazaki — Kariwa, gdje već postoji 5 reaktora. Stavljanje u pogon predviđeno je polovicom 1996. i 1997.

Japan danas raspolaže instaliranom snagom od 32 059 MW u 40 nuklearnih reaktora. Posljednji blok (Tomari 2) pustila je u pogon u travnju 1991. tvrtka Hokkaido.

RGE, god. (1991), br. 9

Mrk.

ENERGIJA VALOVA KORISTIT ĆE SE U DANSKOJ

Inženjeri smatraju da će se novim sistemom za iskorištavanje morskih valova moći pokriti oko 30% potrebne električne energije u Danskoj. Izgrađena su dva takva uređaja svaki snage 45 kW i pokusno smješteni na pučini uz dansku obalu.

RGE, god. (1991), br. 10

Mrk.

AKUMULATORSKE BATERIJE ZA CESTOVNA VOZILA

U sklopu napora da se proizvede ekološki čisto cestovno vozilo zasad dolazi jedino u obzir elektroauto s baterijama.

Baterije koje bi odgovarale za tu svrhu moraju ispunjavati ove zahtjeve:

- mora biti moguće da se u gradskoj vožnji isprazne u roku od jedan do dva sata
- gradsko zastajkivanje i ubrzavanje traži razvijanje velike snage
- energetska kapacitet treba iznositi između 5 kWh i 35 kWh
- moderni električni pogon traži više napone, pa treba izvesti serijsku vezu od mnogo elemenata
- održavanje mora biti što jednostavnije, a energiju treba davati uz sve uvjete.

Treba računati s činjenicom da vozača ne zanimaju tehničke pojedinosti, već sigurnost, raspoloživost, ekonomičnost, ekološka čistoća i vozne karakteristike.

Današnje baterije još ne mogu udovoljiti svim zahtjevima, pa treba određene baterije primijeniti tako da najbolje mogu zadovoljiti zahtjeve pojedinih vrsta vozila. Elektroautomobile možemo svrstati u tri grupe, a svaka od njih ima svoje specifičnosti:

- obični osobni električni auto
- elektrohibridni auto
- elektroposlovni auto (autobus ili dostavni).

Svaka od tih vrsta stavlja na baterije različite zahtjeve, pa treba odabrati onu koja najviše odgovara.

Danas u obzir dolaze sljedeći tipovi baterija:

- olovno — kiselinske
- nikal-kadmijske
- nikal-hibridne
- cink-bromne
- visokotemperaturne baterije
- 3-voltne »swing« baterije.

Pokazalo se da između olovnih akumulatora i baterija koje su danas u razvoju postoji faktor oko 4. Ne smije se smetnuti s uma da postojeće pogonsko gorivo kao akumulator energije kudikamo nadmašuje najbolje baterije. Litra benzina sadrži 12 000 Wh, a litra najboljih baterija 200 Wh. Zbog toga je osobito važno punu pozornost obratiti malim baterijskim osobnim kolima, koja moraju tehnički i optički biti tako izgrađena da budu za vozača atraktivna. Veliki proizvođači automobila već izlažu svoje prototipove koji imaju ambiciju da se proizvode u velikim serijama. No cijena takvom vozilu mora biti povoljna, a to je moguće samo ako se promijeni sadašnja energetska, ekološka i prometna politika.

Redovno se kod elektroautomobila najviše diskutira o dosegu vožnje s jednim punjenjem baterija. No za osobne automobile pri gradskoj vožnji vrlo je važna mogućnost dovoljnog ubrzanja. Takva pak mogućnost traži drukčije osobine baterija od onih koje traži što duži doseg vožnje. Olovno-kiselinska baterija nije skupa, pouzdana je, ekološki povoljna i dovoljno iskušana, ali ima veliku težinu i mali doseg vožnje.

Zatvoreni nikal-kadmijski akumulator povoljan je za laka vozila s potrebnim velikim ubrzanjem ili gdje baterije moraju biti malene, kao u hibridnim vozilima. Životna im je dob pri nekih 2 000 cikla otprilike 8 godina. One se mogu napuniti od 0 do 8% za 10 do 20 minuta. Skuplje su od olovnih, ali i dugotrajnije.

U najkraće će vrijeme biti pokusno spremne za upotrebu nikal-hibridne baterije. Kapacitet će im biti približno 50% ve-

ći od onoga nikal-kadmijskih baterija, a i cijena im neće biti veća.

Visokotemperaturni bakterijski sistemi su, općenito uzevši, povoljni za vozila i upravo se obavljaju ispitivanja njihove primjenljivosti. Treba samo da proizvođači i kupci prihvate taj tip, a dalje će odlučiti cijena. Kako se često prigovara upravo visokoj pogonskoj temperaturi, daljnja ispitivanja treba usmjeriti kako bi se povoljne karakteristike tih baterija mogle ostvariti i u normalnim prilikama.

Litijeve baterije obećavaju, zbog visokog napona od 3 V po ćeliji, velik kapacitet. Zbog karakterističnog kretanja iona one se često nazivaju i litij-swing baterijama. Proces se u njima odvija pri temperaturi okoliša, a svojim karakteristikama bit će jednake visokotemperaturnih baterija.

Ipak, čini se da će biti najpogodnije da se bakterijski električni pogon uvodi u gradske autobuse i dostavna vozila. Time bi se uklonili najveći zagađivači u gradskim centrima. Oni imaju velike motore s mnogo ispušnih plinova i prave veliku buku. Uvođenjem bakterijskog pogona postigla bi se znatna ekološka korist. Već postoje u vezi s time prilična iskustva koja su pokazala da se postojeće baterije mogu uspješno koristiti pri pogonu teških vozila. Osim, toga, troškovi između klasičnog i bakterijskog pogona nisu toliko veliki kao u primjeni u osobnim vozilima.

ETZ, god. 112 (1991), br. 21

Mrk.

AUTOMATSKO SORTIRANJE AUTOKRŠA

U punom su toku naponi automobilske industrije da se izradi automobil koji bi se nakon isluženja lako demontirao za potrebe reciklaže. Treba se naime prisjetiti da se auto sastoji od tisuće dijelova koje je teško odvojiti. Danas se automobilski krš razvrstava u tri grupe. Čelični se otpad odijeli pomoću magneta i odmah šalje na pretapanje. Tekstil i plastika se odvoje i ostave na deponiju. U trećoj je grupi mješavina vrijednih obojenih metala, gume i stakla no njihovo je sortiranje skupo i teško isplativo. Često se izvozi u zemlje trećeg svijeta (npr. Tajvan).

Da se riješi taj problem, inženjeri iz frankfurtskog udruženja za metale razvili su uređaj kojim se može automatski brzo i efikasno odvijati različite sastojke. S radom na razvoju uređaja počelo se već prije 8 godina, a prvi je pokusno stavljen u upotrebu u listopadu 1991. u Duisburgu.

Na tekućoj traci, brzinom od 2,5 m/s, kreće se automobilski krš prema detektoru, glavnom dijelu uređaja. Na određenom mjestu pojedini komad se obasjava laserskim snopom čija visoka energija proizvede na površini metala ionizirani plin — plazmu. Detektor na temelju te plazme daje analitičku informaciju o kojem se metalu radi i prema tome komad se automatski baca u određeni kontejner. Moguće je da uređaj izvede do 100 identifikacija u sekundi. Prema tome se može sortirati 3 do 5 tona neželjeznih metala na sat, što ovisi o veličini komada.

Udruženje za metale ne želi još zasad staviti uređaj na tržište, već ga koristi samo za svoje potrebe.

Energie, god. 43 (1991), br. 11

Mrk.

PODVODNI KABEL SA STAKLENIM VLAKNIMA ZA SSSR

U veljači 1993. treba ući u pogon prva međunarodna veza kabelom sa staklenim vlaknima sa SSSR-om. Povezat će se telekomunikacionim kabelom dugim 1260 km danski glavni

grad Kopenhagen i mjesto Kingisepp, jugozapadno od Leningrada. To je prvi dio transsovjetskoga telekomunikacionog voda koji treba proći od istoka prema zapadu cijelim područjem SSSR-a. Radove će izvoditi STC Submarine Systems s nacionalnom telefonskom upravom.

ETZ, god. 112 (1991), br. 20

Mrk.

VISOKE ENERGETSKE BATERIJE ZA VOZILA

Tvrtka AEG u suradnji s tvrtkom Anglo American Corp. razvila je poboljšanu verziju natrij-nikl-kloridne baterije, čija je snaga 20% veća od takvih baterija prve generacije. Računa se da bi doseg vožnje automobila s tim baterijama mogao biti preko 200 km. Baterije imaju približno 4 puta veću energetske gustoće od olovničkih akumulatora, što iznosi 130 Wh/kg ili, prostorno, 170 Wh/l. Gustoća snage je 170 W/kg. Očekuje se trajanje od približno 1 000 cikla, što bi odgovaralo vožnji auta od nekih 150 000 km.

ETZ, god. 112 (1991), br. 20

Mrk.

PROPUSTI U BUGARSKOJ NUKLEARNOJ ELEKTRANI

Bugarsku nuklearnu elektranu Kosloduj proglasila je i bugarska službena strana kao sigurnosno vrlo rizičnu. Vladina komisija koja je bila zadužena da ispita stanje u nuklearnoj utvrdila je, prema izvještaju od listopada 1991, da su pri vođenju elektrane učinjeni skandalozni propusti. Tehnička oprema ni u kojem slučaju ne odgovara današnjim zahtjevima sigurnosti. Premalo je kvalificiranog osoblja, a postojeće je ekstremno loše obučeno. Pri planiranju prvih četiriju blokova od 440 MW propušteno je uzimanje u obzir zaštite od potresa. Mnoge su evropske organizacije voljne pomoći da se nuklearka uklopi u internacionalne sigurnosne standarde. Evropska bi zajednica tu namjeru potpomogla svotom od nekih 2 milijuna DEM.

ETZ, god. 112 (1991), br. 21

Mrk.

IRAN GRADI VELIKU TERMoeLEKTRANU NA ZEMNI PLIN

Iransko poduzeće TREC (Teheran Regional Electric Company) ugovorilo je s njemačkom tvrtkom Siemens dobavu elektrane na pogon zemnim plinom. Elektrana će imati plinske i parne turbine ukupne snage 2 080 MW. U takvoj će kombinaciji biti vrlo ekonomična i ekološki povoljna. Gradit će se najprije prva etapa od 1 040 MW, a u razmaku od 15 mjeseci i druga. Ukupna vrijednost ugovora iznosi 2,6 milijardi DEM.

Energie, god. 43 (1991), br. 10

Mrk.

SURADNJA U RAZVOJU BATERIJA ZA ELEKTROVOZILA

Velika poznata američka poduzeća Ford, General Motors i Chrysler zajednički su zaključili istraživački program za razvoj nove tehnologije baterija koje bi se upotrijebile za pogon električnih vozila. Svrha je tog zajedničkog rada da se

razviju energetske akumulacijske sustave koji bi omogućili da elektrovozila imaju više energije za vožnju i postignu veći doseg kretanja. Očekuje se da će se prvi konkretni rezultati pokazati za neke 3 godine.

Energie, god. 43 (1991), br. 10

Mrk.

SVJETSKE REZERVE ZEMNOG PLINA

Najveće rezerve zemnog plina u svijetu posjeduje bivši SSSR, i to 45 280 milijardi m³. To je 38% svjetskih rezervi. Na drugom je mjestu Iran sa 17 000 milijardi m³, zatim Arapski Emirati itd. Svjetske bi rezerve bile oko 119 000 milijardi m³. Ta bi količina dostajala za 58 godina ako bi se stalo pri sadašnjoj potrošnji od 2 100 milijardi m³. No svjetska potrošnja zemnog plina rapidno raste. Od 1965. do danas porasao je udio plina u svjetskoj energetske potrošnji od 16% na 21%, da bi, prema procjeni stručnjaka, 2 005. godine dosega 25%.

Sljedeći pregled daje podatke o rezervama zemnog plina u 18 država u milijardama m³.

SSSR (bivši)	45 280 mil. m ³	Kanada	2 762 mil. m ³
Iran	16 990 mil. m ³	Irak	2 689 mil. m ³
Arapski Emirati	5 671 mil. m ³	Indonezija	2 588 mil. m ³
Saudijska Arabija	5 104 mil. m ³	Nigerija	2 473 mil. m ³
SAD	4 704 mil. m ³	Meksiko	2 059 mil. m ³
Quatar	4 619 mil. m ³	Nizozemska	1 723 mil. m ³
Alžir	3 246 mil. m ³	Norveška	1 717 mil. m ³
Venezuela	2 991 mil. m ³	Malezija	1 610 mil. m ³
		Kuvajt	1 375 mil. m ³
		Libija	1 217 mil. m ³

Energie, god. 43 (1991), br. 11

Mrk.

OTPAD ODSLUŽENIH ELEKTRONIČKIH UREĐAJA — NOVI PROBLEM

Brzo širenje upotrebe elektroničkih uređaja i nagli razvoj tehnike u toj grani imaju za posljedicu sve veći otpad odslužene elektronike. Ta količina, iako još danas nije velika u usporedbi s ostalim otpadom, ipak postaje sve značajnija. Proizvođači elektronike dali su stoga inicijativu da se pravodobno pronađe koncepcija kako bi se takav otpad uspješno reciklirao, odnosno odstranio.

Procjenjuje se da je 1989. u Njemačkoj bilo 150 000 t elektroničkog otpada, od toga je 70 000 t tzv. konzumnog otpada (televizori, radio-aparati, videorekorderi i sl.), komunikacijskih uređaja i industrijske elektronike. Samo 5% do 8% otpada odnosi se na odbačena elektronička računala. Kako bi se taj problem počeo što prije rješavati, u Njemačkoj je osnovana radna zajednica za zbrinjavanje elektroničkog krša, koja će djelovati u tijesnoj suradnji s proizvođačima. Oni, naime, najbolje poznaju svoje proizvode i upotrebene materijale, pa će moći naći i najbolju verziju za njihovu reciklažu. S druge će pak strane moći već u toku proizvodnje naći rješenja da se olakša kasnija prerada. U spomenutoj radnoj zajednici vrlo je aktivna poznata tvrtka IBM, kojoj je briga o okolišu 20 godišnja tradicija. Već polovicom 1990. tvrtka je za svoje proizvode ponudila rješenje. Strane uređaje otprema posebno poduzeće koje to predaje dalje za reciklažu odnosno uništenje. Mušterijama koje predaju otpad nadoknađuju se vlastiti troškovi, prema veličini uređaja 50 DEM do 4 200 DEM, odnosno do 0,4% novog uređaja. Zbrinjavanje otpada osniva se na tri glavna načela:

- Treba postići što veći postotak ponovno upotrebljivih materijala.
- Postupci pri reciklaži moraju biti na tehničkoj visini i ekološki čisti.
- Količina neupotrebljivog materijala mora biti što manja. On mora biti odstranjen na način da ne zagađuje tlo, voda ili zrak.

Takav način uklanjanja elektroničkog otpada trebali bi prihvatiti svi proizvođači elektroničke opreme, stručni prodavači i uvoznici. Njemačka u tome ne bi smjela ostati osamljena, već bi to trebala prihvatiti i EZ. Predviđa se da bi u Njemačkoj zakon o zbrinjavanju električnog otpada mogao stupiti na snagu 1. siječnja 1994.

ETZ, god. 112 (1991), br. 19

Mrk.

40 GODINA UCPTE

Prije 40 godina osnovana je organizacija Saveza za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije UCPTE. Time je započela, barem u području opskrbe električnom energijom, izgradnja nove Europe. Vrlo se brzo ostvario elektroprivredni pojam »struja bez granica«, premda je osnutak Europske zajednice još bio vrlo daleko. No početkom 1993. bit će potrebno čvršće povezati te dvije međunarodne organizacije.

Na poticaj Organizacije za ekonomsku suradnju OECE osam je evropskih zemalja osnovalo 23. 5. 1951. UCPTE. Time se povezivanjem željela stvoriti mogućnost što boljeg iskorištenja postojećih uređaja za proizvodnju i prijenos električne energije, te olakšati i unapređivati međunarodnu razmjenu. Godine 1955. sinkrono su bile povezane SR Njemačka, Austrija, Nizozemska, Luksemburg i Belgija. Francuska, dio Švicarske i sjeverna Italija predstavljale su odvojeni sustav. Obi su povezana 1958. Nadalje 1962. osnovana je UFIPTE sa Španjolskom i Portugalom, a 1963. SUDEL s Austrijom, Italijom i bivšom Jugoslavijom. Godine 1976. priključena je i Grčka. Time je UCPTE pouzdano opskrbljivao strujom približno 300 milijuna ljudi.

Od 1985. na mrežu UCPTE vezana su danska područja Jutland i Fünen i na kraju i republika Albanija. Time je nastao najveći povezni sustav na svijetu, ukupne snage oko 380 000 MW.

Danas je zadatak ove velike organizacije međusobna pomoć pri kvarovima, izjednačenje u opskrbi u izuzetnim situacijama i planiranje u kratkoročnoj i dugoročnoj dobavi, radi ekonomičnog optimiranja proizvodnje električne energije. Osim toga, nastoji se održati sigurnost opskrbe s minimalnim rezervama.

Naročito treba istaknuti međusobnu povezanost i suradnju ljudi iz pojedinih zemalja članica, koji su odgovorni za zajednički rad sustava. Zahvaljujući tim nebirokratskim odnosima, nikada nisu važne odluke bile usporavane administrativnim zaprekama. Unatoč različitim odnosima i strukturama u elektroprivredama članica, UCPTE je narasla u organizaciju čiji pogon odlično funkcionira. Povezana elektroprivredna poduzeća nisu ništa izgubile od svoje samostalnosti. Ona su, međutim, u stalnom međusobnom kontaktu uz neprekidnu izmjenu informacija. Stoga ovaj vezani sustav ne treba centraliziranu strukturu ni nadređeni kontrolni centar.

Osim međusobnih veza članica, UCPTE održava otvoreni dijalog sa svim međunarodnim institucijama koje se bave elektrotehničkim problemima i planiranjem elektroenergetskih sustava. Stalne su veze sa sustavima Velike Britanije, NORDEL-a (Danska, Švedska, Norveška, Finska i Island), kao i istočnoevropskim zemljama SEV-a (Poljska,

Češko-Slovačka, Rumunjska, Mađarska, južni dio bivšeg SSSR-a i bivša DR Njemačka).

Vezani sustav zahtijeva da budu ispunjene određene tehničke pretpostavke uz odgovarajuće ugovore (npr. način regulacije). U vezi s tim provode se zajednička istraživanja mreže, redovite prognoze protoka energije i zajednička izrada predviđenih mjera u slučaju velikih kvarova. Time se znatno povećava sigurnost i pouzdanost sustava. Dnevni podaci burze energije, mjesečne statistike, prognoze hidrauliciteta i termičke snage, mogućnosti akumuliranja i planovi mreže članica UCPTÉ čine prikladne instrumente za kratkoročno planiranje.

U početku djelovanja UCPTÉ regionalne su mreže bile povezane bilateralno, zatim u zvijezdu, a potom multilateralno prstenima. Danas su one povezane vodovima napona 380 kV, koji se protežu najvećim dijelom Zapadne Europe. Time je omogućen nesmetan vazani pogon i određena razmjena električne energije, a u slučaju kvara djelotvorna međusobna pomoć. Primarna regulacija u svakoj elektrani jamči partnerima u mreži da im bude na raspolaganju, neposredno i automatski, cijela vezana snaga elektrana.

S druge pak strane, regulacija frekvencija — snaga svakog partnera drži ravnotežu na regulacijskom nivou, uzimajući u obzir dogovorenu razmjenu. Članovi UCPTÉ imaju u svim slučajevima jednaka prava i dužnosti. Odnosi počivaju na uzajamnosti i komunikativnosti bez hierarhijske strukture. Svaki član može računati na pomoć ostalih, ali je obavezan da i on pritekne u pomoć. U slučaju kvara svi su članovi solidarni.

Elektroprivredna poduzeća udružene u UCPTÉ potpuno su samostalna i dok je u vezanoj mreži stanje normalno, vlada živa komercijalna konkurencija. To pak dovodi do ekonomski povoljne opskrbe potrošača. Nastane li iznenada neki kvar, u istom se času automatski aktivira pomoćna snaga između partnera. Za provedbu toga nužni su, naravno, odgovarajući prijenosni kapaciteti.

Količina razmijenjene električne energije nije prava mjera za procjenu efikasnosti povezanog sustava. Vrlo važne njegove prednosti, kao što su korištenje rezervi i održavanje frekvencije, traže vrlo malu energetska razmjenu. Saldo razmjene u oba smjera kreće se tada redovno oko nule. Zadataci mreže UCPTÉ ne smiju se zamijeniti s potrebama prijenosa, tj. dugoročno ugovorenim dobavama. Ona služi ponajprije povećanju sigurnosti opskrbe, dok u prijenosu glavnu ulogu ima ekonomija. No mreža može ispuniti i ovaj drugi zadatak, ako ima slobodnih kapaciteta. Ona je danas toliko izgrađena i uzamčena da su gubici i troškovi prijenosa niski. Jaka mreža omogućuje da se koriste veliki ekonomični agregati, a proizvodnja u hidroelektranama maksimalno optimira.

Da bi se i nadalje mogla održati sigurna opskrba električnom energijom svih sudionika u elektroenergetskom sustavu, nije dovoljno samo održavati postojeće već treba graditi nova postrojenja u skladu s porastom potrošnje. Tom će nastajanju UCPTÉ dati svoj doprinos kako bi se novi kapaciteti što bolje uklopili u cjelovit sustav koji bi bio ekološki povoljan i optimalno djelotvoran. Također će se poraditi na priključenju regionalnih sustava novih članova i tako aktivno sudjelovati u oblikovanju buduće Evrope.

Prigodom svog 40 godišnjeg jubileja UCPTÉ je izdala posebnu ediciju, grafički vrlo luksuzno opremljenu s razmjerno malo teksta, ali s mnogo umjetničkih koloriranih fotografija.

B. Markovčić

PRIJELAZ AUSTRIJSKOG ŽELJEZNIČKOG ELEKTROSUSTAVA NA 50 Hz

Austrijski su stručnjaci zaključili da bi se spajanjem austrijskog elektroprivrednog sustava i visokonaponske željezničke mreže postigle značajne uštede. Troškovi za prijelaz postojeće željezničke mreže frekvencije 16 ⅔ Hz na normalnu frekvenciju 50 Hz iznosili bi približno 40 milijardi ATS.

Danas austrijske savezne željeznice (ÖBB) uzimaju trećinu svojih potreba iz 7 vlastitih hidroelektrana, a ostalo kupuju od elektroprivrede i ostalih. Kupljena električna energija mora biti transformirana na frekvenciju 16 ⅔ Hz, što naravno ne ide bez gubitaka. Ti su gubici procijenjeni na približno 400 GWh godišnje. Prelaskom na 50 Hz postalo bi, osim toga suvišno 1 800 km željezničkih visokonaponskih vodova, koje bi se moglo demontirati. No s obzirom na projekte novih pruga koje treba izgraditi kao pruge velikog opterećenja zapadnog i južnog smjera kao i duž Visokih Tura (Tauernbahn), pruge za lokalni promet i veze s Mađarskom i Češko-Slovačkom, moglo bi se brzo odlukom prijelaza od 16 ⅔ Hz na 50 Hz mnogo uštedjeti od predviđenih investicija za prijelaz.

ÖZE, god. 44 (1991), br. 11

Mrk.

NOVI VOD 380 kV IZMEĐU AUSTRIJE I ŠVICARSKÉ

Sredinom godine svečano je službeno pušten u pogon (u pokusnom pogonu od kraja 1990) vod 380 kV koji spaja transformatorsku stanicu Zapadni Tirol i stanicu Predella u oblasti Engadin (kanton Graubünden). Projektiranje te veze počelo je već 1962, i to trasom preko Italije za Švicarsku. Godine 1980/81. sagrađeno je na austrijskoj strani 60 km dalekovoda, no u Italiji i Švicarskoj nastale su poteškoće i gradnja se morala prekinuti. U novoj varijanti vod je trasiran tako da iz Austrije odmah ulazi u Švicarsku, i to nešto zapadnije od tromede.

ÖZE, god. 44 (1991), br. 11

Mrk.

POKUS S ELEKTROAUTOMOBILIMA U GRADU La ROCHELLU

U francuskom gradu La Rochelle započet će 1993. veliki pokus s uvođenjem elektroautomobila u gradsku vožnju. Akciju će uz gradske vlasti organizirati elektroprivredno poduzeće EDF i proizvođač automobila PSA (Peugeot, Citroen). Primijenit će se tipovi kola Citroen AX i Peugeot 106 s elektromotorima. Kola će se iznajmljivati privatnim osobama. EDF će, uz pomoć gradske uprave, izgraditi na području grada oko 40 napojnih mjesta za punjenje baterija. Pokus će početi sa 50 kola, da se postepeno poveća na 300. Organizatori pokusa promatrat će ponašanje vozača i ostalih sudionika u prometu, dnevne uvjete za punjenje baterija i učinak na zagađenje okoliša.

ETZ, god. 112 (1991), br. 23

Mrk.

KUVAJTSKI NAFTNI IZVORI UGAŠENI

U Kuvajtu su naftni izvori, koje je upalila iračka armija, ugašeni mnogo prije nego se predviđalo. Dana 5. studenog

1991. upaljen je ponovno jedan naftni izvor kako bi ga Emir Ahmed al Dšabir mogao, kao posljednji, svečano ugasiti. Većina izvora već ponovno daje naftu. Prije iračke agresije mali Kuvajt je davao 1,6 milijuna barela sirove nafte dnevno, što je pri punom pogonu iznosilo 80 milijuna tona godišnje. Prema dobivenim podacima, proizvodnja je potkraj listopada 1991. iznosila 400 000 barela dnevno, a što je četvrtina prijeratne. Potkraj godine ona bi se mogla popeti na 1 milijun barela.

ETZ, god. 112 (1991), br. 23

Mrk.

NUKLEARNE ELEKTRANE OSNOVA ENERGETSKE STRATEGIJE EZ

Prema izjavi Komisije EZ u Bruxellesu, o energetskej strategiji Zajednice u 3. mileniju, Zajednica je kao politički cilj preuzela stabilizaciju emisije CO₂, tako da ona u 2000. godini bude na razini 1990. To je prvi korak da se izbjegnu uzroci promjene klime. To se u čitavoj Zajednici može postići samo ograničenjem upotrebe fosilnih goriva. U zemljama gdje se osnovno elektroenergetsko opterećenje pokriva nuklearnim elektranama, već je emisija ugljičnog dioksida bitno smanjena. Svako daljnje povećanje proizvodnje u nuklearkama pridonijet će njegovu smanjenju. Prema tome, kao i sada, i nadalje će nuklearna energija biti osnovni dio energetske strategije EZ.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 19

Mrk.

U TIBETU SE GRADI NOVA HIDROELEKTRANA

U Tibetu je u gradnji hidroelektrana na rijeci Yarlung Zangbo, nekih 100 km južno od glavnog grada Lhase. Elektranu će imati 6 generatorskih jedinica po 15 MW. Prva bi trebala ući u pogon 1993, a ostale do godine 2000. Godišnja proizvodnja procjenjuje se na 320 GWh. Investicije iznose oko 600 milijuna juana.

Water Power, November 1991.

Mrk.

ŠPANJOLSKA GRADI NAJVEĆU SOLARNU ELEKTRANU

U Madridu je zaključen ugovor o gradnji najveće solarne elektrane u Evropi. Elektranu bi se imala graditi kraj Toleda u Španjolskoj, a vršna bi joj snaga bila 1 MW. Godišnja bi proizvodnja električne energije iznosila 1,5 milijuna kWh. Ugovor su potpisale njemačka tvrtka RWE Energie AG i španjolska Union Electrica Fenosa Sa (UEF — Madrid). Proizvedenu bi energiju preuzimala javna mreža.

ETZ, god. 112 (1991), br. 23

Mrk.

ENERGETSKI SAVEZ OD ATLANTIKA DO URALA

Predstojeći trgovinski odnosi u EZ znatno će se odraziti i u energetskej politici, koja se neće moći voditi samo u nacionalnim okvirima, rečeno je u Münchenu na Simpoziju o nuklearnom pravu. Treba sastaviti zajednički evropski koncept o dugoročnom načinu opskrbe električnom energijom

i obuhvatiti Evropu od Atlantika do Urala. Tu trabaju naći svoje mjesto svi nosioci primarne energije: zemni plin, ugljen, nafta, regenerativni energetske izvori, kao i nuklearna energija. Evropske zemlje moraju razjasniti kakvu će ulogu u budućnosti imati nuklearna energija. No ona će se, općenito uzevši, moći prihvatiti samo onda ako njezini uređaji budu na najvišem stupnju sigurnosti, što, nažalost, zasada nije slučaj. U Evropi treba uskladiti sigurnosne standarde za gradnju i pogon nuklearki.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 19

Mrk.

KINA GRADI HIDROELEKTRANE IZ INOZEMNIH ZAJMOVA

Kina je objavila da će u sklopu svoga osmog petogodišnjeg plana (1991 – 1995) iz inozemnih zajmova graditi niz hidroelektrana. U planu su sljedeće: Daguang 240 MW i Ertan 6 × 550 MW u provinciji Hainan; Wuiquiangxi 5 × 240 MW u provinciji Hunan; pumpno-akumulacijska hidroelektrana Ming Tombs u blizini grada Beijing (Peking); na rijeci Hongshni elektrana Tianshengiao 6 × 300 MW u provinciji Zhejiang.

Water Power, November 1991.

Mrk.

ELEKTROENERGETIKA JAPANA

Japan ima 123 milijuna stanovnika, što čini 2,3 % svjetskog stanovništva, a troši 5 % svjetske energije. Potrošnja stalno raste unatoč kontroli i mjerama štednje. Zemlja je siromašna energetskeim izvorima pa mora uvoziti 80 % potrebne energije. Od toga je pak više od 50 % sirova nafta. Treba reći da je udio nafte u ukupnim nosiocima energije znatno smanjen nakon naftne krize na račun drugih energenata, osobito nuklearne energije. Danas je 29 % električne energije proizvedeno u nuklearnim elektranama. Između šezdesetih i sedamdesetih godina, zbog nagloga ekonomskog porasta, potreba za energijom rasla je po stopi od 10 % godišnje. No već između osamdesetih i devedesetih prosječni je porast pao na 3,2 %.

Instalirana snaga svijue elektrana u Japanu iznosila je početkom 1991. godine 186 231 MW. Od toga 90 % je pripadalo elektroprivredi. Na snagu nuklearnih elektrana otpalo je 1988. 17,4 %, a planira se porast tog postotka na 22 % u godini 2000. i 27 % u 2010. S obzirom na vrlo visoko iskorištenje nuklearnih elektrana, njihov udio u proizvodnji električne energije mnogo je veći, te je 1988. iznosio 26,6 % i stalno se povećava.

Udio hidroelektrana u proizvodnji električne energije bio je 1988. 12 %, s tendencijom pada do 9 % u 2000. godini. Danas se posebna pozornost pridaje izgradnji malih hidroelektrana.

Teorijski, hidropotencijal Japana iznosi 717 600 GWh/g, ali je moguće iskoristiti samo 130 500 GWh/g. Od toga je već 60 % iskorišteno, a 3 % u gradnji.

U pumpno-akumulacijskim hidroelektranama Japan ima znatnu instaliranu snagu. Godine 1988. ona je iznosila 17 000 MW, ili 10,3 % ukupno instalirane snage elektrana. Predviđen je takav tempo izgradnje da se taj udio neće bitno mijenjati ni u budućnosti. Ispituje se mogućnost rada pumpnih elektrana i s morskom vodom. Pilot-postrojenje snage 30 MW u gradnji je na otoku Okinavi.

U sljedećoj tablici dani su podaci u naturalnim pokazateljima i postocima o opsegu proizvodnje električne energije u

Japanu, po energentima, za ostvareno stanje i planiranu budućnost.

Vrsta elektrane i nosilac energije	Proizvodnja električne energije					
	1988. g.		2000. g.		2010. g.	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Nuklearne	177,6	26,6	329	35	473	43
Termo						
zemni plin	141,4	21,2	188	20	201	18
ugljen	63,6	9,5	156	16	163	15
geotermal	1,1	0,2	6	1	21	2
nafta	194,4	29,2	163	17	105	10
metanol	—	—	—	—	4	0,3
Hidro						
konvencionalna	80,1	12,0	85	9	99	9
pumpne	8,5	1,3	16	2	19	2
Ostale i male	—	—	3	0,3	25	2
Sveukupno	666,8	100,0	946	100	1 109	100

Water Power, November 1991.

Mrk.

HIDROELEKTRANE SJEVERNE AMERIKE

Ugledni mjesečnik Water Power and Dam Construction u svom dodatnom broju od 1991. donio je vrlo zanimljive podatke o hidropotencijalu sjeveroameričkih država Kanade i SAD. U ovom skraćenom prikazu iznijet ćemo iz tog broja najbitnije.

a) Kanada

Pregled vodnih snaga Kanade dan je tabelarno po provincijama. Naznačena je instalirana snaga hidroelektrana koje su u pogonu, njihova godišnja proizvodnja u 1990, kao i postotak te proizvodnje u ukupno proizvedenoj električnoj energiji sviju hidroelektrana u zemlji. U posljednjoj rubrici tablice dana je još neizgrađena hidrosnaga.

Provincija	Elektrane u pogonu			Neiskorišteno
	MW	GWh/g	%	
Alberta	795	2 060	0,7	1 923
B. Columbia	10 848	57 245	19,5	10 555
Manitoba	4 074	19 747	6,7	5 090
N. Brunswick	903	3 484	1,2	440
Newfoundland	6 656	34 932	11,9	2 395
N. W. Territories	53	257	0,1	2 470
N. Scotia	386	1 150	0,4	0
Ontario	7 796	40 225	13,7	3 950
P. Edward Is.	0	0	0	0
Quebec	27 006	129 404	44,2	15 100
Saskatchewan	836	4 220	1,5	870
Yukon	80	423	0,1	350
Ukupno	59 493	293 147	100	43 143

Iz tablice proizlazi da je provincija Quebec kudikamo najbogatija vodnim snagama, kako u izgrađenosti, tako i u rezervama. O kapacitetima u gradnji dan je podatak samo za dvije provincije. U Manitobi se izgrađuje instalirana snaga hidroelektrana od 798 MW s mogućnošću proizvodnje od 4 300 GWh godišnje, a u provinciji Quebec 4 640 MW s očekivanom proizvodnjom od 14 100 HWh/g. Pumpnoakumulacijska elektrana u pogonu je samo u provinciji Ontario snage 107 MW.

b) Sjedinjene Američke Države

Ukupna instalirana snaga većih hidroelektrana u SAD iznosi 73 114 MW, a mini-elektrana 768 MW. Ukupna proizvodnja u hidroelektranama 1990. bila je 279 893 GWh. U SAD je u gradnji instalirana snaga velikih hidroelektrana od 1 134 MW, a mini-hidroelektrana 35 MW. Neizgrađena snaga iznosi približno 74 660 MW s procijenjenom proizvodnjom od 223 400 GWh godišnje.

U 6 saveznih država godišnja proizvodnja (1990) u hidroelektranama prešla je količinu od 10 000 GWh. U sljedećoj su tablici dani za te države podaci o ukupnoj instaliranoj snazi njihovih hidroelektrana i proizvodnja 1990. godine. Proizvodnja u ostalim saveznim državama je ispod navedene granične brojke. U posljednjoj koloni tablice naznačen u postocima udio u ukupnoj hidroproizvodnji zemlje.

Savezna država	MW	GWh	%
Washington	22 441	87 033	31,1
Oregon	5 739	40 962	14,6
New York	4 221	25 753	9,2
California	9 203	23 820	8,5
Montana	2 295	10 672	3,8
Alabama	2 861	10 367	3,7

Najviše se novih hidroelektrana gradi u državi New York, 647 MW s predviđenom godišnjom proizvodnjom 765 GWh, u Kaliforniji 230 MW uz 1 074 GWh i Alaski 118 MW sa proizvodnjom od 478 GWh.

U SAD izgrađeni su značajni kapaciteti pumpnoakumulacijskih hidroelektrana. Njihova instalirana snaga iznosi ukupno 17 119 MW (u 36 elektrana). Najviše takvih postrojenja ima u Kaliforniji (6) instalirane snage 3 360 MW. Za sada su u gradnji još 3 nove u cijelim SAD ukupne instalirane snage 2 060 MW. U projektu su, međutim, vrlo velike snage u više od 50 takvih postrojenja. Predviđa se ukupna snaga 26 370 MW. Od toga bi se u Nevadi izgradilo 8 postrojenja (768 MW), u Kaliforniji 7 (1 584 MW), isto toliko i u državi Oregon (7 170 MW), u Arizoni 5 (1 700 MW), u Wyomingu 4 (1 037 MW), itd. Treba naglasiti da su navedena postrojenja tek u projektu, a realizizacija ne mora neprekidno slijediti.

Mrk.

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II	BRODOMATERIJAL	88
KONČAR	omotna str. III	PINJA COMMERCE	103
TEP	omotna str. IV	ELKA	104
SYSEN — ISKRA	64	IMPREGNACIJA	115
MONTING — ENERGETIKA	76	ELEKTROPROMET	116
ELEKTROMATERIJAL	82	MAŠINOIMPEX	117

»IMPREGNACIJA-TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosijeke,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.



ELEKTROPROMET

ZAGREB

PODUZEĆE ZA UNUTARNJU I VANJSKU TRGOVINU
S P.O. ZAGREB, ILICA 10

Unutarnja trgovina

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Inženjering

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Vanjska trgovina

Zagreb, Ilica 10.
Telex 21311 YU ELPROM
Fax. 041/423-714
Tel. 041/433-653

Dugogodišnje iskustvo u energetici, elektroprivredi, opremanju objekata, izvozu i uvozu, zastupanju, maloprodaji elektrotehničkih aparata, kućanske tehnike i elektronike.

MAŠINOIMPEX

Poduzeće za vanjsku trgovinu p. o.

41000 ZAGREB

Varšavska 9

Telefon: 041/457-111

Telex: 21-177, 21-254 MAEX

Telefax: 041/424-090, 426-296

Žiro račun: 30105-601-6894

Djelatnosti na vanjskom tržištu

- Izvoz i uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije
- Izvoz i uvoz svih vrsta repromaterijala
- Izvoz i uvoz brodova i aviona
- Izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda
- Međunarodno trgovinsko posredovanje
- Međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava
- Zastupanje inozemnih firmi

MAŠINOIMPEX

41000 ZAGREB

VARŠAVSKA 9

TELEFON: (041) 457-111 — TELEX 21-177, 21-254 MAEX

TELEFAX: (041) 424-090, 426-296 — ŽIRO RAČUN: 30105-601-6894

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Godište 41 (1992)

Zagreb 1992

Br. 3

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i
informatike

SADRŽAJ

<i>Tonković Z.</i> : Kvaliteta električne energije u elektroenergetskom sustavu (Pregledni članak)	121
<i>Jelavić B.</i> : Određivanje raspodjele opterećenja pri tjednom planiranju rada elektroenergetskog sustava (Izvorni znanstveni članak)	129
<i>Šimunić J.</i> — <i>Jurasić K.</i> : Analiza stohastičkih promjena stanja informacija elektroenergetskih postrojenja (Prethodno priopćenje)	145
<i>Mihalek E.</i> : Uvođenje nazivnog napona 230/400 V i koordinacija gubitaka napona u niskonaponskim mrežama (Pregledni članak)	151
<i>Grozđanić I.</i> : Izvedbene mogućnosti za brzu sanaciju ratnih šteta na dalekovodima od 10 kV do 400 kV (Stručni članak)	159
Vijesti iz elektroprivrede	165
Iz strane stručne literature	168
In memoriam	172
Oglasi	173

IZDAVAČKI SAVJET — THE PUBLISHING COUNCIL

Duro *Stanković*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Slavica *Barta*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za razvoj i inženjering, Zagreb — Bruno *Šaina*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje Opatija — Marijan *Kovač*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, PP Primorskog sliva, Tribalj — mr. Damir *Subašić*, dipl. inž., Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, Zagreb — mr. Zdravko Mužek, dipl. inž., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR — EDITORIAL BOARD

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

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

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 2400 HRD, a za poduzeća i ustanove 6000 HRD (za studente 2000 HRD).
Cijena pojedinog broja u prodaji 500 HRD.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišei — Print: TIZ »Zrinski«, 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 jednoj strani formata A — 4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogreška, 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 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.

KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

Mr. Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.311.1
PREGLEDNI ČLANAK

Izlažu se pitanja kvalitete električne energije, a svodeći ih na kvalitetu napona. Daje se sistematizacija »smetnji«, te aktualno stanje standardizacije i regulatornih tijela u toj problematici.

Ključne riječi: kvaliteta električne energije, elektroenergetski sustav, standardizacija.

S razvojem tehnologije i novih potrošača postavljali su se na kvalitetu električne energije sve veći zahtjevi. U početku su zadovoljavala samo određenja nazivnih napona zbog dimenzioniranja izolacije i tolerancije njegovih sporih promjena u normalnom pogonu unutar kojih su uređaji trebali zadovoljavajuće funkcionirati. Uskoro je s različitom motivacijom postajala sve interesantnija pravilnost i ujednačenost električne energije, njezinih atributa sinusoidalnosti, konstantnih tjemernih vrijednosti i periodičnosti, trofazne simetričnosti, u sve kraćim vremenskim intervalima i na svim naponskim razinama. Cijeli se sustav počeo simultano promatrati, jer kvaliteta električne energije nije pitanje samo proizvodnje: generatora, pa i mreže. Njega definiraju i korisnici: treba poštovati njihove zahtjeve, ali i regulirati zbog drugih, moguće negativne posljedice njihove prisutnosti (njihovih nelinearnih i/ili nestacionarnih karakteristika odnosno nesimetričnog priključka).

Aдекватно se ta potreba sve veće sofisticiranosti odražavala i u djelatnosti Međunarodne elektrotehničke komisije (IEC — International Electrotechnical Commission).

Ranije je, sa stajališta sustava, dostajalo pratiti tendencije razvoja i potrebu standardizacije samo osnovnih nazivnih veličina: to je bilo u domeni TC 8 (TC — Technical Committee) za »Standardne napone, struje i frekvencije«: formiran 1919. na inicijativu Talijanskoga elektrotehničkog komiteta, donosi 1926. prve preporuke za standardne napone. Otada su doživjele mnoge promjene, i danas je na snazi njihovo šesto izdanje (iz 1983), i dalje se prilagođavajući situaciji i novim strujanjima. S vremenom su se počela nametati pitanja dijaloga potrošača i sustava, njihove kompatibilnosti.

Potrošači su dali novu dimenziju električnoj energiji u sustavu, i prepoznavanje problematike suživota u zajedničkom elektromagnetskom okruženju preraslo je svojom kompleksnošću u aktivnost posebnih odbora. Godine 1934. osniva se »Comite international

special des perturbations radioelectriques« (CISPR) i postaje specijaliziranim IEC-ovim tijelom. Slijedeći tehnološku evoluciju (posebno energetska elektronika), elektrifikaciju svakodnevnog života i reperkusije u području frekvencija elektroenergetskog sustava nastaje 1975. odbor za elektromagnetsku kompatibilnost (TC 77) — u čijoj su danas prvenstvenoj kompetenciji aspekti kvalitete električne energije. No nalaze se i u TC 27 (»Industrijska elektrotermija«), TC 65 (»Mjerenje i regulacija u industrijskim procesima«), TC 74 (»Sigurnost informatičke opreme«) pa, u manjoj mjeri, i u još nekima. O značenju toga novog područja govori i činjenica da je za koordinaciju između CISPR-a i TC 77, kao i s drugim zainteresiranim tijelima, formirao izvršni odbor IEC-a posebno tijelo: ACEC (»Advisory Committee for Electromagnetic Compatibility«).

Europski elektroenergetski prostor zahtijevao je prilagođavanje (harmonizaciju) globalnih IEC-ovih preporuka, i Europska zajednica donosi u svibnju 1989. uputu za svoje članice o limitiranju emisije »smetnji«, kao i o razini otpornosti koju prema njima treba imati oprema: to je Direktiva 89/336. Za njezinu tehničku razradu (u uskoj suradnji s IEC-ovim CISPR i TC 77, dakle za puni frekvencijski registar) novo je osnovan posebni odbor CENELEC-a (»Comité européen de normalisation electrotechnique«), obuhvaćajući devetnaest europskih zemalja: 12 EZ + 7 EFTA) — TC 110. Sa 1. siječnjom 1992. ova je Direktiva obvezna za članice CENELEC-a (no s prijalaznim razdobljem potrebnim za adaptaciju i drugim »omekšanjima«). Povratno je ovo CENELEC-ovo ubrzavanje povuklo redefiniranje IEC-ova TC 77 (nova sistematizacija u Publikaciji 1000). Prema spomenutoj Direktivi Europske zajednice trebali bi aprobirani proizvodi nositi odgovarajući znak »čistoće« (nešto analogno ekološkom znaku).

Naš interes za ovo veliko područje potaknuo je plan elektrifikacije pruge Zagreb — Rijeka, kojim se u svaki od dva »vinodolska« voda (danas: Vinodol — Gojak-

– Pokuplje – Zdenčina – Tumbri, i Vinodol – Delnice – S. Moravice – Švarča – Rakitje) interpoliraju po tri elektrovučne podstanice. Kao međufazni potrošači, koji se priključuju između uvijek istih faza (u Hrvatskoj između »4« i »8«), s velikim udjelom tiris-torske opreme to su tereti koji unose u elektroener-getski sustav nesimetriju i harmonike (ostavljajući postrani imaginarnu komponentu snage). Željeli smo doznati kako se općenito kvaliteta električne energije tretira u svjetskoj praksi (IEC, CENELEC; CIGRE, UNIPED), kod naših susjeda (Italija, Aus-trija, Mađarska), i u nekim europskim izrazito elek-trificiranim velikim državama (Francuskoj, Njemač-koj). Najzanimljivije nalaze, i to prije svega one koji se odnose na prijenosnu mrežu, izlažemo u ovom pri-logu.

1. UVOD

Ostave li se po strani jalova energija i kvarovi u sus-tavu (koji izazivaju prekide napajanja) kao posebne cjeline, te frekvenciju koja u stacionarnom pogonu ionako oscilira u uskim tolerancijama oko konstante — ostaje kvaliteta napona kao praktički osnovni pa-rametar kvalitete električne energije.

Kvalitetu napona, dakle energije, mogu degradirati:

- izobličenje valnog oblika napona (distorzija ideal-ne sinusoide)
- varijacije amplitude napona, i to
 - brze uzastopne promjene
 - naponski propadi
- nesimetrija napona (odstupanje trokuta odnosno zvijezde trofaznog napona od idealnog oblika).

Zanemarujemo eventualno cirkuliranje istosmjerne komponente.

U sistemu u praznom hodu može se, s tehnički oprav-danom aproksimacijom, pretpostaviti simetrični tro-fazni idealno sinusoidalni napon.

Smetnje u stacionarnom pogonu nastaju priključ-kom potrošača koji zbog svojih karakteristika uzima-ju pulsirajuću, izobličenu (u slučaju nelinearnih ka-rakteristika) ili nesimetričnu struju, što će se manifes-tirati oscilacijama amplitude, unošenjem viših har-monika ili inverzne komponente struje. Generirane »struje smetnje« prostiru se mrežom i na odgovara-jućim općenito linearnim impedancijama (u simet-ričnim sustavima direktnih, inverznih ili nultih kom-ponenata, i to za odgovarajuću frekvenciju) izazivaju padove napona koji se superponiraju prvobitnom idealnom naponu. Tako se napon deformira. Intenzi-tet smetnje najveći je na mjestu priključka, odnosno u neposrednoj okolini, i opada s udaljavanjem.

Ova materija kvalitete napona dobiva svoj zamah iz-vještajem UNIPED (»International Union of Produ-cers and Distributors of Electrical Energy«) 1981. go-dine [4], te sa [2] (prilikom zasjedanja CIGRE 1980) — metodologijom koja se uglavnom nije mijenjala u kasnijim radovima francuskih autora tijekom pro-teklog desetljeća. Iako se u francuskoj literaturi, pa i unutar CIGRE (»Conférence Internationale des Grands Reseaux Electriques a haute tension«), prida-

valo mnogo pozornosti toj problematici, ipak je me-đu europskim zemljama monografski obrađena jedi-no u [9], kao priručnik s praktičnim procedurama i primjerima (s referencama na standarde i literatu-rom). Zavrijedilo bi je prevesti i komentarima dopu-niti i ažurirati. Posljednjih godina proširio se interes za pitanja kvalitete napona, s originalnim doprinosi-ma s više strana (Italija, Belgija).

U sljedećim poglavljima izložit će se najbitnije o tim smetnjama, izostavljajući preciznost teorijskog izla-ganja i zadržavajući samo osnovnu tehničku zornost. Na uređajima i procesima koji izazivaju tu poluciju idealne slike struja i napona nećemo se opširnije za-državati, kao ni na posljedicama a niti na načinima sprečavanja i korekcije. Samo ukratko spomenimo: termičke fenomene u strojevima s rotirajućim dijelo-vima i dodatne gubitke uzrokuju cirkulacije inver-znih struja (harmonici, nesimetrija); tu su zatim vi-bracije (nesimetrije), neželjene prorade releja (pro-padi napona), smetnje pri elektroničkim sustavima i u frekventnom upravljanju (harmonici), treperenje rasvjete (kolebanja).

2. IZOBLIČENJE (DISTORZIJA) NAPONA

Izazivaju ga nelinearni odnosi kod potrošača: zasiće-ne željezne jezgre (od televizora, koji ih nameću svo-jom brojnošću, do velikih transformatora), energet-ska elektronika, indukcijske i elektrolučne peći.

Očituje se prisutnošću harmoničnih članova u frek-vencijskom opsegu 100 Hz do 2 000 Hz, odnosno har-monicima 2. do 40. ranga.

Označavajući sa

R, S, T ... faze,

N ... rang harmonika (cijeli višekratnik osnov-ne frekvencije); $N = 1, 2, 3, \dots$

w ... kružnu frekvenciju ($2\pi f$; f ... numerička frekvencija),

mogu se simbolički prikazati fazni naponi za harmo-nik ranga N

$$\begin{aligned} V_{RN} &= V_N e^{jNwt} \\ V_{SN} &= V_N e^{jN(wt - 2\pi/3)} \\ V_{TN} &= V_N e^{jN(wt - 4\pi/3)} \end{aligned} \quad (1)$$

Za $N = 1$ dobiva se osnovni harmonik.

Za $N = 2$ slijedi:

$$\begin{aligned} V_{R2} &= V_2 e^{2wt} \\ V_{S2} &= V_2 e^{j(2wt - 4\pi/3)} \\ V_{T2} &= V_2 e^{j(2wt - 2\pi/3)} \end{aligned}$$

Za $N = 3$: $V_{R3} = V_{S3} = V_{T3} = V_3 e^{j3wt}$.

Prema eksponentu može se zaključiti da osnovni har-monik ($N = 1$) tvori simetrični sustav direktnih kom-pONENTI (d), drugi harmonik ($N = 2$) inverznih (i) a treći harmonik ($N = 3$) nultih (0).

Općenito, simetrični sustav direktnih komponenti tvore harmonici ranga

$$N = 3n + 1 \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

inverznih komponenti harmonici ranga

$$N = 3n - 1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

a nultih komponenti harmonici ranga

$$N = 3n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Na taj se način harmonici mogu podijeliti na tri skupine, ovisno o sustavu simetričnih komponenti kojim pripadaju.

Često se harmonici sistematiziraju i prema tome da li je rang harmonika N :

- (a) paran,
- (b) djeljiv sa 3,
- (c) neparan i nedjeljiv sa 3.

Grupa (a) se malokad javlja, grupa (b) tvori simetrični sustav nultih komponenti (najčešće nastajućih prilikom magnetiziranja), a grupa (c) direktnih ili inverznih komponenti.

Harmonici struje u sustavu direktnih komponenti uzrokovat će na impedancijama grana tog sustava odgovarajuće padove napona, pri čemu treba uzeti impedanciju koja odgovara frekvenciji promatrane harmonika. Na primjer, ako je impedancija grane za osnovni harmonik (50 Hz) $Z_1 = R + j\omega L$, onda će za N -ti harmonik ta ista impedancija biti $Z_N = R + jN\omega L$ (uz pretpostavku linearnosti). Analogno razmatranje vrijedi za inverzne odnosno nulte harmonike struje. Impedancije grana (vodovi, transformatori) u sustavima direktnih i inverznih komponenti su jednake.

Svaki harmonik ranga N je idealna sinusoida frekvencije Nf . S rastućim N amplituda im naglo opada: najveću ima osnovni harmonik ($N = 1, f = 50$ Hz), a neke se skupine obično ne pojavljuju (npr. parni harmonici).

Sumiranjem svih istovremeno postojećih harmonika napona u fazi dobivamo konačnu krivulju momentalne vrijednosti napona (izostavljajući eventualnu istosmjernu komponentu)

$$u_R = \operatorname{Re} \sum_{N=1}^{\infty} \sqrt{2} U_N e^{j(N\omega t + \varphi_N)}.$$

U_N je efektivna vrijednost N -tog harmonika, a φ_N fazni kut N -tog harmonika u odnosu na realnu os.

Krivulja u_R je periodička krivulja koja više ili manje odstupa od idealne sinusoide

$$u_{Rid} = \operatorname{Re} \sqrt{2} U_1 e^{j(\omega t + \varphi_1)},$$

a mjera za odstupanje je faktor ukupnog izobličenja (distorzije)

$$D = \sqrt{\left(\sum_{N=2}^{\infty} U_N^2 \right) / U_1^2}.$$

Faktor ukupnog izobličenja sadrži sve harmonike u mreži, bez obzira na nejednak intenzitet smetnje harmonika različitih skupina, pa je u tom smislu njegovo poznavanje samo kvalitetno. Za sinusoidu je $D = 0$, inače $D > 0$, i to je mjera odstupanja od sinusoide. Reprezentativan je za termičke posljedice.

Analogno, prema (1) slijedi i za U_S i U_T .

Efektivnu vrijednost U_N može izračunati:

$$U_N = \sqrt{3} I_N Z_N \\ Z_N \approx N X_1 = N U_1^2 / S_k.$$

U tim izvodima zanemaren je u impedanciji djelatni otpor, a snaga trajnoga tropsnoga kratkog spoja S_k

je za minimalno uklopno stanje mreže. Najintenzivniji su generatori struja viših harmonika usmjerivači. Za taj se najčešći slučaj može izračunati poznavajući broj pulsacija p

$$N = np \pm 1 \quad (n = 1, 2, 2, \dots)$$

i uz redukcionu faktor k (< 1 ; grubo: 0,9) da je

$$I_N = k I_1 / N.$$

Ako je na mrežu u istom čvoru priključeno više potrošača koji generiraju harmonike struje, rezultirajuća vrijednost efektivne vrijednosti određenog harmonika struje samo je iznimno jednaka aritmetičkoj sumi pojedinačnih amplituda; ona je ovisna o različitim pogonskim faktorima i tehnološkim karakteristikama. Ostali eventualno priključeni potrošači u čvorištu prigušuju intenzitet viših harmonika (kao grane paralelne »izvoru smetnje«)

Pravu sliku mogu dati samo mjerenja (koja se mogu razlikovati metodologijom i po korištenoj opremi, pa treba biti oprezan pri eventualnom uspoređivanju rezultata), ali moguće je i računski predvidjeti posljedice priključka uređaja/»generatora smetnje«.

U literaturi se može naći još izraza za numeričku valorizaciju harmoničke distorzije (npr. za interferenciju sa električki blizim telekomunikacijskim petljama i pri promatranju izolatora), no u elektroenergetskom sustavu praktički je uz ukupnu interesantna i ona koja karakterizira momentane vrijednosti

$$- \text{ za individualne harmonike } D_N = \frac{U_N}{U_1}.$$

3. BRZE UZASTOPNE PROMJENE NAPONA

To su kolebanja napona s amplitudom ispod 10% nazivnog napona i vremenom između dvije takve uzastopne promjene napona od nekoliko sekundi do jednog sata. Prosječna im je frekvencija 0,5 Hz do 25 Hz. Za uređaje i opremu te su promjene u granicama tolerancija nazivnog napona; no kao najveća smetnja manifestira se u treperenju rasvjete (žarulja sa žarnom niti), pa otuda poznatije ime tih pojava: flikeri. Ovisi o amplitudi i frekvenciji kolebanja napona, te o trajanju smetnje. Flikeri su najčešće posljedica rada elektrolučnih peći.

Prosječno se flikeri najjače primjećuju na frekvenciji 10 Hz (8,8 Hz) sa korespondentnim amplitudnim kolebanjima oko 0,3% (u slučaju sinusoidalnih fluktuacija). Optička smetnja raste s kvadratom amplitude A_{10} kod 10 Hz i linearno s trajanjem vremena, što se može izraziti »količinom iritacije« ili »flikler-dozom« (u %²min):

$$G = \int_0^T A_{10}^2 dt.$$

Nastanak smetnje analogan je svim ostalima: potrošač, ponajčešće elektrolučna peć, uzima iz mreže promjenljivu struju koja izaziva promjene napona u mreži zbog promjena padova napona na impedancijama grana (općenito nasimetrično u sve tri faze). Ocjena kolebanja napona u čvorištu priključka jedne elektrolučne peći obično se određuje prema izrazu

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right) = \frac{S_p}{S_k}.$$

S_p je snaga kratkog spoja na vrhovima elektrolučne peći, a S_k snaga trajnog kratkog spoja u priključnom čvorištu (za minimalnu realnu konfiguraciju). Općenito je prihvaćena empirijska ocjena da taj omjer ne bude veći od 3% [1].

Ako je više peći priključeno paralelno, rezultirajuće smetnje se povećavaju, ali ne sumirajući nego množenjem s iskustvenim faktorom; kolebanje napona izazvano radom n peći bit će manje od

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)_{uk} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^n S_{pn}^2}}{S_k}.$$

4. NAPONSKI PROPADI

Ta smetnja je zapravo podvrsta brzih promjena napona, i navodimo je prema klasifikaciji u francuskoj stručnoj literaturi (u kojoj se ovim pitanjima posvećuje mnogo pozornosti). Od kolebanja napona propadi se razlikuju većom amplitudom, intervalom, podrijetlom (kvarovi u mreži) i činjenicom da nemaju nikakve pravilnosti. Te su degradacije napona/energije nepredvidive i neizbježne. Prije svega su vezane za oštećenja (proboje) izolacije i dozemne spojeve. Zbog velike osjetljivosti suvremene opreme dobivaju sve više na značenju. Oni zaista ovise o sustavu, dok ostale vidove kvalitete influenciraju potrošači. Zbog toga se naponski propadi uglavnom izostavljaju iz problematike kvalitete napona i razmatranja kompatibilnosti (pa bi tako ostali **u užem smislu kompatibilnosti samo: harmonici, flikeri i nesimetrija**).

Karakteriziraju se smanjenjem amplitude nazivnog napona od 10% do 100% (kratkotrajni prekidi), s intervalom između njihove dvije uzastopne pojave od 10 ms (kraće pojave su u domeni prijelaznih režima) do desetak sekundi. Uz amplitudu i trajanje treća je karakteristika njihov prosječni broj u jedinici vremena.

U ranoj [4] daje se aproksimativna orijentacija za niskonaponsku mrežu i navodi da svaki gradski potrošač može 1 do 4 puta mjesečno pretrpjeti propad napona veći od 10%. Trajanje tih propada je između 60 ms i 2 s.

Prema [2] procijenjeno je za srednjonaponske mreže: 60–70% ustanovljenih propada napona imaju amplitudu do 25% nazivnog napona, nezavisno od trajanja, 70–80% traju manje od 320 min neovisno o njihovoj amplitudi, oko 60% od tih propada napona imaju amplitudu ispod 25% nazivnog napona i trajanje manje od 320 min.

Mnogo je teže ustanoviti njihov prosječni broj: rezultati se rasipaju od 1 do 250 propada napona mjesečno.

Sigurno će biti interesantna statistika kvarova za francusku visokonaponsku mrežu, prema [3]:

naponska razina, kV	400	225	90	63
broj/km/god	4,8	10,4	12,5	25
prolazni	4,56	10,1	11,9	23,5
— jednofazni	4,1	8,5	9,3	16,2
— višefazni	0,46	1,6	2,6	7,3
trajni	0,24	0,3	0,6	1,5
— jednofazni	0,19	0,21	0,33	1
— višefazni	0,05	0,09	0,27	0,5

5. NESIMETRIJA NAPONA

U simetričnom sustavu nesimetriju napona izazivaju međufazno priključeni potrošači: najčešće električna vuča ili elektrolučne peći, ali ih mogu uzrokovati i kvarovi. Nesimetrični tereti uzrokuju nesimetrične struje, koje se mogu rastaviti u sustave simetričnih komponenata. Tako simetrirane struje izazivaju u odgovarajućim sustavima padove napona koji se superponiraju originalno simetričnim naponima.

Najosjetljiviji su na naponsku nesimetriju strojevi s rotirajućim dijelovima i usmjerivači (konvertori).

Na mjestu priključka potrošača vektorski se zbrajaju inverzne komponente napona: ona već postojeća i ona koju unosi novi potrošač.

Naponska nesimetrija izražava se kao omjer inverzne i direktne komponente napona:

$$\frac{|U_i|}{|U_d|}.$$

Obično ta nesimetrija nije velika, pa se taj omjer može aproksimirati poznavajući nazivnu snagu međufaznog potrošača i snagu trajnoga trolnoga kratkog spoja u njegovu priključnom čvorištu:

$$\frac{S_p}{S_k}$$

U srednjonaponskim mrežama postoji nesimetrija oko 0,5–1,2%, u niskonaponskim bi trebala biti do 2% [4], a u mrežama visokog i najvišeg napona je otprilike 0,6 i 1% [5].

6. DOPUŠTENE TOLERANCIJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Sa stajališta promatranih vidova kvalitete električne energije teško je utvrditi optimalne granice. Preoštri uvjeti, prilagođeni najosjetljivijim potrošačima, teško su ekonomski prihvatljivi, pa se uglavnom traži neki empirijsko-statistički kompromis u smislu preporučenih vrijednosti preko kojih se ne bi trebalo prelaziti. U toku su dogovori o usaglašavanju mjernih i računskih tehnika i njima prilagođenih preporuka/propisa.

U IEC-u kao ni u CENELEC-u još uvijek nije propisana regulativa glede kvalitete napona u srednjonaponskim i visokonaponskim mrežama, a za njegove karakteristike u niskonaponskim mrežama postoje

IEC-ove Publikacije 1000-2-1 i 1000-2-2 iz siječnja 1990., odnosno 555-1 ...3 iz 1982.

Zaključci iz međunarodne ankete (17 zemalja) u [6] daju sljedeći redosljed problema (prema prisutnosti, mogućnosti rješavanja, prostudiranosti u međunarodnim stručnim organizacijama): izobličenje valnog oblika (harmonici), brze promjene napona (flikeri), propadi napona, nesimetrija napona.

6.1. Harmonici

Sredinom 1981. sastao se UNIPED-ov Komitet za distributivne mreže i prihvatio izvještaj grupe eksperata, sastavljen na bazi široke ankete, o karakteristikama napajanja potrošača u niskonaponskoj mreži (220 V ...240 V) i o različitim smetnjama koje utječu na kvalitetu tog napajanja [4]. Atributi napona niskonaponske mreže dane su samo indikativno (zbog probabilističkog karaktera opterećenja); može se smatrati da se odnose na najnepovoljnije slučajeve koji se mogu pojaviti s vjerojatnošću 95%. To su, dakle, bile najviše vrijednosti za članice UNIPED-a, a proizvođačima ostaje da osiguraju dovoljnu marginu svojim proizvodima.

Zaključak je da ukupna harmonička distorzija, preračunata na 3 s, može dosegnuti 7%, no da obično ne prelazi 5%.

Za pojedine naponske harmonike mogu se doseći sljedeće trajne vrijednosti faktora ukupne distorzije:

neparni harmonici, sa $N \leq 13$	$\leq 5\%$
neparni harmonici, sa $N > 13$	$\leq 1,5\%$
parni harmonici	$\leq 2\%$

U okviru CIGRE osnovana je 1976. u Studijskom odboru 36 (»Perturbacije«) posebna radna grupa radi studiranja posljedica koje u sustavu izazivaju određeni potrošači (WG 36–05: »Kvaliteta napona«), a uskoro im se pridružila odgovarajuća radna grupa CIRED-a (»Conference Internationale des reseaux electrique de distribution«). Njihov je izvještaj publiciran u [7] i dalje ažuriran u [8]. Da se obuhvati i visoki napon, na koji su priključena visokonaponska istosmjerna postrojenja i statički kompenzatori, formirana je i u Studijskom odboru 14 (»Istosmjerno povezivanje«) specijalna radna grupa (WG 14–03). Tako su suradnjom triju radnih grupa iz dva međunarodna udruženja donesene preporuke razina kompatibilnosti, iz svibnja 1991, koje će najvjerojatnije biti prihvaćene u IEC-ovom TC 77 [10].

Te **aktualne** indikacije granične vrijednosti naponskih harmonika u sustavu prikazujemo u sljedećoj tablici (u postocima nazivnog napona osnovne frekvencije). Za niskonaponske i srednjonaponske mreže faktor ukupne distorzije je 8%, a za visokonaponske 3%. U ovoj podjeli su niskonaponske mreže one s nazivnim naponom do 1 kV (NN), srednjonaponske do uključivo 100 kV (SN), a visokonaponske preko 110 kV (VN).

Neparni harmonici, nisu višekratnici od 3			Neparni harmonici, višekratnici od 3			Parni harmonici		
Rang N	%		Rang N	%		Rang N	%	
	NN/SN	VN		NN/SN	VN		NN/SN	VN
5	6	2	3	5	2	2	2	1,5
7	5	2	9	1,5	1	4	1	1
11	3,5	1,5	15	0,3	0,3	6	0,5	0,5
13	3	1,5	21	0,2	0,2	8	0,5	0,2
17	2	1	> 21	0,2	0,2	10	0,5	0,2
19	1,5	1				12	0,2	0,2
23	1,5	0,7				> 12	0,2	0,2
25	1,5	0,7						
> 25 $\leq 0,2 + \leq 0,2 +$ $+ 1,3 - 25/N + 0,5 - 25/N$								

Faktor ukupne distorzije, uveden u [7], uzima u obzir posljedice trajanja harmonika i promjenljivosti amplitude tijekom vremena θ , kao i eventualne one termičke, i definiran je:

$$\delta = 100 \sqrt{\frac{1}{\theta} \int_0^\theta \sum_{N=2}^\infty \left(\frac{U_N}{U_1} \right)^2 dt} \%.$$

U sljedećem izvještaju Radne grupe objavljenom poslije onog 1981. potvrđuje se kao općenito prihvatljivo približno 5% do 7% ukupne harmoničke distorzije u srednjonaponskim i niskonaponskim mrežama, i to na mjestu najveće smetnje [6].

Na bazi izvještaja u [7], kao i dugog iskustva, zaključeno je u »Electricite de France« (EdF) preporučiti da se za faktor ukupne distorzije $D < 1,6\%$ na mjestu priključka pojedinačnog potrošača ne smije (U_N/U_1) prelaziti [8]:

- za parne harmonike ... 0,6%,
- za neparne harmonike ... 1%.

Te su vrijednosti preporučene već u jednom deset godina starijem materijalu [2], a održale su se kao posljedica eksperimentalne činjenice da nije bilo nikakvih pritužaba potrošača ako je faktor ukupne distorzije napona bio ispod 5%. Između 5 i 10% pojavljivali su se problemi, a preko 10% uvijek su prisutni.

Na srednjem naponu (1 ...50 kV) može se slobodno priključiti teret do 500 kVA ili onaj koji zadovoljava navedene preporuke. Na visokom naponu (do oko 250 kV) slobodno se može priključiti teret do 4 MVA na mrežu 63 kV ili 90 kV a do 15 MVA na mrežu 225 kV odnosno oni tereti koji zadovoljavaju navedene preporuke. Ako to nije ispunjeno, traže se posebna rješenja priključka.

Zasad ove veličine nisu još uvijek zakonske norme u EdF-u!

U IEC-ovoj Publikaciji 146/1973. (»Poluvodički usmjerivači«) govori članak 131.1 o valnom obliku izmjeničnog napona: »Napon se smatra sinusoidalnim ako je njegovo najveće odstupanje od simultane momentane vrijednosti osnovnog vala ispod 5% tjemene vrijednosti osnovnog vala«, tj.

$$|a - b| \leq |0.05 c|,$$

gdje su: »a« i »b« momentane vrijednosti osnovnog vala (idealne sinusoide) i promatrane krivulje promjene napona, »c« tjemena vrijednost osnovnog vala.

Za 12-pulsni usmjerivač bez automatske korekcije asimetrije taj se limit reducira na 2,5%.

U JUS-u N.A6.102/1989. («Smetnje u sistemima napajanja koje prouzrokuju aparati za domaćinstvo i slične svrhe»), koji je identičan preporukama IEC 555–2/1985., dane su granične vrijednosti strujnih harmonika koje uzrokuju uređaji priključeni na niskonaponsku mrežu (kod nas 220/380 V):

Rang harmonika	Najveća dozvoljena struja harmonika	
	općenito	televizijski prijemnici
neparni:		
3	2,30	0,80
5	1,14	0,60
7	0,77	0,40
9	0,40	0,30
11	0,33	0,17
13	0,21	0,12
15 ≤ N ≤ 39	0,15 × 15/N	0,10 × 15/N
parni:		
2	1,08	0,30
4	0,43	0,15
6	0,30	—
8 ≤ N ≤ 40	0,23 × 8/N	—
istosmjerna komponenta:	—	0,05

Za prienosne alate povećavaju se općenite vrijednosti za 50%.

6.2. Flikeri

Što se tiče maksimalno dozvoljenih kolebanja napona ΔU/U% u ovisnosti o promjenama napona u sekundi, one su za niskonaponske mreže određene preporukama IEC 555–3/1982, koje su ratificirane u CENELEC-u 27. II. 1986. i vrijede u Europi kao EN 60555/1987. (supstituirajući raniji EN 50006), a kod nas standardizirane JUS-om N.A6.103/1989. («Smetnje u sistemima napajanja koje prouzrokuju aparati za domaćinstvo i slične svrhe»).

U [4] dane su maksimalne vrijednosti kolebanja napona prema CENELEC-ovoj krivulji, i to za kolebanja pravilne periodičnosti s promjenama između 3 i 2 000 promjena u minuti. Za aperiodična kolebanja (uklapanje tereta, uključivanje strojeva) kolebanja napona mogu doseći pa i prelaziti 5% (nekoliko promjena dnevno). To je prihvaćeno u svim kasnijim razradama.

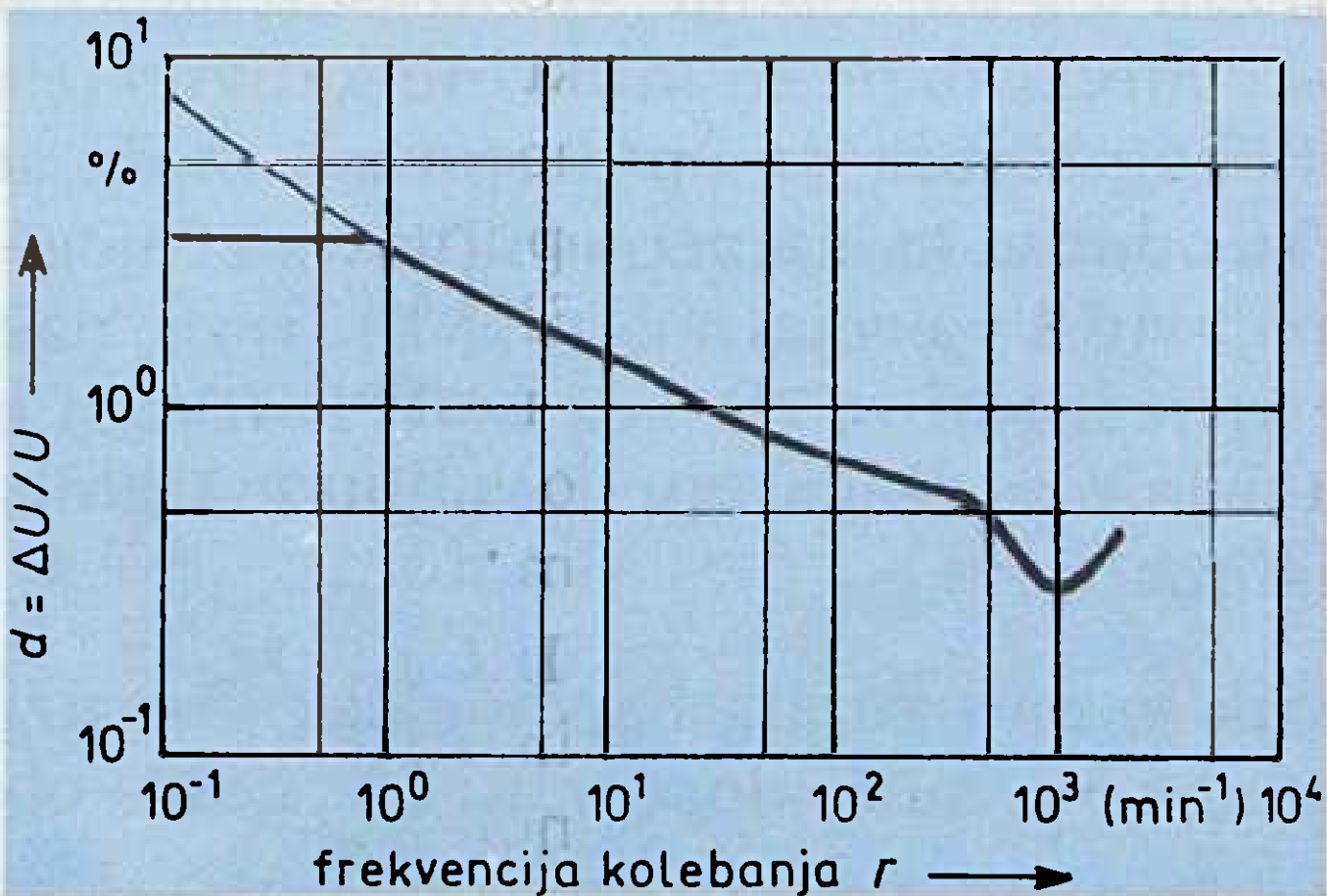
CENELEC-ova krivulja temelji se na ispitivanjima provedenim 1968. u Francuskoj: da li i kada ljudi primjećuju ili ne primjećuju flikere. Na ordinati su kolebanja napona u postocima, a na apscisi je minutna ili sekundna frekvencija tih kolebanja. Ta se krivulja često nalazi u literaturi i prikazujemo je samo kvalitativno na sl. 1, a u prethodno navedenom standardu, prije dvije godine već prikazanom u »Energiji«, dana je grafički i numerički.

Prema **aktualnom** stanju su indikacijske granične razine kompatibilnosti [10]:

	NN/SN	VN
A _{st}	1,0	0,5
A _{lt}	0,4	0,2

Veličina A_{st} i A_{lt} upotrebljavaju se za određivanje smetnje u najopćenitijem slučaju neperiodičkih kolebanja (kakvo izazivaju napr. lučne peći). A_{st} je smetnja (A–annoyance) koju uzrokuje potrošač u kratkom intervalu, u pravilu 10 m. Definirana je kao omjer »vremena pamćenja« i »vremena promatranja« (vidjeti u navedenom JUS-u). Ako ima više izvora flikera u mreži, njihova se smetnja zbraja (A_{st} ≈ Σ A_{st,i}). A_{lt} je smetnja u dužem intervalu (najmanje tri sata) koja slijedi kao aritmetička sredina pojedinačnih A_{st,i} u n kratkih interavala:

A_{lt} = \sum_{i=1}^n A_{st,i} / n



Slika 1. CENELEC krivulja

Označimo li sa d = ΔU/U(%) i sa r frekvenciju kolebanja napona (min⁻¹), onda se može aproksimirati za frekvencije preko 0,5 s

A_{st} = d^3 r / 27.

Inače se A određuje preko P, jednako za kratki kao i za duži intreval, a P se mjeri flikermetrom (A = P³).

6.3. Propadi napona

Za propade napona teško je postaviti neke limite, pa se intervenira na strani uređaja; da ne spominjemo pomoćne izvore napajanja: odgovarajućim imuniziranjem izborom sigurne beznaponske margine, posebnim konzervatorskim rutinama u infoopremi i sl.

6.4. Nesimetrija

Prema pionirskom izvještaju [4] tolerira se u niskonaponskoj mreži do 2% naponske nesimetrije. U [2] smatra se razumnim ograničiti trajnu nesimetriju (ona koja traje minimalno 15 min) u niskona-ponskim i sredjonaponskim mrežama na 1,5% — zbog asinkronih motora (koji obično podnose nesi-metrije između 1,5% i 3,5%). Ako vrijednost inverzne komponente fluktuira unutar tih 15 min, prihvatljiv je njezin nešto veći udio: 2% No u najnovijim preporukama IEC-a, u Publikaciji 34–1/1983. («Rotirajući strojevi»), članak 12.2.1, smanjen je taj sadržaj na 1% za slučaj trajne nesi-

metrije, odnosno na 1,5 % u kratkim razdobljima (nekoliko minuta). U pogledu nulte komponente napona sustav se smatra praktički simetričnim ako ona ne prelazi 1 % direktne komponente napona. No postoji mišljenje [4] da je to preostro i da je razumnije ograničenje na 2 % globalne nesimetrije u sustavu, koje prihvaćaju i konstruktori strojeva i distributeri električne energije. Takav stav znači da individualni teret može pridonositi praktički ispod 1 %. Glede samih generatora (članak 22), oni nazivnih snaga do uključivo 100 MVA trebali bi moći raditi u nesimetričnom sustavu u kojem omjer inverzne komponente struje prema nazivnoj ne prelazi

8 % za turbogeneratore,
12 % za hidrogeneratore,
dok su veće jedinice podložne dogovaranju proizvođača i kupca. Ako se ta preporuka prevede u nesimetriju napona, to bi značilo inverznu komponentu napona 2,4 % u priključnom čvorištu — za dozvoljenu strujnu 8 % i uz pretpostavku inverzne reaktancije bloka generatora i transformatora 30 %.

Dopunimo ovu IEC-ovu preporuku odgovarajućom harmoniziranom normom CENELEC-a HD 10 (1986), koja u članku 12.2.1 traži od motora da podnose do 2 % naponske nesimetrije (no uz upozorenje na moguću utjecaj na životni vijek motora).

Francuski standard sličan je IEC-u: »Polifazni sustav napona smatra se praktički simetričnim ako ni jedna od inverzne ili nulte komponente ne rezultira strujom preko 5 % od one koju uzrokuje direktna komponenta napona, što odgovara oko 1 % inverzne komponente napona uz pretpostavku prosječne vrijednosti reaktancije rotirajućih strojeva oko 20 %.« (NF C 51 – 111/1975, članak 12.1). U praksi vrijedi ista shema kao i za harmonike: bez daljnjeg se mogu priključivati na srednjem naponu tereti do 500 kVA, do 4 MVA na 63 kV i 90 kV, do 15 MVA na 225 kV — ili oni koji izazivaju postotak nesimetrije do uključivo 1 %.

U IEC-ovoj Publikaciji 146/1973. (»Poluvodički usmjerivači«) preporučuje se ograničiti inverznu komponentu napona na vrijednost do 5 %: u članku 131.2 govori se o simetriji polifaznog sustava: »Naponi se smatraju simetričnim ako ni inverzna komponenta ni nulta ne prelaze 5 % direktne komponente.«

Jasan stav postoji i u njemačkim propisima [9]: najoštrije je stav u pogledu sinkronih strojeva za koje se stupanj nesimetrije napona limitira na 1...2 %.

U DIN-u 57530/1984. (»Električni strojevi sa rotirajućim dijelovima«) dozvoljavaju se za sinkrone strojeve sljedeće nesimetrije struja (članak 22):

	Pogon	
	normalni	pri kvaru
	I_i/I_n	$(I_i/I_n)^2 t$
Strojevi sa izrazitim polovima		
1 indirektno hladeni		
— motori	0,1	20
— generatori	0,80	20
— sinkroni kompenzatori	0,1	20
2 direktno hladeni stator i/ili rotor		
— motori	0,08	15

— generatori	0,05	15
— sinkroni kompenzatori	0,08	15
3 Strojevi sa punim polovima		
indirektno hladeni rotor		
— zrakom	0,1	15
— vodom	0,1	10
4 direktno hladeni rotor		
— do 350 MVA	0,08	8
— preko 350 do 900 MVA	1)	2)
— preko 900 do 1250 MVA	1)	5
— preko 1250 do 1600 MVA	0,05	5

1) $I_i/I_n = 0,08 - (S_n - 350)/3 \times 10^4$
2) $(I_i/I_n)^2 t = 8 - 0,00545 (S_n - 350)$

U ovoj tablici I_i je inverzna komponenta struje, I_n i S_n nazivna struja i snaga (MVA), t vrijeme (s).

Konačno, na temelju rezultata istraživanja IEC-a i UNIPED-a, kao i onog u [3], **aktualno** je stanje indikacijskih graničnih razina kompatibilnosti (razina smetnje u sustavu koja se s velikom vjerojatnošću neće prekoračiti; to je razina koja dozvoljava elektromagnetsku kompatibilnost većini potrošača/uređaja u sustavu) za nesimetriju [10]:

		%
NS/SN		VN
U_n	2,0	1,0

Zaključimo [11]. Razina imuniteta (maksimalna razina smetnje pri kojoj potrošač/uređaj još može zadovoljavajuće raditi) za motore jest, prema glavnini literature, između 1 % i 2 % inverzne komponente napona (U_i/U_d 100 %). Može se naći izražena i kao ograničenje inverzne komponente struje na 10 % (I_i/I_d 100 %), pa je inverzna komponenta napona izvedena veličina prema inverznoj impedanciji: ona je između 10 % i 20 % ($\rightarrow U_i = 1\%$ do 2 %) ili između 15 % i 35 % ($\rightarrow U_i = 1,5\%$ do 3,5 %).

Za generatore se obično dozvoljena inverzna komponenta struje nalazi između 5 % i 10 %, što vodi inverznoj komponenti napona reda veličine 1 % do 2 % (za uobičajene inverzne impedancije 20 %).

Za pretvarače, već je rečeno, dozvoljena je inverzna (ili nulta) komponenta napona do 5 %, ali se nalazi i limitirana na 2 %.

Što se tiče našeg polaznog motiva, željeznice, razina imuniteta kao i kompatibilnosti za »Međunarodnu zajednicu željezničkog transporta« jest 3 % naponske nesimetrije; unošenje (emisija) smetnja se ne očekuje ako snaga vuče nije više od 5 % snage kratkog spoja mreže. No u nekoliko europskih zemalja snižen je taj prag emisije u visokonaponsku mrežu na 2 % ili na 1 % pa i na 0,7 % (Njemačka, Francuska). [11]

7. ZAKLJUČAK

U elektroenergetskom sustavu nalaze se elektrolučne peći i informatička oprema, električna vuča i poluvodički regulirani procesi, udarna opterećenja i rasvjeta, ukratko robusni i delikatni potrošači. Da bi mogli zadovoljavajuće funkcionirati u zajedničkoj

elektromagnetskoj sredini, moraju postojati neki uvjeti kompatibilnosti.

U važećim »Općim uvjetima isporuke električne energije« dodiruje se u nekoliko članaka kvaliteta električne energije (21, 25, 45, 55, 65, 66), ali eksplicitnije samo u članku 64 i posebno u 22. U članku 64, između ostalog: »Dopušteno odstupanje od nazivnog napona pri normalnim elektroenergetskim okolnostima na mjestu predaje može biti u skladu s propisanim jugoslavenskim standardima.« Članak 22: »Električni uređaji i trošila potrošača koji mogu prouzročiti strujne udare, nedopuštenu promjenu napona (po veličini i obliku) ili visokofrekventne smetnje, mogu biti u pogonu ako se te smetnje svedu na dopuštene granice. Ako dopuštene granice smetnji iz stavka 1. ovog članka nisu propisane, njih sporazumno određuju isporučitelj i potrošač, primjenjujući odgovarajuće propise i pravila struke.«

Jedino se u JUS-u N^o A6. 101...103/1989. tematizira elektromagnetska kompatibilnost (identično preuzimajući IEC 555–1...3/1982), no za niskonaponske mreže: »Smetnje u sistemima napajanja koje prouzrokuju aparati za domaćinstvo i slične svrhe«. U dijelu 101 dani su termini i definicije, u dijelu 102 (»Harmonici«) granične vrijednosti harmonika struje i u trećem dijelu 103 (»Flikeri«) fluktuacije napona.

Osim ovog JUS-a kvaliteta električne energije nije dosad bila sadržajem domaće regulative ni u okviru Saveznog zavoda za standardizaciju niti granskih standarda. Uoči osnivanja Hrvatske elektrotehničke komisije (nadamo se!), i opsežnim planom elektrifikacije vuče izlažemo ovu problematiku kao prioritetnu. Do tada izložene veličine mogu biti orijentacijom prema aktualnom stanju u svijetu.

A za željeznicu trebalo bi preispitati (tj. napustiti) postojeću praksu priključivanja uvijek između istih faza.

U Francuskoj npr. kao državi s vrlo razvijenom željezničkom mrežom, u rezultatima ispitivanja za prugu Paris – Lyon (oko 390 km, osam EVP-a: transformacija 225/25 kV, priključenih na čvorišta 400/225 kV) eksplicitno je naveden zaključak da je priključne faze EVP-a nužno permutirati. [12]

Kontaktna mreža 25 kV i elektroprivredna visokonaponska mreža (110 kV) ni napokon trideset godina elektrifikacije i planiranja ne rade paralelno (što je, kontinuirajući po inerciji, ostao razlogom takvog načina priključivanja), nego su svi postojeći EVP-i ili radijalno priključeni s dva kontaktna voda na čvorišta osnovnog napajanja u elektroprivrednoj mreži ili su to združena čvorišta. U takvoj topologiji nema razloga da se ne mijenjaju faze za priključak.

LITERATURA

- [1] M. i K. OŽEGOVIĆ: »Električne mreže«, II, Split, Sveučilište u Splitu, 1980, str. 211 + 219.
- [2] P. MEYNAUD: »Voltage pollution«, »Revue Générale de l'Électricité«, Pariz, br. 9, rujan 1980, str. 595–611. Ovaj referat bio je kao separat specijalno izdanje prilikom 28. savjetovanja CIGRE u Parizu 1980.

- [3] J. Y. LEOST: »Les perturbations à basse fréquence de l'alimentation électrique«, »Revue Générale de l'Électricité«, Pariz, br. 2, veljača 1989, str. 1–6.
- [4] Caracteristiques de la tension d'alimentation électrique des consommateurs alimentés en basse tension. Rapport de l'UNIPÉDE, »Revue Générale de l'Électricité«, Pariz, br. 9, rujan 1981, str. 613–622.
- [5] J. BERGEAL, G. BONNARD, L. MOLLER: »Les déséquilibres de tension«, »Revue Générale de l'Électricité«, Pariz, br. 10, listopad 1985, str. 721–726.
- [6] Rapport on the results of the international questionnaire concerning voltage disturbances, »Electra«, Pariz, br. 99, ožujak 1985, str. 48–56.
- [7] Harmonics, characteristic parameters, methods of study, estimates of existing values in the network, »Electra«, Pariz, br. 77, srpanj 1981, str. 35–54. Navedene tablice dane su i u referatu P. Meynauda i članova Radne grupe 36–05 na zasjedanju CIGRE u Parizu 1982 (R. 36.08).
- [8] Equipment producing harmonics and conditions governing their connection to the mains power supply, »Electra«, Pariz, br. 123, ožujak 1989, str. 22–37.
- [9] »Grundsätze für die Beurteilung von Netzruckwirkungen«, 2. izdanje, VDEW, Frankfurt/Main, 1987.
- [10] A. ROBERT, J. MARQUET: »Assessing voltage quality with relation to harmonics, flicker and unbalance«, referat prijavljen za savjetovanje CIGRE 1992.
- [11] A. ROBERT: »Raccordement des charges industrielles déséquilibrées«, SRBE – Journée d'Étude »Flicker et déséquilibre, transitoires et sursensions«, 23. listopada 1991.
- [12] P. MEYNAUD, A. LELOUP: »Exploitation du réseau EDF et son comportement en présence de la charge biphasée du TGV«, »Revue Générale de l'Électricité«, Pariz, br. 2, veljača 1981, str. 94–99.

ELECTRIC ENERGY QUALITY IN ELECTRIC POWER SYSTEM

In the paper, the questions of electric energy quality are shown, bringing them to the quality of voltage. The systematisation of disturbances is given, and the current state of standardisation and regulatory bodies in that field.

QUALITÄT DER ELEKTRISCHEN ENERGIE IM ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEM

Im Artikel bespricht man die Fragen der Qualität der elektrischen Energie in Bezug auf die Spannungsqualität. Man systematisiert die Störungen sowie den aktuellen Zustand der Standardisierung und der Regulationskörper bei dieser Problematik.

Naslov pisca:

Mr. Zdenko Tonković, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1992 – 03 – 27.

ODREĐIVANJE RASPODJELE OPTEREĆENJA PRI TJEDNOM PLANIRANJU RADA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Dr. Branka Jelavić, Zagreb

UDK 621.31:621.3.016.3

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazana je metoda za tjednu raspodjelu opterećenja u EES-u, koja se koristi linearnim programiranjem za promatranje tjedna po dnevnim podintervalima, a gradijentno nelinearno programiranje za 2–3 dana unaprijed po satima. Model je primijenjen na EES-u Hrvatske, pri čemu je pokazana njegova ekonomska opravdanost.

Ključne riječi: tjedno planiranje rada EES-a, linearno optimiranje, nelinearno optimiranje.

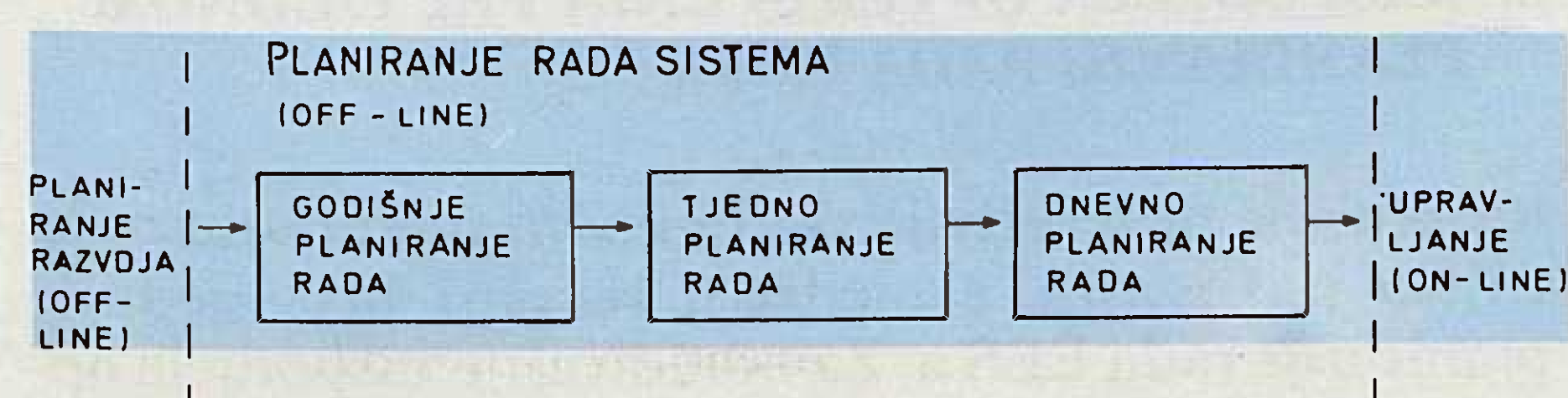
UVOD

Planiranje rada elektroenergetskog sistema (EES-a) podrazumijeva pouzdanu i kvalitetnu opskrbu potrošača električnom energijom uz minimum troškova. Aktivnosti i odluke u vezi sa zadovoljenjem potrošnje možemo podijeliti u operativno vođenje sistema (on-line funkcije), te funkcije planiranja rada i razvoja EES-a (off-line funkcije). Planiranje rada sistema (sl. 1) obuhvaća razdoblje od sljedećeg dana do godine dana unaprijed, iako neka čvrsta podjela između on-line i off-line funkcija ne postoji. Svakako je potrebno da sve funkcije čine jedinstvenu cjelinu, tako da je današnji koncept planiranja rada nezamisliv bez istovremenog postojanja i koordinacije svih funkcija planiranja i analize rada EES-a.

Razvitak primjene računala omogućio je nastanak niza matematičko-statističkih modela za optimizaciju, simulaciju i analizu rada EES-a. Istovremeno je razvoj modernih informacijskih sistema omogućio sakupljanje i pohranjivanje velikog broja podataka o EES-u, što je nužan preduvjet svih funkcija planiranja i analiza rada sistema.

Funkcije planiranja rada EES-a izvršavaju se kroz tri međusobno povezane vremenske faze:

- faza I. — godišnje planiranje rada (po tjednima za godinu dana unaprijed);
- faza II. — tjedno planiranje rada (po danima za tjedan dana unaprijed);



Slika 1. Funkcije planiranja rada elektroenergetskog sistema

faza III. — dnevno planiranje rada (po satima za dan unaprijed).

Planiranjem rada EES-a počelo se u Institutu za elektroprivredu intenzivnije baviti početkom osamdesetih godina. Prvi koraci bili su metodološki, no višegodišnje bavljenje problemima godišnjeg i dnevnog planiranja rezultiralo je interaktivnim programskim paketima praktične primjene. Područje tjednog planiranja ostalo je većim dijelom neobrađeno i ono je predmet ovoga rada [1].

1. PREGLED MODELA ZA ODREĐIVANJE RASPODJELE OPTEREĆENJA PRI TJEDNOM PLANIRANJU RADA EES-a

Modeli koji se danas koriste za tjednu raspodjelu opterećenja prihvaćaju u prvom redu zahtjeve ekonomičnosti i sigurnosti rada EES-a. Raznolikost tih modela uvjetovana je karakteristikama samog sistema (veličina, hidroudio i termoudio), povezanošću s drugim sistemima (razmjena sa susjednim sistemima), te postojećim tehničkim i personalnim mogućnostima sistema (opremljenost, organizacija). Važan aspekt je i izbor pojednostavnjenja da bi se reducirala potrebna memorija računala, vrijeme proračuna, a često i da bi se uopće omogućilo modeliranje. Ni jedan model ne sagledava istovremeno sve aspekte problema (mnogobrojnost akumulacija, vremenskih intervala, stohastika dotoka, povezanost hidro-termo-sistema). Problemi vezani uz hidroenergiju čine problem vrlo kompleksnim, jer postoji komplicirana veza između odluke i budućih posljedica te odluke. Na primjer, ako se intenzivirano troši voda iz akumulacija, a pojave se mali dotoci, u budućnosti će se morati angažirati skupe termoelektrane, odnosno ako se voda čuva, pa se pojave veliki dotoci, doći će do preljeva. Osim toga, predviđanje potrošnje i doto-

ka ima određenu stohastičku komponentu, funkcije koje opisuju sistem su nelinearne (npr. karakterističke elektrana), povezanost akumulacija i broj vremenskih intervala optimiranja čine da je problem velikih dimenzija (large scale problem), a vrijednost hidroenergije ne može se izraziti direktno, već uvijek indirektno — uštedama na gorivu termoelektrana. Treba naglasiti da je glavni zadatak svih modela pomoć pri odlučivanju, odnosno sagledavanje posljedica pojedinih odluka, uvažavajući različite nesigurnosti i imajući na umu pojednostavnjenja samog modela. Planiranje rada sistema modelirano je kao lanac potproblema [2]. Svaki potproblem je formuliran tako da daje sve detaljniju informaciju o optimalnom radu, a nivo razrađenosti detalja raste kako se smanjuje horizont planiranja (godišnje — tjedno — dnevno). Međusobni utjecaj pojedinih faza planiranja dobiva se putem rezultata, i to u smjeru od dužih faza prema kraćim fazama. Npr., tjedni nivoi akumulacija dobiveni u okviru godišnje elektroenergetske bilance koriste se za tjedno planiranje, a rezultati tjednog pri dnevnom planiranju rada akumulacija.

Područje planiranja rada EES-a, a naročito dnevno i tjedno, predmet je velikog interesa posljednjih godina. Međutim, većina publicirane literature odnosi se na čiste termosisteme, odnosno sisteme s velikim udjelom termoelektrana u zadovoljenju potrošnje. Za takve sisteme raspodjela opterećenja svodi se na izbor termoagregata (unit commitment).

Mnogi autori pokušali su riješiti problem izbora termoagregata, no postoji nekoliko metoda koje se najčešće koriste. Najjednostavnija metoda bazira na tzv. listi prioriteta, pri čemu je cijena kWh pojedinog agregata mjerodavna za izbor [3,4]. Postoje pokušaji korištenja linearnog programa, koji traži znatna pojednostavnjenja, dok algoritam grana i granica, koji se također razmatra u literaturi, ubrzo dovodi do problema trajanja proračuna za veće sisteme [5,6]. U posljednje vrijeme najčešće se koristi dinamičko programiranje [7,8,9,10]. Ono omogućava korištenje bilo kakve funkcije ovisnosti troškova za gorivo o proizvodnji termoelektrane i troškova ulaska u pogon u ovisnosti o vremenu stajanja agregata izvan pogona. Dinamičko programiranje vrlo je efikasno, iako trajanje proračuna naglo raste s brojem agregata i promatranih vremenskih intervala. Skraćenje vremena proračuna predmet je mnogih radova, a najčešće se koristi predselekcija i dekompozicija. Predselekcija se odnosi na utvrđivanje kombinacija agregata koje su uvijek skuplje, odnosno moguće je koristiti iskustvenu selekciju pomoću ekspertnog sistema [11] ili listu prioriteta. Dekompozicija se sastoji u promatranju grupa agregata, dakle kod problema, koje onda treba koordinirati i tako riješiti originalni problem [10]. Također je moguće uključivati agregat po agregat i promatrati marginalne troškove, te tako odrediti najpovoljniju kombinaciju.

Dinamičko programiranje također se koristi za rješavanje čistih hidrosistema [12], ali je moguće promatrati samo male sisteme. Značajan napredak pri planiranju velikih hidrosistema jest primjena mrežnog programiranja [13 i 14].

Literatura koja se odnosi na planiranje mješovitog hidrotermo sistema često opisuje sisteme u kojima se hidroenergija koristi samo za vršna opterećenja [4]. Vrlo malo radova tretira sisteme sa značajnim udjelom hidroproizvodnje [2,3,13].

U EES-u Hrvatske pitanje izbora termoagregata nije za sada izraženo, jer je broj aktivnih termoelektrana malen. Poštivanje liste prioriteta uz simulaciju određenih prilika u termoelektranama (remont, kvar) zadovoljava sadašnje potrebe sistema Hrvatske. S obzirom na planirani razvoj sistema trebalo bi istražiti mogućnosti primjene tzv. modificirane liste prioriteta i dinamičkog programiranja na sistemu Hrvatske, te napraviti usporedbu s prije predloženom metodom. Riječ je o vrlo složenom zadatku jer nema standardnog softvera za dinamičko programiranje. Ti programi razvijaju se za određeni problem, pa je ocjenu o njihovoj prihvatljivosti moguće donijeti tek nakon testiranja na promatranom EES-u.

Kod sistema s velikim udjelom hidroelektrana najznačajniji problem tjednog planiranja je optimiranje korištenja akumulacijskih hidroelektrana. Komplexnost problema najbolje opisuje činjenica dobivena usporedbom 92 modela [11]: ni jedan ne obuhvaća sve aspekte problema (brojnost akumulacija, brojnost i trajanje intervala, stohastika dotoka, te troškovi rada sistema).

Zajedničko svim ovim modelima jest nastojanje da se realni EES što točnije prikaže. Međutim, koncept svakog realnog modela nemoguć je bez isto tako preciznih podataka, što je, nažalost, malokad ispunjeno. Zbog toga razvoj modela predstavlja kompromis između preciznosti modela i pridruženoga informatičkog problema.

Zajedničko za modele za planiranje rada EES-a jest vremenska diskretizacija horizonta planiranja. Za godišnje planiranje to je tjedan (a često i mjesec zbog administrativnog praćenja), za tjedno planiranje dan, a kada se radi o kratkoročnom planiranju za dan ili nekoliko dana unaprijed prelazi se na satnu diskretizaciju.

Fundamentalna razlika između modela koji se koriste za planiranje rada jest u tome što se za godišnje planiranje koriste probabilistički, a za tjedno i dnevno planiranje deterministički modeli. Međutim, važna pretpostavka kod determinističkih modela jest da se problem rješava ponovno kada god dođe do promjene ulaznih podataka. Pod tom pretpostavkom deterministički pristup postaje razumna nagodba između točnosti modela i potrebe da se ograniči kompleksnost problema.

2. RASPODJELA OPTEREĆENJA PRI TJEDNOM PLANIRANJU RADA EES-a

Raspodjela opterećenja pri tjednom planiranju rada EES-a jest jezgra, a ujedno i završna faza tjednog planiranja rada EES-a. Za određivanje raspodjele opterećenja potrebno je predvidjeti potrošnju električne energije i dotoke, a dio ulaznih podataka je rezultat godišnje elektroenergetske bilance [15].

Predviđanje potrošnje električne energije za tjedan unaprijed po danima i satima realizirano je regionalnim, odnosno sektorskim predviđanjem [16], dok je predviđanje dotoka modelom SSARR (odnosno SAR) moguće za 7–10 dana unaprijed [17].

Pitanje remonta termoagregata rješava se na nivou godišnje bilance i ono je ulazni podatak za tjednu raspodjelu opterećenja. Postoji niz kriterija koje je pri tome moguće koristiti (npr. minimizacija troškova rada sistema, ujednačavanje rezerve u sistemu, minimizacija neisporučene energije i sl.). Često se koristi i višekriterijalno planiranje remonta (kombinacija dva i više kriterija), a u posljednje vrijeme i ekspertni sistemi [18].

Kod sistema s velikim udjelom hidroelektrana, kao što je EES Hrvatske, izražen je problem korištenja akumulacijskih hidroelektrana. Problem godišnjeg korištenja akumulacija riješen je u sklopu godišnje elektroenergetske bilance [19 i 20]. Ovisno o pretpostavljenoj hidrologiji, dobiva se pojas poželjnih stanja za pojedine akumulacije (tjedno za godinu unaprijed), a to je ujedno ulazni podatak za tjednu raspodjelu opterećenja.

Kod tjedne raspodjele opterećenja treba odrediti dnevnu potrošnju vode po hidroelektranama uz uvjet zadovoljenja potrošnje i minimum troškova za gorivo u termoelektranama. Matematički gledano radi se o pronalaženju minimuma funkcije cilja, za što je potrebno primijeniti neku od tehnika optimiranja. U ovom radu odabrano je linearno i gradijentno (nelinearno) programiranje. Oba omogućavaju bilanciranje snage i energije, te detaljan prikaz hidrološkog karaktera. Kombinacijom tih dviju metoda došlo se do praktičnog rješenja. Neizbježno lineariziranje svih funkcija i relativno dugačko vrijeme izvođenja osnovne su zamjerke linearnom programu. Za tjedan unaprijed linearni prikaz funkcija dovoljno je točan, a vrijeme izvođenja nije presudno s obzirom da je riječ o duljem vremenskom horizontu planiranja. Vrijeme izvođenja moguće je skratiti tako da se dan umjesto na 24 intervala jednakog trajanja (satno) podijeli na 2 do 5 intervala različitog trajanja.

Linearnim optimiranjem dobije se dakle slika raspodjele opterećenja po dnevnim intervalima, koje daje općenit uvid u tjednu situaciju. Nakon toga izvede se gradijentni postupak, koji za 2–3 dana unaprijed po satima daje dosta preciznu raspodjelu opterećenja po elektranama, nivoa akumulacija (regulirani protok, broj hidroagregata), te pripadne troškove za gorivo u termoelektranama. Gradijentni postupak je vrlo brz i omogućava da se izvede velik broj varijanti (npr. potrošnje, dotoka, nivoa akumulacija i sl.). Kod većeg broja dana broj nepoznanica i ograničenja naglo raste i dolazi do problema s konvergencijom gradijentnog postupka. S obzirom na karakter problema, a isto tako i s obzirom na vjerojatnost ulaznih parametara, precizna satna raspodjela opterećenja za 2–3 dana u potpunosti zadovoljava zahtjeve EES-a.

2.1. Linearni matematički model tjedne raspodjele opterećenja

2.1.1. Kriterij — Ograničenja — Funkcija cilja — Rješenje

Funkcija cilja, koju treba minimizirati jesu troškovi za gorivo u termoelektranama. Matematički kriterij minimuma je:

$$\sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{j=1}^J TR_{ndj} (PT_{ndj}) \cdot \Delta t_{dj} \rightarrow \min, \quad (1)$$

gdje je:

N — broj termoelektrana u sistemu

D — broj vremenskih intervala (dana)

J — broj podintervala u intervalu d

$TR_{ndj} (PT_{ndj})$ — energetska karakteristika termoelektrane n u vremenskom intervalu t_{dj} ,

Δt_{dj} — dužina trajanja j -TOG vremenskog podintervala u intervalu d (sati).

Valjanost rješenja minimizacije ovisi o broju ograničenja koja su prikazana u modelu, jer se time postiže približavanje fizikalnoj stvarnosti sistema. Ograničenjima su nazvani svi uvjeti koji se moraju zadovoljiti da bi se EES mogao opisati.

Osnovno ograničenje je izjednačavanje proizvodnje elektrana (i eventualne nabave) s potrošnjom (PK_{dj}) u svakom intervalu d i podintervalu j .

$$\sum_{n=1}^N PT_{ndj} + \sum_{m=1}^M PH_{mdj} = PK_{dj} \text{ za } d=1, \dots, D \quad (2)$$

$$j=1, \dots, J$$

gdje je:

PT_{ndj} — snaga n -te termoelektrane u intervalu d i podintervalu j

PH_{mdj} — snaga m -te hidroelektrane u intervalu d i podintervalu j

M — broj hidroelektrana u pogonu.

Ova jednadžba naziva se bilancom snage.

Termoelektrane

Na snagu termoelektrane postavlja se donja i gornja granica:

$$PT_{ndj \min} \leq PT_{ndj} \leq PT_{ndj \max}. \quad (3)$$

Kao donje ograničenje ($PT_{ndj \min}$) snage termoelektrana uzima se obično tehnički minimum, iako ono može biti i veće; npr. za termoelektrane-toplane se može postaviti zahtjev za minimalnom proizvodnjom s obzirom na potrebe toplinskog konzuma. Tada odgovarajuća snaga može biti i veća od tehničkog minimuma. Kao gornje ograničenje ($PT_{ndj \max}$) termoelektrana uzima se snaga na pragu elektrane, ali to može biti i neka manja snaga u slučaju manjeg kvara, mjerenja i sl.

Isporuke termoelektrana izgrađenih za potrebe Hrvatske na području drugih republika određene su ugovornim obvezama, pa je prostor za optimiranje tu ograničen. Predviđena dnevna potrošnja električne energije umanjuje se za isporuke ovih termoelektrana, a u skladu s ugovornim obvezama kako po iznosu tako i dinamičci. Na isti način tretira se i fiksno

ugovorena razmjena, te prema potrebi i proizvodnja termoelektrana-toplana.

Kada se potrošnja ne može zadovoljiti vlastitim izvorima i unaprijed predviđenim isporukama i razmjenom, N -ta termoelektrana, koja ima veći specifični trošak za gorivo od svih vlastitih termoelektrana, sudjeluje u zadovoljenju potrošnje u smislu dodatne nabave.

Uz pretpostavku da se pojave razne mogućnosti nabave (različita cijena kWh i ograničenja) njih je također moguće uključiti u postupak optimizacije.

Ovisnost troškova za gorivo (TR_{ndj}) pojedine termoelektrane o snazi s kojom termoelektrana radi (PT_{ndj}) izražava se energetsom tzv. troškovnom karakteristikom termoelektrane:

$$TR_{ndj} = a_n + b_n PT_{ndj}, \quad (4)$$

gdje je:

- a_n — konstantni član n -te termoelektrane, koji je neovisan o proizvodnji termoelektrane
- b_n — specifični troškovi za gorivo n -te termoelektrane (din/kWh).

Hidroelektrane

a) Protočne hidroelektrane

Na osnovi predviđenih dnevnih prirodnih dotoka izračunava se proizvodnja hidroelektrana s dnevnim izravnavanjem volumena bazena simulacijskim postupkom. Koristi se metoda prioritarnih sati [21] da bi se proizvodnja hidroelektrana što više prilagodila predviđenom dijagramu potrošnje.

b) Akumulacijske hidroelektrane

Osnovni je problem za akumulacijske hidroelektrane odrediti ispuštanja iz akumulacije. Na osnovi početnog stanja, ispuštanja i dotoka za svaki vremenski interval određuje se krajnje stanje iz jednadžbe:

$$VT_{md} = VT_{md-1} + QPR_{md} + QDO_{md} - QR_{md} - QPRE_{md}, \quad (5)$$

gdje je:

- VT_{md} — volumen m -te hidroelektrane na kraju intervala d (dana)
- VT_{md-1} — volumen m -te hidroelektrane na početku intervala d
- QPR_{md} — predviđeni prirodni dotok odnosno međudotok u m -tu hidroelektranu u intervalu d (dnevni)
- QDO_{md} — ispuštanje i preljevi uzvodnih hidroelektrana u m -tu hidroelektranu u intervalu d (dnevni)
- QR_{md} — regulirani protok m -te hidroelektrane u intervalu d (dnevni)
- $QPRE_{md}$ — preljev m -te hidroelektrane u intervalu d (dnevni).

U izrazu (5) volumen se izražava u $[m^3/s \cdot \text{dan}]$ tako da se izravno mogu zbrajati volumeni i protoci. Prirodni dotok u hidroelektranu se uzima konstantan tijekom cijeloga dana. Za razliku od prirodnog dotoka, regulirani protok i eventualni preljev računa

se posebno za svaki podinterval u danu. Dnevni regulirani protok i dnevni preljev dobiju se iz izraza:

$$QR_{md} = \sum_{j=1}^J QR_{mdj} \cdot \Delta t_{dj};$$

$$QPRE_{md} = \sum_{j=1}^J QPRE_{mdj} \cdot \Delta t_{dj} \quad d = 1, 2, \dots, D, \quad (6)$$

gdje je:

- QR_{mdj} — regulirani protok m -te hidroelektrane u podintervalu j intervala d
- $QPRE_{mdj}$ — preljev m -te hidroelektrane u podintervalu j intervala d .

Ispuštanje i preljevi iz uzvodnih hidroelektrana (QDO_{md}) određuje se iz izraza:

$$QDO_{md} = \delta \cdot \sum_{k=1}^{KH} (QR_{kd} + QPRE_{kd}), \quad d = 1, 2, \dots, D, \quad (7)$$

gdje je:

- δ — koeficijent povezanosti hidroelektrana ($\delta = 0$ ako ne postoje uzvodne hidroelektrane, $\delta = 1$ ako postoje uzvodne hidroelektrane)
- KH — broj uzvodnih hidroelektrana,
- QR_{kd} — regulirani protok k -te hidroelektrane u intervalu d (danu),
- $QPRE_{kd}$ — preljev k -te hidroelektrane u intervalu d .

Na volumen i regulirani protok postavljaju se gornja i donja granica unutar kojih se mogu mijenjati vrijednosti tih varijabli:

$$V_{md \min} \leq VT_{md} \leq V_{md \max} \quad (8a)$$

$$Q_{mdj \min} \leq QR_{mdj} \leq Q_{mdj \max}. \quad (8b)$$

Za donju granicu volumena odabire se vrijednost veća ili jednaka volumenu bazena pri minimalnoj radnoj kote. Za gornju granicu uzima se vrijednost volumena pri maksimalno dozvoljenoj koti.

Kod reguliranog protoka za donju se granicu postavi minimalni protok s kojim hidroelektrana praktički može raditi, a za gornju granicu uzima se instalirani protok hidroelektrane.

Granice za volumen i za regulirani protok mogu se, u slučaju potrebe, stavljati različite za svaki interval promatranja. Kod volumena se mogu pojaviti zahtjevi vodoprivrede za postizanje određenog volumena u pojedinom intervalu, a kod protoka se, na primjer, u slučaju kvara kod hidroelektrane mora postaviti gornja granica niža od instaliranog protoka, ovisno o trajanju kvara.

Snaga hidroelektrane računa se po izrazu:

$$PH_{mdj} = S_m \cdot QR_{mdj}, \quad (9)$$

gdje je:

- PH_{mdj} — snaga m -te hidroelektrane u intervalu d i podintervalu j
- S_m — specifična snaga ($MW/m^3/s$) m -te hidroelektrane
- QR_{mdj} — regulirani protok m -te hidroelektrane u intervalu d i podintervalu j .

Specifična snaga može se pretpostaviti konstantnom za pojedinu hidroelektranu kroz cijelo razdoblje optimiranja. To znači da se za hidroelektrane s promjenljivim padom uzima neki prosječni pad.

Dijagram potrošnje

Polazni podatak za konstrukciju dijagrama potrošnje za linearni program jest predviđena potrošnja električne energije u pojedinom danu umanjena za isporuke termoelektrana izgrađenih za potrebe Hrvatske u drugim republikama, fiksnu razmjenu i proizvodnju termoelektrana-toplana, te proizvodnju protočnih hidroelektrana. S obzirom na to da se radi o dnevnom satnom dijagramu, njega je za potrebe tjednog planiranja moguće aproksimirati s određenim brojem stupaca, odnosno interval d (dan) prikazan je pomoću j podintervala različitog trajanja (sati).

Aproksimirani dijagram opterećenja treba imati istu ukupnu energiju kao izvorni, energija po pojedinim podintervalima treba biti jednaka, minimalna i maksimalna snaga trebaju odstupati od stvarnih do zadanih granica, a ukupna apsolutna ili kvadratna odstupanja snage aproksimiranog od izvornog dijagrama trebaju biti minimalna. Za potrebe tjedne raspodjele opterećenja koristi se jednostavna empirijska aproksimacija i tzv. direktni postupak aproksimacije.

Kod empirijske (iskustvene) aproksimacije koristi se 5 podintervala za prikaz jednoga dana. Prvo se odredi dnevni i večernji maksimum, a trajanje svakog maksimuma produži se na 3 sata. Ostaju tri vremenska podintervala, a pripadna snaga se izračuna tako da se od srednje vrijednosti pojedinog podintervala oduzme dio snage zbog produženja maksimuma, a koji je proporcionalan dužini trajanja promatranog podintervala. Vrijedi dakle:

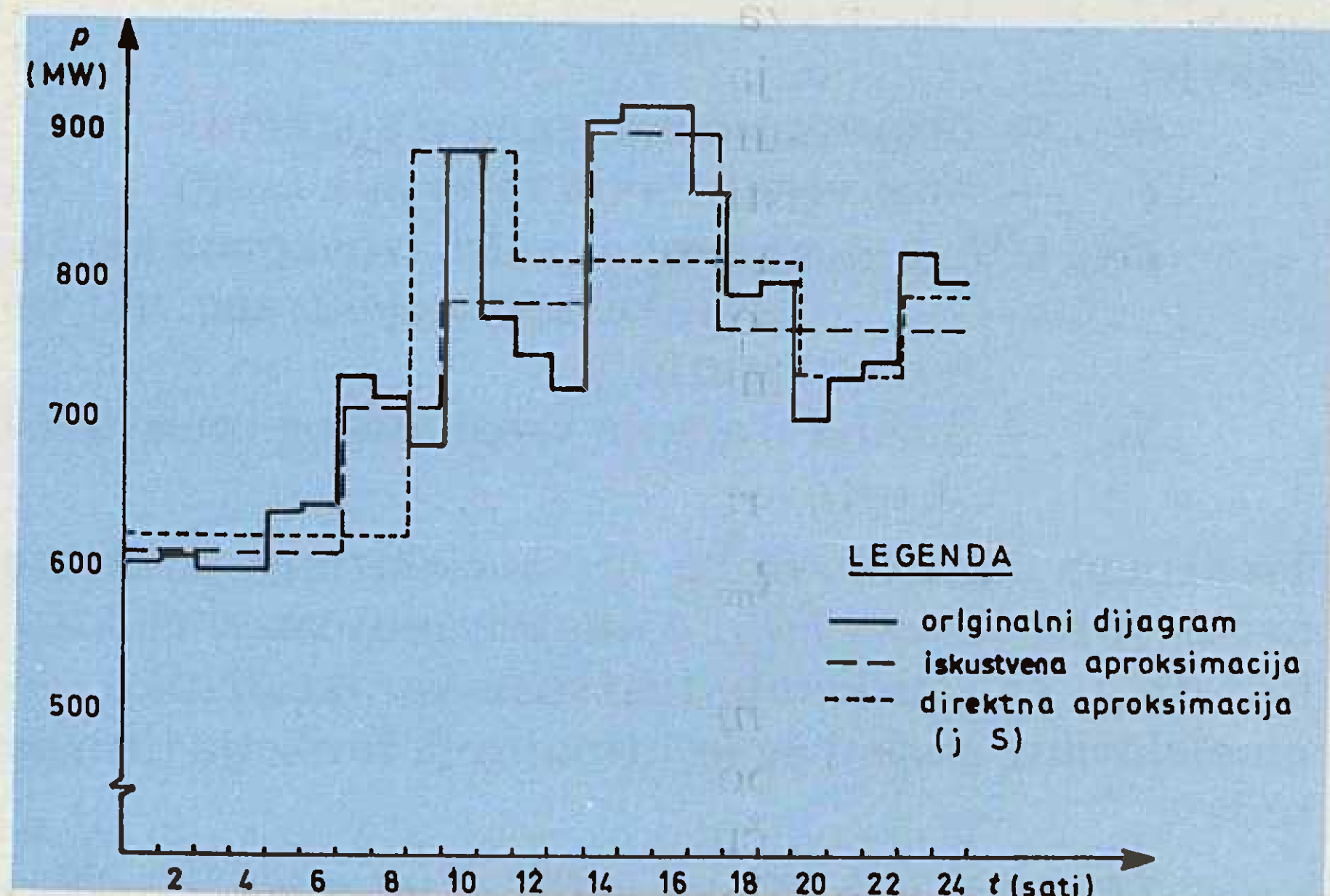
$$\sum_{j=1}^5 PK_{dj} \cdot \Delta t_{dj} = W_d \quad d = 1, 2, \dots, D, \quad (10)$$

gdje je:

PK_{dj} — konstantna snaga podintervala j u intervalu d (danu)

W_d — ukupna predviđena potrošnja u intervalu d .

Ova aproksimacija prikazana je na sl. 2.



Slika 2. Aproksimacija dijagrama opterećenja

Direktni postupak temelji se na određivanju svih mogućih satnih kombinacija izvornoga dijagrama opterećenja za svaki pojedini podinterval aproksimiranog dijagrama. Da bi se od 24 satna opterećenja

formiralo j podintervala dana d , treba odrediti sve valjane kombinacije od 24 elementa j -tog razreda kojih ima:

$$C = \frac{24!}{(24-j)!j!} \quad (11)$$

Za svaku kombinaciju izračuna se snaga pojedinog podintervala kao aritmetička sredina satnih snaga PK_{dj} koje ulaze u podinterval j , te apsolutno i kvadratno odstupanje.

Ukupna apsolutna odstupanja snage su:

$$\Delta P_a = \sum_{j=1}^J \sum_{t=p(j)}^{k(j)} |PK_t - PK_{dj}| \quad \text{za } d = 1, \dots, D, \quad (12a)$$

a ukupna kvadratna odstupanja su:

$$\Delta P_k = \sum_{j=1}^J \sum_{t=p(j)}^{k(j)} (PK_t - PK_{dj})^2 \quad \text{za } d = 1, \dots, D, \quad (12b)$$

pri čemu je:

PK_t — snaga u t -tom satu izvornog dijagrama

$p(j)$ — početni sat j -tog podintervala

$k(j)$ — krajnji sat j -tog podintervala.

Kontrolom valjanih kombinacija s obzirom na ekstremne snage (maksimum i minimum) smanjuje se broj kombinacija koje mogu aproksimirati izvorni dijagram opterećenja. Takve kombinacije nazivaju se relevantnim kombinacijama. Iz relevantnih kombinacija se zatim traži ona koja ima najmanje ukupno odstupanje snage prema metodi apsolutnih i kvadratnih odstupanja. Ovaj postupak opširno je prikazan u [22] i na sl. 2.

Rješenje

Za minimizaciju troškova za gorivo u termoelektarnama i eventualne nabave uz gornja ograničenja koristi se standardni linearni program (LPE) izrađen na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu.

Priprema problema za rješavanje pomoću programa LPE izvodi se u dvije faze:

1. definiranje problema preko matematičkih jednažbi;
2. transformacija jednažbi u obliku prepoznatljiv programu.

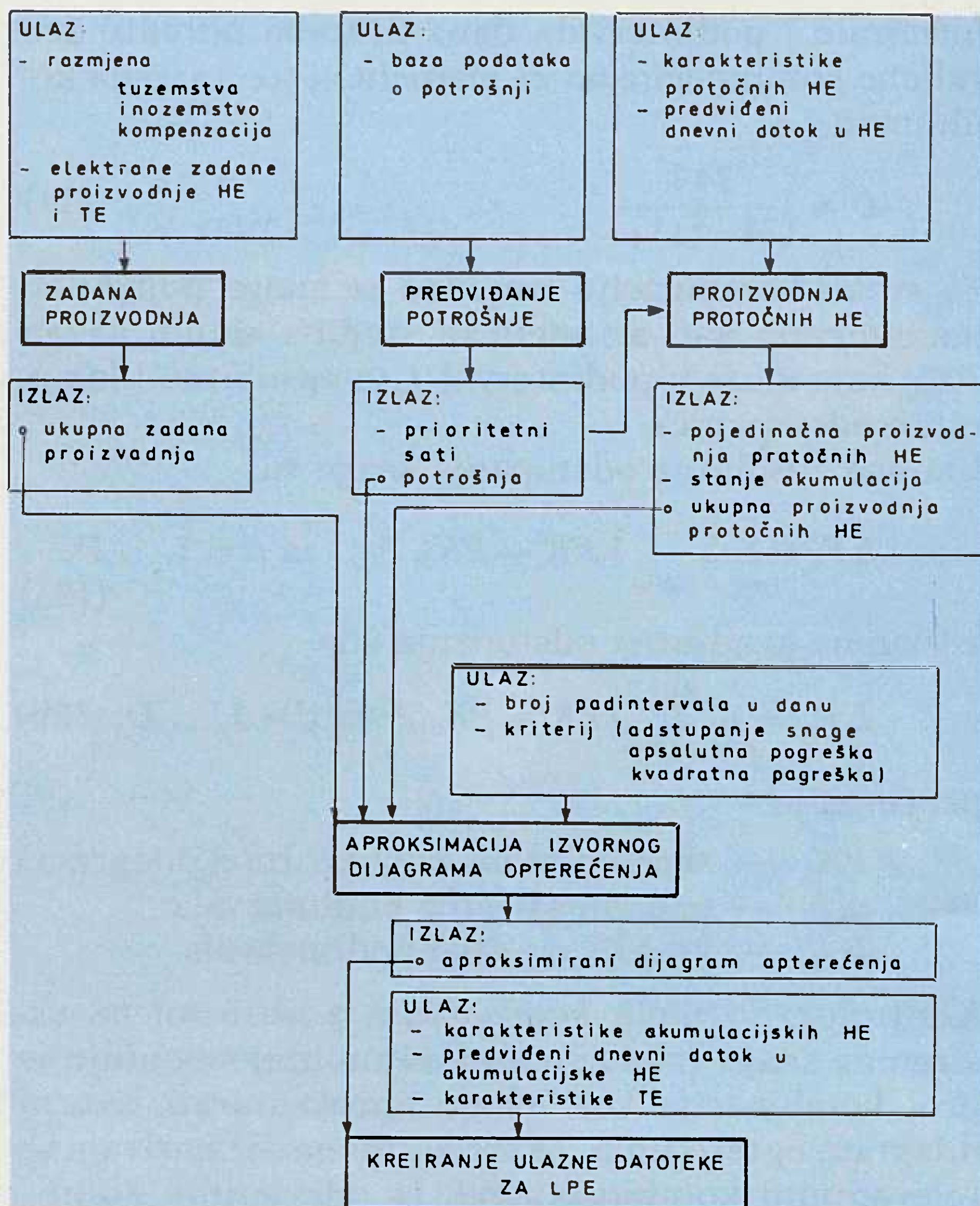
Definiranje problema preko matematičkih jednažbi već je opisano, a transformacija u obliku prepoznatljiv LPE-u provedena je u skladu s Uputama za korištenje programa [23].

2.1.2. Programska podrška

Programska podrška za tjednu raspodjelu opterećenja linearnim modelom sastoji se od tri faze:

1. pripremne faze;
2. izvođenja linearnog programa;
3. prikaza rezultata.

Pripremna faza sastoji se od daleko najvećeg broja modula. To su modul za predviđanje potrošnje električne energije, proizvodnju protočnih hidroelektrana, unos zadane proizvodnje te aproksimaciju dnevnog dijagrama opterećenja u j -podintervala po daniima. Pripremna faza završava kreiranjem ulazne da-



Slika 3. Međupovezanost pripremne faze programa za tjednu raspodjelu opterećenja u EES-u linearnim modelom

toteke za LPE program. Shema pripremne faze je na sl. 3.

Sve proizvodnje i potrošnje se zadaju satno po dani-ma za tjedan dana unaprijed. Unos podataka je ek-ranski, osim kod fiksnih podataka o tehničkim ka-rakteristikama elektrana i akumulacijama koji se sa-mostalno unose u određenu datoteku.

2.2. Gradijentni matematički model tjedne raspodjele opterećenja

Primjena gradijentne metode u određivanju optimal-ne dnevne raspodjele opterećenja poznata je već de-setak godina. Unapređenje u primjeni dao je A. Arse-nov [24] kada je primijenio matrični oblik prikaza jednadžbi, u kojem se problem raspodjele optereće-nja svodi na rješavanje nelinearnih algebarskih jed-nadžbi koje se zatim lineariziraju primjenom prvih triju članova Taylorova reda.

Takav način rješavanja uzet je kao osnova za daljnji rad, a raspodjela opterećenja u dnevnom dijagramu opterećenja (s naglaskom na hidroelektrane) razra-đena je u [25]. Specifičnosti raspodjele opterećenja u hidroelektranama (veći broj agregata u jednoj hidro-elektrani, ograničena mogućnost akumuliranja vode, rad hidroelektrana na istom vodotoku, sa i bez vre-menskog zakašnjenja) uključene su u optimizacijski model. S obzirom na to da se radi o iterativnom mo-delu, određivanju početnog stanja dano je posebno značenje. Ono se određuje na osnovi bilance snage i energije u tzv. pripremnom dijelu, koji je također op-širno prikazan u [25].

U nastavku rada na ovom modelu detaljno su razra-đene energetske karakteristike hidroelektrana i ter-moelektrana [26], a zatim je slijedila dogradnja sa-mog optimizacijskog modela, koja se sastoji od dvije važne komponente. Prva komponenta se odnosi na uvođenje crpno-akumulacijskih postrojenja u postu-pak optimizacije, a druga se odnosi na način uvođe-nja ograničenja na snagu elektrana i volumen aku-mulacija u isti postupak. Ograničenje na snagu elek-trana i volumen akumulacija bilo je realizirano fak-torima penalizacije čija se vrijednost zadavala iskus-tveno, pa je postojala opasnost nekonvergentnosti optimizacijskog postupka. Ograničenja na snagu for-miraju se sada pomoću Kuhn-Tuckerovih multiplika-tora, koji ne povećavaju broj nepoznanica, a iterativ-ni postupak čine stabilnijim. To je opisano u [27].

Mogućnost brzine promjene opterećenja u termoe-lektranama opširno je razrađena u [28]. Uključenje ograničenja na brzinu promjene opterećenja u ter-moelektranama je teorijski i programski uklopljeno u optimizacijski model. No, model je postao vrlo ve-lik jer je uvedena međuzavisnost vremenskih inter-vala. Vremena proračuna s ovim ograničenjem veli-ka su usprkos nekim promjenama i u samom siste-mu rješavanja linearnih jednadžbi, pa je za sada pri-hvaćeno jednostavnije empirijsko rješenje.

Dnevni model za raspodjelu opterećenja osnova je višednevnog modela koji će se koristiti pri tjednom planiranju rada EES-a.

2.2.1. Kriterij — Ograničenja — Funkcija cilja — Rje-šenje

Kriterij optimiranja je minimum ukupnih troškova proizvodnje termoelektrana u elektroenergetskom sistemu uz uvažavanje ograničenja u radu pojedinih proizvodnih postrojenja. Matematički kriterij mini-muma glasi:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N TR_{nt}(PT_{nt}) \cdot \Delta t_t \rightarrow \min, \quad (13)$$

gdje je:

- N — broj termoelektrana u sistemu
- T — broj vremenskih intervala (sati)
- $TR_{nt}(PT_{nt})$ — energetska tkz. troškovna karak-teristika termoelektrane n u in-tervalu t
- Δt_t — dužina trajanja vremenskog intervala t (1 sat).

Troškovna karakteristika termoelektrane pokazuje ovisnost troškova (TR_{nt}) o angažiranoj snazi elektra-ne (PT_{nt}). Za opisivanje troškova karakteristike ter-moelektrane koristi se kontinuirana funkcija drugog reda:

$$TR_{nt} = a_n + b_n PT_{nt} + c_n PT_{nt}^2; \text{ za } n = 1, 2, \dots, N. \quad (14)$$

Osnovni je uvjet rada elektroenergetskog sistema da u svakom vremenskom intervalu t postoji ravnoteža između proizvodnje [MWh/h] hidroelektrana (PH_{nt}) i termoelektrana (PT_{nt}) s jedne strane i potrošnje (PK_t) s druge strane

$$\sum_{n=1}^N PT_{nt} + \sum_{m=1}^M PH_{mt} = PK_t, \text{ za } t = 1, 2, \dots, T, \quad (15)$$

gdje je:

M — broj hidroelektrana u sistemu.

Ako su u sistem uključene i crpno-akumulacijske hidroelektrane jednadžbi (15), treba dodati na desnu stranu njihovu proizvodnju kada rade kao turbina, odnosno na lijevu stranu kada rade kao crpke.

Ograničenje snage

Svakako postrojenje, bilo hidroelektrana, crpno-akumulacijska hidroelektrana ili termoelektrana, mora u svakom vremenskom intervalu (satu) zadovoljiti ograničenja koja proizlaze iz samih karakteristika postrojenja, a odnose se na minimalnu snagu (min) s kojom postrojenje može raditi i maksimalnu snagu (max), koju je moguće ostvariti:

$$PT_{nt \min} \leq PT_{nt} \leq PT_{nt \max}; \text{ za } n = 1, 2, \dots, N \\ t = 1, 2, \dots, T \quad (16a)$$

$$PH_{mt \min} \leq PH_{mt} \leq PH_{mt \max}; \text{ za } m = 1, 2, \dots, M \\ t = 1, 2, \dots, T \quad (16b)$$

$$PC_{pt \min} \leq PC_{pt} \leq PC_{pt \max}; \text{ za } p = 1, 2, \dots, P \\ t \in T_1 \text{ snage turbine} \\ t \in T_2 \text{ snage crpke.} \quad (16c)$$

Ograničenje vode

Kod svake hidroelektrane i crpno-akumulacijske hidroelektrane mora se unaprijed ograničiti količina vode (V_m odnosno V_p) koja se može iskoristiti u ukupnom razdoblju T , odnosno T_1 za crpno-akumulacijske. To ograničenje može proizaći iz veličine dotoka u pojedinu akumulaciju (protočne hidroelektrane) ili kao planska vrijednost kod većih akumulacija (akumulacijske hidroelektrane):

$$\sum_{t=1}^T QR_{mt}(PH_{mt}) \cdot \Delta t_t = V_m; \text{ za } m = 1, 2, \dots, M \\ \text{za } HB_{mt} \quad (17a)$$

$$\sum_{t \in T_1} QR_{pt}(PC_{pt}) \cdot \Delta t_t = V_p; \text{ za } p = 1, 2, \dots, P \\ \text{za } HB_{pt} \quad (17b)$$

gdje je $QR_{mt}(PH_{mt})$ — energetska karakteristika hidroelektrane, koja daje ovisnost protoka QR_{mt} o snazi PH_{mt} za određeni bruto-pad HB_{mt} , odnosno energetska karakteristika crpno-akumulacijske hidroelektrane kada radi kao turbina odnosno protočna hidroelektrana.

Karakteristika m -te hidroelektrane u intervalu t predstavljena je polinomom drugog stupnja:

$$QR_{mt} = \alpha_{1m} + \alpha_{2m} PH_{mt} + \alpha_{3m} PH_{mt}^2 + \\ + (\beta_{1m} + \beta_{2m} PH_{mt} + \beta_{3m} PH_{mt}^2) \cdot \\ \cdot HB_{mt} + (\gamma_{1m} + \gamma_{2m} PH_{mt} + \\ + \gamma_{3m} PH_{mt}^2) HB_{mt}^2 \quad (m^3/\text{sek}) \\ m = 1, 2, \dots, M \\ t = 1, 2, \dots, T, \quad (18)$$

pri čemu je QR_{mt} protok kroz turbine tkz. regulirani protok u ovisnosti o proizvedenoj snazi PH_{mt} i pripadnom bruto-padu HB_{mt} , a α_i , β_i i γ_i ($i = 1, 2, 3$) su koeficijenti energetske karakteristike, koji se određuju na osnovi karakteristike odnosno školjkastog dijagrama vodnog agregata, gubitaka pada u dovodu i odvodu, te gubitaka pada zbog dizanja donje vode. Kada bi se karakteristika hidroelektrana određivala za svaki bruto-pad posebice, koeficijenti β_i , γ_i ($i = 1, 2, 3$) iz izraza (18) bili bi nula. Koeficijenti α_i ($i = 1, 2, 3$) kod hidroelektrana koje nemaju znatno promjenljiv bruto-pad mijenjaju se s promjenom pada, doduše ne značajno, pa su do sada smatrani konstantnim. Ta promjena koeficijenata može se obuhvatiti množenjem koeficijenata α_i ($i = 1, 2, 3$) omjerom bruto-pada (HB_m) za koji su izračunati koeficijenti α_i ($i = 1, 2, 3$) i bruto-pada (HB_{mt}), koji ovisi o trenutnom volumenu akumulacije hidroelektrane (VT_{mt}). Izraz za energetska karakteristiku tada glasi:

$$QR_{mt} = \frac{HB_m}{HB_{mt}} (\alpha_{1m} + \alpha_{2m} PH_{mt} + \\ + \alpha_{3m} PH_{mt}^2) \quad (m^3/\text{sek}) \quad (19)$$

Bruto-pad (HB_{mt}) iz relacije (19) određen je kao srednja vrijednost pada na početku (HP_{mt}) i na kraju (HK_{mt}) intervala t , a ovisnost bruto-pada o volumenu akumulacije (VT_{mt}) aproksimirana je parabolom. Trenutni volumen akumulacije određuje se iz jednadžbe:

$$VT_{mt} = VT_{mt-1} + (QPR_{mt} + QDO_{mt} - \\ - QR_{mt}(PH_{mt})) \cdot 3600 \cdot \Delta t_t \quad (m^3) \quad (20)$$

pri čemu je QPR_{mt} predviđen prirodni dotok odnosno međudotok, QDO_{mt} ispuštanje uzvodnih hidroelektrana, a QR_{mt} regularni protok m -te hidroelektrane u intervalu t .

Koeficijente α_i ($i = 1, 2, 3$) za hidroelektrane sa znatno promjenljivim bruto-padom trebalo bi određivati za svaki bruto-pad posebno jer je utjecaj promjene pada na potrošak vode za zadanu snagu znatan. Radi pojednostavnjenja proračuna uvodi se aproksimirana karakteristika oblika (18), koja vrijedi za bilo koji bruto-pad. Utjecaj broja agregata u pogonu do sada je bio samo teorijski obrađen, iako upuštanje i obustavljanje agregata u hidroelektranama ne uzrokuje značajne probleme, pa je radi racionalnijeg korištenja vode opravdano promatrati broj agregata u pogonu satno. Do sada je svaka hidroelektrana, što se tiče agregata, bila predstavljena samo jednom karakteristikom, koja je ustvari bila aproksimacija karakteristike elektrane po agregatima. Iz energetske karakteristike hidroelektrane po agregatima očito je da svakom opterećenju elektrane odgovara samo određeni agregat odnosno određena kombinacija agregata. Budući da je početna satna raspodjela opterećenja hidroelektrana poznata iz dnevne bilance snage i energije (iz tzv. pripreme faze optimizacijskog postupka), moguće je odrediti pripadni optimalni broj agregata, a time i energetska karakteristiku za daljnji proračun. U toku postupka optimizacije satna opterećenja pojedinih elektrana se mijenjaju sve dok

sva ograničenja nisu ispunjena. U početku su promjene opterećenja hidroelektrana velike, pa se proračun vrši s karakteristikama određenim nakon pripremnog dijela, a kada je većina ograničenja ispunjena, kontrola broja angažiranih agregata provodi se nakon svakog koraka proračuna, te se prema potrebi mijenja broj angažiranih agregata, odnosno reprezentativna energetska karakteristika.

Ograničenje akumulacije

Rad svake hidroelektrane mora se prilagoditi mogućnosti akumulacije kojom elektrana raspolaže, a to znači da sadržaj vode u akumulaciji (VT_{mt}) mora biti u svakom trenutku t između graničnih vrijednosti volumena akumulacije.

$$V_{m \min} \leq VT_{mt} \leq V_{m \max}; \text{ za } m = 1, 2, \dots, M \quad (21)$$

$$t = 1, 2, \dots, T.$$

Funkcija cilja

Funkcija cilja formira se pomoću Lagrangeovih multiplikatora: λ_t , koji se odnosi na bilancu aktivnih snaga u intervalu t ; μ_m , koji se odnosi na bilancu vode u m -toj hidroelektrani; ρ_p , koji se odnosi na bilancu vode u p -toj crpno-akumulacijskoj hidroelektrani, te pomoću Kuhn-Tuckerovih multiplikatora (ξ_{nt} , $\bar{\xi}_{nt}$, $\bar{v}_{mt}$, v_{mt} , z_{pt} , $\bar{z}_{pt}$), koji se odnose na ograničenje instalirane snage i tehničkog minimuma kod termoelektrana, hidroelektrana i crpno-akumulacijskih hidroelektrana.

Određivanje minimuma troškova proizvodnje (TR_{nt}) uz zadana ograničenja ekvivalentno je određivanju minimuma sljedeće funkcije bez ograničenja:

$$F = \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T TR_{nt}(PT_{nt}) \Delta t_t - \sum_{t \in T_1} \lambda_t \left(\sum_{n=1}^N PT_{nt} + \sum_{m=1}^M PH_{mt} + \sum_{p=1}^P PC_{pt} - PK_t \right) -$$

$$- \sum_{t \in T_2} \lambda_t \left(\sum_{n=1}^N PT_{nt} + \sum_{m=1}^M PH_{mt} - \sum_{p=1}^P PC_{pt} - PK_t \right)$$

$$+ \sum_{m=1}^M \mu_m \left(\sum_{t=1}^T QR_{mt}(PH_{mt}) \Delta t_t - V_m \right) +$$

$$+ \sum_{p=1}^P \rho_p \left(\sum_{t \in T_1} QR_{pt}(PC_{pt}) \Delta t_t - V_p \right) +$$

$$+ \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T \bar{\xi}_{nt} (PT_{nt} - PT_{nt \max}) +$$

$$+ \xi_{nt} (PT_{nt \min} - PT_{nt}) +$$

$$+ \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \bar{v}_{mt} (PH_{mt} - PH_{mt \max}) +$$

$$+ v_{mt} (PH_{mt \min} - PH_{mt})$$

$$+ \sum_{p=1}^P \sum_{t \in T_1} \bar{z}_{pt} (PC_{pt} - PC_{pt \max}) +$$

$$+ z_{pt \min} - PC_{pt}). \quad (22)$$

Rješenje

Nužni uvjeti za ekstrem funkcije (22) jesu:

$$\frac{\partial F}{\partial PT_{nt}} = \frac{d TR_{nt}}{d PT_{nt}} \Delta t_t - \lambda_t + \bar{\xi}_{nt} - \xi_{nt} = 0$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T \quad (23)$$

$$\frac{\partial F}{\partial PH_{mt}} = \mu_m \frac{d QR_{mt}}{d PH_{mt}} \Delta t_t - \lambda_t + \bar{v}_{mt} - v_{mt} = 0$$

$$m = 1, 2, \dots, M$$

$$t = 1, 2, \dots, T \quad (24)$$

$$\frac{\partial F}{\partial PC_{pt}} = \rho_p \frac{d QR_{pt}}{d PC_{pt}} \Delta t_t - \lambda_t + \bar{z}_{pt} - z_{pt} = 0$$

$$p = 1, 2, \dots, P$$

$$t \in T_1 \quad (25)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_t} = - \left(\sum_{n=1}^N PT_{nt} + \sum_{m=1}^M PH_{mt} + \sum_{p=1}^P PC_{pt} - PK_t \right) = 0$$

$$t \in T_1 \quad (26a)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_t} = - \left(\sum_{n=1}^N PT_{nt} + \sum_{m=1}^M PH_{mt} - \sum_{p=1}^P PC_{pt} - PK_t \right) = 0$$

$$t \in T_2 \quad (26b)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \mu_m} = \sum_{t=1}^T QR_{mt}(PH_{mt}) \Delta t_t - V_m = 0$$

$$m = 1, 2, \dots, M \quad (27)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \rho_p} = \sum_{t \in T_1} QR_{pt}(PC_{pt}) \Delta t_t - V_p = 0$$

$$p = 1, 2, \dots, P \quad (28)$$

$$\bar{\xi}_{nt} (PT_{nt} - PT_{nt \max}) = 0 \quad (29a)$$

$$\xi_{nt} (PT_{nt \min} - PT_{nt}) = 0 \quad (29b)$$

$$\bar{v}_{mt} (PH_{mt} - PH_{mt \max}) = 0 \quad (30a)$$

$$v_{mt} (PH_{mt \min} - PH_{mt}) = 0 \quad (30b)$$

$$\bar{z}_{pt} (PC_{pt} - PC_{pt \max}) = 0 \quad (31a)$$

$$z_{pt} (PC_{pt \min} - PC_{pt}) = 0 \quad (31b)$$

Razvojem funkcije u Taylorov red i primjenom uvjeta minimuma troškova na prva tri člana Taylorova reda dobije se šest matričnih jednadžbi.

Rješavanje tog matričnog sistema prilično je složen posao. Rješenje nije moguće dobiti jednostavnom eliminacijom nepoznanica, već je potrebno rješavati sistem jednadžbi u nekoliko nivoa.

Rezultat tog opširnog proračuna jesu prirasti po svim varijablama.

P o č e t n o s t a n j e

S obzirom na to da se radi o iterativnoj metodi, potrebno je odrediti početne vrijednosti svih varijabli. Osim toga, utvrđivanjem početnih vrijednosti varijabli, satnih opterećenja, uspostavlja se potrebna ravnoteža između predviđene potrošnje i potrebne proizvodnje elektrana. Taj korak je nužan jer je metoda postavljena tako da se s pretpostavljenim elektranama može u potpunosti zadovoljiti predviđena potrošnja.

Početno stanje određuje se na temelju dnevne krivulje trajanja opterećenja, koja se aproksimira iz podataka o predviđenim satnim opterećenjima. Nakon smještaja hidroelektrana u krivulju trajanja opterećenja određuje se potrebna snaga termoelektrana da se u potpunosti zadovolji potrošnja.

U okviru određene potrebne snage iz termoelektrana moguće je učiniti izbor termoelektrana. Kriterij izbora je tzv. lista prioriteta odnosno cijena kWh energije. Izbor termoelektrana može izazivati probleme u plasmanu predviđene proizvodnje iz hidroelektrana, posebno u razdoblju malih opterećenja. Ako se pokaže da se u nekim intervalima pojavljuje višak proizvodnje iz hidroelektrana, potrebno je korigirati proizvodnju hidroelektrana, razmjenu ili izabrati termoelektrane s manjim tehničkim minimumom.

U praktičnoj primjeni moguć je, također, slučaj da se raspoloživim elektranama ne može u potpunosti zadovoljiti predviđena potrošnja. Tada je potrebno korigirati potrošnju na iznos koji će se moći u potpunosti zadovoljiti ili dodati tzv. dopunsku elektranu, čija će cijena kWh biti najveća.

T o k p r o r a č u n a

Prvi ciklus proračuna provodi se uz pretpostavku da crpno-akumulacijske hidroelektrane nisu u pogonu te da nema ograničenja na snagu elektrana i volumen akumulacija. Pri tome su Kuhn-Tuckerovi multiplikatori veličine koje imaju vrijednost nula.

Prirasti pojedinih varijabli pridodaju se početnim vrijednostima odgovarajućih varijabli i dobiva se njihova korigirana vrijednost. Taj se proces nastavlja sve dok relativni prirasti po svim varijablama ne budu manji ili jednaki od nekog unaprijed zadanoga malog broja (ε):

$$\left| \frac{\Delta X_i}{X_i} \right| \leq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (32)$$

pri čemu je:

K — ukupni broj varijabli

X_i — varijable PT_{nt} , PH_{mt} , PC_{pt} , λ_t , μ_m , ρ_p .

Rezultat je prvog ciklusa proračuna matematički optimum koji uzima u obzir samo ograničenja u obliku jednadžbi (bilanca snage i vode kod hidroelektrana). Tako dobiveno rješenje potrebno je provjeriti s obzirom na minimalnu i maksimalnu snagu termoelektrana i hidroelektrana, jer je pretpostavka da crpno-akumulacijsko postrojenje ne radi.

Ako je $PT_{nt} > PT_{nt \max}$ za neko n i t , zadaje se početna vrijednost pripadnog Kuhn-Tuckerova multiplika-

tora ξ_{nt} pri čemu je njegov »par« ξ_{nt} i dalje nula, jer istovremeno ne može biti prekoračena i gornja i donja granica. Ako je $PT_{nt} < PT_{nt \min}$, zadaje se početna vrijednost ξ_{nt} , a ξ_{nt} je nula. Kada je $PT_{nt \min} \leq PT_{nt} \leq PT_{nt \max}$, dakle promatrana snaga je u granicama, oba multiplikatora zadržavaju vrijednost nula.

Identično razmatranje vrijedi i za varijablu PH_{mt} , te pripadne multiplikatore $\bar{v}_{mt}$, $\underline{v}_{mt}$.

Kada su PT_{nt} , PH_{mt} unutar dozvoljenih granica, drugi ciklus optimiranja je završen i nije potreban novi iteracijski ciklus. Važno je naglasiti da varijabla koja je jednom prekoračila dozvoljenu granicu ima nadalje konstantnu graničnu vrijednost, a mijenjaju se i pripadne matrice koeficijenata. To znači da dotična varijabla više ne figurira, a njeno mjesto zauzima odgovarajući Kuhn-Tuckerov multiplikator. Prema tome, broj nepoznanica ostao je nepromijenjen, a to je bitno radi efikasnosti modela.

Problem uvođenja ograničenja volumena u funkciju cilja riješen je također pomoću Kuhn-Tuckerovih multiplikatora. Zahtjev na volumen akumulacije m -te hidroelektrane u intervalu t provjerava se nakon što su snage termoelektrana i hidroelektrana u dozvoljenim granicama. Ako se pronade samo jedan volumen koji nije u granicama, slijedi treći ciklus iteracija. Radi se zapravo o određivanju snage kojom bi hidroelektrana trebala raditi da volumen bude u dozvoljenim granicama. Pri tome razlikujemo dva tipa određivanja te snage. Prvi tip odnosi se na prvi interval u kojem je uočen volumen izvan opsega, a drugi tip su sljedeći intervali (drugi, treći itd.) u kojima je volumen također izvan granica. Kod prvog tipa izračuna se razlika između graničnog volumena i volumena VT_{mt} te pripadna promjena snage, a za drugi tip treba pretpostaviti da je volumen u intervalu $t-1$ bio granični, pa izračunati pripadnu promjenu snage.

Tako izračunata snaga preuzima ulogu granične snage tj. $PH_{mt \min}$ ili $PH_{mt \max}$, ovisno o tome da li je prekoračena gornja ili donja granica volumena. Ako je prekoračena donja granica volumena ($V_{m \min}$), onda se radi o novoj gornjoj granici snage ($PH_{mt \max}$), odnosno ako je prekoračena gornja granica volumena ($V_{m \max}$), onda je izračunata snaga nova donja granica snage ($PH_{mt \min}$) za promatrani interval t (sat).

Ovim ciklusom iteracija rješava se ograničenje volumena preko snaga hidroelektrana. Moguće je da je potrebno nekoliko ciklusa iteracija radi volumena, u slučaju kada je volumen prekoračen u nekoliko intervala t . Tada se naime mora izvršiti preraspodjela potrošnje vode, dakle i snage po satima, što može dovesti do toga da volumen nakon nove korelacije nije odmah u granicama.

Sljedeći korak je uključenje crpno-akumulacijskih postrojenja, čiji broj mora unaprijed biti poznat.

Za uključenje crpno-akumulacijskog postrojenja potrebno je definirati interval T_1 kada postrojenje radi kao turbina i interval T_2 kada radi kao crpka. Zatim se računaju prirasti po svim varijablama do potpune konvergencije uvažavajući zahtjeve na snage hidroelektrana, termoelektrana i crpno-akumulacijskih

elektrana, te volumen akumulacija gdje je to potrebno.

Usporedba troškova za gorivo u termoelekttranama prije i poslije uključenja crpke pokazuje da li uključenje crpke daje pozitivan ili negativan efekt (smanjenje odnosno porast troškova).

Proračun se ponavlja sve dok postoje pozitivni efekti rada crpke, odnosno ako je efekt negativan, moguće je pokušati s manjim brojem sati rada crpke.

S obzirom na to da se radi o velikom broju nepoznanica, u ovom modelu uveden je i dodatni test na završetak optimizacijskog postupka. Taj test je ekonomskog karaktera i kontrolira relativnu promjenu troškova zadnje tri iteracije. Ako je ta relativna promjena troškova manja od nekog unaprijed zadanoga malog postotka, tada se proces optimizacije zaustavlja.

2.2.2. Programska podrška

Programska podrška za višednevnu raspodjelu opterećenja gradijentnim modelom sastoji se od tri faze:

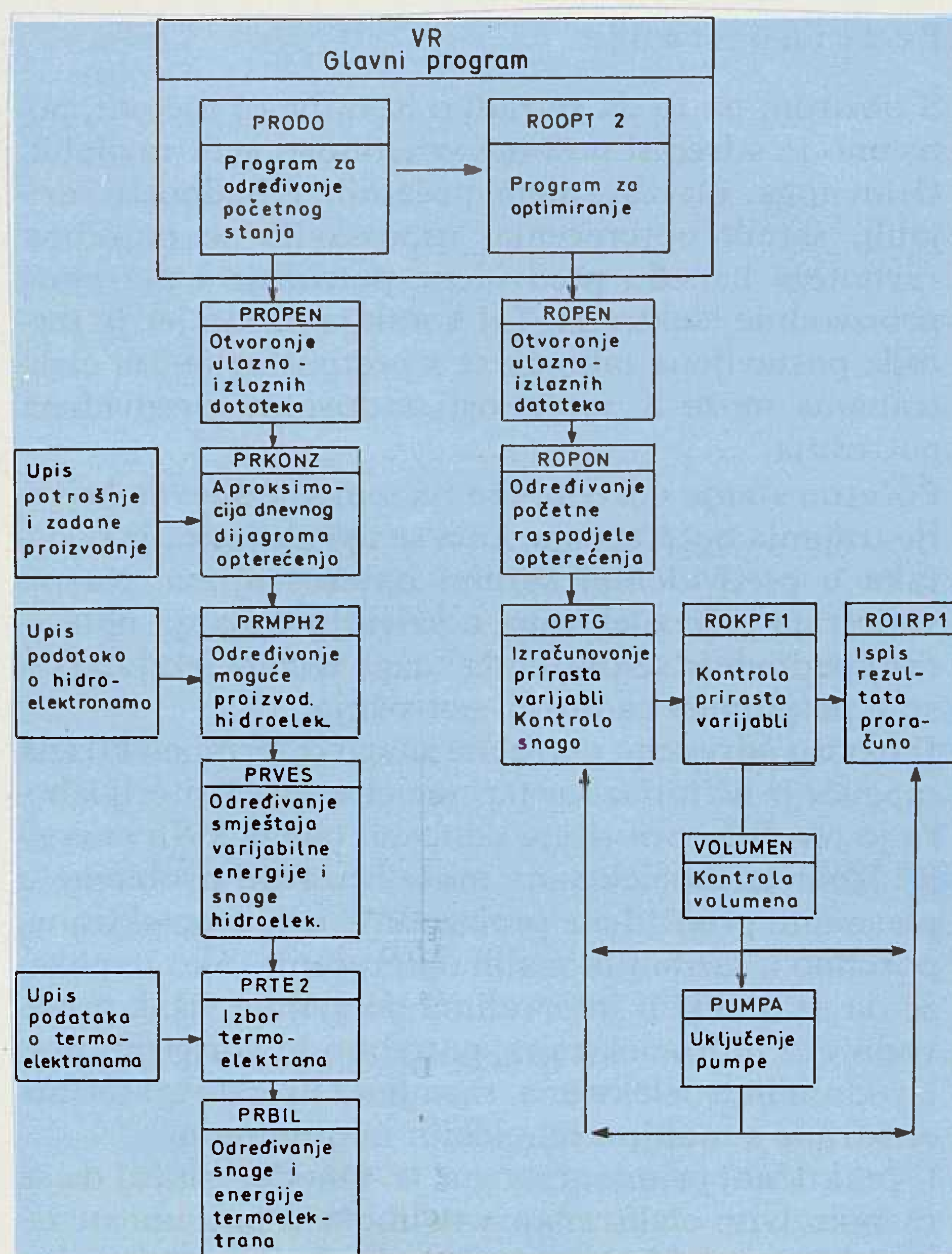
1. pripremne faze;
2. određivanja početnog stanja;
3. optimizacije.

Pripremna faza sastoji se od modula za predviđanje potrošnje električne energije i unosa zadane proizvodnje koji su identični kao kod linearnog modela.

Rezultat pripremnoga dijela jest satni dijagram opterećenja, koji treba zadovoljiti vlastitim elektranama, odnosno onaj čija se raspodjela opterećenja može optimirati.

Početno stanje se određuje kroz niz programa koji čine funkcijske cjeline. Rezultat je dnevna bilanca snage i energije, koja vrši i kontrolu obzirom na preljeve. Preljeve je u većini slučajeva moguće izbjeći korekcijom razmjene, proizvodnje akumulacijskih hidroelektrana ili drugačijim izborom termoelektrana. Program za optimiranje također se sastoji od više funkcijskih cjelina, a matematičku jezgru čini izračunavanje prirasta varijabli. S obzirom na to da se radi o matričnom računu u proračunu se koriste gotovi programi za računske operacijske s matricama (transponiranje, množenje, zbrajanje, invertiranje), koji su sastavni dio tzv. matematičkog paketa programa rezidentnog na samom računalu. Osnovne funkcije i programi gradijentnog modela prikazani su na sl. 4.

Početno stanje se određuje po danima satno, a optimiranje se provodi za ukupni broj sati (npr. $t = 1, 72$ h, ako se optimira 3 dana). Pretpostavka je da angažirane termoelektrane rade bez prekida, a ako nema dovoljno vode za cjelodnevni rad hidroelektrana, one se isključuju u satima malih opterećenja. Radi se zapravo o izboru hidroagregata, problemu koji je specifičan za EES Hrvatske zato što je udio hidroenergije u zadovoljenju dnevnih potreba velik, značajan dio razmjene je fiksiran (prema ugovorima), a termoelektrane Hrvatske imaju visok tehnički minimum.



Slika 4. Osnovne funkcije i programi višednevne raspodjele opterećenja u EES-u gradijentnim modelom

3. PRIMJER TJEDNE RASPODJELE OPTEREĆENJA ZA EES HRVATSKE

Primjer tjedne raspodjele opterećenja za EES Hrvatske napravljen je prema tjednu od 19. do 25. 9. 1989. Podaci su uzeti od Dispečerske službe Hrvatske elektroprivrede, tj. iz Dnevnika opterećenja i događaja na postrojenjima visokonaponske mreže, koji se sastoji od planova i realizacija opterećenja dnevno po satima za svaku elektranu i razmjenu, te nekih drugih pogonskih izvještaja koji nisu predmet ovoga rada.

Za tjedno planiranje rada EES-a korištena su dva modela linearni i gradijentni. Linearni model korišten je uz različite aproksimacije dnevnoga dijagrama opterećenja, a na osnovu analize rezultata čini se da je najprikladnija direktna aproksimacija s četiri stupca (sl. 5. i tabl. 1). Iskustvena aproksimacija dođe pridonositi sigurnosti sistema, ali su troškovi veći, a i dijagram se deformira, što rezultira naglim i čestim promjenama dnevnog ritma korištenja akumulacija. Direktna aproksimacija sa 2 stupca može poslužiti za okvirno sagledavanje u prvom redu troškova za gorivo, dok direktna aproksimacija sa 3 stupca ima slične karakteristike kao iskustvena. Direktna aproksimacija sa 5 stupca ne pridonositi mnogo, jer se peti stupac najčešće koristi za opis nagle promjene dijagrama opterećenja, a osim toga ovakav proračun traje najdulje.

elektrana, te volumen akumulacija gdje je to potrebno.

Usporedba troškova za gorivo u termoelektanama prije i poslije uključivanja crpke pokazuje da li uključivanje crpke daje pozitivan ili negativan efekt (smanjenje odnosno porast troškova).

Proračun se ponavlja sve dok postoje pozitivni efekti rada crpke, odnosno ako je efekt negativan, moguće je pokušati s manjim brojem sati rada crpke.

S obzirom na to da se radi o velikom broju nepoznanica, u ovom modelu uveden je i dodatni test na završetak optimizacijskog postupka. Taj test je ekonomskog karaktera i kontrolira relativnu promjenu troškova zadnje tri iteracije. Ako je ta relativna promjena troškova manja od nekog unaprijed zadanoga malog postotka, tada se proces optimizacije zaustavlja.

2.2.2. Programska podrška

Programska podrška za višednevnu raspodjelu opterećenja gradijentnim modelom sastoji se od tri faze:

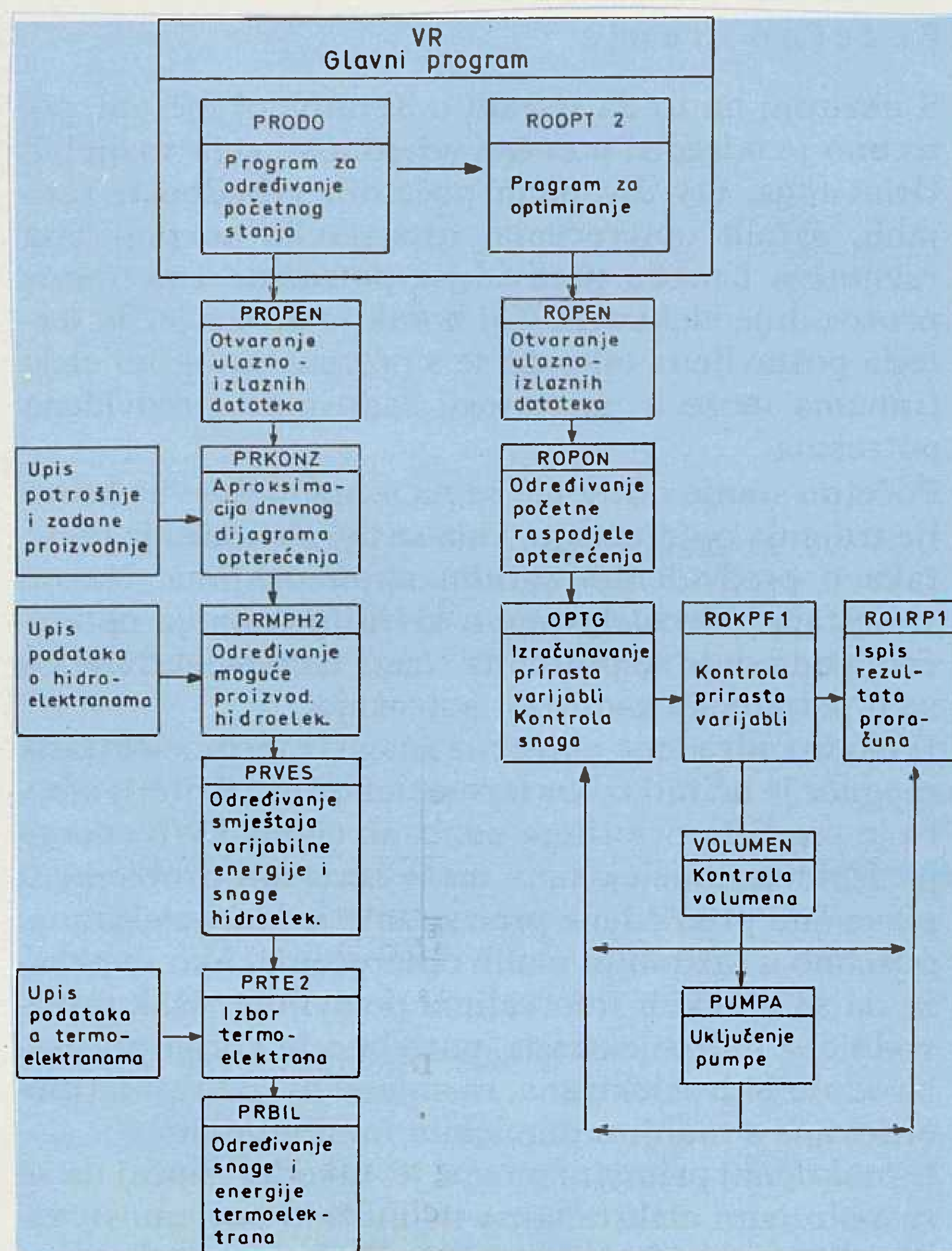
1. pripremne faze;
2. određivanja početnog stanja;
3. optimizacije.

Pripremna faza sastoji se od modula za predviđanje potrošnje električne energije i unosa zadane proizvodnje koji su identični kao kod linearnog modela.

Rezultat pripremnoga dijela jest satni dijagram opterećenja, koji treba zadovoljiti vlastitim elektranama, odnosno onaj čija se raspodjela opterećenja može optimirati.

Početno stanje se određuje kroz niz programa koji čine funkcijske cjeline. Rezultat je dnevna bilanca snage i energije, koja vrši i kontrolu obzirom na preljeve. Preljeve je u većini slučajeva moguće izbjeći korekcijom razmjene, proizvodnje akumulacijskih hidroelektrana ili drugačijim izborom termoelektrana. Program za optimiranje također se sastoji od više funkcijskih cjelina, a matematičku jezgru čini izračunavanje prirasta varijabli. S obzirom na to da se radi o matričnom računu u proračunu se koriste gotovi programi za računske operacijske s matricama (transponiranje, množenje, zbrajanje, invertiranje), koji su sastavni dio tzv. matematičkog paketa programa rezidentnog na samom računalu. Osnovne funkcije i programi gradijentnog modela prikazani su na sl. 4.

Početno stanje se određuje po danima satno, a optimiranje se provodi za ukupni broj sati (npr. $t = 1, 72$ h, ako se optimira 3 dana). Pretpostavka je da angažirane termoelektane rade bez prekida, a ako nema dovoljno vode za cjelodnevni rad hidroelektrana, one se isključuju u satima malih opterećenja. Radi se zapravo o izboru hidroagregata, problemu koji je specifičan za EES Hrvatske zato što je udio hidroenergije u zadovoljenju dnevnih potreba velik, značajan dio razmjene je fiksiran (prema ugovorima), a termoelektane Hrvatske imaju visok tehnički minimum.



Slika 4. Osnovne funkcije i programi višednevne raspodjele opterećenja u EES-u gradijentnim modelom

3. PRIMJER TJEDNE RASPODJELE OPTEREĆENJA ZA EES HRVATSKE

Primjer tjedne raspodjele opterećenja za EES Hrvatske napravljen je prema tjednu od 19. do 25. 9. 1989. Podaci su uzeti od Dispečerske službe Hrvatske elektroprivrede, tj. iz Dnevnika opterećenja i događaja na postrojenjima visokonaponske mreže, koji se sastoji od planova i realizacija opterećenja dnevno po satima za svaku elektranu i razmjenu, te nekih drugih pogonskih izvještaja koji nisu predmet ovoga rada.

Za tjedno planiranje rada EES-a korištena su dva modela linearni i gradijentni. Linearni model korišten je uz različite aproksimacije dnevnoga dijagrama opterećenja, a na osnovu analize rezultata čini se da je najprikladnija direktna aproksimacija s četiri stupca (sl. 5. i tabl. 1). Iskustvena aproksimacija dođe pridonositi sigurnosti sistema, ali su troškovi veći, a i dijagram se deformira, što rezultira naglim i čestim promjenama dnevnog ritma korištenja akumulacija. Direktna aproksimacija sa 2 stupca može poslužiti za okvirno sagledavanje u prvom redu troškova za gorivo, dok direktna aproksimacija sa 3 stupca ima slične karakteristike kao iskustvena. Direktna aproksimacija sa 5 stupca ne pridonositi mnogo, jer se peti stupac najčešće koristi za opis nagle promjene dijagrama opterećenja, a osim toga ovakav proračun traje najdulje.

Tablica 1

Dan u godini: 262

Vozni red elektrana Hrvatske (MWH/H)

Utorak 19. 9. 1989.

Direktna aproksimacija 4 stupca

Sat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Ukup.
Termoelektrane																									
TE Rijeka	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	291	291	291	291	305	305	305	305	305	305	305	7264
NE Krško	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE Sisak 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE Sisak 2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	4560
TE Plomin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE-TO Zgb 1 – 2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	360
TE-TO Zgb 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL-TO Zgb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE-TO Osijek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Kraljevac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno TE	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	510	496	496	496	496	510	510	510	510	510	510	510	12184
Hidroelektrane																									
HE Peruća	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	16	16	16	16	16	16	16	16	178
HE Orlovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	47	47	47	47	47	47	47	329
HE Dale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	41	41	41	0	0	0	0	0	0	0	164
HE Zakućac	82	82	82	82	82	82	0	0	0	0	0	0	0	358	358	358	358	0	0	0	0	0	0	0	1924
HE Sklope	25	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	25	325
HE Senj	0	0	0	0	0	0	216	216	216	216	216	216	216	0	0	0	0	177	177	177	177	177	177	177	2751
HE Vinodol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Golubić	0	0	0	0	0	0	1	1	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	30
HE Manojlovac	2	2	2	2	2	2	2	5	22	2	2	22	20	2	2	2	2	2	2	22	22	2	2	2	149
HE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Gojak	6	6	6	6	6	6	6	6	55	6	6	46	6	6	6	6	6	6	6	55	55	6	6	6	331
HE Obrovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Varaždin	87	53	18	18	18	47	50	88	87	18	71	86	85	18	18	53	18	18	18	87	87	74	18	18	1153
HE Čakovec	16	16	16	16	16	16	16	79	79	65	78	78	78	16	16	16	16	16	16	78	78	16	16	16	931
HE Dubrava	15	15	15	15	15	15	15	73	72	60	72	72	71	15	15	15	15	15	15	72	72	15	15	15	861
Ukupno HE	233		164		164		312		544		451		482		462		462		322		586		322		9126
		199		164		193		474		373		533		462		497		322		586		497		322	
Sat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Ukup.
Apkz.	412	412	412	412	412	412	527	527	527	527	527	527	527	696	696	696	696	570	570	570	570	570	570	570	12935
Konz.	1410	1310	1270	1270	1310	1400	1670	1880	1920	1870	1880	1920	1900	1830	1840	1860	1830	1760	1790	2040	2090	1890	1660	1560	41160
TE + HE	743	709	674	674	674	703	822	984	1054	883	961	1043	992	958	958	993	958	832	832	1096	1096	1007	832	832	21310
Total	660	610	600	600	600	660	790	840	860	860	860	860	860	810	810	810	860	860	880	955	975	860	770	690	18940
Komp.	– 10	– 10	– 10	– 10	– 10	– 10	– 50	– 50	– 60	– 60	– 60	– 40	– 50	– 50	– 50	– 50	– 50	– 50	– 50	– 50	– 50	– 10	– 10	– 10	– 900
+ / –	3	19	14	14	– 26	– 27	– 8	– 6	54	– 67	1	23	2	– 12	– 22	– 7	38	– 18	– 28	61	31	27	– 48	– 28	– 10

godišnja situacija s podacima poboljša. To je, svaka-ko, uvođenje baze podataka ORACLE u Elektropriv-redu, no tu ostaje još dosta posla glede povezivanja baze kako s drugim, tako i s ovom aplikacijom.

Osim toga polako se nameću i problemi koje nije mo-guće jednostavno matematički opisati (npr. obustav-ljanje hidrojedinica u vrijeme malih opterećenja, iz-bor termojedinica, brzina promjene opterećenja kod termojedinica, predviđanje opterećenja u nekim spe-cifičnim situacijama, proračun gubitaka i sl.). To upućuje na potrebu primjene baza znanja na ovom području, pri čemu treba postojeće modele zadržati, ali ih obogatiti ekspertnim znanjem.

Osim toga, povezanost dnevnog, tjednog i godišnjeg planiranja sa sistemom vođenja, te planiranja razvo-ja postat će također toliko složena da će i to morati preuzeti neki inteligentni sistem.

LITERATURA

[1]

JELAVIĆ B.: »Određivanje raspodjele opterećenja pri tjednom planiranju rada elektroenergetskog sistema«, Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Za-greb, 1991.

[2]

PEREIRA, M. V. F., L. M. V. G. PINTO: »A Decomposi-tion Approach to the Economic Dispatch of Hydrother-mal Systems«, IEEE Trans., Vol PAS – 101, 1982.

[3]

BRANNLUND H.: »Network Programming Applied to Operation Planning of Hydrothermal Power Systems«, The Royal Institute of Technology, Stockholm, 1986.

[4]

HOPP, H. H. et al.: »Large Scale Hydrothermal Unit Commitment Method and Results«, IEEE Trans., No. 3, 1971.

[5]

COHEN, A. I., M. YOSHIMURA: »A Branch — and — Bound Algorithm for Unit Commitment«, IEEE Trans. No. 2, 1983.

Tablica 2

Dan u godini: 262

Vozni red elektrana Hrvatske (MWH/H)

Utorak 19. 9. 1989.

Sat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Ukup.	
Termoelektrane																										
TE Rijeka	235	230	235	240	240	255	255	295	300	285	290	290	285	275	280	285	270	270	270	305	305	305	285	280		6565
NE Krško	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
TE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
TE Sisak 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
TE Sisak 2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190		4560
TE Plomin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
TE-TO Zgb 1—2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		360
TE-TO Zgb 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
EL-TO Zgb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
TE-TO Osijek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
HE Kraljevac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Ukupno TE	440	435	440	445	445	460	460	500	505	490	495	495	490	480	485	490	475	475	475	510	510	510	490	485		11485
Hidroelektrane																										
HE Peruća	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		120
HE Orlovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	0	0	0	0	0	0	0		360
HE Dale	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	15	20	10	5	5		125
HE Zakučac	65	65	65	65	65	65	65	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	75	80	75	70	70		1665
HE Sklope	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		360
HE Senj	135	125	130	125	125	90	135	170	170	155	160	160	155	145	150	155	140	135	140	205	215	190	145	135		3590
HE Vinodol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
HE Golubić	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0		30
HE Manojlovac	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		180
HE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
HE Gojak	0	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40	35	35	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0		340
HE Obrovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
HE Varaždin	20	0	0	0	0	50	50	75	75	65	65	65	60	55	60	60	55	50	55	90	80	55	55	50		1190
HE Čakovec	20	0	0	0	0	0	40	55	55	50	50	50	50	45	50	50	45	45	45	70	80	70	50	50		970
HE Dubrava	40	40	0	0	40	40	40	45	45	40	45	45	40	40	40	45	40	40	40	50	60	50	45	40		950
Ukupno HE	305	255	220	215	255	275	370	495	495	460	470	530	500	480	500	510	445	375	385	535	560	475	395	375		9880
Sat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Ukup.	
Sat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Ukup.	
Konz.	1410	1310	1270	1270	1310	1400	1670	1880	1920	1870	1880	1920	1900	1830	1840	1860	1830	1760	1790	2040	2090	1890	1660	1560	41160	
TE + HE	745	690	660	660	700	735	830	995	1000	950	965	1025	990	960	985	1000	920	850	860	1045	1070	985	885	860	21365	
Total	660	610	600	600	600	660	790	840	860	860	860	860	860	810	810	810	860	860	880	955	975	860	770	690	18940	
Komp.	— 10	— 10	— 10	— 10	— 10	— 10	— 50	— 50	— 60	— 60	— 60	— 40	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 10	— 10	— 900		
+ / —	5	0	0	0	0	5	0	5	0	0	5	5	0	— 10	5	0	0	0	0	10	5	5	5	0	45	

- [6] DILLON, T. S. et al.: »Integer Programming Approach to the Problem of Optimal Unit Commitment with Probabilistic Reserve Determination«, IEEE Trans., No. 6, 1978.
- [7] LOWERY, P. G.: »Generating Unit Commitment by Dynamic Programming«, IEEE Trans., Vol. PAS-85, 1966.
- [8] PANG, C. K., H. C. CHEN: »Optimal Short-term Unit Commitment«, IEEE Trans, Vol. PAS-95, 1976.
- [9] SNYDER, W. L., H. D. POWELL, J. C. RAYBURN: »Dynamic Programming Approach to Unit Commitment«, IEEE Trans., No. 2, May 1987.
- [10] VAN DEN BOSCH P. P. J., G. HONDERD: »A Solution of the Unit Commitment Problem via Decomposition and Dynamic Programming«, IEEE Trans., No. 7, July 1985.
- [11] MOKHTORI S., J. SINGH, B. WOLLENBERG: »A Unit Commitment Expert System«, IEEE Trans., No. 1, 1988.
- [12] TURGEON, A.: »Optimal Short-term Hydro Scheduling from the Principle of Progressive Optimality«, Water Resource Research, Vol. 17, No. 3, 1981.
- [13] HABIBOLLAHZADEH, H.: »Application of Mathematical Programming to Short-term Operation Planning of Hydrothermal Power System«, The Royal Institute of Technology, Stockholm 1984.
- [14] YAMASHIRO, S.: »Optimal Short-range Scheduling of Hydraulically Coupled Power Plants with Runoff Prediction«, 10th Power Systems Computation Conference, Graz, 1990.
- [15] JELAVIĆ, B.: »Srednjoročno planiranje eksploatacije EES-a«, Energija, broj 6, Zagreb, 1989.
- [16] KLEPO, M.: »Predviđanje potrošnje električne energije za nekoliko tjedana« (II dio), Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1987.
- [17] Grupa autora: »Osnove upravljanja hidroenergetskim sistemom sliva Cetina«, Institut za elektroprivredu —

Tablica 3

Dan u godini: 263

Vozni red elektrana Hrvatske (MWH/H)

Srijeda 20. 9. 1989.

Sat	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	Ukup.		
Termoelektrane																											
TE Rijeka	260	265	255	270	270	250	250	270	275	270	275	275	270	275	280	275	255	265	265	295	305	300	275	265	6510		
NE Krško	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TE Sisak 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TE Sisak 2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	4560		
TE Plomin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TE-TO Zgb 1 — 2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	360		
TE-TO Zgb 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
EL-TO Zgb	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	240		
TE-TO Osijek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HE Kraljevac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ukupno TE	475	480	470	485	485	465	465	485	490	485	490	490	485	490	495	490	470	480	480	510	520	515	490	480	11670		
Hidroelektrane																											
HE Peruća	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120		
HE Orlovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	55	0	0	0	0	0	0	0	355		
HE Dale	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5	10	10	10	10	10	5	5	120		
HE Zakućac	70	70	70	70	70	65	65	70	70	65	70	70	65	70	70	70	65	65	70	70	70	70	70	70	1650		
HE Sklope	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	360		
HE Senj	80	85	125	90	90	125	85	145	150	145	150	150	140	145	150	150	130	135	140	165	185	165	140	90	3155		
HE Vinodol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	60	35	0	0	130			
HE Golubić	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	0	30		
HE Manojlovac	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	180		
HE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HE Gojak	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	25	25	0	0	0	225		
HE Obrovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
HE Varaždin	0	0	0	0	0	0	45	60	60	55	60	60	55	55	60	55	45	50	50	70	85	70	50	45	1030		
HE Čakovec	40	0	0	0	0	0	40	45	45	45	45	45	45	45	45	45	40	40	45	50	60	55	45	40	860		
HE Dubrava	40	40	0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	45	45	45	40	40	895		
Ukupno HE	255	220	220	185	225	225	335	425	430	415	430	490	460	445	460	460	410	370	385	500	570	475	375	315	9110		
Sat	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	Ukup.		
Sat	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	Ukup.		
Konz.	1400	1320	1300	1280	1320	1390	1650	1810	1830	1810	1830	1850	1840	1790	1800	1800	1780	1750	1780	2020	2130	1890	1670	1510	40550		
TE + HE	730	700	690	670	710	720	800	910	920	900	920	980	945	935	955	950	880	850	865	1010	1090	990	865	795	20780		
Total	660	610	600	600	600	660	810	860	860	860	860	860	860	810	810	810	860	860	880	975	995	860	790	710	19060		
Komp.	− 10	− 10	− 10	− 10	− 10	− 10	− 40	− 40	− 50	− 50	− 50	− 10	− 40	− 40	− 40	− 40	− 40	− 40	− 40	− 40	− 40	− 10	− 10	− 720			
+ / −	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	− 5	5	0	0	0	5	5	− 5	0	− 5	5	10		

Zagreb, Hidro-projekt-Zagreb, Institut Mihailo Pupin — Beograd, 1990.

[18] FUŠTAR, S.: »Optimalni raspored remonta agregata u elektranama elektroenergetskog sustava«, Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1989.

[19] GRANIĆ, G., B. JELAVIĆ, M. ZELJKO: »Praktično korištenje sezonskih akumulacijskih bazena (II. faza)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.

[20] ZELJKO M.: »Politika punjenja i pražnjenja akumulacijskih bazena za godišnja planiranja i planiranja u manjim vremenskim razmacima za potrebe eksploatacije EES-a, II. dio«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1987.

[21] TOMAŠIĆ D.: »Moguća proizvodnja protočnih hidroelektrana«, VII. stručno savjetovanje o upravljanju i informatici u elektroprivredi Jugoslavije, Cavtat, 1988.

[22] FILIPOVIĆ V., I. DREZGA: »Aproksimacija dnevnog dijagrama opterećenja elektroenergetskog sustava«, Energija 2, Zagreb, 1989.

[23] KALPIĆ D., V. MORNAR: »Linear Programing System LPE, Product Description«, Elektrotehnički fakultet, 1986.

[24] ARSENOV, A.: »Matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele snage u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana«, Elektrotehnički fakultet, Skopje

[25] JELAVIĆ, B.: »Raspodjela opterećenja u dnevnom dijagramu opterećenja s naglaskom na hidroelektrane«, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1984.

[26] JELAVIĆ B., N. PLAVEC, G. GRANIĆ: »Izrada programa dnevnog dijagrama optimiranja EES-a SRH (II. faza — II. dio)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.

[27] JELAVIĆ B., N. PLAVEC, A. ARSENOV, G. GRANIĆ: »Vozni red elektrana (IV. dio)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1986.

[28] JELAVIĆ B., D. TOMAŠIĆ, G. Granić: »Vozni red (V), Institut za elektroprivredu«, Zagreb, 1986.

Tablica 4

Dan u godini: 264

Vozni red elektrana Hrvatske (MWH/H)

Četvrtak 21. 9. 1989.

Sat	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	Ukup.
Termoelektrane																									
TE Rijeka	250	255	265	265	250	250	245	270	280	280	280	275	265	260	265	270	275	270	275	305	305	305	265	270	6495
NE Krško	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE Sisak 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE Sisak 2	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	4560
TE Plomin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TE-TO Zgb 1 – 2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	360
TE-TO Zgb 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EL-TO Zgb	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	240
TE-TO Osijek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Kraljevac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno TE	465	470	480	480	465	465	460	485	495	495	495	490	480	475	480	485	490	485	490	520	520	520	480	485	11655
Hidroelektrane																									
HE Peruća	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
HE Orlovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	55	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	295
HE Dale	0	0	0	0	0	0	5	5	10	10	10	10	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	150
HE Zakućac	65	65	70	65	65	65	65	65	65	65	70	65	65	65	65	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1615
HE Sklope	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	360
HE Senj	85	90	95	95	135	135	130	150	160	155	160	150	140	140	145	145	150	145	150	175	185	175	135	95	3320
HE Vinodol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	15	15	90
HE Golubić	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	0	30
HE Manojlovac	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	180
HE Rijeka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Gojak	0	0	0	0	0	0	35	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	185
HE Obrovac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HE Varaždin	0	0	0	0	0	0	45	65	70	65	65	60	55	50	55	60	60	55	60	75	85	75	45	25	1070
HE Čakovec	40	40	0	0	0	0	35	45	45	45	45	45	40	40	40	45	45	40	45	55	60	55	40	45	890
HE Dubrava	40	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	45	45	45	40	40	815
Ukupno HE	255	220	190	185	225	265	390	440	460	415	425	465	430	420	440	460	405	390	405	520	545	475	375	320	9120
Sat	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	Ukup.
Sat	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	Ukup.
Konz.	1390	1310	1280	1280	1300	1400	1700	1830	1870	1820	1830	1820	1810	1800	1820	1840	1800	1770	1810	2050	2100	1890	1660	1520	40700
TE + HE	720	690	670	665	690	730	850	925	955	910	920	955	910	895	920	945	895	875	895	1040	1065	995	855	805	20775
Total	660	610	600	600	600	660	810	860	860	860	860	860	860	860	860	860	860	880	975	995	860	790	710	19210	
Komp.	– 10	– 10	– 10	– 10	– 10	– 10	– 40	– 40	– 50	– 50	– 50	– 10	– 40	– 40	– 40	– 40	– 40	– 40	– 40	– 40	– 40	– 10	– 10	– 720	
+ / –	0	0	0	– 5	0	0	0	– 5	– 5	0	0	5	0	– 5	0	5	– 5	5	5	5	0	5	– 5	5	5

Zanemariva promjena troškova

WEEKLY LOAD SCHEDULING IN AN ELECTRIC POWER SYSTEM

The paper presents the method for the weekly load scheduling in an electric power system using linear programing for a week by daily subintervals and gradient nonlinear programing for 2–3 days in advance by hours. The model is being tested on the Croatian electric power system thereby proving its economical justification.

BESTIMMUNG DER BELASTUNGSEINTEILUNG BEI DER WÖCHENTLICHEN ARBEITSPLANUNG DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

Hier schildert man die Methode für die wöchentliche Belastungs einteilung im EE System, die mit dem linearen Programmieren für die Beobachtung der Woche nach den Tagesunterintervallen benutzt wird. Das gradiente nichtlineare Programmieren benutzt man für 2 – 3 Tage in voraus, nach Stunden. Das Modell wurde bei dem EES Kroatiens angewendet, wobei seine Wirtschaftlichkeit gerechtfertigt wurde.

Naslov pisca:

Dr. Branka Jelavić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
Avenija Vukovar 37,
41000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992 – 03. 12.

SYSEN

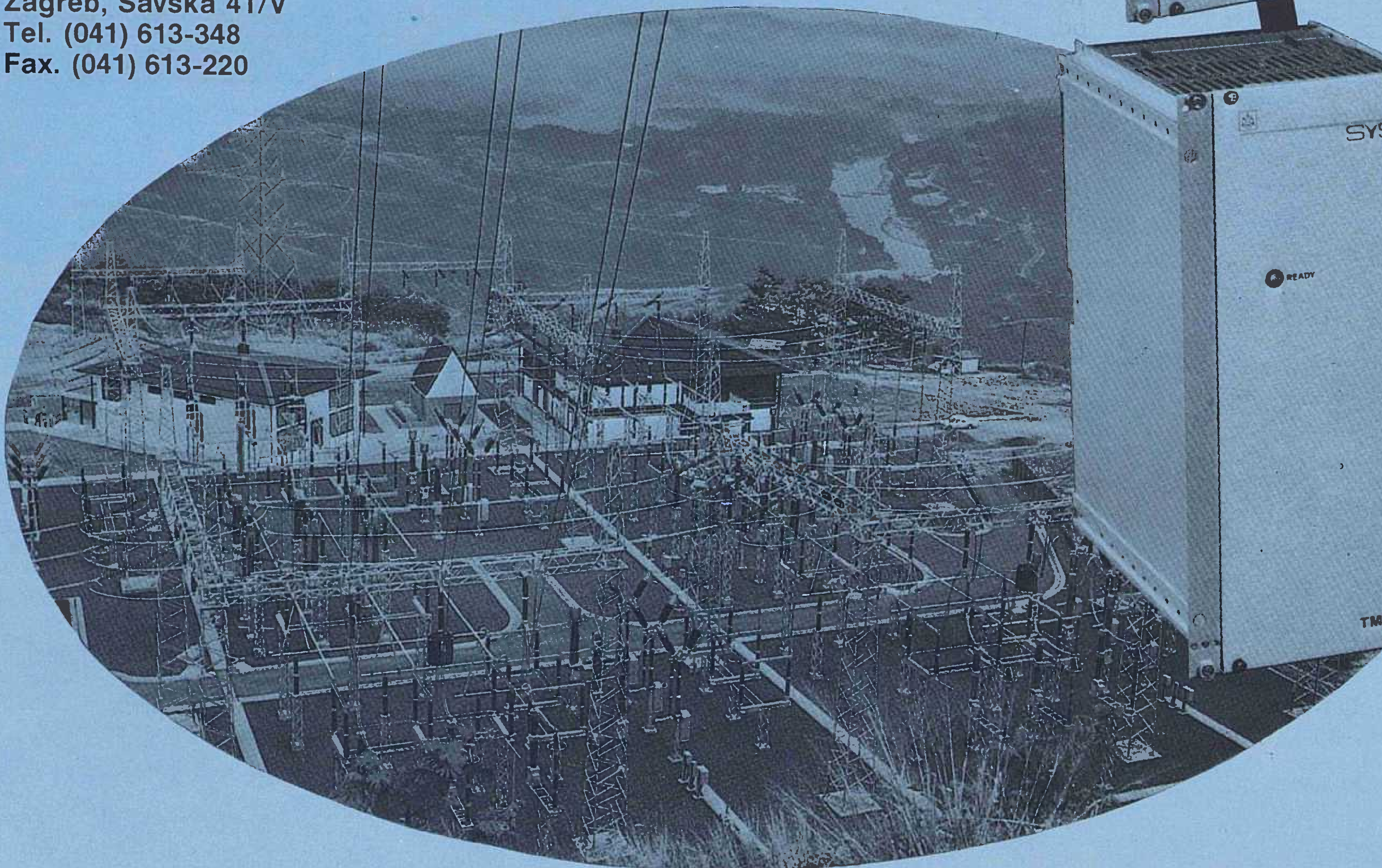
SISTEMI SEKUNDARNE OPREME ZA ENERGETIKU

SEKUNDARNA OPREMA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA:

- relejna zaštita i automatika
- nadzorno-upravljački sustavi u
trafostanicama i elektranama
 - numerički zaštitni releji
 - distribuirani sustav
procesnog upravljanja
(daljinske stanice)
- centri daljinskog vođenja
- VF uređaji za prijenos informacija
po dalekovodu
- programabilne komunikacijske
centrale kapaciteta 96 odnosno
128(192) kanala

**PROJEKTIRANJE, ODRŽAVANJE,
SERVIS, INŽENJERING I CONSULTING
SUSTAVA SEKUNDARNE OPREME U
ELEKTROENERGETICI**

Iskra SYSEN d.o.o.
Zagreb, Savska 41/V
Tel. (041) 613-348
Fax. (041) 613-220



ANALIZA STOHAISTIČKIH PROMJENA STANJA INFORMACIJA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA

Doc. dr. Juraj Šimunić — mr. Katica Jursić, Rijeka

UDK 621.31.511

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U pogonu elektroenergetskih postrojenja (EEP) pojavljuju se informacije stohastički. Na temelju opsežnog istraživanja definirane su u ovom radu empirijske distribucije frekvencija za promjene stanja informacija karakterističnih cjelina EEP-a. Proveden je postupak aproksimacije empirijskih distribucija s odgovarajućim teorijskim funkcijama u obliku odabranih polinoma n -tog stupnja.

Ključne riječi: elektroenergetsko postrojenje, informacija, distribucija frekvencija, aproksimacija, polinom.

1. UVOD

Često se pri analizama suvremenih tehničkih sistema upravljanja (TSU), u elektroenergetskim sistemima (EES), postavlja pitanje kakvom se dinamikom u pogonu pojavljuju određene vrste informacija i kako opisati karakteristike učestalosti pojave tih informacija. U ovom radu obrađuje se navedena problematika i prikazani su rezultati istraživanja učestalosti pojavljivanja procesnih informacija na realnom elektroenergetskom sistemu Hrvatske elektroprivrede. Pri tome su istraživanja provedena na različitim lokacijama EES-a i za odabrane dijelove elektroenergetskih postrojenja.

Za potrebe istraživanja učestalosti procesnih informacija EES-a definirana je odgovarajuća metodologija za potrebe statističke obrade kronološki zapisanih procesnih informacija i definiranje odgovarajućih empirijskih distribucija frekvencija. U završnom dijelu rada provedena je analiza aproksimacije empirijskih distribucija frekvencija polinomima, te je na taj način realizirano opisivanje dinamike procesnih informacija odgovarajućim funkcijama.

Zbog mogućnosti modularne analize i razvoja procesnih informacijskih tokova cjelovita analiza dinamike procesnih informacija EEP-a provedena je parcijalno po izabranim funkcijskim cjelinama postrojenja, i to za svaku vrstu informacija posebno.

2. OPIS PROMATRANOG EKSPERIMENTA

Promatranje pogona EEP-a obično se provodi s obzirom na blisko realno vrijeme (dnevni ciklusi), prošireno realno vrijeme (minutni ciklusi) ili stvarno realno vrijeme (sekundni ciklusi). Kako je za procesne informacijske tokove najinteresantnije stvarno realno vrijeme, orijentirano je i istraživanje dinamike

pojave procesnih informacija na odgovarajuće sekundne intervale. Za potrebe istraživanja koristile su se izvorne informacije o ponašanju realnog EES-a u obliku kronološki registriranih podataka. Podaci su registrirani uz pomoć suvremenih mikroračunalskih daljinskih stanica koji su instalirane u EEP-ima.

Da se provedu odgovarajuća statistička istraživanja, potrebno je definirati eksperiment koji se promatra i izabrane događaje unutar tog eksperimenta. U promatranom slučaju eksperiment čini promatranje promjena stanja određenog broja informacija na izabranim dijelovima EEP-a u zadanom vremenskom intervalu $t = 5s$. Taj vremenski interval izabran je zato što predstavlja dovoljno dugo vrijeme da obuhvati određeni skup procesnih pojava koje su međusobno vezane, a s druge strane je to dovoljno kratak interval da se na temelju njega mogu donijeti relevantni zaključci s obzirom na zahtjeve osvježavanja informacija prioriteta jedan, dva i tri (2s, 4s, 8s — [8, 9]) u centrima vođenja sistema. Može se još navesti da su odgovarajuća dodatna istraživanja za $\Delta t = 1s$ pokazala da se sama učestalost promjena stanja informacija ne mijenja bitno u odnosu na promatranje intervala $\Delta t = 5s$, a skraćivanjem vremenskog intervala samo se nepotrebno povećava broj statističkih obilježja i gubi se osnovna zakonitost dinamike procesnih informacijskih tokova.

Za potrebe statističke analize procesnih informacija podijeljeno je postrojenje na odabrane tehnološke cjeline koje su nazvane funkcijski moduli (dalekovodno polje, sabirnice, pomoćno postrojenje ...). Isto tako je i skup informacija EEP-a podijeljen s obzirom na razne vrste informacija, te su tako formirani i informacijski moduli (mjerjenja, signali zaštite, ... [1]/III, 4, 10). Pridruživanjem pojedinih informacijskih modula odgovarajućim funkcijskim modulima formirao se određeni broj funkcijski-informacijskih podmodula (FIP). Upravo za te FIP-e provelo se istraživanje učestalosti promjena stanja procesnih

informacija u zadanim vremenskim intervalima $\Delta t = 5\text{s}$. Pri tome se informacijski događaj promatranog eksperimenta može definirati prema sljedećem izrazu:

$$\delta_x = \frac{I(t + \Delta t) - I(t)}{\Delta t} = \frac{x}{\Delta t} \quad (1)$$

$$x = 0, 1, \dots, m$$

$$I = \{i_y\}, y = 1, 2, \dots, n.$$

U izrazu (1) δ_x predstavlja informacijski događaj s x promjena stanja informacija, $I(t + \Delta t)$ predstavlja stanje skupa informacija I u vremenu $(t + \Delta t)$, a $I(t)$ predstavlja stanje toga istog skupa u vremenu t . Pojedine informacije i_y iz skupa I mogu se u pogonu nalaziti u dva osnovna stanja:

- neaktivno stanje koje će se označiti sa 0
- aktivno stanje koje će se označiti sa 1,

te vrijedi da je $i_y \in \{0, 1\}$. Prema tome, u promatranom eksperimentu prati se koliko će informacija i_y iz skupa I prijeći iz stanja 0 u stanje 1 u zadanom vremenskom intervalu Δt , te je na taj način definiran informacijski događaj δ_x .

3. EMPIRIJSKE DISTRIBUCIJE FREKVENCIJA PROMJENA STANJA INFORMACIJA

Kao što je već navedeno, istraživanje dinamike promjena stanja procesnih informacija EEP-a izvedeno je na temelju procesnih informacija zabilježenih u realnom sistemu uz pomoć procesnih mikroračunalskih sistema. Prikupljene su liste kronološki zapisanih pogonskih događaja za jednogodišnje razdoblje za jedno 380 kV-no postrojenje i dva 110 kV-na postrojenja različitih geografskih i strateški elektroenergetskih lokacija. Uz to obrađeni su i kronološki registrirani podaci za dva centra daljinskog upravljanja s petnaestak postrojenja u dvomjesečnom vremenskom razdoblju. Na taj način je u statističkoj obradi obuhvaćeno približno 60 000 procesnih informacija u otprilike 20 milijuna petsekundnih intervala, i pri tome je u tridesetak EEP-a promatrano oko 220 funkcijskih cjelina (modula).

U prvoj fazi statističke obrade izrađeni su pomoćni programi za sređivanje ulaznih datoteka u kojima su pogonski podaci organizirani po zadanoj strukturi slogova u svakom zapisu: — **datum, vrijeme, postrojenje, funkcijski modul, element funkcijskog modula, informacijski modul, naziv informacija i stanje informacije**. Taj korak bilo je potrebno izvesti zbog toga što izvorni zapisi kronološki registriranih događaja nisu bili adekvatno pripremljeni za statističku obradu. Uz navedeno sređivanje pogonski registriranih podataka formirane su potrebne datoteke ulaznih podataka. Za statističku obradu definiranih datoteka izrađen je program za vremensku analizu dinamike procesnih informacija i pri tome je korišten uslužni program DBASE III PLUS proizvodnje ASHTOM-TATE iz SAD ([1]/II). Uz pomoć programa definirani su 5-sekundni intervali i postupci utvrđivanja broja promjena stanja informacija unutar pojedinog intervala

po striktno utvrđenim funkcijskim i informacijskim modulima postrojenja. Na kraju je obavljeno sortiranje 5-sekundnih intervala sa istim brojem promjena stanja procesnih informacija, te su dobivene tražene empirijske distribucije frekvencija prikazane u tablicama 1, 2. i 3. S obzirom na prikazane rezultate istraživanja u tablicama, može se kao objašnjenje navesti još i sljedeće:

- Prikazane funkcije f_i petosekundnih intervala s istima informacijskim obilježjima x_i svedene su na jednogodišnju analizu procesa, te je ukupni broj promatranih intervala (uzoraka) $N = 6\,324\,480$.
- Frekvencije pojavljivanja informacijskih događaja su cjelobrojne veličine, a rezultati u tablicama su djelomično realni brojevi zato što prikazuju srednje vrijednosti frekvencija f_i na osnovi istraživanja više istih funkcijsko-informacijskih podmodula (FIP).
- U tablicama su predočene prosječne vrijednosti empirijskih frekvencija informacijskih događaja, ali treba imati na umu da je u specijalnim slučajevima potrebno u analize procesnih informacijskih tokova uvrštavati i maksimalne vrijednosti koje su znatno veće [10].
- S obzirom na neznatne razlike u rezultatima istraživanja objedinjeni su podaci nekih funkcijskih modula u tablicama 1. i 2. u zajedničku empirijsku distribuciju informacijskih događaja. To se odnosi na dalekovodna polja 380, 220 i 110 kV, pomoćne pogone za veća i manja postrojenja i za transformatore u slučaju informacijskog modula grupni signali.
- Sigurno je da su dobiveni rezultati istraživanja ovisni o tehničkoj opremi primarnog sistema, pa to treba imati na umu prilikom primjene dobivenih rezultata.
- Istraživanja varijabilnosti mjernih veličina provedene su na temelju snimanja promjena mjernih veličina (MW, MVar, A, KV) u realnom vremenu uz pomoć grafoskopa analogno i na temelju digitalnih zapisa promjene mjerenja u RDC-u Hrvatske elektroprivrede [1/II]. Snimanja su provedena na dvadesetak različitih lokacija i to za vremenske periode od 2 sata u različitim dnevnim razdobljima.
- Na temelju prikupljenih podataka iz realnog EEP-a provedena je analiza učestalosti promjene mjernih veličina u odnosu prema zadanoj »mrtvoj zoni« (interval mjerne veličine unutar kojeg se ne registriraju promjene) od 0,2, 0,5, 1 i 2 %. Rezultati analize prikazani su u tablici 3. i predstavljaju relativne frekvencije f_i vremenskih intervala $\Delta = 5\text{s}$ u kojimna se realizirala promjena mjerne veličine veća od zadane mrtve zone.

Iako su prikazani podaci u tablicama 1, 2. i 3. dani na temelju provedenih opsežnih istraživanja na realnom sistemu potrebno je navedene rezultate dotjerivati daljnjim istraživanjima. U osnovi se pokazuje da će glavninu informacijskih tokova činiti informacije o mjerenjima, što direktno proizlazi iz usporedbe rezultata u tablicama. Posebno je još uočljivo iz tablice

Tablica 1. Tablični prikaz empirijskih distribucija frekvencija za signale zaštite po funkcijskim modulima EEP-a

		f ₁																											
FIP\ x _i		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	20	21	22	...	28	29	> 30	
Signali zaštite	GP	6323322	371	341	98	142	27	14	9	27	20	66	12	17	1	0	1	3	1	4	0	4	0						
	SAB	6324401	52	14	2	7.5	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0																
	TR3	6324435	30	7	0.5	2.5	0.0	2	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0												
	TR2	6324311	67	39	28	19	0.0	7	0.9	1.5	1.7	3.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.4	0.0											
	TR1	6324353	89	21	4.5	8.5	0.9	0.9	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0										
	DV3	6324380	53	23	7.1	5.7	2.3	2.3	0.3	1.0	1.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.3	0.0	0.3	1.0	1.0	0.0	0.3	0.0						
	DV2	6324426	233	8.2	2.2	8.4	2.0	4.4	0.6	3.2	0.35	0.65	0.04	0.1	0.07	0.07	0.04	0.18	0.00	0.18	0.01	0.00	0.01	0.00					
	DV1	6324333	54	48	5.4	11.7	3.4	12.7	0.7	3.6	0.72	1.2	0.34	0.88	0.6	0.8	0.24	0.6	0.00	1.00	0.06	0.00	0.06	0.00					
	PP _v	6323959	242	127	41	55	5	18	4	8.5	4	2	2.5	0.0	0.5	2	0.5	0.5	1.5	1.5	0.0	0.5	0.0	1.0	2.5	0.5	1		
	PP _m	6324382	59	28	3	6	0.2	1.4	0.0	0.2	0.0	0.2																	
	RO _v	6329519	4470	490	1	0																							
	RO _m	6324219	241	20	0																								

Legenda: x_i — slučajni događaj
f₁ — frekvencija događaja
f_r — relativna frekvencija
FIP — funkcijsko-informacijski podmoduli
FIM — funkcijsko-informacijski moduli

GP — generatorsko polje
SAB — sabirnice
RO — računarska oprema
PP — pomoćno postrojenje

TR3 — transformator 380/220 kV
RT2 — Transformator 220/110 kv
DV3 — dalekovod 380 kV
DV — dalekovod 380kV, 220kV, 110kV

DV2 — dalekovod 220 kV
DV1 — dalekovod 110 kV
v — veće
m — manje

Tablica 2. Prikaz empirijskih distribucija frekvencija za signale sklapanja, upravljanja i grupne signale

		f _i										
FIM / x _i		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Signali sklapanja	GP	632402	288	50	36	4	0					
	SAB	6324357	95	11	10	4	0	3	0			
	TR3	6324437	41	2	0							
	TR2	6324355	111	4	2	6	2	0				
	TR1	6324198	255	16	2	4	3	2	0			
	DV	632438	85	8	3	1.4	2.5	0.1	0.0			
Upravljanje	GP	6324210	230	40	0							
	SAB	6324380	91	9	0							
	TR3	6324445	34	1	0							
	TR2	6324388	89	3	0							
	TR1	6324232	236	12	0							
	DV	6324395	79	6	0							
Grupni signali	GP	6323782	447	110	109	3	16	7	3	1	1	1
	TR32	6324422	50	7	1	0						
	TR1	6324343	101	31	5	0						
	DV	6324305	105	49	15	2	1.5	0.5	2	0		
	PP	6324105	364	9	0							

Legenda: nalazi se ispod tablice 1.

3. da se varijabilnost mjernih veličina, a s time i dinamika komunikacije mjernih veličina znatno smanjuje sa odgovarajućim smanjenjem »mrtve zone« te se pravilnim odabirom »mrtvih zona« može znatno utjecati i na dimaniku procesnih informacijskih tokova EES-a.

Radi kvalitetnije prezentacije rezultata istraživanja i mogućnosti postavljanja općenitijeg modela infor-

Tablica 3. Sumarni prikaz učestalosti promjena mjernih veličina

		f _r — relativna frekvencija događaja uz r = 5-sek			
		MW	MVAr	kV	Hz
Mrtva zona	0.2 %	—	—	0.0424	0.0
	0.5 %	0.5166	0.3947	0.0	0.0
	1.0 %	0.2998	0.2502	0.0	0.0
	2.0 %	0.0692	0.0527	0.0	0.0

macijskih tokova EES-a razradit će se u sljedećoj glavi jedan postupak aproksimacije empirijskih frekvencija odgovarajućim polinomima.

Budući da se za mjerne veličine promatrao samo događaj promjene ili nepromjene mjerne veličine izvan zadane mrtve zone, to su se rezultati frekvencije promjena mjernih veličina prikazali odmah kao relativne vrijednosti, te se za njih neće tražiti aproksimacija teorijskim razdiobama.

4. APROKSIMACIJA EMPIRIJSKIH DISTRIBUCIJA FREKVENCIJA POLINOMOM

Pregledom danih empirijskih podataka u tablicama 1. i 2. može se konstatirati da se maksimalni broj mjernog obilježja x_i unutar pojedinih distribucija kreće od broja 2 do 30. Za one empirijske distribucije kod kojih je broj obilježja x_i ≤ 2 (x_i = 0, 1, 2) neće se izvoditi aproksimacija jer su za te slučajeve empirijske relativne frekvencije zadovoljavajuće za proračunavanje procesnih informacijskih tokova EES-a. Za ostale empirijske distribucije frekvencija tražila se funkcija kojom bi se mogli aproksimirati dobiveni empirijski podaci za pojedine funkcijsko-informacijske podmodule. Pokušaji aproksimacije empirijskih

podataka odgovarajućim teorijskim razdiobama (Poissonova, Weibullova, Rayleighova, Maxwelllova, ...) [7, 11, 12], ...) nisu dali ni približno odgovarajuće rezultate zbog relativno velike nepravilnosti frekvencije pojavljivanja mjernih obilježja x_i , te vrlo strmog i nepravilnog padajućeg trenda za empirijske distribucije frekvencija. Zbog navedenoga prišlo se traženju funkcije koje najbolje opisuju skupove empirijskih točaka metodom najmanjih kvadrata. Funkcija je tražena u obliku polinoma n -tog stupnja

$$Y = A + B_1x + B_2x^2 + \dots + B_nx^n, \quad (2)$$

a pri tome se zapravo utvrđuje da suma kvadrata udaljenosti empirijskih podataka od zadanog polinoma bude najmanja [13]. U određivanju odgovarajućih polinoma koristio se postojeći statistički program GFBASIC prilagođen za rad na osobnom računalu pomoću kojeg su realizirani i prikazani rezultati u nastavku. Prema podacima iz tablice 1. i 2. vidljivo je da je dominantan broj vremenskih intervala Δt u kojima se nije dogodila ni jedna promjena stanja procesnih informacija, te je zato broj aktivnih petsekundnih intervala Δt izuzetno malen na razini funkcijsko-informacijskih podmodula u odnosu prema ukupnom broju promatranih vremenskih intervala. Zbog toga je ova matematičko-statistička aproksimacija provedena samo za **aktivne vremenske** intervale Δt , tj. samo za one intervale u kojima se dogodio barem jedan informacijski događaj (promjena stanja informacije).

U prvom koraku postupka aproksimacije potrebno je za svako mjerno obilježje x_i iz tablica 1. i 2. izračunati relativnu frekvenciju f_r' s obzirom na aktivne vremenske intervale Δt . Na temelju tako definiranog skupa točaka relativnih frekvencija f_r' potrebno je utvrditi odgovarajući polinom koji najbolje aproksimira zadane točke. Prema utvrđenom polinomu potrebno je u nastavku izdvojiti teorijske frekvencije za cjelobrojne diskretne vrijednosti obilježja x_i . Primjer navedene obrade i pripadni analitički i grafički rezultati prikazani su na sl. 1. za funkcijski modul dalekovodno polje 380 kV(DV3) i informacijski modul signali zaštite. Rezultati prikazanog primjera pokazuju da se aproksimacijom polinomima postižu relativno dobra slaganja empirijskih i teorijskih frekvencija informacijskih događaja EEP-a. U nastavku je još potrebno obrazložiti pojam koeficijenta transformacije k_t u analitičkom prikazu dane aproksimacije na sl. 1. Uzimanjem u analizu samo aktivnih vremenskih intervala Δt isključio se iz statističkog promatranja određeni skup uzoraka promatranog eksperimenta (»pasivni« vremenski intervale Δt) u kojima se nije pojavila ni jedna promjena stanja procesnih informacija. Kako bi se zadovoljio početni prostor elementarnih događaja i pripadne vjerojatnosti za distribucije vjerojatnosti svakog funkcijsko-informacijskog podmodula, potrebno je definirati vjerojatnost nedogađanja »pasivnih« intervala Δt . Pasivni intervale su oni u kojima se nije dogodio ni jedan informacijski događaj i tu vjerojatnost možemo označiti sa $p(0)$. Ako vjerojatnost nedogađanja pasivnih intervala Δt označimo sa $q(0)$, tada vrijedi

APROKSIMACIJA EMPIRIJSKIH FREKVENCIJA POLINOMOM DOBIVENIM METODOM NAJMANJIH KVADRATA

Signali zaštite DV3

X je broj informacija

f_r' je relativna frekvencija aktivnih intervala

Broj pasivnih intervala je 6324380

Broj aktivnih intervala je 100

Koeficijent transformacije $K_t = 0.000015826614$

Standardna devijacija $s = 0.0091878848796$

Polinom $Y = A + B_1 \cdot X + B_2 \cdot X^2 + B_3 \cdot X^3 + \dots + B_9 \cdot X^9$

Koeficijenti polinoma:

$A = 1.1695432001$

$B_1 = -0.86988294134$

$B_2 = 0.27206892727$

$B_3 = 0.0035119655837$

$B_4 = 0.0035119655837$

$B_5 = -0.000070368616602$

$B_6 = -0.000010652260982$

$B_7 = 9.2747912242E - 07$

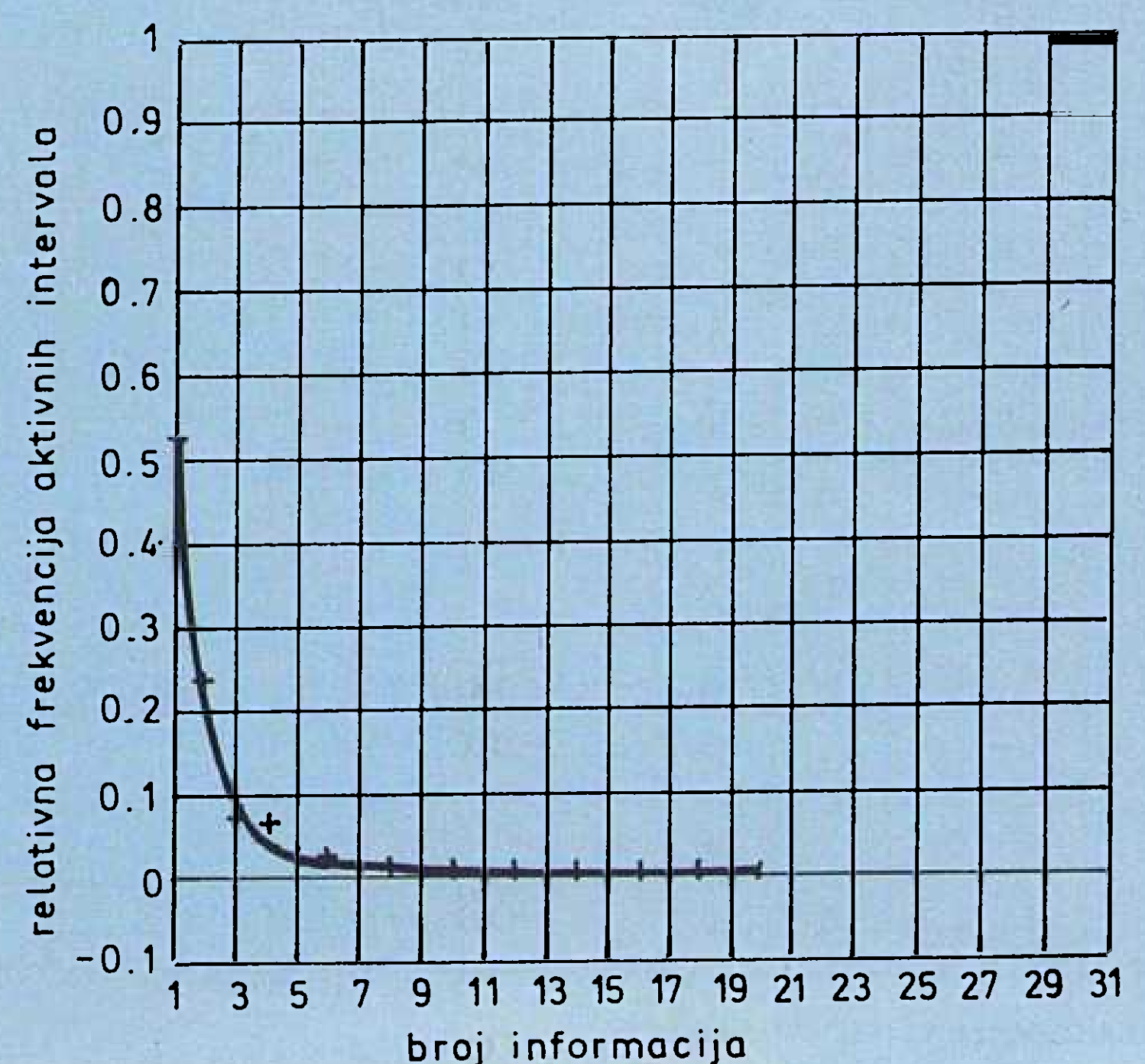
$B_8 = -3.01552262E - 08$

$B_9 = 3.653097792E - 10$

USPOREDBA REZULTATA

Podaci redom očitane točke $X(i)$, f_r' , funkcija Y

1	0.5300	0.5314
2	0.2300	0.2216
3	0.0710	0.0893
4	0.570	0.0412
5	0.0230	0.0258
6	0.0230	0.0193
7	0.0030	0.0138
8	0.0100	0.0087
9	0.0100	0.0053
10	0.0070	0.0040
11	0.0000	0.0042
12	0.0070	0.0043
13	0.0000	0.0035
14	0.0030	0.0020
15	0.0000	0.0013
16	0.0030	0.0028
17	0.0100	0.0064
18	0.0100	0.0093
19	0.0000	0.0068
20	0.0030	-0.0020
21	0.0000	0.0011



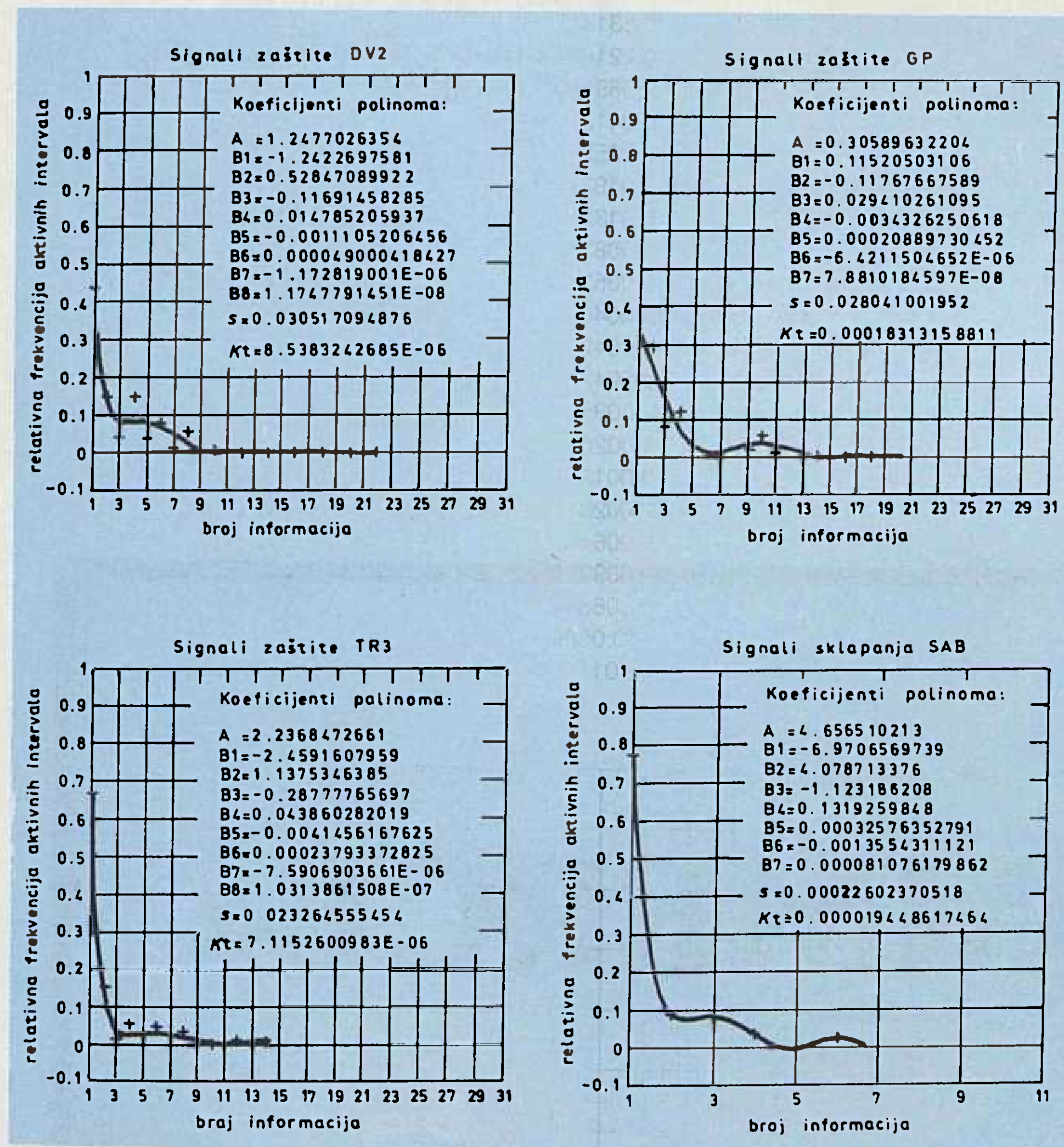
Slika 1. Grafički prikaz

$$q(0) = 1 - p(0). \quad (3)$$

Upravo vjerojatnost $q(0)$ označili smo u prikazanim aproksimacijama empirijskih frekvencija polinoma na sl. 1. kao koeficijent transformacije k_t . Tim koeficijentom treba množiti svaku vrijednost dobivenih relativnih frekvencija f_r' i teorijskih frekvencija vje-

rojatnosti prema funkciji polinoma, kako bi se dobile stvarne vjerojatnosti aktivnih petsekundnih intervala Δt po odabranom funkcijsko-informacijskom podmodulu. Na taj način postignuta je bolja preglednost u interpretaciji rezultata istraživanja, a vrlo se lako može dobiti stvarna vjerojatnost svakoga informacijskog događaja x_i . Posebno treba još naglasiti da predloženi koeficijent transformacija fizikalno predstavlja vjerojatnost pojavljivanja informacijskih događaja, tj. taj faktor nam pokazuje kako često možemo očekivati pojavljivanje određenih informacija u procesu.

Opisanim postupkom aproksimacije empirijskih distribucija frekvencije informacijskih događaja obrađene su sve empirijske distribucije predložene u tablicama 1. i 2, a na sl. 2. dani su grafički prikazi za još četiri karakteristična funkcijsko informacijska podmodula (SZ-TR4, SZ-DV2, SZ-GP i SS-SAB — kartice opisane u tablici 1. i 2). Iz predloženih grafičkih prika-



Slika 2. Odabrani primjeri aproksimacija empirijskih frekvencija polinomom

za uočljivo je da funkcije polinoma nisu potpuno izgladene, već u pojedinim intervalima obilježja x_i imaju veću ili manju valovitost jer djelomično prate empirijske podatke. Daljnjom obradom (optimiranjem stupnja polinoma, primjena Bernsteinovog polinoma, ...) mogli bi se prikazani grafovi izgladiti, ali to u sadašnjoj fazi istraživanja i definiranja procesnih informacijskih tokova EES-a nije potrebno, jer prikazani nivo razrade dinamike procesnih informacija zadovoljava postojeće modele definiranja procesnih informacijskih tokova EES-a.

5. ZAKLJUČAK

Prema prikazanim rezultatima u ovom radu zaključuje se da su promjene stanja procesnih informacija EES-a vrlo rijetke pojave ako se izuzmu promjene mjernih veličina. Definirane distribucije frekvencija pojedinih funkcijsko-informacijskih podmodula pokazuju da se vjerojatnosti pojavljivanja signala zaštite, signala sklapanja i upravljačkih naloga nalaze ispod vjerojatnosti 0,0001, te potpuno dominantnu ulogu u informacijskim tokovima čine informacije o mjerjenjima. Vjerojatnost promjena mjernih veličina kreće se približno od 0,05 do 0,07 za postavljenu mrtvu zonu 2 %, a za postavljene mrtve zone 1 % i 0,5 % kreće se ta vjerojatnost od 0,3 do 0,5.

Zbog relativno velike nepravilnosti frekvencije pojavljivanja informacijskih događaja x_i , te vrlo strmog i nepravilnog padajućeg trenda empirijskih distribucija nije provedena aproksimacija odgovarajućim poznatim teorijskim razdiobama, već je funkcija koja najbolje opisuje skupove empirijskih podataka riješena uz pomoć polinoma n -tog stupnja.

Na kraju je potrebno još naglasiti da bi se istraživanja dinamike procesnih informacijskih tokova mogla provoditi mnogo brže i kvalitetnije kada bi realizirana baza pogonskih podataka o uređajima i postrojenjima bila jednoznačno definirana po nazivu i značenju pojedinih polja u zapisima slogova ulaznih datoteka. U stvaranju ulaznih datoteka pogonskih podataka trebalo bi ugraditi znatno veći stupanj discipline i standardizacije.

POPIS OZNAKA

- δ_x — informacijski događaj
- I — skup informacija EEP-a
- i_y — informacije iz skupa I
- f_i — frekvencija vremenskih intervala
- f_r — relativna frekvencija vremenskih intervala
- f_r' — relativna frekvencija aktivnih vremenskih intervala
- s — standardna devijacija
- sz — signali zaštite
- ss — signali sklapanja sklopnih aparata

LITERATURA

- [1] ŠIMUNIĆ J. i drugi »Analiza vremena osvježavanja procesnih informacija u centrima daljinskog vođenja i republičkom dispečerskom centru ZEOH-I, II. i III. dio« Studija Hrvatske elektroprivrede, Tehnički fakultet Rijaka, 1991.
- [2] D. J. GAUSHELL i drugi: »Analysis of analog data dynamics for supervisory control and data acquisition systems«, IEEE Transactions Pas 102, No. 2, February 1983.
- [3] BARANOVIĆ N., KAVUR V.: »Minimizacija količine podataka i broja obrada sistema daljinskog vođenja u realnom vremenu«, XVIII. savjetovanje CIGRE, Budva, 1987.
- [4] ŠIMUNIĆ J.: »Trodimenzijski prikaz skupa procesnih informacija za EEP-a«, Energija, god. 39. (1990), br. 2.

- [5] ŠIMUNIĆ J.: »Dinamika procesnih informacija EEP-a prikazana kao slučajna veličina na osnovu eksperimentalnih istraživanja«, VIII. stručno savjetovanje o upravljanju i informatici, Cavtat, 1990.
- [6] PAUŠE Ž.: »Uvod u teoriju informacije«, Školska knjiga Zagreb, 1989.
- [7] PAVLIĆ I.: »Statistička teorija i primjena«, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [8] »Idejni projekat TSU Jugoslavije (DCM, RTS)«, Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede, 1984.
- [9] MARUŠIĆ A.: »Vremena osvježavanja podataka, vremena rezolucije i brzina prijenosa podataka«, Studija II/3 ETF, Zagreb, 1979.
- [10] ŠIMUNIĆ J.: »Model stohastičkih procesnih informacija elektroenergetskog sistema«, doktorska disertacija, ETF, Zagreb, 1991.
- [11] VRANIĆ V.: »Vjerojatnost i Statistika«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1971.
- [12] SACHS L.: »Angewandete statistik — Planung und Auswertung methoden und modelle«, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1974.
- [13] BOHTE Z.: »Numerične metode«, Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1978.

STOCHASTIC CHANGES ANALYSIS OF A POWER SYSTEM SUBSTATION INFORMATION STATES

During the operation of a power system substation information occurs stochastically. Based on a wide range of research, the paper defines the empirical frequency distribution for the changes of the information state of characteristic substation parts. Approximation procedure is done for empirical distributions using adequate theoretical functions in the form of selected polynomials of n -degrees.

ANALYSE DER STOCHASTISCHEN VERÄNDERUNGEN DER INFORMATIONSLAGEN DER ELEKTROENERGETISCHEN ANLAGEN

Im Betrieb der elektroenergetischen Anlagen EEA erscheinen Informationen stochastisch. Auf Grund umfangreicher Untersuchungen wurden in dieser Arbeit empirische Distributionen der Frequenzen für die Zustandsveränderung von Informationen der charakteristischen Gesamtheit der EEA. Man durchführte auch das Approximationsverfahren empirischer Distributionen mit entsprechenden theoretischen Funktionen in Form der ausgewählten Polynome der n — Stufe.

Naslov pisaca:

Doc. dr. Juraj Šimunić, dipl. inž.
Mr. Katica Jurasić, prof. mat.
Tehnički fakultet,
51000 Rijeka, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1992-03-10.

»PINIJA COMMERCE«

**PODUZEĆE ZA PROMET
 I POSLOVNE USLUGE, s p. o.**

ZAGREB, Trg sportova 11
Telefon: (041) 311-829, Fax: 327-578

UVOĐENJE NAZIVNOG NAPONA 230/400 V i KOORDINACIJA GUBITAKA NAPONA U NISKONAPONSKIM MREŽAMA

Mr. Ernest Mihalek, Zagreb

UDK 621.316.31

PREGLEDNI ČLANAK

Razmatra se više aspekata međusobnog utjecaja parametara mreže i gubitaka napona, snage i energije u vezi s problemom prijelaza na napon 230/400 V u hrvatskim niskonaponskim mrežama. Prikazani su rezultati proračuna optimalnih gubitaka napona i prijedlog tolerancija napona pri prijelazu.

Ključne riječi: niskonaponska mreža, napon 230/400 V, gubici napona, optimalni gubici napona.

1. OPĆENITO

U europskim mrežama niskog napona dugo se nije mijenjala vrijednost nazivnog pogonskog napona, pa se može reći da je vladao »naponski« mir, iako među pojedinim zemljama postoje u tome razlike. Takva situacija sigurno nije zadovoljavala ni s gledišta proizvođača električnih uređaja, ni potrošača koji te uređaje koriste, niti onih koji su razmišljali o jedinstvenim europskim normama. Međutim, već od početka šezdesetih godina radi se na reduciranju broja nazivnih napona općih trofaznih niskonaponskih mreža frekvencije 50 Hz, i to ponajprije tako da se svi naponi svedu na isti nazivni napon.

U ovom smislu je Europa možda i relativno »lak slučaj«, jer postoje dvije osnovne skupine sa sličnim nazivnim naponom, i to kontinentalna s 220/380 V i britanska s naponom 240/415 V. Izvan Europe također mnoge zemlje imaju slične nazivne napone, ali je mnogo veći problem kod SAD i Kanade gdje dominiraju trovodne mreže nazivnog napona 120/240 V, a većina aparata građena je za napon 120 V.

Istraživanje objavljeno 1976. pokazalo je da se od ukupno 3 milijarde stanovnika obuhvaćenih diljem svijeta, više od dvije trećine opskrbljivalo naponom 220/380 V, oko 25 % naponom 230/400 V, a sa 240/415 V samo 5 %.

Kompromis u izboru napona postignut je početkom osamdesetih, pa je Međunarodna elektrotehnička komisija — IEC objavila 1983. noveliranu publikaciju br. 38, »IEC standard voltages« u kojoj se za područje niskog napona u trofaznim trovodnim i četverovodnim mrežama u zemljama širom svijeta preporučuje prijelaz na jedinstveni nazivni napon od 230/400 V [1].

Prijelazni rok je u toj publikaciji predviđen na 20 godina (tj. do 2003. god.).

U Njemačkoj je ovaj propis prihvaćen i objavljen 1987. kao norma DIN IEC 38 s rokom prijelaza od 15

godina, vjerojatno znajući u kakvom su stanju niskonaponske mreže i mogućnosti prijelaza. Međutim, naš bivši savezni standard JUS N.A2.001 [2], koji regulira pitanje standardnih napona u našim mrežama objavljen je 1988, također s rokom prijelaza od 15 godina i s oznakom: »s djelomično obaveznom primjenom«, a upravo točka 3.1. ove norme, koja se odnosi na normiranje nazivnih napona, označena je kao neobvezna.

Sigurno je da je ovakva neodlučnost bivšeg saveznog zavoda proizašla iz toga što je situacija u niskonaponskim mrežama nedovoljno poznata i nije bilo jasno odakle započeti s prijelazom. Osim toga, i mnoga »niža« tijela, npr. inspekcije i proizvođači, dovedeni su u nedoumicu. Vjerojatno ima i drugih razloga koji su pridonijeli tome da nisu usvojena čvršća načela za prijelaz.

2. PITANJE TOLERANCIJA NAPONA S POSTOJEĆIM I NOVIM NAZIVNIM NAPONOM

Pitanje tolerancija napona u niskonaponskim mrežama zaslužuje posebnu pozornost. U starijim »Općim uvjetima za isporuku električne energije«, koje donosi elektroprivreda na temelju Zakona o elektroprivredi, uvijek je iznos dopuštenih tolerancija napona na mjestu napajanja potrošača bio izričito naveden. Međutim, novi »Opći uvjeti...« od 13. 2. 1991. [3] kod te se točke pozivaju na »propisani jugoslavenski standard«. I tu je krug zatvoren u — neobveznu preporuku.

Govoreći konkretno, stariji »Opći uvjeti...« dugo su propisivali naponske tolerancije 220/380 V, +5 do -6 %, tj. pogonski napon se tolerirao u postojećim i projektiranim mrežama u rasponu od 231 do 207 V.

Konačni cilj je dostizanje pogonskog nominalnog napona 230/400 V, i to s tolerancijama, kako traži preporuka IEC +10 do -10 %, ili 253 do 207 V, a isto to

traži JUS kao svojevrsni prijevod IEC-a. Osim što je neobvezan, u njemu je dosta neodređeno definiran rok prijelaza, kao i granice tolerancije napona definirane za taj prijelaz. Pogledajmo kako izgleda prijevod IEC-a i tekst JUS-a:

A. IEC:

»Nazivni napon postojećih 220/380-V- i 240/415-V- mreža mora se svesti na vrijednost 230/400 V. Prijelazno razdoblje mora biti što je moguće kraće i ne bi smjelo prekoračiti 20 godina od objavljivanja ovih IEC-normi. Za vrijeme tog razdoblja trebale bi, u prvoj etapi, elektrodistribucije zemalja koje imaju 220/380-V- mreže svesti tolerancije napona na 230/400 V +6, –10 %. Na kraju tog prijelaznog perioda trebale bi biti dosegnute tolerancije napona od 230/400 V, +10 %, –10 %. Nakon toga će se razmatrati o smanjenju ovih tolerancija.«

B. JUS:

»Nazivni napon 220/380 V postojećih mreža treba razvijati prema vrijednosti 230/400 V. Prelazni period treba da je što kraći i ne duži od 15 godina od stupanja na snagu ovog standarda. Tijekom tog perioda treba svesti napon 220/380 V unutar opsega 230/400 V, +6, –10% da bi se krajem tog prelaznog perioda postigao opseg 230/400 V, +10 %, –10 %.«

S obzirom na duljinu prijelaznog roka, svakako je u našim uvjetima rok od danas do 2003. god. već prekratak. Vjerojatno bi taj rok trebalo produljiti do 2010, a eventualne odluke o njegovu skraćanju donijeti kad se stanje u mrežama bolje upozna.

3. DOPUŠTENI IZNOSI GUBITAKA NAPONA U RAZNIM ZEMLJAMA SVIJETA

Da bi se izbjegli negativni efekti na uređajima potrošača, kao i u mrežama i postrojenjima svih elektroprivreda u svijetu — nastoji se raznim načinima, preporukama i propisima osigurati da nivo pojnog napona ne izađe iz propisanih tolerancija. U Europi se [5] tolerancije za niskonaponsu mrežu kreću oko +/-5 %, dok se u nekim ruralnim područjima dopušta –10 %. U slučaju abnormalnih uvjeta donja se granica u nekim zemljama može povećati za daljnjih 5 %. Austrija i Italija imaju tolerancije +/-10 %. Američki standard za tolerancije pojnog napona predviđa +/-5 % s dopuštenih +5.8 % i –8.3 %, što je ograničeno po opsegu, učestalosti i trajanju. U razumnom vremenu treba se napon vratiti u granice +/-5 %.

4. OPTIMALNI GUBITAK NAPONA U NISKONAPONSKOJ MREŽI (U VODOVIMA)

Sva trošila građena su za nazivni napon i optimalno rade pri tome naponu. Prema tome, optimalno bi bi-

lo da nema nikakva gubitka napona u mreži. Ili, drugim riječima, optimalni gubitak napona je nula. Zbog toga se optimalan gubitak napona definira na drugi način, a taj je da je gubitak napona optimalan onda kad je vod opterećen ekonomskom veličinom opterećenja. Tu veličinu dobivamo onda kad vodom teče ekonomska gustoća struje.

$$G_{ek} = I_{max} / S_{ek}, \quad (A/mm^2)$$

gdje je S_{ek} ekonomski presjek vodiča.

Formula za gospodarski presjek vodiča dobiva se derivacijom jednadžbe godišnjih troškova voda i izjednačenjem s nulom.

Tako imamo da je

$$S_{ek} = I_{max} \sqrt{\frac{3 \cdot \varepsilon \cdot \rho \cdot F_g}{C_s \cdot a}}. \quad (mm^2)$$

Faktor pod korijenom je inverzna vrijednost izraza za gospodarsku gustoću struje [6] gdje je:

- ε — faktor težišta opterećenja
- ρ — specifični otpor vodiča
- a — faktor godišnjih troškova investicija
- F_g — faktor cijene električne energije i snage
- C_s — faktor porasta cijene voda ovisno o presjeku.

U uvjetima naših odnosa cijena dobivamo sljedeće ekonomske gustoće struje za naše vodove (vidjeti tablicu 1):

Tablica 1.

Tip niskonaponskog voda	Ekon. gustoća G_{ek} (A/mm ²)
Goli vod, A1	1.28
Samonos. izol. vod, A1	1.47
PVC kabel, A1	1.89

Prema [6], gustoću opterećenja treba umanjiti zbog utjecaja porasta opterećenja u toku životnog vijeka voda. Za naše veličine porasta taj faktor iznosi 0.9 (približno i za kabele i nadzemne vodove).

Izraz za postotni gubitak napona na vodu (ovdje »optimalni«) jest:

$$\Delta u_{opt} = \frac{k \cdot P_{ek} \cdot I_k \cdot K}{10 \cdot U^2}, \quad (\%)$$

gdje je

- k — faktor težišta opterećenja na vodu
- P_{ek} — gospodarsko opterećenje voda
- K — jedinična konstanta voda
- I_k — kritična duljina voda
- U — nominalni napon.

Ovdje su sve veličine uglavnom definirane ili poznate, osim kritične duljine voda, koja ovisi o nekoliko ograničenja. Ponajprije to je termičko ograničenje, zbog kojeg se vod ne može protegnuti po volji, nego prema veličini i gustoći potrošnje. U gradovima gdje je potrošnja gusta i gdje obično ima većih specifičnih opterećenja, duljine su relativno male, iako je veliči-

na presjeka vodiča iznad prosjeka. Veću duljinu voda onemogućuje i sustav TN zaštite od dodirnog napona (»nulovanje«), što dolazi do izraza naročito u gradskim i prigradskim mrežama. U svakom od ovih slučajeva prevladava jedan od tih uvjeta. Ipak, osnovni uvjet za »optimalni« gubitak napona je gospodarsko opterećenje voda, koje je uglavnom ispod graničnog termičkog opterećenja (kod kabela je redovno blizu njega).

Imajući sve to na umu, imamo sljedeću tablicu s rezultatima proračuna optimalnog gubitka napona [7]

Tablica 2. Optimalni gubici napona na NN vodovima

	Goli vod Al			Tip voda				
				Izol. nadz. vod		PVC-kabel		
Presjek (mm ²)	35	50	70	50	70	70	95	150
P_{opt} (kW)	24	34	48	39	55	71	96	151
l_k (m)	683	570	596	699	678	416	460	496
Δu_{opt} (%)	5.0	4.4	5.2	7.2	6.9	6.9	7.0	8.9

Rezultati proračuna pokazuju da je, obrnuto od očekivanja, optimalni gubitak napona u skupljim vodovima veći, jer je ekonomski kriterij veći. **U seoskim mrežama Δu_{opt} je najmanji!**

Nadalje, u mrežama gdje se upotrebljavaju kabele, tj. u gradskim mrežama, ne mogu se postići toliko veliki »optimalni« gubici napona. Kod velikih gustoća opterećenja (u gradovima) kabel se na kratkoj trasi opteretiti do termičke granice opterećenja, što rezultira dosegom zaštite manjim od kritičnog, pa gubici napona iznose najviše 3 do 5 %. Nasuprot tome, ekonomski gubitak napona u nadzemnim vodovima (prigradske i seoske mreže) kreće se u prosjeku oko 7 do 5 % i manje, a za još manje presjeke vodiča je i optimalni gubitak napona svakako manji.

Kriterij dosega zaštite korišten je kod svih vodova jer se inače ne bi mogla načiniti konzistentna usporedba vodova.

Kad ne bismo koristili kriterij kritične duljine voda, optimalni gubitak napona bio bi vrlo »fluidan« pojam. Naime, u velikom dijelu područnih nadzemnih mreža ne koristi se TN-sustav za zaštitu od dodirnog napona nego tzv. TT-sustav s pojedinačnim uzemljivačima ili ZSS-sklopkama kod potrošača. Duljine vodova u tom sustavu nisu dosljedno određene kriterijem dosega zaštite, pa bi u krajnjem slučaju optimalni gubitak napona bio u linernofunkcijskoj vezi s duljinom voda, npr. da je $\Delta u_{opt} = 20, 30$ i više %, što je apsurd.

Ipak, stvarni su uvjeti kod veličine dosega zaštite (u seoskim i prigradskim mrežama) nešto blaži nego u našem proračunu, jer nisu uzeti u obzir neki olakšavajući utjecaji, pa je kritična duljina vodova za oko 15–20 % veća. Time se i »optimalni« gubici napona povećavaju na **prosječno oko 6.0 % u seoskoj mreži a 8 % u prigradskoj**. Normalno je da se treba težiti prema ovim vrijednostima, što za sobom povlači određenu izgradnju, poboljšanja i sl.

5. ODNOS GUBITAKA NAPONA I GUBITAKA SNAGE I ENERGIJE NA NISKONAPONSKOM VODU

Usporedbom izraza za procentualne gubitke napona i snage, a posebno izraza za određivanje težišta opterećenja [7] dolazimo do odnosa za slučaj **homogenog** rasporeda potrošača na vodu (kakav je najčešći), i to da je:

$$\Delta u \% / \Delta p \% = 3n / (2n + 1) = 3 / (2 + 1/n).$$

Izraz pokazuje da za veći broj potrošača (n), omjer ovih veličina teži prema 3/2 tj. vrijednosti 1.5. Na primjer, ako je gubitak napona 6 %, gubitak snage je 4 %; ako Δu poraste na 10 %, gubitak snage Δp poraste za isti omjer, tj. na 6.7 % itd.

S druge strane, ako je potrošač smješten **na kraju voda** (npr. kod industrijskih potrošača), kad je $n=1$, gubici napona i snage su po procentualnoj vrijednosti jednaki. Npr. ako je gubitak napona 6 %, gubitak snage je također 6 %.

Gubici električne energije vezani su s gubicima snage relacijom [6]:

$$W_g = g \cdot T_N \cdot P_{gmax},$$

gdje je

g — faktor gubitaka

T_N — vrijeme promatranja na koje se odnose gubici snage

P_{gmax} — maksimalni iznos gub. snage u danom intervalu,

a prenesena energija je ukupno

$$W = m \cdot T_N \cdot P_{max},$$

gdje je

m — faktor oblika, jednak omjeru upotrebnog i vremena promatranja, vezan je funkcijski s faktorom gubitka, npr.:

$$g = 0.17 \cdot m + 0.83 \cdot m^2.$$

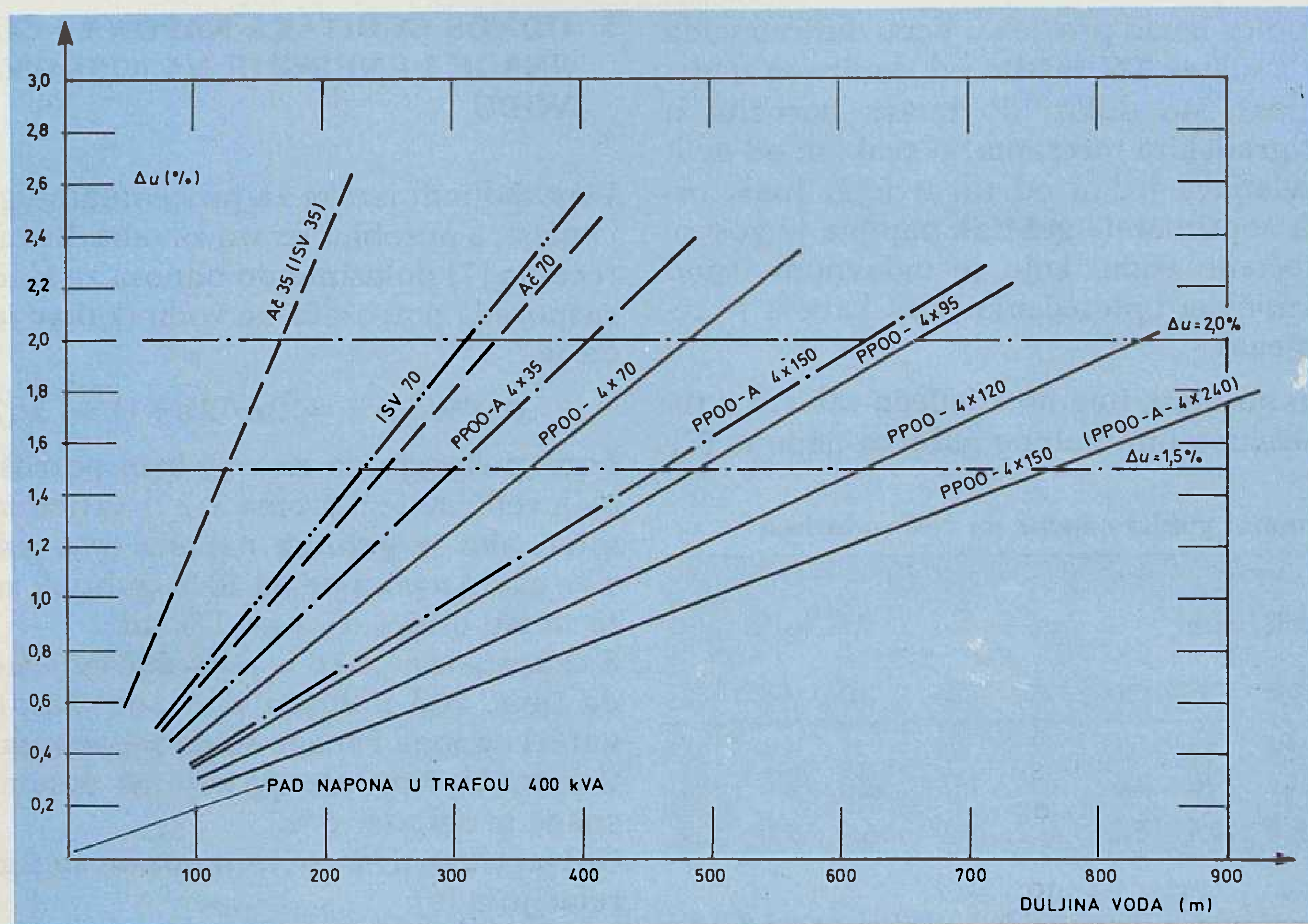
Dijeljenjem izraza za W_g i W , procentualni iznos gubitaka električne energije iznosi:

$$\Delta W \% = W_g / W = g / m \cdot \Delta p \%.$$

Dakle, ako oblik dijagrama opterećenja ne mijenjamo, faktor oblika i faktor gubitaka ostaju konstantni, a gubici električne energije mijenjaju se proporcionalno gubicima snage.

6. UTJECAJ FLUKTUACIJA NAPONA NA NISKONAPONSKIM VODOVIMA

Primjena većih trošila u instalacijama potrošača na niskom naponu (kao npr. brzogrijači vode, kotlovi za centralno grijanje te posebno transformatori za zavarivanje i sl.), izazivaju naponska kolebanja koja ovise o parametrima niskonaponskog voda, odnosno snazi kratkog spoja. Zbog porasta ovakvih potrošača u našim niskonaponskim mrežama, mogu se očekivati sve veći problemi s fluktuacijama napona [9 i 14]. Krivulja koju je preporučio IEC »dopušta« relativno kolebanje napona [15] od otprilike:



Slika 1. Kritične duljine niskonaponskih vodova za ometajući pad napona pri uključenju jednog trošila od 18 kW

2 % za 1 do 3 fluktuacije u minuti
1.5 % za 3 do 10 fluktuacija u minuti.

Prvenstveni razlog ovih ograničenja jest djelovanje fluktuacija na rasvjetu, koja kod učestalosti blizu 10 Hz ima najneugodnije djelovanje na oči.

S tim u vezi izračunate su, za primjer (vidjeti sl. 1), kritične duljine niskonaponskih vodova za ometajući pad napona pri uključenju/isključenju tereta od 18 kW, a svakako su u mreži moguća uključenja i većih tereta.

Jasno je da su kod malih presjeka vodiča te kritične duljine vrlo male, pa pri pojavi fluktuacije (kolebanja) to osjeti gotovo čitavi vod. U seoskim i prigradskim mrežama prevladavaju presjeci vodiča Al ili Al/Fe 25 do 35 mm², a negdje i manji, pa su tu ti utjecaji posebno izraženi (v. [9, 14]).

S porastom veličine presjeka vodiča utjecaj kolebanja je sve manji, a kod kabelskih mreža većeg presjeka gotovo se ne može zamijetiti.

7. UTJECAJ NAPONA NA NISKONAPONSKIM VODOVIMA NA RAD ELEKTRIČNIH TROŠILA

Električna trošila na niskom naponu mogu se podijeliti prema vrsti reakcije na mrežni napon, i to:

- toplinski uređaji s termostatskom regulacijom
- toplinski uređaji bez termostatske regulacije
- uređaji s elektromotorom
- uređaji s elektronikom
- rasvjetni uređaji.

U **toplinske uređaje s termostatskom regulacijom** ubrajaju se glačala, kuhala, štednjaci, bojleri, peći, strojevi za pranje, a u industriji različiti procesni uređaji. Pri povišenom naponu ti uređaji uzimaju veću snagu, pa se toplinski procesi skraćuju. Regulacija tem-

perature se ne mijenja, a praktički ni preuzeta energija.

S druge strane, mnoga toplinska trošila **nemaju termostatsku regulaciju**, npr. kuhala sa stupnjevanim uklapanjem, grijalice, protočni bojleri i sl. Pri povišenom naponu skraćuje se proces zagrijavanja, ali ako to čovjek prati, onda nema razlike prema prethodnoj grupi uređaja.

Najčešći **elektromotori** kod malih aparata su tzv. univerzalni elektromotori s kolektorom, npr. kod usisača prašine, strojeva za pranje, ventilatora, ručnih alata, fenova i sl. Ako se broj okretaja takvih motora ne regulira elektronski, onda se broj okretaja povećava s povećanjem mrežnog napona. Temperatura namota se zbog većeg napona povećava, ali se povećava i hlađenje zbog povećane količine zraka poradi većeg broja okretaja, pa ne treba očekivati probleme. S druge pak strane, elektromotori s kratkospojnim rotorom, koji dolaze u uređajima kao što su npr. hladnjaci, strojevi za pranje i sl., imaju od napona nezavisni broj okretaja, samo je motor pri višem naponu opterećeniji.

Elektromotori s kratkospojnim kavezom (u industriji) imaju praktički konstantnu snagu kod promjene mrežnog napona. Gubici u željezu se s povećanjem napona povećavaju, a gubici u bakru smanjuju, pa se u cjelini gledajući ukupni guci ne mijenjaju bitno, a nema ni nepovoljnog utjecaja na životnu dob stroja. **Elektronički** uređaji imaju uglavnom dobru regulaciju, pa male vanjske promjene napona ne igraju bitnu ulogu.

Od **rasvjetnih uređaja** najosjetljivije su žarulje. One su građene za određeni napon pri kojem imaju prosječni životni vijek 1 000 sati. Trajnost i svjetlosni tok žarulja veoma su ovisni o promjeni napona i mijenjaju se po eksponencijalnim zakonima; trajnost s

– 14 potencijom (!), a svjetlosni tok s potencijom 3.6. To znači da kod 90 % nazivnog napona trajnost raste na 437 %, a svjetlosni tok pada na samo 68 %. Kod fluorescentne rasvjete umanjeње svjetlosnog toka nije tako drastično (»svega« 82 %), ali se takva rasvjeta još uvijek rjeđe koristi od žarulja.

8. OSVRT NA GLOBALNU PROCJENU STANJA I PROPISE

Rješenje problema tolerancija napona u našim mrežama u prijelaznom razdoblju je, kao i svugdje, dosta važno. U zadnje vrijeme istraženo je stanje s gubicima napona jedino na globalnom modelu [10]. Navedeno istraživanje pokazalo je da su, vjerojatno, u natpolovičnom dijelu naših mreža prisutne vrlo loše naponske prilike. Pritom se kao kriterij koristilo dosadašnje tolerancije napona (+5 %, –6 %). Primijenjene na modelu, daju lošu sliku o ovim mrežama, pa je pitanje da li bi »labavije« tolerancije dovele do »popravljanja« slike o mreži.

U spomenutom globalnom modelu korišten je model ekvivalentiranja niskonaponske mreže s nizom uprosječenih vrijednosti parametara, a kao jedan od rezultata dobiva se prosječni gubitak napona u mreži. Rezultati proračuna su takvi da u Hrvatskoj, u najpovoljnijem stanju 67 % mreža ima preveliki gubitak napona (prema kriteriju $\Delta u_{sr} = 6\%$). Vjeruje se da bi se prihvaćanjem blažeg kriterija dobila bolja slika stanja (s $\Delta u_{sr} = 10\%$, tu bi se našlo čak 77 % distributivnih organizacija kako su bile prije podijeljene). Blaži kriterij bi prividno, »potezom pera«, doveo do poboljšanja slike o niskonaponskim mrežama, što je vrlo nezgrapno, ali zapravo i nepotrebno.

Procjena pomoću prosječne vrijednosti ne može u dovoljnoj mjeri opisati sliku stanja, jer »ekvivalentni« model nije u mogućnosti dati veličinu rasipanja oko ove vrijednosti; iz njega se ne zna koliko potrošača ima kakav napon. To je suviše pojednostavnjeno u odnosu na sam oblik mreže i odnose u njoj. U krajnoj liniji, ako ostanemo samo na srednjoj vrijednosti kao jedinom parametru ocjene stanja napona,

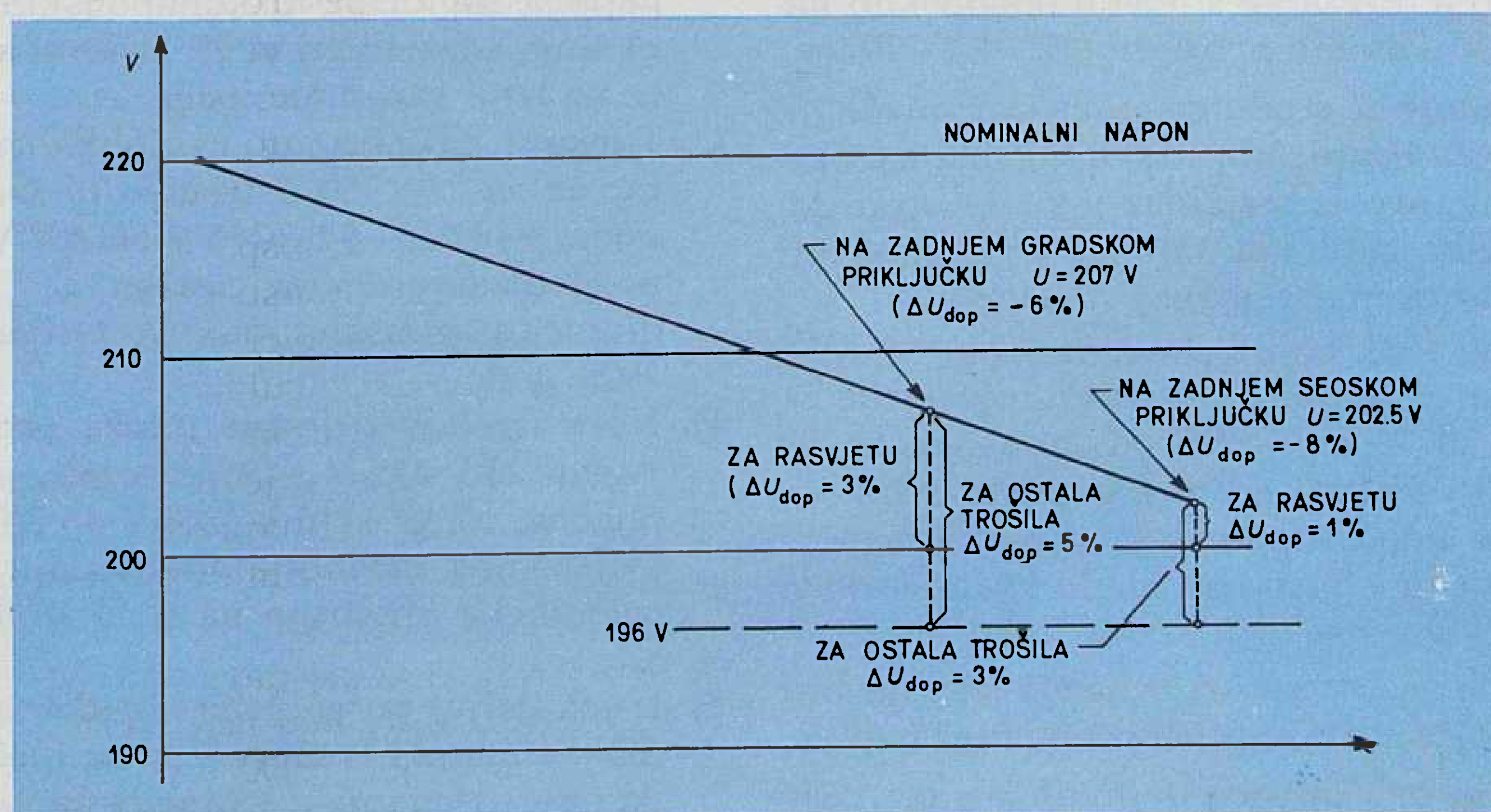
možemo zamisliti da npr. pri $\Delta u_{sr} = 8\%$ bude shvaćeno da je s mrežom sve u redu, ali »zapravo« 50 % potrošača ima od toga lošiji napon, a još ostaje i pitanje veličine rasipanja! Zbog toga uz podatak o srednjoj vrijednosti gubitka napona bi trebalo reći zbog potpunosti i koliki se postotak potrošača nalazi unutar kojeg opsega odstupanja napona (veličina standardne devijacije!).

Nadalje, ostaje pitanje koliko potrošača treba biti u mreži s nekvalitetnim naponom pa da se ta niskonaponska mreža smatra nekvalitetnom?

Za ocjenu stanja u mreži važni su i drugi faktori, npr. da li su zadovoljeni uvjeti zaštitnih mjera. Ako je takav slučaj, tolerancije bi trebalo promatrati statistički, a za to postoje općenito poznate i priznate »granice« koje se mogu razlikovati po strogosti i izvan kojih ne bi trebalo ići: granica 1 %, 5 % itd. Granica ocjene 1 % smatra se za ovakve slučajeve suviše strogom i primjenjuje se u tehnici na onim mjestima i postupcima gdje je zbog nekih razloga potrebna veća sigurnost (ugrožavanje materijalnih dobara ili ljudskih života i sl.). No, očito je da ovdje nije takav slučaj, pa je realno da u normalnim okolnostima računamo sa do 5 % nekvalitetno napajanih potrošača. Konačno, pitanje veličine ovakve procjene je stvar šireg dogovora, a ovdje je riječ o uobičajenoj statističkoj 95 %-tnoj sigurnosti.

Broj od 5 % potrošača neobuhvaćenih propisanom tolerancijom napona ne bi trebao bitno narušiti sliku o još uvijek dobroj mreži. Vjerojatno će distributeri nastojati, kad se pruži prilika, poboljšati naponske prilike i kod tih 5 % potrošača.

Kao primjer može se zamisliti niskonaponska mreža u raštrkanom naselju, čiji pojedini odvojci dostižu znatne duljine, a na čijim krajevima ima nekoliko potrošača koji u kratkom vremenu naglo povećaju svoju potrošnju i sl. Navedenu situaciju u dijelu niskonaponske mreže, distributivno poduzeće ne može ili mu se ne isplati popravljati povećanjem presjeka vodiča ili čak interpolacijom trafo-stanice, pa bi mreža mogla, u slučaju krute procjene, ostati trajno obilježena kao loša.



Slika 2. Gubitak napona na niskonaponskom vodu

Ipak, i nakon takvih promjena u načinu promatranja ostaje još dosta potrošača ispod propisane kvalitete napajanja, ali se slika stanja svakako popravila. Osim toga postavlja se pitanje zašto se ne bi za preostale loše dijelove niskonaponske mreže primijenile »elastične« tolerancije i time obuhvatili rasponi napona za slučajeve raznih situacija u kojima se može naći mreža.

Kao primjer primjene takvog načina razmišljanja neka posluže propisane tolerancije napona u SAD. Elastičnost tolerancija ogleda se u tome što se pozna karakter ponašanja gubitaka napona, kao i vremenska i druga ograničenja ako taj napon izađe izvan preporučenih okvira [11]:

- tolerancije koje se preporučuju + 5 %, – 6 %
- tolerancije koje se još dopuštaju + 6 %, – 8 %
- tolerancije za izvanredne slučajeve + 8 %, – 10 %.

Prema tome se mreže projektiraju na vrijednost preporučene tolerancije, u pogonu se tolerira veći (srednji) raspon, dok se najveći raspon napona smije zadržati samo u toku kraćeg razdoblja koji se javlja kao izvanredni slučaj iz bilo kojih razloga.

9. ZAKLJUČAK I PRIJEDLOG PRIJELAZA NA NAPON 230/400 V U HRVATSKIM NISKONAPONSKIM MREŽAMA

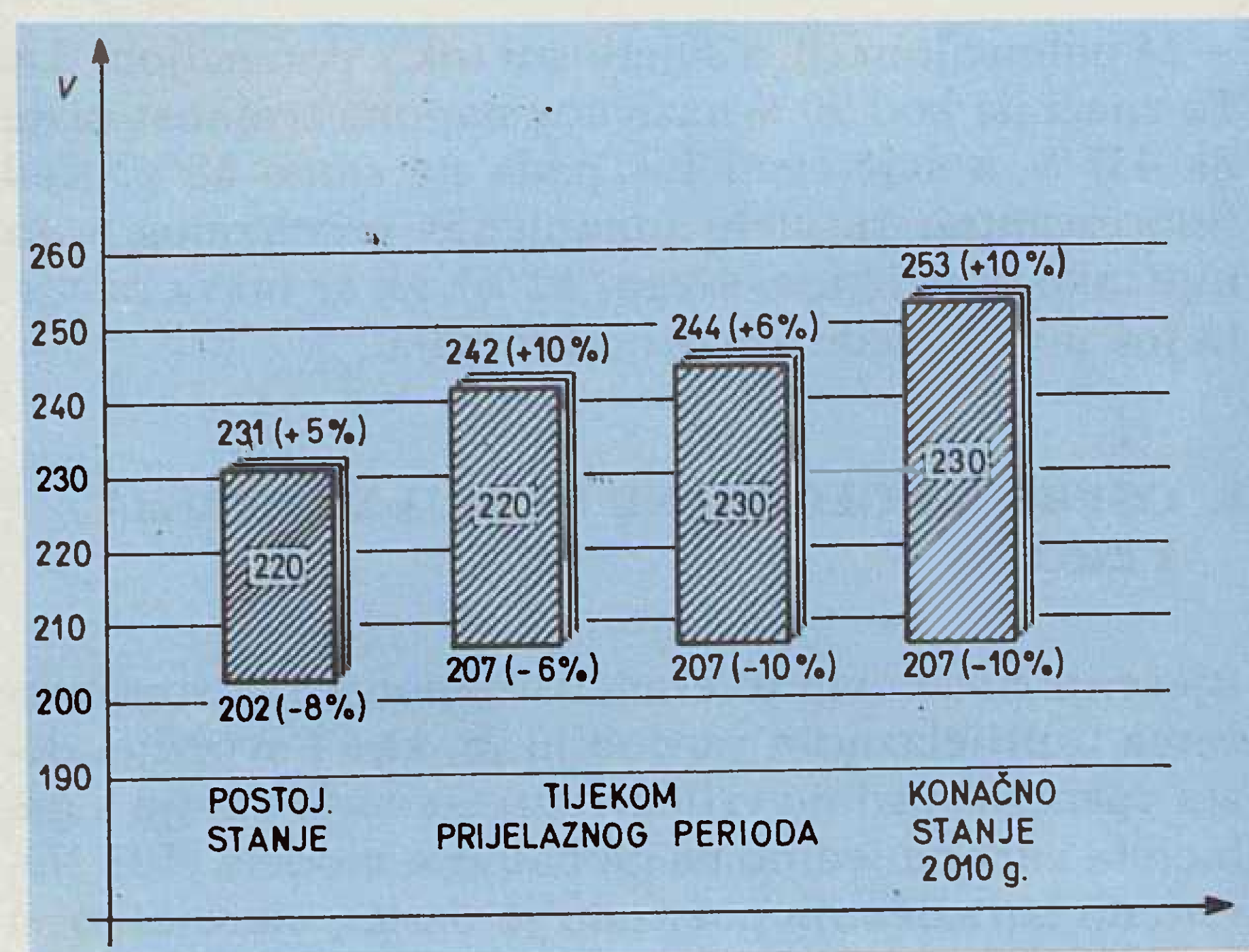
S obzirom na smjernice koje je pokazao proračun optimalnih gubitaka napona, kao i ostale faktore koji su u radu spomenuti, moglo bi se za naše mreže preporučiti da za prijelaz na novi razdjelni napon 230/400 V nije potrebno uvođenje novog propisa za dopušteni gubitak napona na priključku, ali da bi možda trebalo u prijelaznom razdoblju dopuniti »dodatne« tolerancije gubitaka napona u nekim dijelovima mreže, koje se zbog ratnih ili nekih drugih posljedica ne mogu brzo sanirati ili rekonstruirati. Zbog mogućnosti povećanja gubitaka snage i energije u mreži, kao i povećanja osjetljivosti na kolebanja napona, ne bi se inače smijeli povećavati dopušteni gubici napona u postojećoj mreži u odnosu prema dosadašnjoj praksi. Povećani gubici napona mogu biti dopušteni jedino u mrežama s novim pogonskim naponom 230/400 V, kao što predlaže IEC $\pm 10\%$.

Budući da ni stanje u srednjenaponskim mrežama ne omogućuje poboljšanje naponskih prilika na strani niskog napona, ovo je stajalište još više opravdano, tj. na probleme gubitaka napona treba rješavati prije svega na razini mreže niskog napona.

Prema standardu IEC, koji treba služiti kao vodilja, minimalni napon u prijelaznom razdoblju treba iznositi najmanje 207 V, što je 6 % od današnjeg nazivnog napona (220 V) i 10 % od novog napona (230 V). Tendencija je da se postupno skala raspona napona pomiče prema višim vrijednostima do kraja perioda prijelaza sl. 3.

Sigurno je da i transformatori u mreži trebaju biti prilagođeni za pojedine faze prijelaza na novi napon.

Sve u svemu bi se prijelaz moglo predložiti na način kako slijedi:



Slika 3. Nazivni fazni naponi i tolerancije faznog napona u našim javnim niskonaponskim mrežama po etapama prijelaza

- A. Prijelaz na novi napon 230/400 V valjalo bi u našim mrežama produžiti barem do 2010. god.
- B. Postojeće mreže nazivnog pogonskog napona 220/380 V trebale bi u pogonu imati sljedeće tolerancije napona na priključku potrošača (obuhvaćeno barem 95 % potrošača):
 - gradske mreže + 5 %, – 6 % (231 V do 207 V) — kao do sada
 - prigradske i seoske mreže + 5 %, – 8 % (231 V do 202 V).
 Ovisno o veličini poteškoća u radu, možda bi neke mreže mogle privremeno imati dopušteni raspon napona od + 5 %, – 10 % (231 V do 198 V). U tehničkim propisima postoji »skrivena« rezerva kako bi se omogućilo da gubitak napona na seoskom priključku smije iznositi 8 % umjesto 6 %. Naime, propisi za instalacije [4] predviđaju dopušteni (unutarnji) gubitak napona od mjesta priključka do uređaja rasvjete 3 %, a za ostala trošila 5 %. Budući da se u **prigradskim i seoskim mrežama** javljaju manji gubici napona u instalaciji potrošača (rasvjeta 1 % a ostalo 3 %), predlaže se da se bez izmjene propisa prihvati dopušteni gubitak napona na ovim niskonaponskim vodovima od ukupno 8 % (vidjeti sl. 2). Naponi na aparatu ostat će na istoj razini kao prije.
- C. Tijekom prijelaznog razdoblja napone u svim mrežama 220/380 V trebalo bi svesti unutar raspona + 10 %, – 6 % (242 V do 207 V). Tu je značajno podizanje cijelog opsega, tj. i donje i gornje granice pogonskog napona. Orijentacijski rok je 2000. god.
- D. Nove i rekonstruirane mreže projektiraju se za napon 230/400 V s dopuštenim tolerancijama u pogonu + 6 %, – 10 % (244 V do 207 V), a do kraja prijelaznog razdoblja obuhvaćaju se sve mreže i tolerancije proširuju na $\pm 10\%$ (253 V do 207 V).
- E. U još daljoj perspektivi slijedili bi daljnji zajednički europski trendovi, pa se među inim predviđa npr. sužavanje tolerancija napona (prema IEC-u) itd.

LITERATURA

- [1] IEC, Publ. 38, 6-th ed., IEC standard voltages, 1983.
- [2] JUS N.A2.001/1989., Sl. l. SFRJ 14/89), Standardni naponi
- [3] Opći uvjeti isporuke električne energije, Narodne novine 31/90 i 47/90.
- [4] Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona (Sl. l. SFRJ 53/88)
- [5] Electricity distribution network design, E. Lakervi, E. J. Holmes, P. Peregrinus Ltd., 1989.
- [6] Netzverluste, VDEW, 1978.
- [7] E. MIHALEK, M. RIMAC, »Koordinacija gubitaka napona u niskonaponskim mrežama«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991.
- [8] E. MIHALEK, S. ŽUTOBRADIĆ i dr., »Upute za projektiranje distributivnih NN mreža« Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1989.
- [9] Mogućnosti i posljedice priključivanja velikih trošila na NN mrežu, s preporukom za zaštitu i zakonsku regulativu, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [10] S. ŽUTOBRADIĆ, R. SCHENNER, D. BALDASARI, M. RIMAC, »Dugoročni razvoj distributivne djelatnosti u Hrvatskoj do 2000. g. s projekcijom do 2005. godine«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991.
- [11] T. GÖNEN, »Electric power distribution system engineering«, MacGraw-Hill Book Company, 1986.
- [12] Einführung des neuen Nennspannungswertes 230/400 V für die öffentlichen Niederspannungsnetze — eine Situationsbeschreibung aus der Sicht der EVU. Elektrizitätswirtschaft H. 6/1988.
- [13] W. BUCHDRUCKER, M. KOPATZ, M. LANGE-HÜSKEN, »Was bedeutet die neue Nennspannung 230/400 V?«, Elektrizitätswirtschaft H. 7/1991.
- [14] E. MIHALEK, L. WAGMANN, »Proračun i ocjena ometajućih utjecaja brzih i sporih kolebanja napona u NN i SN mreži«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1990.
- [15] IEC, Publ. 555 – 3, part 3: Voltage fluctuations, 1982)

APPLYING 230/400 V NOMINAL VOLTAGE AND COORDINATION OF VOLTAGE LOSSES IN THE LOW VOLTAGE NETWORK

Several aspects of interrelations between network parameters and voltage losses, power and energy are considered, regarding the problem of transition to 230/400 V voltage in the Croatian low voltage network. Results of the optimal voltage losses calculation are shown as well as the proposal of voltage tolerancy by the transition.

EINFÜHRUNG DER NENNSPANNUNG 230/400 V UND DIE KOORDINIERUNG DES SPANNUNGSVERLUSTES BEI NETZEN MIT NIEDRIGER SPANNUNG

Hier spricht man über mehrere Aspekte der Zwischeneinflüsse der Netzparameter und des Spannungsverlustes der Kraft und Energie in Verbindung mit dem Problem des Übergangs zur Spannung 230/400 V in den kroatischen Niederspannungsnetzen. Man schildert die Ergebnisse der Berechnung der optimalen Spannungsverluste und den Vorschlag der Toleranzen der Spannungen beim Übergang.

Naslov pisca:

Mr. Ernest Mihalek, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Av. Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1992-03-06.

PRIOPĆENJE

U Parizu će se od 30. kolovoza do 5. rujna o.g. održati 34. savjetovanje CIGRE.

Elektromaterijal Rijeka



35. godina

**TRGOVINA I USLUGE, DRUŠTVENO PODUZEĆE SA P.O.
TRGOVINA NA VELIKO
RIJEKA — Dimitrija Tucovića 13
Žiro račun 33800-601-12386**

Telefon: centrala
051/37-777

Telex: 24339
24671

Telefax: 051/213-670

RADNE JEDINICE:

RADNA JEDINICA ZAGREB

Tel: 041/528-872
041/520-484
041/520-878

RADNA JEDINICA PODRAVSKA SLATINA

Tel: 054/751-010
054/751-263
054/751-481
28-030

RADNA JEDINICA ZADAR

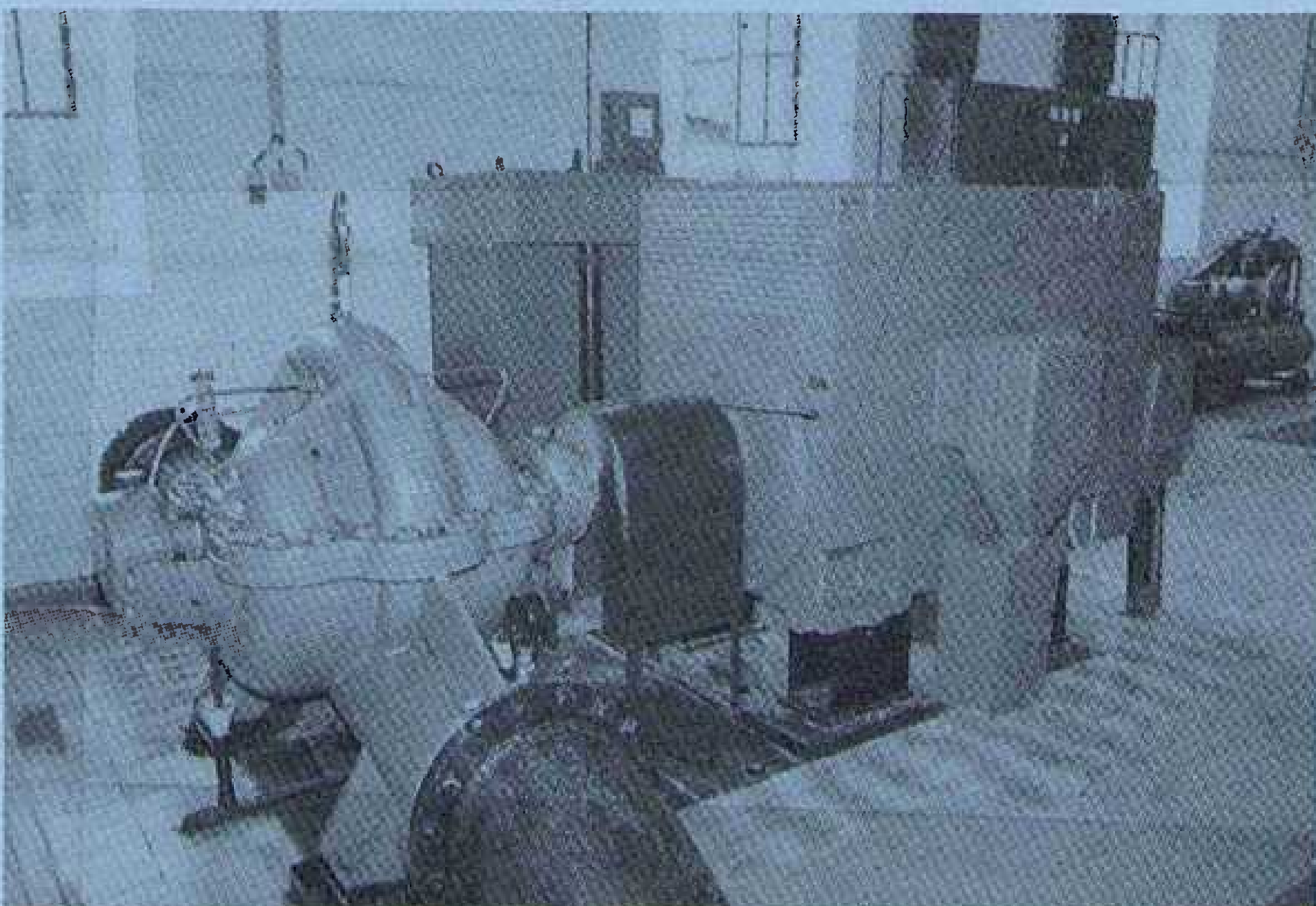
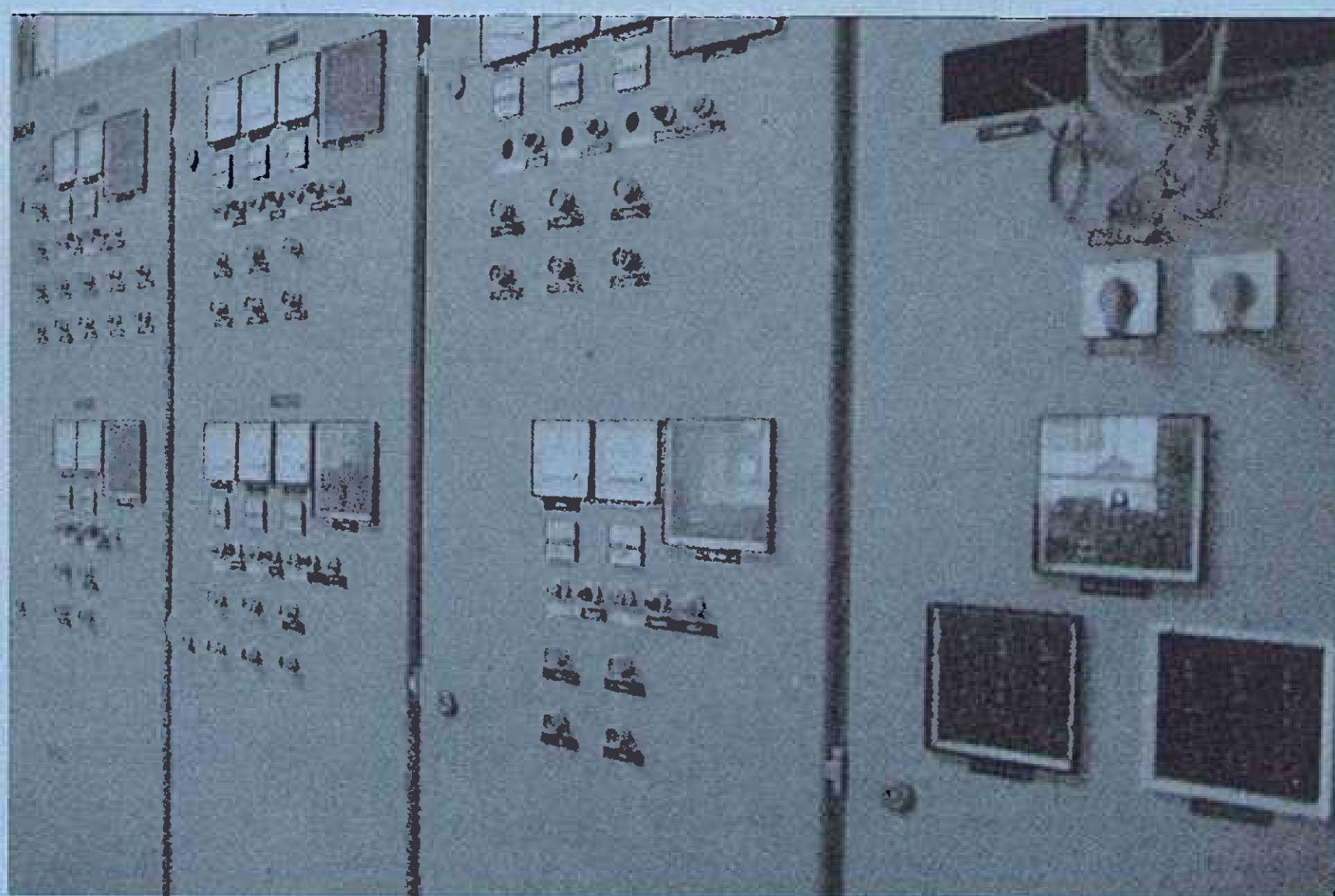
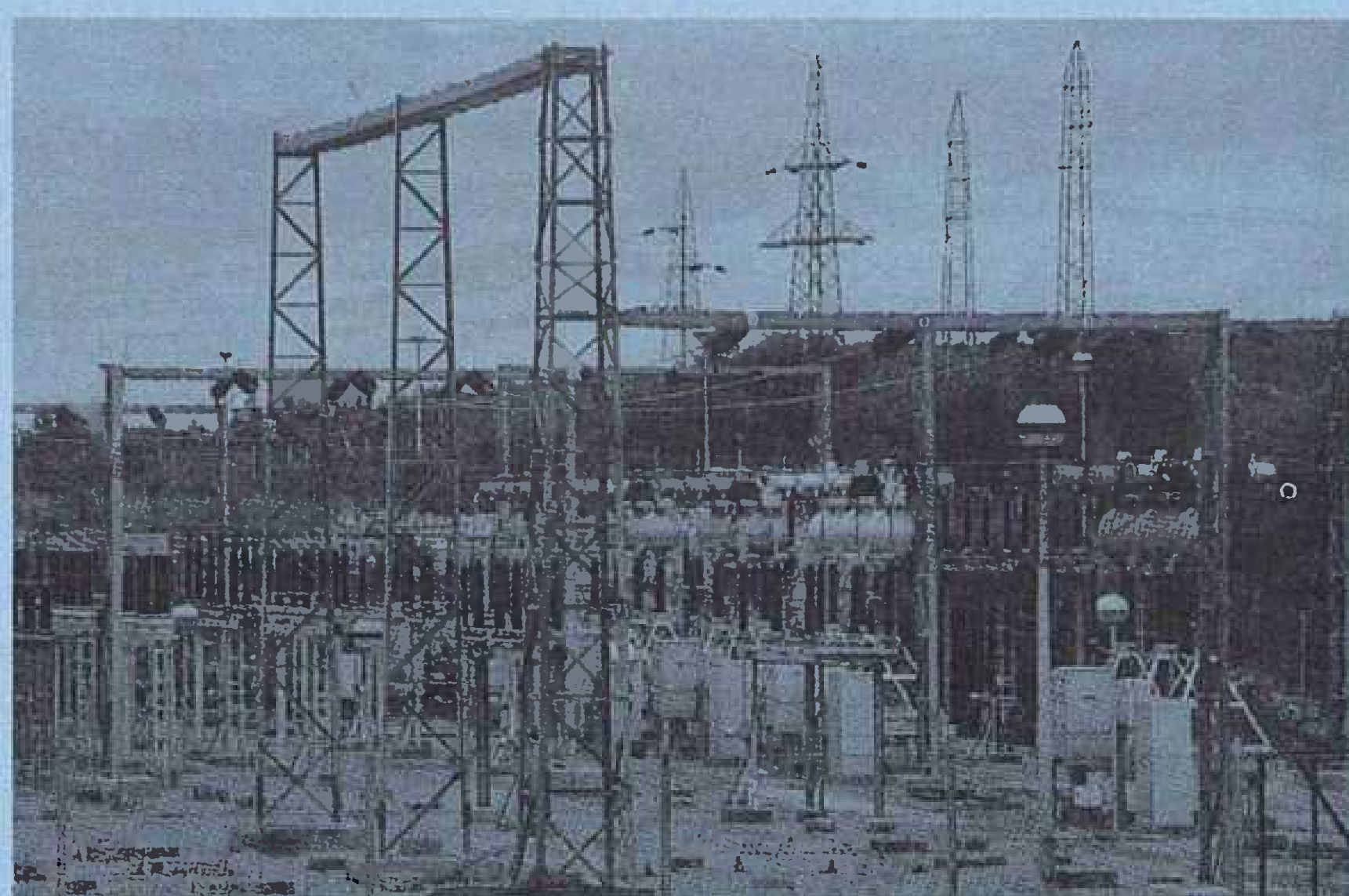
Tel: 057/24-440
057/24-844
27-236

Obavljajući djelatnost prometa roba i usluga u trgovini 117-tom granom »Elektromaterijal« opskrbljuje slijedeće najznačajnije potrošače: Elektroprivredu, brodograđevnu i ostalu industriju, građevinska, montažerska, PTT i ostala poduzeća i korisnike, kao i trgovinu na malo.

Organizirani smo u tri sektora, u okviru kojih su specijalizirane poslovnice.

Izvan sjedišta poduzeća posluju tri vanjske radne jedinice sa skladištima, komercijalnim i ostalim pratećim službama i to u: Zagrebu, Zadru i Podravskoj Slatini te razgranatom putničko-predstavničkom mrežom po cijeloj zemlji.

Imajući u vidu bogatstvo asortimana, dnevno prisutnog na našim skladištima, veliko iskustvo u obavljanju ove značajne funkcije u društvenoj reprodukciji, kao i solidnost u dosad povjerenim poslovima, želja nam je da i ubuduće uživamo Vaše povjerenje.



IZVEDBENE MOGUĆNOSTI ZA BRZU SANACIJU RATNIH ŠTETA NA DALEKOVODIMA OD 10 kV DO 400 kV

Ivan Grozdanić, Zagreb

UDK 621.315.1

STRUČNI ČLANAK

Prikazano je tipizirano idejno rješenje brzoga popravka dalekovoda visokog napona 110 kV, 220 kV i mreža srednjeg napona 10, 20 i 35 kV. U idejnom projektu brzoga popravka 110, 220 i 400 kV nastalom u prosincu 1990. godine zasebno je obrađeno idejno rješenje brzoga popravka 400 kV koje se navodi u drugom dijelu ovoga članka.

Idejna rješenja urađena su da bi se brzo sanirali trajni kvarovi i havarije koje se događaju u eksploataciji pri normalnom vremenu i nevremenu. U tekućim ratnim okolnostima brzi popravak je doraden rješenjima stupova za sanaciju mreža srednjeg napona 10, 20 i 35 kV. Ovim prikazom obuhvaćena je tehnološka cjelina s tipskim građevinskim i sličnim elektromontažnim elementima i rješenjima za sanacije i brzu izgradnju distributivnih vodova 10, 20, 35 kV i elektroprijenosnih dalekovoda 110 i 220 kV.

Ključne riječi: popravak dalekovoda, tipizacija dalekovoda, stupovi dalekovoda.

DALEKOVODI 10 kV, 20 kV, 35 kV, 110 kV i 220 kV

Uvod

Kao plod višegodišnjeg iskustva u poduzeću »Dalekovod« razvijeni su tipski stupovi osnovnih rješenja visine do 15 m za vodove do 25 kV, »Dalekovod 83« [1]. Tipizirana su 4 nosiva stupa i 6 zateznih stupova za različite uvjete opterećenja. Stupovi se izrađuju od 3 podjednake etaže. Razrađeno je više simetričnih glava, nesimetrične i specijalne glave stupova. Stupovi su predviđeni za čelično-aluminijska užeta 35/6 — Al/č do 150/25 — Al/č, kao i druga užeta prema IEC, BS, ASTM, DIN.

Stupovi »Dalekovod 83« potpuno odgovaraju tipizaciji ZEOH T 022-03 [2]. Sve veća upotreba tipskih stupova potakla je autora da potraži tipizirana rješenja brzog popravka dalekovoda 110 i 220 kV primjenom tih stupova. Prva ideja je projektirati lagani novisi portalni stup sastavljen od tipskih elemenata primjenljiv u kutu skretanja trase do 20° bez upotrebe betona. Da bi se eliminirao otklon izolatorskih lanaca na stupu zbog vjetrova i skretanja trase vodiča valja ovjesiti na »V« izvedbi izolacije.

Za zatezne stupove treba primijeniti drveni sidreni jarbol za jedan vodič. Brzi popravak treba redovito izvoditi upotrebom nosivih stupova. Zatezne stupove valja primijeniti samo za preuzimanje vodiča srušenog dalekovoda, u trasi popravka iznimno, zbog težih terenskih uvjeta ili nužne promjene naprežanja vodiča privremenog voda. Stupove ne treba kontrolirati na izvanredne uvjete opterećenja. Preliminarna statička kontrola pokazuje primjenljivost odabranih rješenja. Brz popravak, osim izvanrednog opterećenja stupova, **izvediv je u skladu s važećim pravilnikom** kao privremeni popravak ili popravak za duže trajanje [3]. Brzi popravak izvodio bi se po obilaznoj

ili postojećoj trasi havariranog dalekovoda. Za brzi popravak potrebno je osigurati resurse.

Građevinska i elektromontažna rješenja

Razrađena su idejna rješenja za primjenu tipskog nosivog stupa 10, 20 kV u izvedbi nosivog portalnog stupa za jednosistemske i dvosistemske dalekovode 110 i 220 kV. Dodatno su prema izloženoj koncepciji izrađena idejna rješenja za primjenu tipskog stupa u izvedbi samonosivog stupa za jednostruke i dvostruke distributivne vodove srednjeg napona 10, 20 i 35 kV.

Za zatezne stupove srednjeg napona predviđa se primjena tipskog zateznog stupa »Dalekovod 83«.

Selekcijom po kriteriju sličnosti s postojećim vodovima za elektromontažna rješenja distributivnih vodova predviđene su glave stupova tipa »jela« i »bačva«. Po potrebi mogu se primijeniti i druge glave stupova prema katalogu »Dalekovod 83«.

Za zatezne stupove 110 i 220 kV predviđeni su drveni sidreni jarboli od impregnirane oblovine potrebne visine 8,5 m od tla do zavješanja vodiča 110 i 220 kV. U slučaju većih problema za nabavu jarbola preporučuje se istražiti rješenje stupova od čeličnih cijevi.

Alternativno za napon 110 i 220 kV moguće je razraditi čelično-rešetkasti portalni zatezni stup primjenom tipskog zateznog stupa »Dalekovod 83«. Ocjenjuje se da bi ovako razrađena alternativa rezultirala s više materijala i radova te je navedena samo kao mogućnost.

Stabilnost nosivih i zateznih stupova postizala bi se zategama i sidrima. Stupovi se sidre prema priloženim idejnim nacrtima stupova i idejnom rješenju brzog popravka 110 i 220 kV vodova.

Za brzu sanaciju jednosistemskih i dvosistemskih dalekovoda 10, 20, 35, 110 i 220 kV predviđa se upotreba tipskih građevinskih elemenata i jednostavnih rješenja.

Samonosivi stupovi 10, 20 i 35 kV postižu se primjenom tipskog nosnog stupa NAL i tipskih konzola.

Portalni nosivi stupovi 110 i 220 kV postižu se primjenom tipskog nosnog stupa NAH, i dvije prečke za 110 i 220 kV. Za stabilnost stupova koriste se prsteni s hvatištima za zatege i sidra.

Za zatezni stup srednjeg napona predviđa se primjena tipskih zateznih stupova »Dalekovod 83«. Glave zateznih stupova 10, 20 i 35 kV postižu se upotrebom adekvatnih tipskih konzola.

Zatezni stupovi 110 i 220 kV izvodili bi se kao zatezna čvorišta s jednakim jarbolima od tvrdog drva. Za napon 220 kV u čvorištu Z6 jarboli se dodatno ojačavaju nogarima.

Zatezna čvorišta za dvosistemske dalekovode izvodila bi se analogno.

Za preuzimanje vodiča srušenog voda predviđaju se zatezna čvorišta s dva jarbola po vodiču, Z6.

Za zatezni stup unutar interventnog voda, tj. one diionice voda s kojom se supstituira oštećeni dio voda, predviđa se zatezno čvorište s jednim jarbolom po vodiču, Z3.

Od građevinskih elemenata nosivih portala 110 i 220 kV razlikuju se prečke.

Prečka za napon 110 kV duga je 7 m. Masa prečke iznosi 150 kg. Prečke za napon 220 kV 11,5 m imaju masu oko 230 kg.

Alternativno se preporučuje razrada drvenih prečki istih dimenzija.

Dva usidrena stupa i jedna prečka na vrhu (TT) tvore jednosistemski nosivi stup, a tri stupa i dvije prečke na vrhu (TTT) čine dvosistemski stup.

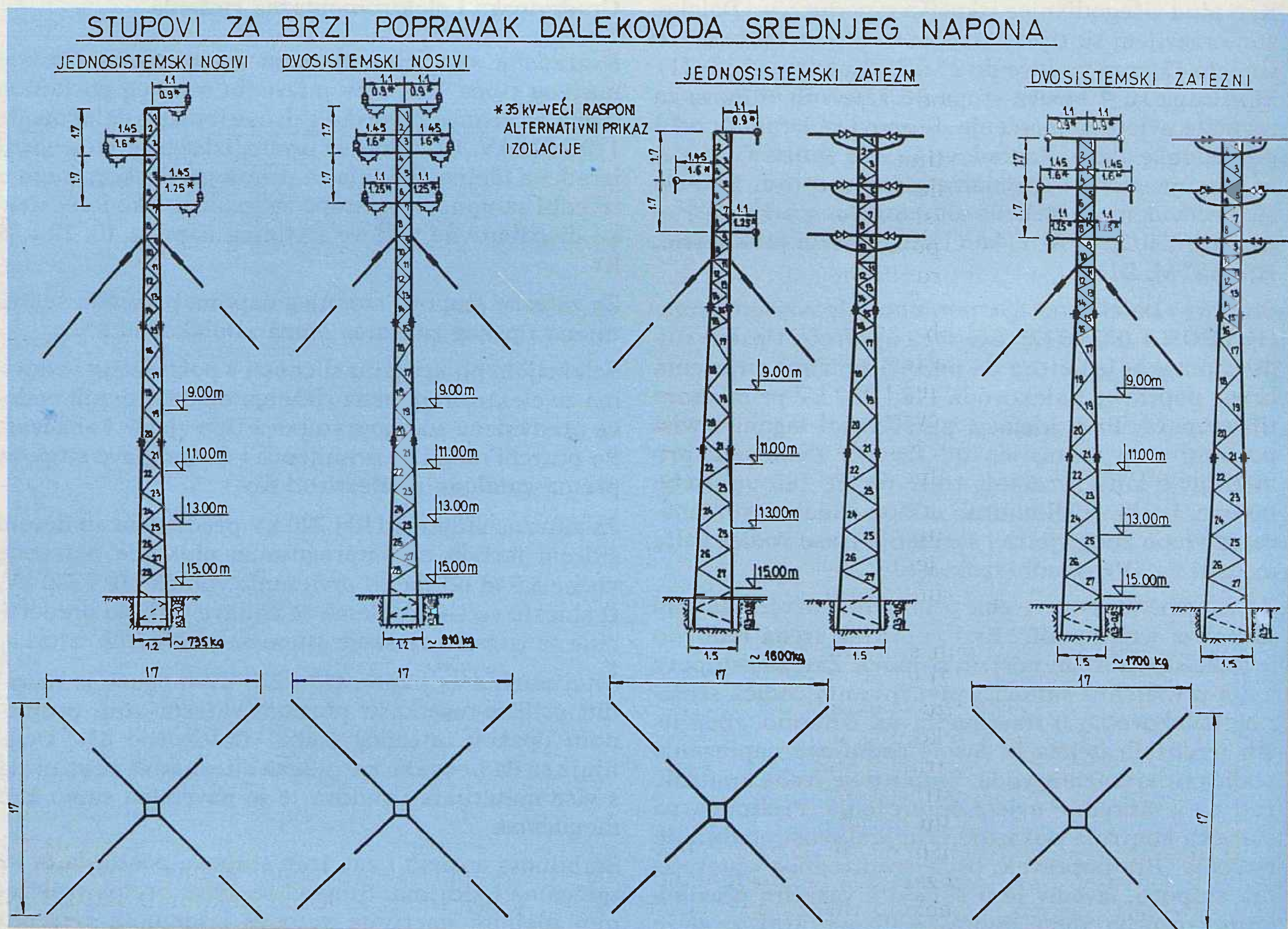
Brzi popravak izvediv je raspoloživim nosivim stupovima različitih nazivnih visina prema katalogu »Dalekovod 83«.

Optimalno brz popravak postiže se stupovima nazivne visine 15 m, mase 469 kg NAH i NAL »jela« oko 730 kg, »bačva« oko 810 kg.

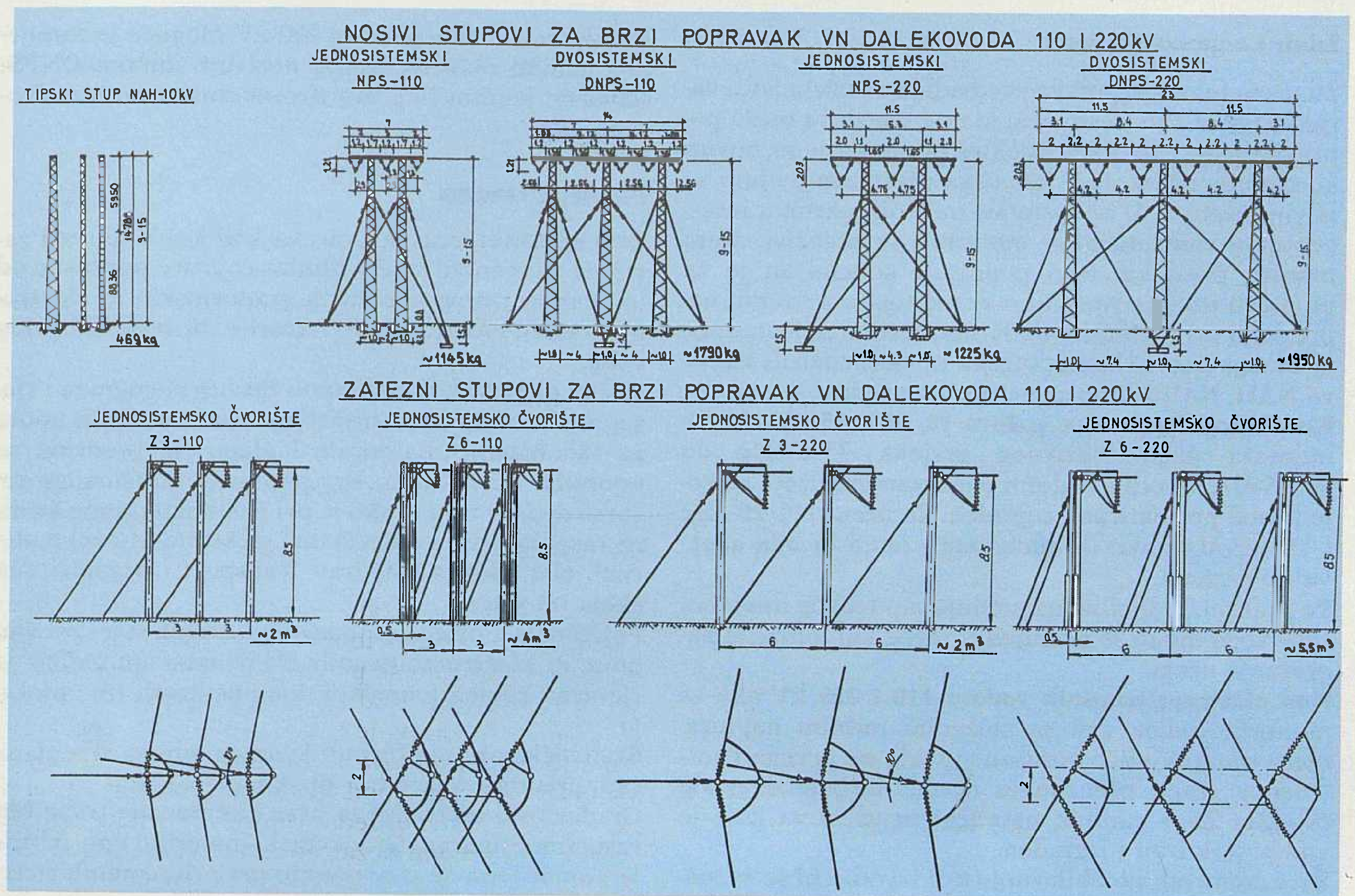
Na priloženim idejnim nacrtima stupova evidentna su idejna elektromontažna rješenja (sl. 1 i sl. 2).

Temeljenje i sidrenje

Na trećoj etaži — glavi svih nosivih i zateznih stupova na vodovima distributivne mreže prije podizanja stupova montiraju se prsteni s hvatištima za zatege, mase oko 12,5 kg. Kod stupova 10, 20 i 35 kV prsten se montira jedno polje ispod donje konzole 0,85 m. Kod portalnih stupova 110 i 220 kV prsten se montira približno 3,5 m ispod vrha stupa NAH. Predviđena su dva tipa prstena. Jedan tip za sve nosive stupove NAL i NAH i jedan za zatezne stupove 10, 20 i 35 kV.



Slika 1.



Slika 2.

Sidrenje drvenih jarbola izvodi se prema prikazu zateznih čvorišta (na sl. 2).

Na lociranim stupnim mjestima svi nosivi i zatezni stupovi 10, 20 i 35 kV postavljaju se u temeljne stope koje se polažu u prethodno iskopane temeljne rupe. Stupovi iste nazivne visine polažu se u jednake temeljne stope izrađene od profiliranog čelika, mase oko 15 kg.

Iskop temeljnih rupa nosivih i distributivnih zateznih stupova izvodio bi se na terenima različite geološke građe. Dubina rupa zavisila bi od procijenjene nosivosti i kategorije tla. Na čvrstom tlu dubina rupa ne bi trebala prelaziti 0,3 m. Na mekom tlu rupe bi se kopale 0,6 m ili maksimalno do dubine smrzaivanja 0,8 m.

Temelji zateznih drvenih stupova za 110 i 220 kV vodove razradili bi se za jednu nosivost tla 150 kN/m². Rješenja temelja primjenjivala bi se i za povoljnije uvjete temeljenja.

Za zatege nosivih i zateznih stupova predviđeno je čelično uže 6 × 19 6(1 + 6 + 12) + J, d = 14 mm. Odgovarajuće sile u zategama postižu se ugrađenim zatezačima. U zategama stupova s kojima se brzi popravak izvodi kao rješenje za duže trajanje uz zatezač se ugrađuje jedan stakleni kapasti izolator U 120 BS.

Sidrenje zatege u čvrstom tlu izvodi se tako da se u bušotine zabiju rebrasti čelični profili. U mekšem tlu sidro je jedan ili najviše tri zabijena međusobno povezana čelična profila. U mekom tlu izuzetno se za sidro predviđa do 1,5 m dubine ukopana s potkopom drvena oblica.

Izbor rješenja

Brzi popravak prema aktualnim tendencijama u HEP-u izvodi se kao privremeno rješenje ili rješenje za duže trajanje. Svaki vod je specifično rješenje. Uzemljenje stupova brzoga popravka i izolacija izvode se zavisno od izbora potonjeg rješenja.

Privremeno rješenje

Privremeno rješenje gradi se na određeno vrijeme. Stupovi se ne uzemljuju. Izolacija privremenog rješenja je minimalna, potrebna bez zaštitne armature. Za napone 10 i 20 kV i vodiče do 95/15-Al/č izolacija su potporni izolatori. Za vodove 10, 20 kV i vodiče 120/20-Al/č i 150/25-Al/č izolacija su kapasti izolatori U 120 BS u nosnoj jednostrukoj i »V« izvedbi i zateznoj jednostrukoj izvedbi.

Za 110 i 220 kV izolacija su nosni »V«, jednostruki nosni pomoćni i jednostruki zatezni izolatorski lanci.

Rješenje za duže trajanje

Za brz popravak dužega trajanja primjenjuju se rješenja izolacije s potpornim ili kapastim izolatorima, potrebnih mehaničkih i dielektričkih karakteristika sa zaštitnom armaturom na vodovima 35 kV i dalekovodima 110 i 220 kV. Potporni izolatori i izolatorski lanci zadovoljavaju napone prema važećem Pravilniku. Stupovi se uzemljuju prema Pravilniku. U zatege se ugrađuje po jedan izolator U 120 BS. Na skicama stupova prikazana su idejna rješenja izolacije.

Izbor i naprezanja užeta

Za užeta brzog popravka predviđaju se užeta istih karakteristika kao postojeća. Manje oštećena užeta popravljaju se. Oštećeni dijelovi zamjenjuju se novim komadima užeta. Jače oštećena užeta zamjenjuju se novim užetom. U nedostatku traženih užeta, u interventnom vodu mogu se montirati raspoloživa užeta manjeg presjeka. Brzi popravak koncipiran je za montažu užeta s različitim vrijednostima radnih naprezanja pri različitim dodatnim teretima. Konceptija brzoga popravka i upotreba tipskih nosivih stupova NAH, NAL i zateznog stupova izvediva je:

Kod brzoga popravka vodova 10, 20 i 35 kV ako se montaža užeta nazivnog prsjeka 35/6-Al/č do 95/15-Al/č izvodi s radnim naprežanjem užeta za koje je vod projektiran i izgrađen. Za užeta 120/20-Al/č i 150/25-Al/č, ako ih bude, naprezanja bi bila adekvatno snižena.

Po potrebi, u dijelovima srednjonaponskog interventnog voda mogu se primijeniti razne kombinacije naprezanja užeta.

Kod elektroprijenosnih vodova 110 i 220 kV ako se montaža vodiča vrši sa sniženim radnim naprežanjem užeta. Vodiče porušenog voda od prvoga neoštećenog stupa preuzimaju drveni jarboli zateznog čvorišta Z6, s radnim naprežanjem užeta za koje je vod projektiran i izgrađen.

Brzi popravak po obilaznoj trasi izvodio bi se sa sniženim naprežanjem vodiča 40, 50, 65 i 75 N/mm². Zaštitno uže se sidri na prvom zdravom stupu. Popravak po postojećoj trasi izvediv je primjenom naprezanja za koje je vod projektiran i izgrađen ili sniženih radnih naprezanja vodiča.

Procjena zamjene trajno oštećenih stupova nosivim i zateznim tipskim stupovima i zateznim čvorištima

Kod jednostrukih i dvostrukih vodova 10, 20 i 35 kV za zamjenu jednoga nosivog porušenog stupa bit će potreban najmanje jedan nosivi stup za brz popravak s pripadajućim građevinskim i elektromontažnim elementima.

Zamjena zateznog distributivnog stupa u kutu loma trase 160° – 180° zahtijevat će najmanje jedan nosivi ili zatezni stup.

Zamjena zateznoga distributivnog stupa u kutu skretanja trase 120° – 160° zahtijevat će najmanje jedan zatezni stup, a ponekad jedan nosivi i jedan zatezni stup.

Za zamjenu jednoga jednosistenskoga nosivog stupa 110 i 220 kV potreban je najmanje 1 a ponekad i 2, jednosistemska nosiva portalna stupa NPS.

Zamjena jednoga dvosistenskoga nosivog stupa zahtijevat će jedan ili dva dvosistemska nosiva stupa DNPS.

Zamjena jednoga jednosistenskoga zateznog stupa 110 i 220 kV zahtijevat će jednosistenski nosivi stup NPS ili 2 zatezna čvorišta, jednosistemska Z3 ili Z6.

Zamjena jednoga dvosistenskoga zateznog stupa 110 kV izvediva je s jednim dvosistenskim nosivim stupom DNPS odnosno s jednim ili dva zatezna čvorišta dvosistenskog voda 2Z3 s ojačanim jarbolima.

Dvosistenski zatezni stup 220 kV moguće je zamijeniti jednim dvosistenskim nosivim stupom DNPS, odnosno jednim ili s dva dvosistemska zatezna čvorišta, 2Z6.

Problemi resursa

Brzi popravci trajnih kvarova kod kojih se traži zamjena elemenata mreže obuhvaćaju sve popravke od najmanjih trajno oštećenih građevinskih ili elektromontažnih elemenata do havarije dijelova ili cijelog voda.

Za brz popravak korištenjem tipskih elemenata i rješenja potrebno je planirati resurse i razraditi upute za skladištenje materijala i alata. Ne predviđa se upotreba novih alata. Brz popravak korištenjem resursa djelotvoran je ako je pri nastanku tajnog kvara na raspolaganju građevinski i elektromontažni materijal, alat, ako je osiguran transport i organizirana ekipa izvođača.

Pojedinačna oštećenja konzola i drugih dijelova stupova ili elektromontažnih elemenata optimalno je rješavati prema tehničkoj dokumentaciji tih objekata.

Statistička obrada trajnih kvarova omogućuje planirani pristup proizvodnji tipskih elemenata.

Građevinski materijal za brze intervencije treba biti resursno osiguran. Građevinski materijal upotrebljiv je i amortizira se u najmanje pet privremenih rješenja.

Elektromontažni materija, izolacija i užeta većim dijelom treba biti resursno osiguran.

Za veće količine građevinskog i elektromontažnog materijala rješenja treba tražiti u poslovnoj suradnji zainteresiranih.

Građevinski i elektromontažni materijal izvedenoga privremenog popravka predstavlja resurs upotrebljiv nakon demontaže za novi privremeni popravak ili za izgradnju odnosno rekonstrukciju sve starije distributivne mreže.

Na sl. 1. i sl. 2 dani su prikazi idejnih rješenja stupova za brz popravak dalekovoda srednjeg napona i stupova za brz popravak dalekovoda visokog napona 110 i 220 kV. Uz stupove su navedene približne mase čelične konstrukcije, računajući prstene i stope stupova i približne količine oblovine zateznih čvorišta.

Sažetak

Idejnim rješenjima za brze popravke i izgradnju nadzemnih vodova 10, 20, 35, 110 i 220 kV omogućuje se:

1. primjena lakih čelično rešetkastih tipskih stupova, bez upotrebe betona, pogodnih za proizvodnju, skladištenje, transport, podizanje i izvedbu elektromontažnih radova,
2. poštivanje odredbi važećeg pravilnika za vodove do 35 kV u klimatskim zonama pritiska vjetra 600 N/m² i dodatnog tereta 0,18/d kg/m,
3. poštivanje odredaba Pravilnika, osim odredbe o izvanrednom opterećenju stupova u klimatskim zonama većeg pritiska vjetra od 600 N/m² i dodatnog tereta od 0,18/d kg/m,

4. primjena jednakih građevinskih elemenata za jednosistemske i dvosistemske nosive stupove 110 i 220 kV, kao i jednakih elemenata za distributivne nosive i distributivne zatezne stupove te jednakih jarbola i nogara za zatezne stupove 110 i 220 kV,
5. primjena lagane prečke iste konstrukcije za jednosistemske i dvosistemske nosive portalne stupove 110 kV i isto takve prečke za stupove 220 kV, kao i alternativna primjena adekvatnih drvenih prečki,
6. minimalna upotreba zateznih stupova (čvorišta),
7. primjena tipskih temeljnih stopa, jednostavnih temeljnih rješenja i rješenja stabilizacije stupova,
8. praktična rješenja izolacije,
9. montaža užeta zatečenog presjeka i standarda, kao i montaža užeta drugih standarda i manjih presjeka,
10. brzi popravak i obnova za duže trajanje ratnih šteta na dalekovodima korištenjem tipiziranih višenamjenskih građevinskih elemenata i jednostavnih građevinskih i elektromontažnih rješenja,
11. privremeno rješenje po obilaznoj trasi promjenjivog smjera, koje ne ometa definitivni popravak,
12. povoljan prosječni raspon sa znatnom uštedom na materijalu i radovima,
13. planirani pristup nabavi, proizvodnji i izgradnji,
14. građevinski i elektromontažni resurs upotrebljiv nakon demontaže za izgradnju nove i obnovu starije srednjonaponske mreže.
15. napuštanje improvizacija,
16. implicite bolja organizacija obnove ratnih šteta na dalekovodima visokog i srednjeg napona.

Zaključak

Napori uloženi na afirmaciji ovoga rješenja daju pozitivne rezultate. Izgrađen je privremeni dalekovod za napajanje Zadra. Primijenjen je jednosistemski stup na slici 1 za napon 110 kV.

JEDNOSISTEMSKI DALEKOVODI 400 kV

Na osnovi ideje brzog popravka dalekovoda 110 i 220 kV pristupilo se i traženju rješenja za dalekovod 400 kV. Idejno rješenje brzog popravka 400 kV slično je rješenjima 110 i 220 kV.

Rješenje omogućuje zamjenu jednog, dva, tri ili više trajno oštećenih nosivih stupova po postojećoj ili obilaznoj trasi. U pravilu, stupovi brzog popravka trebaju biti dovoljno udaljeni od oštećenih stupova kako ne bi ometali radove na trajnom popravku.

Prema ideji brzoga popravka za zatezni stup traži se prihvatljivo rješenje.

Provedena je analiza mogućih rješenja za zamjenu havariranoga zateznog stupa. Pokazalo se da se zamjena zateznog stupa može postići primjenom nosivih kutnih stupova NPS-400. Kod zateznih kutnih

stupova prednost u rješavanju trase brzoga popravka treba dati rješenju u unutrašnjem kutu loma trase havariranoga dalekovoda.

U idejnom rješenju brzoga popravka 400 kV nastalom u prosincu 1990. prikazano je rješenje po postojećoj trasi i alternativno rješenje izvan postojeće trase. Rješenje izvan postojeće trase koristi obilaznu trasu nepoznatog profila, koja u danim uvjetima nije uvijek izvediva. Za izvedbu po obilaznoj trasi brz popravak produžuje se za pregled i izradu uzdužnog profila.

Postojeći neoštećeni i novi nosivi stupovi s kutom loma trase do 15° dobili bi zatege sa sidrima.

Stupovi i temelji

Jednosistemski nosivi stup idejno je riješen kao portalni sidreni stup upotrebljiv u kutu skretanja trase 165° – 180° s dva nosiva tipska stupa 110 kV u portalu.

Stup bi odgovarao klimatskim uvjetima izvedenog stanja trajno oštećenog voda. Na dionicama voda izgrađenim za uvjete istovremenoga djelovanja vjetra i zaleđenja stup bi se primjenjivao za tlak vjetra 1300 N/m² i dodatni teret od leda bez istovremenoga djelovanja. Prečka portala montira se na visini gornjih konzola, a hvatišta sidra adaptiraju se na visini donjih konzola stupova portala. Visina stupa do prečke 19.95 m odgovara zahtjevu da jedan trajno oštećeni nosivi stup na bilo kojem mjestu u mreži 400 kV bude uspješno zamijenjen dvama stupovima za brz popravak za dva dana.

Tehnička dokumentacija razradila bi se za brz popravak dijelova stupova i za zamjenu jednog ili više trajno oštećenih nosivih i zateznih stupova. Stupove ne bi trebalo kontrolirati na izvanredne uvjete opterećenja.

Dva trajno oštećena nosiva stupa mogla bi se privremeno zamijeniti sa tri stupa za tri dana. Za zamjenu tri trajno oštećena stupa potrebno je 5 stupova za brz popravak i najmanje 4 radna dana.

Temelji stupova i sidra razradili bi se za tri vrste tla; stijenu, fliš i meko tlo. Temeljenje stupova izvodilo bi se na temeljnim stopama postavljenim u temeljnim rupama.

Dubina temeljnih rupa određuje se prema vrsti tla i iznosi od 0.3 m u čvrstom tlu, do dubine smrzavanja 0.8 m u mekom tlu.

Stabilnost stupova postiže se sidrenjem čeličnim užetima (zategama) sa zatezačima uz postizanje odgovarajućih sila u zategama. Sidra su od 1 do 3 u bušotine zabijeni međusobno povezani profili od reb-rastog čelika. U mekom tlu sidro je s potkopom ukopana drvena oblica.

U terenima slabe nosivosti ispod stupova postavljaju se stope povećane površine.

Elektromontažna rješenja

Idejno rješenje predviđa izvedbu brzog popravka uz upotrebu užeta postojećeg tipa i presjeka. Primjenjuju se radna naprezanja užeta za klimatske uvjete izvedenog stanja.

Za montažu vodiča dalekovoda koriste se nosni izolatorski lanci u »V« izvedbi koji se zbog djelovanja vjetra ne otklanjaju i zatezni izolatorski lanci. Predviđeni izolatorski lanci sastavljeni su od staklenih kapastih izolatora U 160 BS.

Za kreaciju stupa s maksimalnim skraćanjem prečke bila je potrebna manja izmjena geometrije »V« izolatorskog lanca, što ne bi trebalo imati utjecaja na dielektričke karakteristike lanca. Eventualno drugi upotrijebljeni izolatori trebaju imati elektromehaničko prijelomno opterećenje 160 kN i ispitni protokol za odabrani lanac.

Predviđeni izolatorski lanci upotrebljivi su i za trajni popravak dalekovoda.

Zaštitno uže montira se na stupovima portala prema tipskom rješenju 110 kV uz montažu postojećega zaštitnog užeta.

Uzemljenje stupova se ne predviđa. U zategama na mjestima nepristupačnim za dodir sa zemlje postavlja se po jedan kapasti izolator (U 160 BS) za odvajanje od gornjih dijelova stupa.

Tipizacija rješenja

Nosivi stup sastavljen je od dva tipska stupa 110 kV nazivne visine 14.95 bez konzola. Na visini gornje konzole stupova montira se prečka ukupne dužine 21.5 m. Prečka je sastavljena od tri podjednaka dijela s izvedenim hvatištima za ovješene izolatorskih lanaca. Na vrhu stupa je tipsko rješenje ovješnja zaštitnog užeta broj kataloga 75.45.25 sa stezaljkom za postojeće uže.

Temeljni dio stupa skraćuje se na dužinu koja odgovara dubini temeljne rupe, 0.3 – 0.8 m.

Na visini donje konzole stupova adaptiraju se hvatišta zatega od stupa do sidra.

U razradi tehničke dokumentacije po kriteriju brzog pristupa popravku definirale bi se minimalne količine građevinskog i elektromontažnog materijala za skladište.

Rješenja brzog popravka moraju težiti da trajno oštećen stup bude zamijenjen za dva dana na bilo kojem mjestu u mreži.

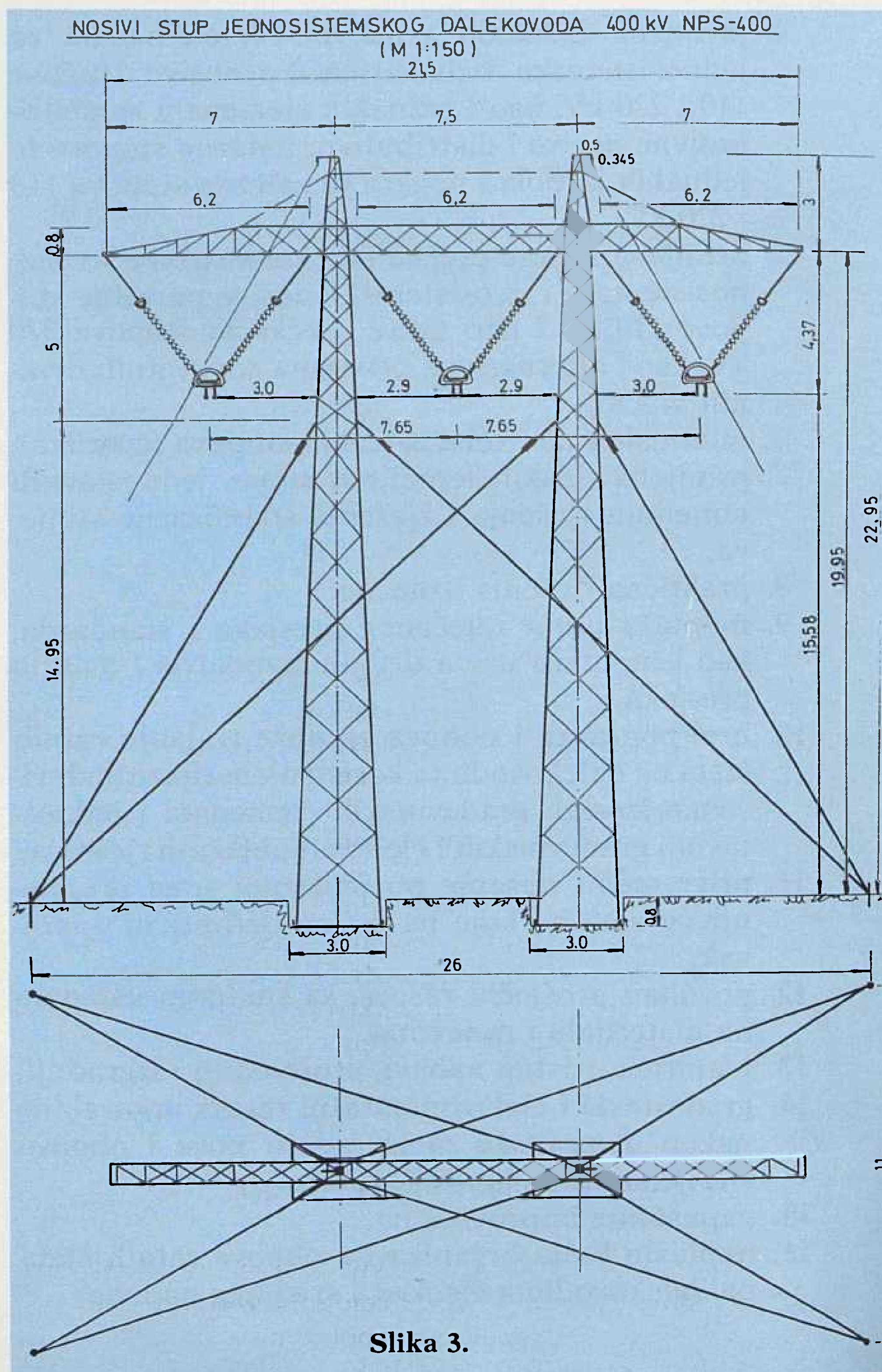
Na sl. 3. dano je idejno rješenje stupa za brz popravak NPS-400. U idejnom rješenju brzog popravka 400 kV dalekovoda nalazi se izolatorski lanac »V« i primjer uzdužnog profila s prikazom razmještaja stupova privremenog popravka za zamjenu jednog, dva i tri trajno oštećena nosiva stupa.

LITERATURA

- [1] »Dalekovod 83« čelično-rešetkasti stupovi za distributivne vodove napona do 25 kV, Dalekovod, Zagreb
- [2] Tipizacija 10, 20 kV vodova sa čelično-rešetkastim stupovima
- [3] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova nazivnog napona 1 kV do 400 kV

FAST REPAIR FEASIBILITY POSSIBILITIES OF WAR DAMAGE ON THE 10 TO 400 kV TRANSMISSION LINES

Standardized conceptual solution for the fast repair of the transmission lines of high-voltage, 110 and 220 kV and mid-voltage network, 10, 20 and 35 kV is shown. In the conceptual project of the fast repair of 110, 220 and 400 kV that was created in December 1990, the conceptual project of the fast repair of 400 kV is separately worked out and stated in the second part of this paper.



The conceptual projects are done for the fast restoration of permanent faults and accidents that occur during exploitation by normal weather and storms. In the current war situation the fast restoration is accomplished by towers for reparation of mid-voltage network of 10, 20 and 35 kV. The survey includes the technological entirety and the standardized construction as well as similar electric installation parts and projects for the restoration and fast construction of the distribution lines of 10, 20, 35 kV and transmission lines of 110 and 220 kV.

AUSFÜHRUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR DAS SCHNELLE BEHEBEN DER KRIEGSBESCHÄDIGUNGEN BEI ÜBERLANDSLEITUNGEN VON 10 kV bis 400 kV

Hier schildert man eine typisierte Ideenlösung des schnellen Schadenbehebens der Hochspannungsüberlandsleitung 110 kV, 220 kV und der Netze der mittleren Spannung 10, 20 und 35 kV. In diesem, im Dezember 1990 entstandenen Projekt, wurde separat die schnelle Schadenbehebung von 400 kV bearbeitet, was im zweiten Teil dieses Artikels angeführt wird.

Die Ideenlösungen wurden wegen der schnellen Schadenbehebung der Dauerbeschädigungen und Ausfälle zu denen es bei normalem Wetter und beim Unwetter kommt, ausgearbeitet.

In den gegenwärtigen durch den Krieg verursachten Situationen wurde die schnelle Schadenbehebung durch Masten für die Behebung der Schäden an Mittelspannungsnetzen 10, 20 und 35 kV ergänzt. Mit dieser Arbeit wurde auch die technologische Seite mit typisierten Bau und ähnlichen Elektromontageelementen und Lösungen für die Behebung und den schnellen Ausbau distributiver Leitungen 10, 20, 35 kV und elektrowirtschaftlichen Überlandleitungen 110 und 220 kV umfasst.

Naslov pisca:

Ivan Grozdanić, inž. el. str.

»Dalekovod« Zagreb,

41000 Zagreb

Avenija Vukovar 37, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:

1992 – 05 – 08

OSIGURANA OPSKRBA PLINOM

Proizvodnim planom Naftaplina za 1992. godinu predviđena je proizvodnja prirodnog plina u količini jedne milijarde i 828 milijuna prostornih metara. U usporedbi s ostvarenom proizvodnjom prošle godine ovogodišnji plan je tek neznatno manji od prošlogodišnje realizacije. Da bi se zadovoljile potrebe potrošača, iz Rusije će se uvesti otprilike 810 milijuna prostornih metara. Proizvodnjom iz domaćih polja i uvoza Republika Hrvatska raspolagat će s ukupno 2,6 milijardi prostornih metara plina. Više od 60 posto ukupne domaće proizvodnje ostvaruju polja u Podravini (Molve, Kalinovac i Stari Gradac). Ostali dio proizvodnje dobila bi se iz starih i uveliko iscrpljenih ležišta, i to iz 18 polja na kojima će raditi 97 bušotina.

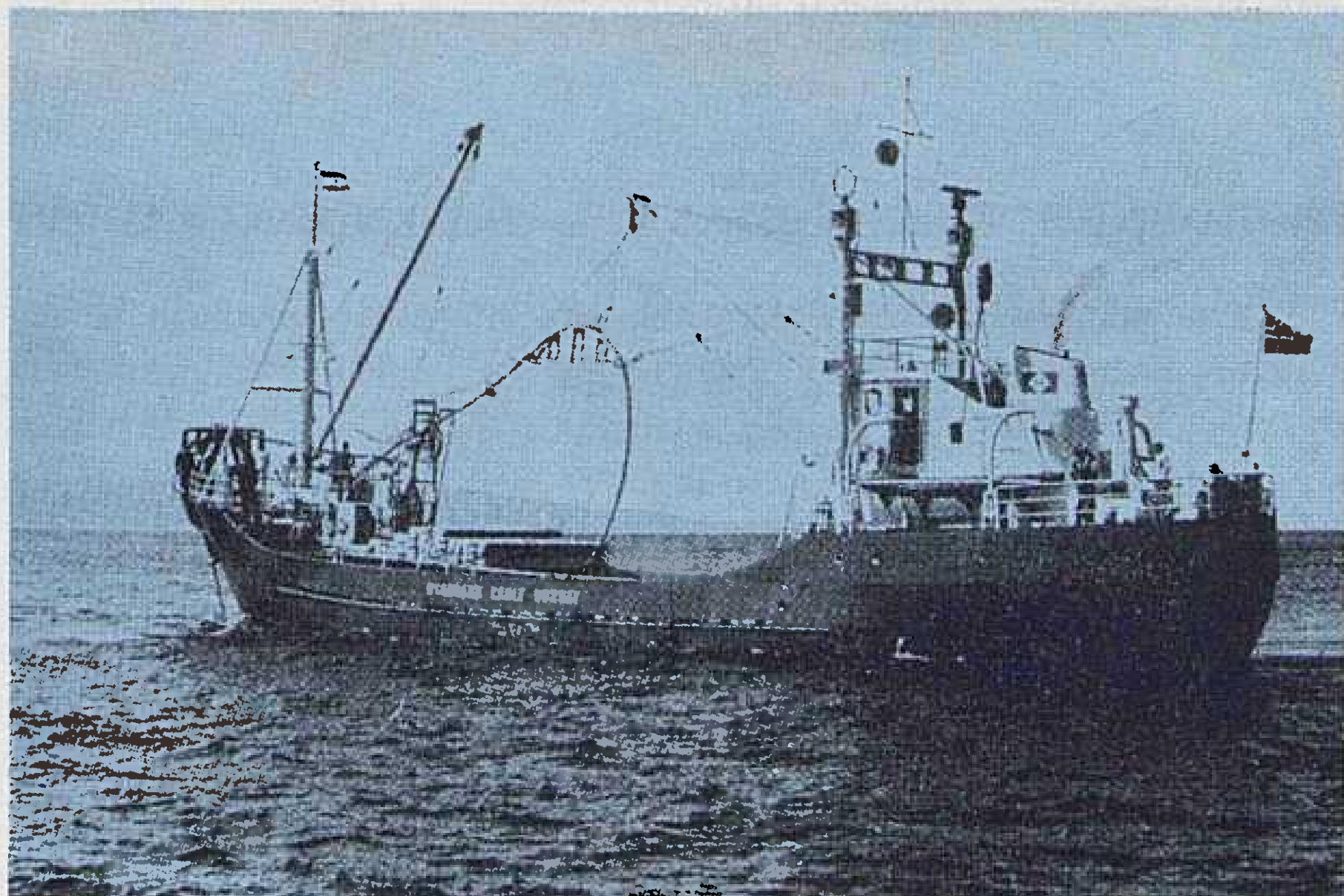
Da bi se ostvarila planirana proizvodnja, potrebno je na vrijeme obaviti redoviti godišnji remont bušotina i plinskih stanica na Molvama i osigurati reproduksijski materijal i rezervne dijelove. Raspoložive količine prirodnog plina, više od 2,6 milijarde prostornih metara, omogućit će opskrbu većih potrošača. Najviše plina dobit će tvornica umjetnih gnojiva u Kutini, zatim distributivna poduzeća i to najviše Gradska plinara u Zagrebu. Predviđena je isporuka oko 120 milijuna prostornih metara elektroprivrednim organizacijama za proizvodnju električne energije.

I. R.

POLAGANJE PODMORSKIH KABELA

U Planu razvoja i izgradnje elektroenergetskih objekata za 1992. godinu uvrštena je i problematika izgradnje podmorskih kabela. U našem podmorju položeno je ukupno 334 km podmorskih kabela od 10 do 110 kV, a od toga 45 km 110 kV uglavnom uljanih kabela inozemne proizvodnje. Presjeci položenih kabela kreću se od 16 mm² (10 kV) do 300 mm² (110 kV). Prema razvoju mreže RH trebalo bi do 2000. godine u podmorje položiti još oko 300 km novih kabela, od čega 119 km napona 110 kV.

Kabele 110 kV mahom uvozimo i njih polažu plovne jedinice isporučioaca, dok su kabeli nižeg napona uglavnom naše proizvodnje, a za njihovo polaganje nemamo u zemlji adekvatnog plovila ni mehanizacije.



Polaganje 110 kV kabela između otoka

Kad se oštete uljni 110 kV kabeli u moru, važno je što prije zaustaviti gubitak ulja. Inozemnom brodu, ako njime raspoložemo, treba oko 15 do 20 dana za početak intervencije, što može biti prekasno. Zbog potrebe polaganja kabel 10–35 kV i popravka kabela 10–110 kV potrebno je da u zemlji postoji nužna mehanizacija, dok se plovna jedinica može i iznajmiti. Sastoji se od stroja za polaganje, kočnice, vitla, specijalnih sidara i dr.

Za program su, osim HEP-a, zainteresirani i drugi korisnici (HPT, Ministarstvo pomorstva, »Dalekovod«, »Elka« i dr.) koji bi bili suinvestitori.

Program MORKAB bio je već u planu ZEOH-a 1989. godine, ali nije realiziran jer ga sufinancijeri nisu tada mogli financijski pratiti. Za realizaciju ovog programa najveći dio financijskih ulaganja osigurat će Hrvatska elektroprivreda.

I. R.

INA — PLAN BUŠAČIH RADOVA U 1992.

Pogon bušenja INE iz Zagreba ove godine predviđa izbušiti 91 710 metara, od čega 14 000 metara u inozemstvu. Od toga se planira izbušiti 56 510 istražnih i 35 200 razradnih metara. Istražni radovi planirani su u panonskom bazenu, gdje bi se trebalo izbušiti 39 010 metara, te 3 500 metara u Dinaridima (otok Brač).

Ove godine plan bušenja je znatno manji nego prošle godine, tako da sve garniture neće biti iskorištene.

Bušači trenutno rade u zemlji na sedam bušotina, od kojih je čak šest istražnih. Rad na tim bušotinama obuhvaća područje Podravske Moslavine, Bizovca i Lipovljana.

U inozemstvu su trenutno zaposlene sve tri platforme i jedno kopneno postrojenje. U Jadranskom moru platforma »Panon« već nekoliko mjeseci radi za talijansku tvrtku »Agip«. U ovoj godini INA je ugovorila bušaće radove za namučioce iz Libije i Tunisa.

I. R.

IZGRADNJA PROIZVODNIH OBJEKATA U 1992. GODINI

Upravni odbor Hrvatske elektroprivrede usvojio je Plan razvoja i izgradnje elektroenergetskih objekata za 1992. godinu. Plan obuhvaća nastavak radova na započetim objektima i nužne prethodne radove. Za pripremu izgradnje novih objekata potrebna su ulaganja od 36,5 milijardi HRD.

NE Krško

Skladište rezervnih dijelova

Skladište rezervnih dijelova za NE Krško je u izgradnji od 1989. godine. Izgradnji skladišta za rezervne dijelove i u sklopu njega i dijela uredskog prostora pristupilo se radi osiguranja odgovarajućeg prostora za rezervne dijelove. Dvršeni su glavni građevinski radovi i trebaju započeti obrtnički radovi. Objekt bi uz pravovremeno financiranje mogao biti dovršen do kraja 1992. godine

Prethodni radovi za proširenje skladišta radioaktivnog otpada (AO)

Za potrebe redovite proizvodnje NEK potrebno je tijekom sljedeće dvije godine proširiti postojeće skladište za odlaganje RAO niske i srednje gustoće. Sredstva planirana u 1992. godini utrošit će se za izvođenje prethodnih radova (tehnička dokumentacija, dozvole i investicijski program).

KBC — Centar za radijacijsku medicinu i zaštitu

Na temelju odluke iz dozvole za rad NE Krško, Hrvatska elektroprivreda je u obvezi da financira izgradnju Centra za radijacijsku medicinu i zaštitu u sklopu KBC-a Rebro, radi liječenja eventualno ozračenih u NE Krško. Slovenska je elektroprivreda na temeljem iste odluke financirala izgradnju Centra za školovanja kadrova u Ljubljani. Izgradnja Centra započela je potkraj 1989. godine, a njezino dovršenje planirano je do kraja prvog tromjesječja 1992. godine.

HE Dale

Predviđena sredstva omogućuju podmirenje obveza prema ugovoru iz 1991. godine s SO Sinj, a prema uvjetima uređenja prostora te izvršenje obveze prema Hrvatskim cestama po suglasnosti za građevinsku dozvolu.

HE Dubrava

Planirane su aktivnosti na završetku preostalih obveza nakon tehničkog pregleda i ispunjavanje uvjeta uređenje prostora, što se odnosi na izgradnju vodovodne mreže u krajnjem zapadnom dijelu objekta.

AS Lepenica

Planirani su radovi na rekonstrukciji i sanaciji generatora, te sanaciji turbine.

MHE Čakovec

Na MHE Čakovec planirana sredstva služe za dovršenje građevnih radova iz 1991. godine, montažu strojarske opreme, nabavu i montažu preostale elektroopreme, te za funkcionalna ispitivanja i probni pogon.

AS Čaprazlije

Sredstva su planirana za utvrđivanja nultog stanja, dovršenje dijela tehničke dokumentacije za ishodenje građevinske dozvole, te geodetska snimanja za provedbu eksproprijacije.

HE Lešće

Planirana sredstva se odnose na istražne radove započete u 1991. godini, te radove planirane u 1992. godini. Predviđa se dovršenje i izmjena projektno-tehničke dokumentacije za izhodenje građevinske dozvole, izrada dijela izvedbene dokumentacije te djelomičan otkup zemljišta.

TE Plomin 2

Plan potrebnih sredstava za 1992. godinu baziran je na izvršenju radova prema mrežnom planu izgradnje TE Plomin 2 i planiranom roku puštanja elektrane u probni pogon sa 1. 9. 1993. godine. Ukupno potrebna sredstva na osnovi tako definiranih ulaznih podataka procijenjena su na 171 082 700 DEM, odnosno oko 13 milijardi i 450 milijuna HRD, u što je

uključena i okečivana inflacija u tijeku 1992. godine. Gотовo 70 posto potrebnih sredstava otpada na troškove završetka izrade opreme i montažne radove, 7 posto na projektanske i konzalting aktivnosti, 18 posto na izvođenje građevnih radova i 5 posto na ostale troškove vezane za izgradnju TE Plomin 2. U okviru planiranih sredstava za 1992. godinu planirana su i sredstva za radove na rekonstrukciji kotlovskog postrojenja zbog promjene sirovinske osnove, radove na izgradnji željezničke pruge za vanjski transport ugljena, za ulaganja u razvoj općine i rješenje problema opskrbe vodom.

Za financiranje izgradnje TE Plomin 2 s uređajem za odsumporavanje planom se osiguravaju praktički samo simbolična sredstva u odnosu prema potrebnima, pa se za normalan tijek izgradnje ovog objekta moraju naći ino-kreditna sredstva.

TERMOENERGETSKI OBJEKTI — PRETHODNI RADOVI

TE Tuzla VI

Preostali radovi na pripremi izgradnje TE Tuzla VI, 370 MW svode se na aktivnosti po reviziji Idejnog projekta i Investicijskog programa. Predviđeno je ispitivanje kvalitete ugljena u suradnji sa njemačkom tvrtkom EVT, zatim geološki istražni radovi na lokaciji termoelektrane, uvjeti uređenja prostora, projekt sanacije postojećih objekata kojima se omogućuje stvaranje pretpostavki za izgradnju TE Tuzla VI, da se u gradu Tuzla ne pogorša postojeće ekološko stanje.

TE — TO Zagreb, PT 200

Planom je predviđena izrada Idejnog rješenja bloka PT 200 s kotlom na fluidizirani sloj, zatim izrada Prethodne studije utjecaja na okoliš bloka PT 200 s kotlovima na fluidizirani sloj. Ako se povoljno riješe uvjeti za korištenje ugljena u gradu Zagrebu izmjenama i dopunama GUP-a grada, planom se predviđa izrada Natječajne dokumentacije za blokove PT 200 i PT 70 sa kotlovima na fluidizirani sloj. Završetak pripremne faze za blok PT 200 s kotlovima na fluidizirani sloj bila bi nakon raspisa međunarodnog natječaja za osnovnu opremu GPO-a izrada Investicijskog programa s idejnim projektom.

EL-TO Zagreb, PT 70

Planom je predviđena izrada Konačne studije utjecaja na okoliš objekta PT 70 s kotlom na fluidizirani sloj, te izbor mikrolokacije za deponij šljake i pepela za blokove PT 200 i PT 70.

HIDROENERGETSKI OBJEKTI — PRETHODNI RADOVI

U planu su hidroenergetski objekti svrstani tako da je sedam objekata izdvojeno posebno, a to su HE Posused, HE Drenje, HE Novo Virje, HE Miljacka, HE Čikola II, HE Kosinj i HE Ombla.

Ostali objekti su razvrstani u dvije skupine, pri čemu se razlikuju objekti za koje se radi dopuna projektne i tehničke dokumentacije od objekata na kojima su planirani terenski istražni radovi.

Za objekte posebno izdvojene u planu, izuzevši HE Podused, pristup u izradi plana utvrđen je na temelju cilja da se do kraja 1993. godine u potpunosti pripreme idejni projekti za te objekte, pri čemu bi do kraja ove godine bili završeni idejni projekti za HE Drenje, HE Miljacka i HE Kosinj.

Za HE Podsused dovršen je idejni projekt, tako da se u 1992. godini planirane aktivnosti odnose na istražne radove, verifikaciju »O« stanja, istraživanje mogućnosti zajedničkog financiranja izgradnje s gospodarskim analizama, izradu dijela tehničke dokumentacije, te dijelom na eksproprijaciju prijeko potrebnog zemljišta.

I. R.

PLIN ZAMJENA ZA NUKLEARNO GORIVO

Ako 1995. godine prestane proizvodnja nuklearne energije u Krškom, ozbiljno se raspravlja o pretvaranju nuklearke u plinsku elektranu. Za taj prijedlog zainteresirani su politički i gospodarski krugovi u Austriji. Stručnjaci iz Austrije imaju konkretan projekt osnivanja međunarodnog konzorcija za pretvorbu nuklearke u Krškom. Kao pogonsko gorivo koristio bi se zemni plin koji bi se osiguravao iz uvoza. Prema planu predviđeno je da bi se višak toplinske energije iz Krškog, dobiven plinifikacijom koristio za grijanje većih gradova (Zagreba i dr.).

Za realizaciju ovog programa Austrija je ponudila sveobuhvatnu pomoć i suradnju na energetsom planu ako Slovenija i Hrvatska odluče 1995. godine zatvoriti NE Krško. Bečka vlada je spremna i financijski podržati izgradnju drugih vrsta elektrana, ponajprije hidroelektrana.

I. R.

PROSLAVA SUSTAVA »KONČAR«

Svečanom proslavom u Hrvatskom narodnom kazalištu 11. ožujka 1992, obilježena je 71. obljetnica sustava »Končar d.d.«. Proslavi je prisustvovao predsjednik Vlade RH dr. Franjo Gregurić, predstavnik gradske vlade, diplomatski i konzularni zbor, te predstavnici poslovnih partnera, stručnih organizacija, kao i mnogobrojni članovi poduzeća. Predsjednik Upravnog odbora sustava »Končar d.d.« ing. Vjekoslav Srb u iscrpnom referatu iznio je rad i razvoj poduzeća u razdoblju od 70 godina.

Godine 1921. u Zagrebu je registrirano poduzeće za elektrotehničku industriju »Elektra d.d.«, jergra današnjeg »Končara«. Uskoro postaje poduzeće »Siemens d.d.«, a od 1946. godine »Rade Končar« i od 31. prosinca 1990. izrasta u sustav »Končar d.d.«. Sustav ima 52 poduzeća u Hrvatskoj i sedam u inozemstvu (sa zaposlenih u Hrvatskoj 10 000 ljudi) i s nizom mješovitih poduzeća u inozemstvu.

U razvoju sustava »Končar ostvareni su vrlo uspješni rezultati proizvodnje elektroopreme za potrebe izgradnje novih elektrana, prijenosnih objekata, elektrifikaciji željeznica i drugih industrijskih postrojenja. Također, »Končar d.d.« je imao velike uspjehe u opremi elektroenergetskih i drugih gospodarskih objekata u mnogim stranim zemljama.

I. R.

PLAN REMONTA ELEKTRANA U 1992. GODINI

Planirane remonte elektrana treba smatrati orijentacijskima. To znači da se predviđeni rokovi tijekom godine mogu mijenjati ovisno o elektroenergetskim prilikama

Orijentacijski plan remonta hidroelektrana

- HE S e n j : u lipnju potpuna obustava zbog pregleda tunela Gusić Polje-Hrmatine, te pregled i mjerenje akumulacije Gusić Polje. Obavit će se i mjerenje akumulacije Kruščica. Potpuna obustava od 1. rujna do 30. rujna zbog sanacije Gusić Polja. Uz reviziju na AG1, AG2 obavit će se zamjena ležajeva na turbinskim lopaticama sprovodnog kola
- HE S k l o p e : potpuna obustava u lipnju radi mjerenja gubitaka akumulacije Kruščica i od 1. rujna do 15. rujna zbog remonta agregata.
- HE V i n o d o l : potpuna obustava od 1. do 30. srpnja zbog sanacijskih radova na dovodnim dijelovima HE i revizije AG1 i AG2. Obavit će se i sanacija tunela i cjevovoda radi smanjenja propuštanja, te AG3 od 1. rujna do 15. listopada. Na grupi 3 obavit će se zamjene turbinskih kola, ležaja, ugradnja inicijalnog podmazivanja ležaja, rekonstrukcija dovodnih organa turbine, te servomotorima turbinskih igala.
- CHE F u ž i n e : od 1. do 30. srpnja redovni godišnji remont, radovi na dovodnim organima.
- HE R i j e k a : potpuna obustava tijekom srpnja radi pražnjenja dovodnog tunela i sanacije oštećenja te pražnjenja tlačnog cjevovoda i AF2 od 6. do 26. srpnja, revizija.
- HE P e r u ć a : od 1. do 30. rujna revizija i AG2, od 1. lipnja do 1. rujna remont.
- HE O r l o v a c : potpuna obustava od 1. do 25. kolovoza, radi pražnjenja kanalskog sustava, bazena Lipa, tunela i cjevovoda.
- HE Z a k u č a c : AG1, AG2, AG3 i AG4 tijekom svibnja, lipnja, rujna i listopada obavit će se revizija i remont.
- HE G o j a k : potpuna obustava elektrane od 1. do 30. kolovoza radi obnove antikorozivne zaštite hidromehaničke opreme i tlačnog cjevovoda, rekonstrukcija ploče vlastite potrošnje i redovni remont agregata.

Plan remonta termoelektrana

- TE R i j e k a : od 15. srpnja do 30. rujna veći radovi na kotlovskom postrojenju.
- TE P l o m i n : od 1. studenoga do 30. prosinca (61 dan) redovan godišnji remont.

TE-TO Zagreb — Orijentacijski plan remonta

- TA1 od 20. travnja do 5. svibnja (15 dana), remont
- TA3 od 24. kolovoza do 7. listopada (45 dana), remont.

EL-TO Zagreb — Orijentacijski plan remonta

- TA4 od 1. do 20. rujna (20 dana), remont
- TA5 od 1. lipnja do 31. srpnja (60 dana) popravak generatora.

NE Krško — orijentacijski plan remonta

- od 1. svibnja do 7. srpnja, remont.

I. R.

POVEĆAN JE BROJ PRISTAŠA NUKLEARNE ENERGIJE

U Njemačkoj je za vrijeme ljetnih mjeseci 1991, provedena anketa o prihvaćanju nuklearne energije. Pokazalo se da 61 % upitanih smatra da postojeće nuklearke trebaju nastaviti s radom. U sličnoj anketi 1984. pozitivno se izjasnilo samo 37 % ispitanika. Povećanje pristaša nuklearne energije vjerojatno je posljedica prijetnje da će se zbog ugljik-dioksida koji izlazi iz termoelektrana promijeniti klima.

Suprotnog je mišljenja u starom dijelu Savezne Republike bilo 11 %, a u novoprikličenom samo 8 %.

31 % upitanih građana misli da treba nastaviti s gradnjom nuklearnih elektrana, a stare obnavljati.

Za obustavu postojećih nuklearki izjasnilo se na zapadu zemlje 29 %, a na istoku 25 % građana.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90 (1991), br. 24.

Mrk.

RIMSKI SE KLUB PRIKLANJA NUKLEARNOJ ENERGIJI

Takozvani Rimski klub, koji je bio uvijek vrlo kritičan prema nuklearnoj energiji, izjavljuje u svojem najnovijem izvještaju o svjetskoj energetskej situaciji da se u dogledno vrijeme ne može odustati od nuklearnih elektrana.

Kao razlog za takvo stajalište navodi se opasnost od ugrižavanja Zemlje zbog izgaranja fosilnih goriva. Premda postoji opasnost od nuklearki i odlaganja nuklearnih otpadaka ipak, smatraju oni, to je manje opasno od povećanja količine ugljik-dioksida.

Prema tome postoje čvrsti razlozi da se ustraje na nuklearnoj opciji i razvijaju brzi oplodni reaktori.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90(1991), br. 24

Mrk.

POTROŠNJA ENERGIJE U ISTOČNOJ EUROPI NAGLO PADA

Smanjenje industrijske proizvodnje u istočnoj Europi doводи do rapidnog pada potrošnje energije. Prema podacima Međunarodne agenture za energiju (IEA) u Parizu, pad je u 1991. iznosio prosječno 20%, pošto je u prethodnoj godini već pao 9%. U novije je vrijeme Rusija povećala svoj izvoz nafte u srednju i južnu Europu, tako da Mađarska i Češko-Slovačka nisu osjetile prekid jadranskog naftovoda.

ETZ, god. 112(1991), br. 24

Mrk.

ZAJEDNIČKI RAD PUMPNO-AKUMULACIJSKE HIDROELEKTRANE, VJETROELEKTRANE I SOLARNE ELEKTRANE

Nedaleko od Hamburga, uz pumpno-akumulacijsku hidroelektranu Geesthacht, počelo je Hamburško elektroprivredno poduzeće graditi vjetroelektranu i solarnu elektranu. Spomenuta hidroelektrana sagrađena je prije 30 godina na

obali rijeke Elbe. Vodna akumulacija smještena je na 85 m visokom brežuljku, a može primiti vode za 5 satni pogon (600 MWh). U elektrani su instalirana tri agregata po 40 MW. Za pumpanje akumulacije služi voda iz Elbe.

Nova vjetroelektrana imat će snagu 640 kW, a solarna elektrana 60 kW. Svaka od njih imat će svoje pumpe, koje će prebacivati vodu iz rijeke u akumulacije. Tim bi uređajem, prema tome, bilo omogućeno da se promjenljiva energija vjetra i sunca akumulira i zatim pretvori u električnu energiju. Posebno što u ovom projektu treba istaknuti jest koncept regulacije za optimalan rad čitavoga kombiniranog postrojenja. Kad uređaji uđu u pogon, djelovanje ove regulacije i njezina učinka bit će posebno praćeni i proučavani.

Cijeli projektom predviđeni uređaj trebao bi ući u pogon 1992. Procijenjen je na 11,8 milijuna DEM, od čega država daje 46%.

Vjeruje se da će se ovim demonstracijskim projektom, utemeljenim na korištenju regenerativne energije, moći dobiti dragocjena iskustva za slične primjene.

Elektrizitätswirtschaft, god. 90(1991), br. 24

Mrk.

ČISTIJA ENERGIJA IZ UGLJENA

U Velikoj Britaniji s uspjehom je završen rad na programu razvoja i demonstracije procesa rasplinjavanja ugljena. Istraživanja su provedena u organizaciji British Gas u Westfield Development centra. Potkraj 1991. završen je postavljanje cilja projekta vrijednog 200 milijuna funti.

Postupci za rasplinjavanje ugljena i stvaranje sintetskog zemnog plina na raspolaganju su za komercijalnu upotrebu. Nakon završetka ovog programa Westfield Development centar bit će zatvoren.

U mjestu Westfield izgrađen je 1960. uređaj za rasplinjavanje ugljena prema visokotlačnom Lurgi-postupku, na osnovi ugljena koji je dobavljen iz nedalekoga dnevnog kopa.

Uređaj je radio od godine 1960. do 1974, do uvođenja zemnog plina. Tada se izmijenio zadatak Westfield. Počela su razvijena istraživanja koje je vodio British Gas i Lurgi uz pomoć nekih američkih poduzeća. Tražio se postupak za dobivanje čistije energije iz ugljena, bilo da se proizvode plin koji bi se dodavao zemnom plinu, bilo plin za proizvodnju električne energije.

Energie, god. 43(1991), br. 12

Mrk.

KORIST OD SPALJIVANJA SMEĆA

Danas u Saveznoj Republici Njemačkoj ima 47 palionica smeća, od čega njih 37 koristi proizvedenu toplotnu energiju za proizvodnju para i električne energije. Premda je glavni zadatak palionica smanjenje volumena otpada i stvaranje pepela radi manjeg onečišćavanja tla i voda, nusproizvodnja pare vrlo je značajna. U Njemačkoj se pokazalo da je kalorička vrijednost smeća u prosjeku jednaka onoj smeđeg ugljena, tj. oko 8 000 kJ/kg. Na kraju treba reći da spaljivanje smeća daje manje štetnih plinova nego spaljivanje smeđeg ugljena u zastarjelim elektranama.

Energie, god. 43(1991), br. 12

Mrk.

NJEMAČKA TROŠI SVE MANJE UGLJENA

Kada se pedesetih godina u Njemačkoj govorilo o energiji, mislilo se u prvome redu na ugljen. Npr., godine 1957. ugljen je sa svojih 149 milijuna tona dao 70% energije tadašnjoj zapadnoj Njemačkoj. Na dobavi ugljena bilo je zaposleno gotovo 600 000 ljudi. Danas je posve drugačije. Godine 1990. dobavljeno je samo 70 milijuna tona, što je pokrilo 20% energetske potreba uz 133 000 zaposlenih. Kako se kretao pad potrošnje ugljena, pokazuje sljedeća tablica:

Godina	Iskopani ugljen	Energetski udio %	Broj zaposlenih
1957.	149	70	604 000
1968.	112	34	272 000
1979.	86	19	183 000
1990.	70	19	133 000

Energie, god. 43(1991), br. 12

Mrk.

LASERSKA ANALIZA ISPUŠNIH PLINOVA MOTORA

Prvi put u povijesti dizelskog motora može se pomoću lasera vidjeti sastav plinova nastalih izgaranjem. U Institutu za fizikalnu kemiju u Heidelbergu razvijen je dvofrekventni laser, čije se zrake mogu kroz prozorčić od kvarca uputiti u unutrašnjost motora. Time je omogućeno da se potanko analiziraju kemijski procesi u motoru. Laserske zrake potaknu plinove da različito svijetle. Prema nastalom spektru boja može se zaključiti sastav plinova, uključivši i one pomiješane s čađi. Podaci dobiveni takvom analizom mogu poslužiti inženjerima da poboljšaju konstrukciju motora, kako bi ispušni plinovi što manje zagađivali okoliš. Vjeruje se da bi se količina štetnih plinova i čađe mogla znatno smanjiti, ako i ne ukloniti. Time bi dizelski motor postao motor budućnosti, ekološki povoljan i štedljiv u pogonu. U daljnjem razvoju, smatraju pronalazači ovog postupka, moglo bi se izbjeći mjerenje i na elektroničkom računalu realno simulirati zbivanja u motoru.

Energie, god. 43(1991), br. 12

Mrk.

ENERGETSKI GUBICI ZBOG EKOLOŠKIH ZAHTEJEVA

Dobava električne energije iz švicarskih hidroelektrana bit će ubuduće smanjena za 23 do 26%, kad se u svibnju 1992. počne primjenjivati novi zakon o korištenju voda. Takav zakon je prihvaćen na traženje pokreta »Narodna inicijativa za spas naših voda«. Traži se, naime, da količina ostatne vode bude mnogo veća nego do sada. Time su naročito pogođene hidroelektrane u kantonima Wallis i Graubünden. Međutim, švicarsko je udruženje za vodno gospodarstvo dalo izraditi posebnu studiju koja je pokazala pravi opseg gubitaka izazvanih novim vodnim režimom. Studija je pokazala da će pri prosječnoj proizvodnji hidroelektrana od 33 000 GWh godišnje gubici biti 7 600 do 8 450 GWh. To je dva do tri puta veći gubitak od onoga što ga je predvidio Zakon o zaštiti voda. Tamo se navodi gubitak od 8 do 15%. Zaključci studije temelje se na proračunu gubitaka

u 93 veće švicarske hidroelektrane. Pokazalo se da je — primjene li se samo ekološki kriteriji i uzimajući u obzir sve posljedice, kao što su gubici i sigurnost dobave električne energije — predviđen režim voda neprihvatljiv. Studija nadalje upozorava da će se ugorziti odobreni akcijski program »Energija 2 000«, kojim se predviđa da se proizvodnja u hidroelektranama sljedećih godina poveća za 5%.

ÖZE, god. 44(1991), br. 12

Mrk.

KONTROLA POSLJEDICA ISTRAŽIVANJA NUKLEARNE FUZIJE

Kontrolu posljedica nuklearne fuzije traži Europski parlament. Zaključak u Strassbourgu glasi da se ekološki i ekonomski učinci nuklearne fuzije moraju redovno objavljivati. To je rečeno u vezi s prijedlogom zakona komisije Europske zajednice o termonuklearnom programu EZ (JET). Međutim, istovremeno treba unapređivati istraživanja obnovljivih izvora energije. Za istraživački rad na nuklearnoj fuziji EZ je predvidjela udio od 916 milijuna DEM, no s gradnjom fuzijskog reaktora ne računa se prije 2040. godine. Stručnjaci su se načelno izjasnili za primjenu nuklearne fuzije. U izvještaju je iz ekoloških razloga spomenut i fuzijski nuklearni otpad, koji je veći od otpada današnjih nuklearki, i opasnost od oslobođenog tricija. Nepoznato je, nadalje, djelovanje vrlo jakih magnetskih polja koja nastaju u reaktoru na ljudsko zdravlje. Do sada je u Europi na fuzijska istraživanja utrošeno 4,7 milijuna US dolara.

Energie, god. 44 (1992), br. 1/2

Mrk.

STANJE RAZVOJA FUZIJSKIH REAKTORA

Nakon 40-godišnjeg istraživačkog rada nuklearna je fuzija toliko unapređovala da se u godini 2020. planira gradnja demonstrativnoga fuzijskog reaktora koji bi davao energiju. No prije toga treba sagraditi novi eksperimentalni reaktor koji bi bio mnogo veći od postojećeg fuzijskog reaktora Europske zajednice, nazvanog JET (Joint European Tours), smještenog u Engleskoj. Pretpostavlja se da bi se u njegovu gradnju osim Euroatoma uključile SAD, Rusija i Japan. Tijekom dugogodišnjeg istraživanja zagovornici nuklearne fuzije (kontrolirane pretvorbe vodika u helij* ističu ovu tehnologiju kao čistu, sigurnu, koja ne stvara probleme za okoliš. Međutim, nije sve tako optimistično, jer se mnogi značajni problemi uopće ne spominju. Činjenica je da je tehnika fuzije komplicirana, a sigurnost problematična, premda se ne može dogoditi da reaktor »pobjegne« kao u Černobilu. Ozbiljnu opasnost predstavljaju dugovremeni nikalni i kobaltovi radioaktivni izotopi, koji nastaju u čeličnim konstrukcijama reaktora zbog bombardiranja neutronima. Konstrukcije postaju krhke i gube mehaničke osobine. Zbog toga se moraju mijenjati barem svakih 5 godina i brižljivo sklanjati zbog velike radioaktivnosti. Optimistički gledano, tijekom životne dobi fuzijskog reaktora nastaje oko 4 000 m³ srednje radioaktivnog i 2 000 m³ visokoradioaktivnog otpada. To će sigurno biti jedan od razloga da stanovništvo tako jednostavno ne prihvati takvu tehnologiju. Dimenzije fuzijskog reaktora su goleme. Zbog manje energetske gustoće plazme njegova unutarnja jezgra mora biti

* Vidjeti: Energija 36(1987), br. 6 — Napredak u razvoju fuzijskih reaktora.

pri jednakoj snazi približno 30 puta veća nego tlačni spremenik fizijskog reaktora. Ukupna bi masa uređaja iznosila 25 000 tona.

Fuzijski reaktor vrlo je složen uređaj. Smatra se da je 10 do 100 puta kompliciraniji od fizijskog.

Danas se jedva mogu predvidjeti poteškoće pri konstrukciji i traženom materijalu komponenata fuzijskog reaktora s obzirom na zahtjeve topline, vakuumu i niskih temperatura.

Poseban je problem izmjena istrošenog materijala. Zbog visoke radioaktivnosti tih dijelova trebat će razviti specijalne automate i robote. Pri tome treba imati na umu da se radi o dijelovima teškim i nekoliko tona, a montaža mora biti milimetarski precizna, spojevi sigurni i strogo nepropusni da se ne bi oslobađao radioaktivni tricij, čije je poluvrijeme raspada 12,3 godine.

Osim toga, snažni suprovodljivi magneti, čije visoko magnetsko polje drži sabijenu plazmu, također predstavljaju znatan rizik. Dode li do prestanka suprovodljivosti, tzv. kvenča, struja od nekoliko kiloampera razara namote magneti, oštećuje vodove tricija, upaljuje se litij, čime se oslobađa radioaktivni tricij. Već tih nekoliko problema upućuje na velike zapreke koje još predstoje istraživačima i konstruktorima fuzijskih reaktora. Prema tome, treba još uložiti goleme svote novaca u daljnja istraživanja, koja se, međutim, opravdavaju budućim energetske potrebama. Računa se da bi cijena električne energije iz budućih fuzijskih nuklearnih elektrana mogla biti 2 do 3 puta veća nego iz današnjih fizijskih elektrana. No ima i pesimističnijih procjena.

Međutim, unatoč predvidivih i nepredvidivih problema daljnja su istraživanja u punom toku. Prvi put u povijesti fuzijskih istraživanja uspjelo je putem kontrolirane fuzije dobiti energiju. U eksperimentalnom reaktoru JET uspjelo je 9. studenog 1991. proizvesti u vremenu od 2 sekunde snagu 1,5 MW.

Kao i u ostalim fuzijskim pokusima u svijetu, tako se donekad i u JET-u radilo sa smjesom denterija i običnog vodik, ali bez tricija, da bi se pokusi olakšali. U pokusu izvedenom u studenome prvi je put u svijetu uz denterij dodano 14% tricija. To je bila priprema za sljedeći pokus 1996. kad će u mješavini biti jednaki odnos obaju izotopa. Do tada treba riješiti bitan problem izmjene između vrućega goriva i stijenki posude. Za sada se u plazmi skuplja previše nečistoća, koje plazma izbija iz kružnih zidova posude i time sama sebe guši. Da se takva posuda spriječi, još će se ove godine u reaktor ugraditi divertor, uređaj kojim će se rubni sloj plazme čistiti od primjesa. Osobito povoljnim oblikom magnetskog polja uspjelo je postići temperaturu plazme od 200 milijuna stupnjeva pri snazi grijanja od 20 MW i uz proizvodnju od 1,5 MW energije. Da je odnos denterija i tricija bio jednak, dobila bi se tolika fuzijska energija kolika je potrebno za grijanje. JET je postigao rekordnu temperaturu plazme od 300 milijuna stupnjeva, dovoljnu za paljenje plazme, no budući da za to treba ispuniti još i mnoge druge uvjete, još je dosta dugi put do samostalnog gorenja i davanja energije. Taj proces nije planiran da se odvija u JET-u, već u novom eksperimentalnom reaktoru STER-u (internacionalni eksperimentalni reaktor). On bi trebao davati 1 000 MW u jednom satu. Time bi se prvi put istraživalo dugotrajno gorenje plazme, razvijale i testirale pojedine komponente reaktora. Nakon tih bi se pokusa, također uz široku međunarodnu suradnju, sagradio reaktor DEMO (demonstracioni reaktor) koji bi trebao ispuniti sve funkcije velikog proizvođača energije, ali ne na komercijalnoj bazi. Ako se sve bude odvijalo po prikazanom planu, fuzijski će reaktori početkom sljedećeg stoljeća moći dobavljati energiju.

Energie, god. 44(1992), br. 1/2

Mrk.

BRZA KONTROLA KLORA U ULJU

Sadržaj halogenih elemenata u starom ulju odlučujući je faktor da li se ono može regenerirati ili uništiti kao specijalni otpad. Termičke analize koje su se do sada primjenjivale skupe su i dugotrajne. Tvrtka Ströhlein (Njemačka) razvila je uređaj kojim se potrebna analiza može učiniti brzo i bez izgaranja. Uređaj je prenosiv pa se lako može koristiti u industrijskim pogonima i servisnim pumpama. Ispitivanje traje samo nekih 10 minuta. Postupak može također vrlo dobro poslužiti pri ispitivanju zagađenog tla u industrijskim i poljoprivrednim područjima.

Energie, god. 44 (1990), br. 1/2

Mrk.

UREĐAJ ZA PRERADU NUKLEARNOG OTPADA U BUGARSKOJ

Prvi uređaj za obradu slabo radioaktivnog otpada u istočnoj Europi bit će instaliran u Bugarskoj, u blizini nuklearne elektrane Kozloduj, sjeverno od Sofije. Postrojenje će podići Westinghouse E.C., s kojim je učinjen ugovor u vrijednosti 10 milijuna USD. Pogon treba početi 1992. Prvenstveno će se prerađivati otpad 4 nuklearne elektrane snage po 440 MW i dviju od 1 000 MW ruske proizvodnje. Predviđa se ubuduće mogućnost prerade takvog otpada i izvan Bugarske.

Energie, god. 44 (1992), br. 1/2

Mrk.

KINA PLANIRA 15 NOVIH HIDROELEKTRANA

Kineska se vlada odlučila da na Žutoj rijeci gradi barem 15 hidroelektrana snage po 1 000 MW. Razlog je tome velika ovisnost Kine o ugljenu, koji se u toj zemlji iskapa u količini većoj od milijardu tona godišnje. Osim toga, postojeće termoelektrane su neekonomične. Dok se npr. u Njemačkoj ugljen u termoelektranama iskoristi s otprilike 40%, u Kini je iskoristivost tek polovicu spomenute. Kao posljedica su goleme količine dimnih plinova koji su štetni za okoliš.

Energie, god. 44 (1992), br. 1/2

Mrk.

PLUTONIJ IZ ORUŽJA KAO KORISNO GORIVO

Na temelju dogovora o razoružanju između SAD i bivši SSSR-a postaje suvišno približno 700 t plutonija. Energetska vrijednost te količine približno odgovara energiji iskopanog ugljena u svijetu tijekom godine. U vezi s tim je objavljeno da je Ukrajina zainteresirana za proizvodnju gorivih elemenata u koje bi se ugradio plutonij. No ukrajinski radnici uranskih rudnika strahuju da bi to imalo loše posljedice za njihovo poslovanje.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 1/2

Mrk.

FRANCUSKA GRADI NOVE NUKLEARNE ELEKTRANE

Iz izvještaja francuskih atomskih foruma proizlazi da je potrošnja električne energije u zemlji porasla 2,5%, a proiz-

vodnja 4%. Razlika u postocima proizlazi odatle što je znatno povećan izvoz. Ta činjenica nije prouzročila neku posebnu reakciju, a kritike u vezi s problemom odlaganja nuklearnog otpada su se stišale. Potkraj 1991. bila su u Francuskoj u pogonu 4 nuklearna reaktora snage 300 MW do 500 MW (električki), 34 snage od 900 MW, a 19 snage 1 300 MW. Tijekom 1990. ušla su u pogon 3 reaktora po 1 300 MW, a 1991. reaktor Cattenom iste snage. U međuvremenu isključen je iz pogona prototip reaktor Chooz (300 MW), nakon 24-godišnjeg rada. Od 1992. do 1997. traba ući u pogon daljnjih 5 nuklearnih reaktora od 1 330 MW, odnosno 1 450 MW (električnih).

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 1/2

Mrk.

INTERTURBO — NJEMAČKO-RUSKA SURADNJA U ENERGETICI

Potkraj 1991. godine objavljen je u St. Petersburgu osnutak zajedničkog njemačko-ruskog poduzeća Interturbo, koje će graditi plinske turbine prema Siemensovoj tehnici i baviti se razvojem novih tipova turbina. Zajedničku su suradnju potvrdili predstavnici LMZ-a (Lenjingradski metaličeski zavod, MGO Energomarš) i odjel za gradnju turbina njemačke tvrtke Siemens. U Interturbo LMZ je uložio 58%, a Nijemci 42% kapitala. Radovi na pripremi proizvodnje su u toku: Turbina će se graditi u halama tvornice LMZ Murino, sjeverno od St. Petersburga. Prve bi turbine trebale biti isporučene u 1993. godini. Glavni će proizvo biti turbine snage 150 MW za ugradnju u plinske i kombinirane plinsko-parne termoelektreane u zemlji i inozemstvu.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 1

Mrk.

NEKE ZANIMLJIVE USPOREDBE CIJENA ENERGIJE

Prema podacima EZ-a cijene električne energije za kućanstvo u zemljama zajednice prilično se razlikuju, što, daka-ko, prije svega ovisi o troškovima proizvodnje. Najniže su u Nizozemskoj zbog jeftinoga domaćeg zemnog plina i u Danskoj, koja u elektranama troši uvozni ugljen kupljen po povoljnim cijenama. Među najskupljima je u Italiji, koja je siromašna energijom. Uzme li se kao osnova za usporedbu godišnji potrošak kućanstva u Njemačkoj (3 500 kWh) i njemačka cijena po kWh i uzmemo li to kao 100%, postotni su odnosi u ostalim zemljama EZ-a sljedeći:

Nizozemska	83 %	Francuska	102 %
Danska	85 %	Grčka	103 %
Velika Britanija	92 %	Belgija	114 %
Irska	92 %	Španjolska	136 %
Luksemburg	92 %	Portugal	149 %
Njemačka	100 %	Italija	155 %

U Njemačkoj danas velik dio električne energije (32%) dolazi iz nuklearnih elektrana i takav je kWh najjeftiniji. Kudikamo je najskuplja energija iz fotovoltaičkih generatora, i vrlo je daleko od neke ekonomski prihvatljive cijene. Prema podacima njemačkog Ministarstva za istraživanja i tehnologiju, odnosi cijena električne energije iz različitih elektrana u Njemačkoj dani su u sljedećem pregledu. Cijena iz nuklearke ima indeks 100:

nuklearne elektrane	100 %
termoelektreane na njemački ugljen	143 %
vjetroelektrana	142 — 357 %
fotovoltaičke elektrane	1 430 — 3 570 %.

Treba primijetiti da je npr. u SAD cijena energije iz termoelektrana na ugljen jeftinija nego ona iz nuklearke. Usporedimo li pak cijenu zemnog plina po termičkoj jedinici, u Njemačkoj je ona, prema podacima NUS (National Utility Services), među najskupljima i iznosi 1,35 DEM. Odnosi prema cijenama u nekim drugim zemljama su sljedeći:

Italija	107 %	Australija	64 %
Njemačka	100 %	Nizozemska	57 %
Francuska	82 %	SAD	52 %
Velika Britanija	71 %	Kanada	51 %
Belgija	71 %		

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 4
ÖZE, god. 45 (1992), br. 1

Mrk.

NAJVEĆA DOSAD POSTIGNUTA KORISNOST PLINSKO-PARNE TERMoeLEKTRANE

Prema podacima tvrtke Siemens, do sada najveća korisnost neke kombinirane plinsko-parne elektrane u svijetu postignuta je u novom postrojenju termoelektrane Ambarli kraj Istanbula u Turskoj. Provedenim mjerenjima na prvom od tri bloka u gradnji ustanovljena je korisnost 52,5%, što je približno jedan poen više nego što je ugovoreno. Pri vrhunskom ispitivanju postignuta je korisnost od čak 53,2%. Ti su podaci dobiveni pri punom opterećenju bloka od 450 MW. Pogonsko gorivo je zemni plin iz Rusije. Dva su bloka već u normalnom pogonu. Elektranu je dobio i gradio internacionalni konzorcij pod vodstvom tvrtke Siemens. U konačnoj izgradnji imat će ukupnu instaliranu snagu 135 MW i bit će najveća takva termoelektrana u Europi.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 2

Mrk.

VLADIMIR HARTL, 18. 1. 1927 – 30. 3. 1992.



U 65. godini života, 30. ožujka ove godine, stalo je srce Vladimira Hartla, diplomiranog inženjera elektrotehnike. Njegovom smrću ostali smo bez izuzetno vrijednog stručnjaka i plemenitog čovjeka. Vladimir se rodio 1927. u Zagrebu, u obitelji

vrlo obrazovana novinara Franje Hartla. Godine 1947. Vladimir je dobio namještenje u I. industrijskoj školi u Zagrebu i položio majstorski ispit, a 1948. završio je Obrtnu školu u Zagrebu. Upisao se na Tehnički fakultet u Zagrebu i uz rad započeo studirati elektrotehniku. Studije na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu završio je u studenom 1961. dobivši zvanje diplomiranog inženjera elektrotehnike.

Početkom 1962. inženjer Hartl počeo je raditi u »Rasvjetaprojektu« u Zagrebu i do početka 1972. uspio je izraditi mnoge projekte i steći reputaciju vrsna projektanta rasvjete, trafo-stanica, mreža i instalacija. Uz redovan projektantski rad inženjer Hartl je u ovom razdoblju honorarno predavao na Tehničkoj školi u Zagrebu, pisao je, publicirao i referirao o izvedbi, održavanju i ekonomici rasvjete u školama. Bio je predsjednik Komisije za provjeravanje stručne sposobnosti za samostalno obavljanje zanatske djelatnosti za zanimanje elektromehaničara za rashladne uređaje. Radio je kao honorarni asistent iz električnih mreža i instalacija na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu. Napisao je i knjigu *Električni strojevi*, udžebnik za elektrotehničke i slične škole, iz koje je od prvog njezina izdanja 1968. g. do njezina najnovijeg IX. izdanja učilo više desetaka tisuća naših srednjoškolaca i studenata. U veljači 1972. inženjer Hartl se zaposlio u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu i uz redovan rad na izradi studija i projekata iz područja rasvjete, mreža i instalacija objavio je više prikaza i članaka u časopisu »Energija«. Bavio se organizacijom rada i formirao je studijsku jedinicu za industrijske mreže. Ocjenjujući rezultate

njegova rada, Institut za elektroprivredu dodijelio mu je zvanje savjetnika.

U kolovozu 1976. inženjer Hartl se zaposlio u »Elektroprojektu« u Zagrebu i do početka 1981. g. uspio je izraditi brojne studije i projekte iz područja elektroenergetike, trafo-stanica, instalacija i mreža te postati jednim od naših najboljih poznavalaca elektroenergetske problematike računskih centara i jedan od najboljih projektanata instalacija računskih centara. Uz redovan projektantski i znanstveni rad u »Elektroprojektu« inženjer Hartl je u ovom razdoblju kao honorarni profesor na Višoj zrakoplovnoj školi u Zagrebu s puno ljubavi predavao električne strojeve i električnu rasvjetu.

Znanstveno vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu pozitivno je ocijenilo znanstvene radove inženjera Hartla, priznalo mu ih kao ekvivalent magisteriju i prihvatilo tezu za njegovu doktorsku disertaciju. U 54. godini života zbog narušenog zdravlja inženjer Hartl je otišao u mirovinu, ali je i dalje marljivo pratio dostupnu mu stručnu literaturu na hrvatskom, ruskom, njemačkom, engleskom i francuskom jeziku. Pratio je razvoj znanosti, sastajao se s kolegama iz »Elektroprojekta« i »Rasvjetaprojekta« i zajedno s njima neumorno radio. Prikupljao je građu za svoju novu knjigu iz električnih strojeva, još nenapisanu knjigu iz električne rasvjete, za zbornik radova o stanju i tendencijama razvoja prijenosa i distribucije električne energije u Europi. S puno ljubavi radio je na izradi podloga i programa za projektiranje električnih mreža i instalacija na kompjutoru. Tu je stalo srce inženjera Hartla i ostat će tajna što je još želio saznati, uraditi, oplemeniti i velikodušno dati drugima.

Onima koji su s njim surađivali i s njime se družili mnogo će nedostajati, ali ostat će im zadovoljstvo da su se s njim mogli družiti.

Očito, bez inženjera Hartla ostali smo prerano, ali on je svoj život proživio uspravan, uradivši mnogo korisnih stvari i zasluživši da mu svi kažemo: *Hvala ti, Vladimire.*

**Nikola Vagić, dipl. inž.
Elektroprojekt, Zagreb**

O G L A S I

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II	METAL — ELEKTRO (Obavijesti potrošača)	174
KONČAR	omotna str. III	BRODOMATERIJAL	177
TEP	omotna str. IV	ELKA	178
SYSEN — ISKRA	144	ELEKTROPROMET	179
PINIJA COMMERCE	150	MAŠINOIMPEX	180
ELEKTROMATERIJAL	158	TEP	181
IMPREGNACIJA	173	MONTING — ENERGETIKA	182

»IMPREGNACIJA-TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

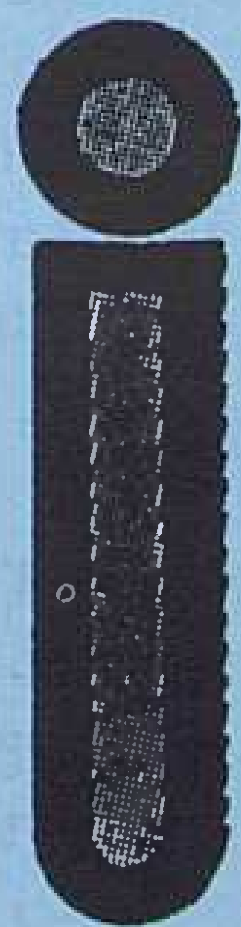
sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

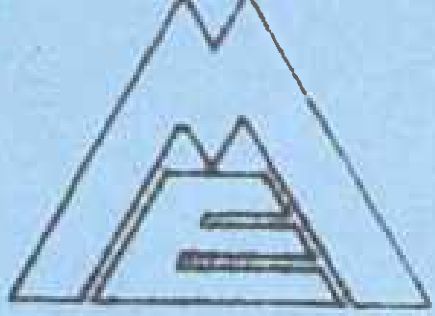
DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosijeke,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.



METAL-ELEKTRO

Rastavljači serije SR-k

ZA VANJSKU
MONTAŽU

tip: SR-k-24-630/3-5/HZ

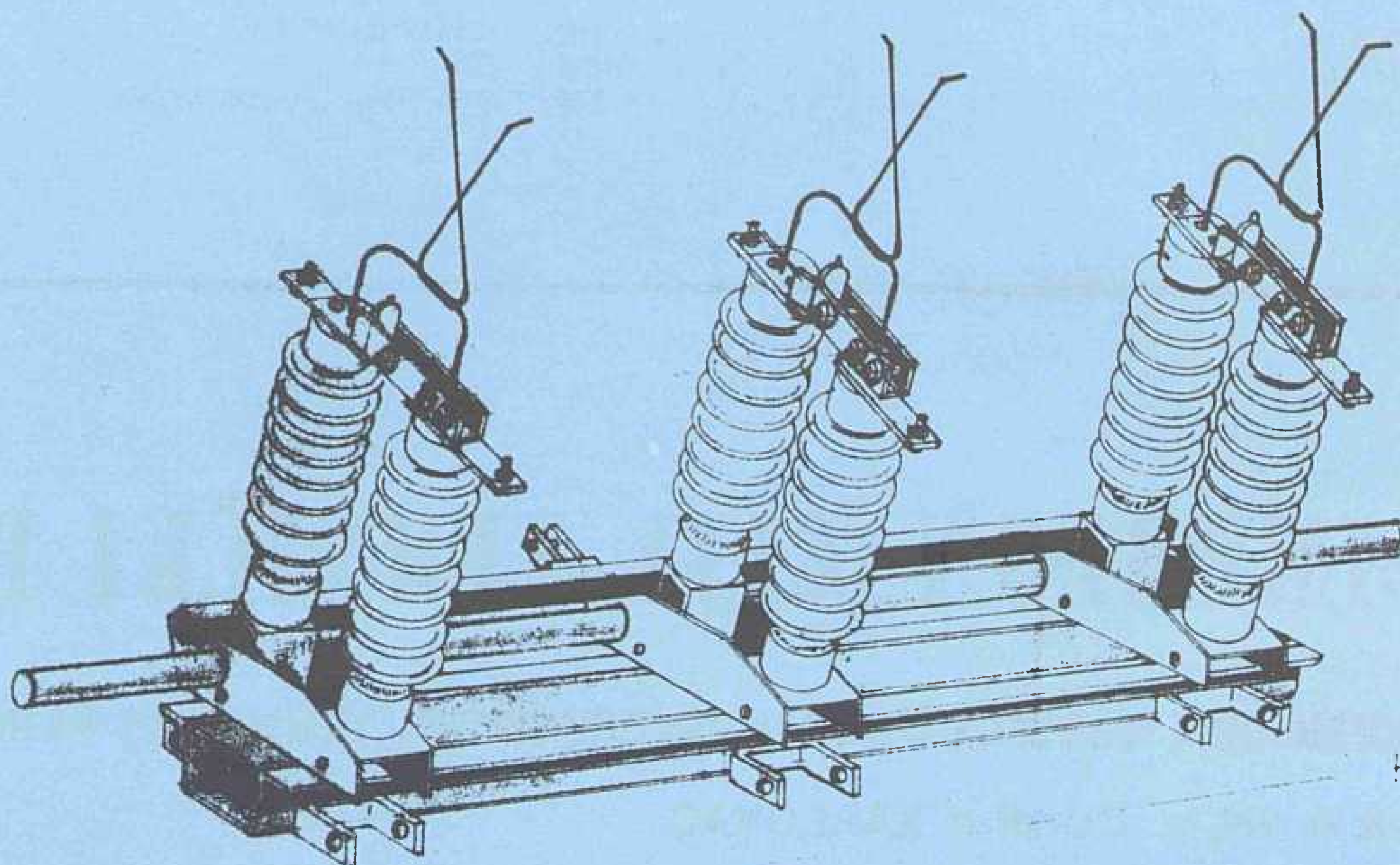
02. Tropolni linijski rastavljač i rastavne sklopke srednje naponskih (12/24 kV) zračnih vodova na stupu u vanjskoj montaži s tipnom oznakom:

SR-k-24-400/3-500 s komorama Drišerovim.

Koristi se za vidljivo odvajanje voda u beznaponskom stanju od dijela voda pod naponom.

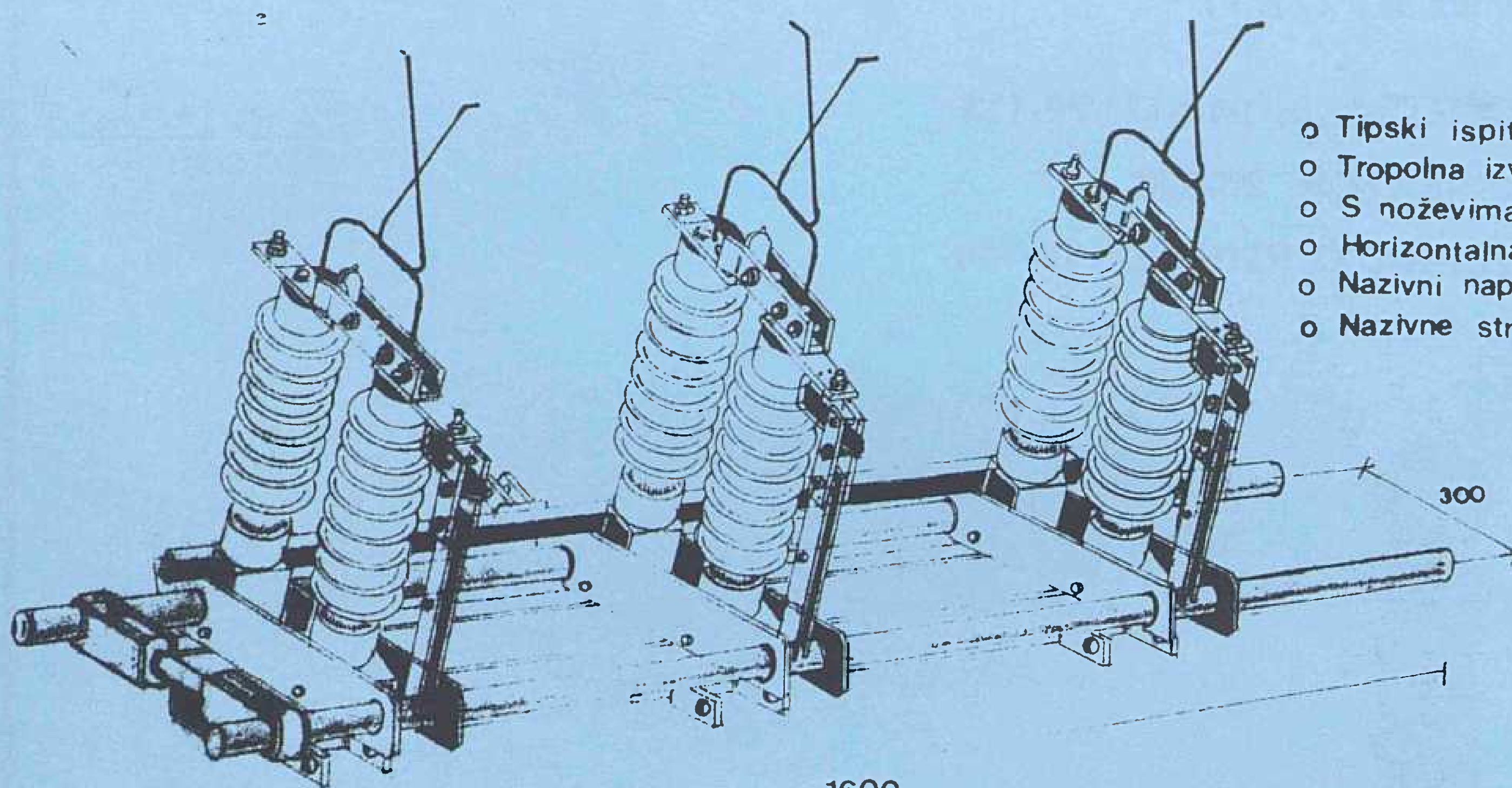
Rastavne sklopke služe za uklapanje, trajno vođenje i prekidanje struje normalnog pogona i mogućih preopterećenja, i trenutno mogu voditi struje kratkog spoja.

Za napon od 24 kV, nazivne struje 400 A ugradnja horizontalna na betonski, drveni i rešetkasti stup.



1600

tip: SR-k-24-630/3-5/H



1600

- o Tipski ispitani i atestirani
- o Tropolna izvedba s min. razmakom pola $a = 500$ mm.
- o S noževima kratkog spoja na osovini s uzemljenjem.
- o Horizontalna montaža na drveni i betonski stup.
- o Nazivni napon do 24 kV
- o Nazivne struje 630 A

TIPNO OZNAČAVANJE RASTAVLJAČA SERIJE SR

SR									
12	100	1	H	O	Z	B		5	
24	200	3	V			D		6	
36	400					M		7	
	630							8	
								9	

Polni razmak

TIP STUPA: B—betonski; D—drveni; M—metalni.

Z—S prigradenim zemljospojnikom i (—) bez

O—Sa prigradenim osiguračima i (—) bez

Način montaže: H—horizontalna; V—vertikalna

Polnost: 1—jednopolni; 3—tropolni

Nazivna struja u (A)

Nazivni napon u (kV)

Oznaka serije

»METAL ELEKTRO«
Poduzeće za proizvodnju
metaloprerađivačkih i
elektrotehničkih proizvoda
41264 Donja Zelina 10
Tel.: 041/860-728; 860-051;
860-052. Telefax: 860-053.

PRIMJER Rastavljač serije SR, nazivnog napona 12 kV, nazivna struja 400 A, tropolni, za vertikalnu montažu, sa prigradenim osiguračima, bez noževa za uzemljenje, za montažu na metalni rešetkasti stup sa polnim razmakom $a = 600$ mm.

Tipna oznaka: SR 12-400-3VOM/6

Rastavljači serije

SR ZA VANJSKU MONTAŽU

RASTAVLJAČ SR 24-630-3H
na betonskom stupu

Tehnički opis:

Rastavljači za vanjsku montažu namijenjeni su za vidljivo odvajanje dijela voda u beznaponskom stanju od dijela voda pod naponom. Prvenstvenu primjenu rastavljači nalaze u zračnim mrežama srednjeg napona, samostalno montirani na drvene ili betonske stupove ili u sastavu stupnih transformatorskih stanica TS x/O,4.

Rastavljači serije SR proizvedeni su i ispitani u skladu sa IEC standardima 694 i 129. Izvode se za nazivne napone do 36 kV i nazivne struje do 630 A.

Ozirom na izvedbe razlikuju se rastavljači:

- Za horizontalnu ili vertikalnu montažu.
- Sa ili bez prigradenih noževa za uzemljenje.
- Sa ili bez prigradenih osigurača.
- Za montažu na betonski, drveni ili metalni rešetkasti stup.
- Sa standardnim polnim razmakom min. 500 mm, a veći polni razmaci na zahtjev.

Postoje rastavljači izvedeni od vruće pocinčanih čeličnih profila, kao i elementi za učvršćivanje rastavljača na stup, koji su sastavni dijelovi isporuke. Svi vodljivi dijelovi su od elektrolitskog bakra s posebnim kontaktnim dijelovima, koji su učvršćeni na glaziranim porculanskim visokonaponskim izolatorima.

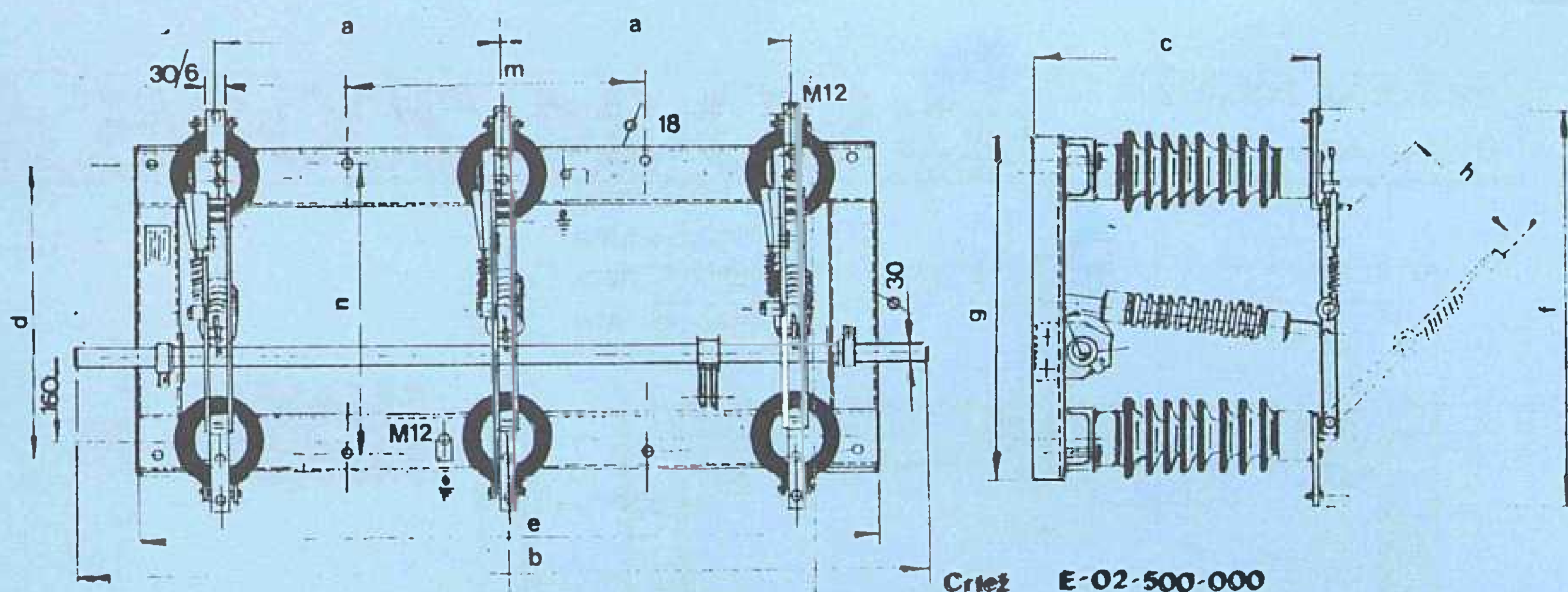
Rastavljači serije SR izvode se za nazivne podnosive vršne vrijednosti struja do 40 kA, te za nazivne kratkotrajno podnosive struje do 16 kA/1s.

Upravljanje rastavljačima serije SR vrši se posredstvom poluznog pogona izvedenog od čeličnih vruće pocinčanih elemenata, standardne dužine do 15 m max. ili na poseban zahtjev.

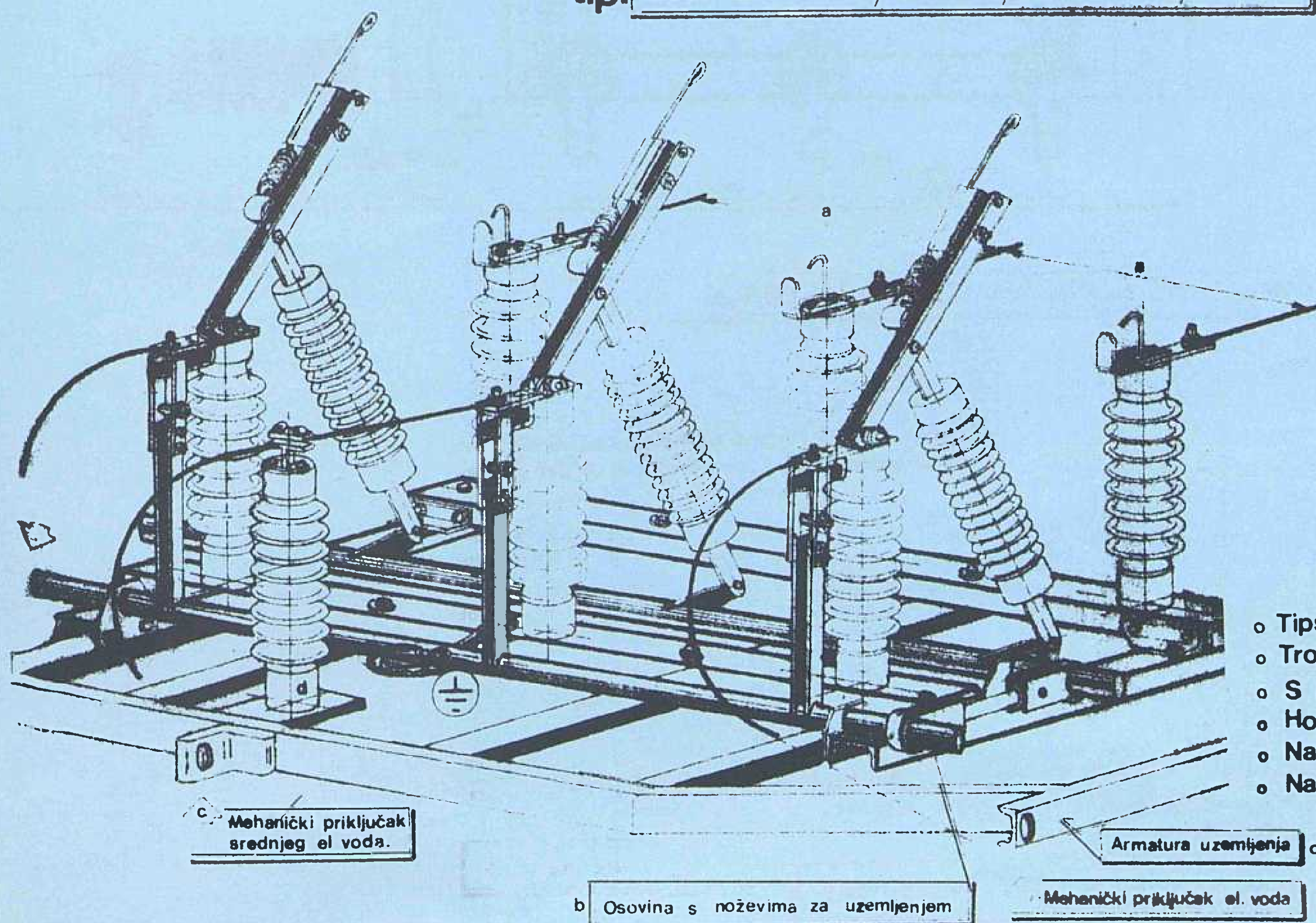
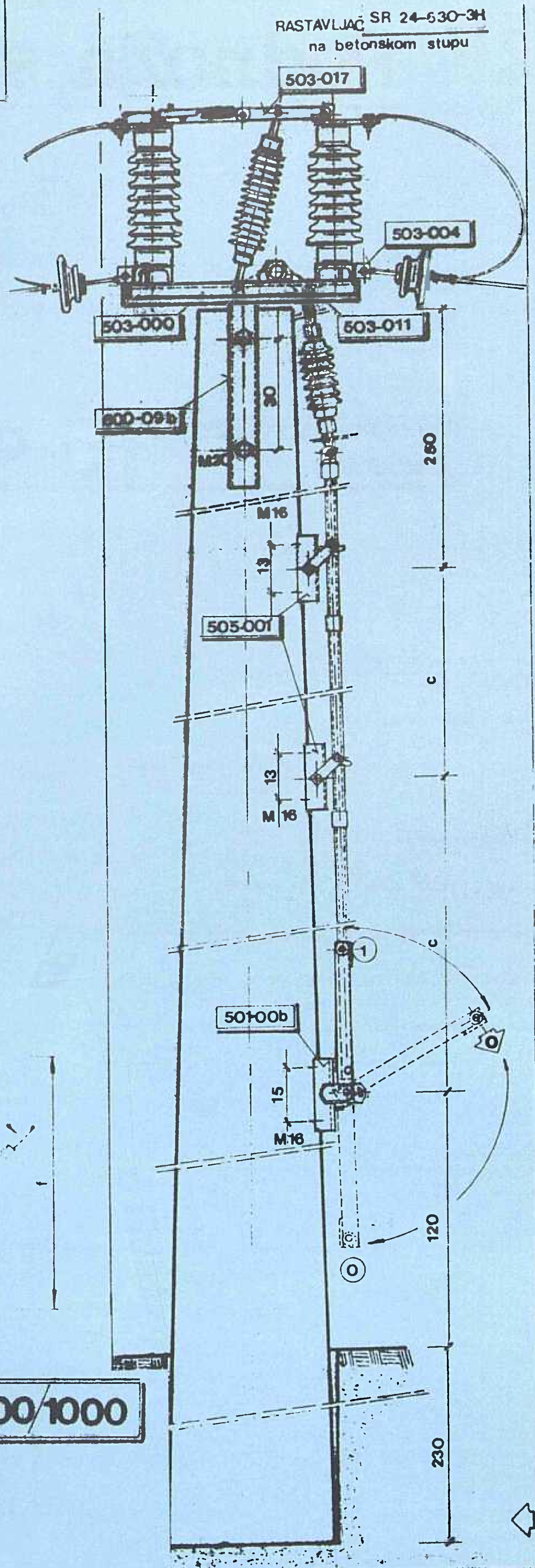
- Tipiski ispitani i atestirani
- Jednopolna i trojpolna izvedba
- Sa ili bez noževa za uzemljenje
- Horizontalna ili vertikalna montaža
- Nazivni naponi do 36 kV
- Nazivne struje do 630 A
- Sa ili bez prigradenih osigurača

SR 24-630-3	
Oznaka	mm

a	500
b	1600
c	468
d	485
e	1250
f	690
g	555
h	275
m	500
n	465
Masa	125 kg
Atest	br 1950



tip: SR-24-630/3-H-Z/B-D-500/1000



BETONSKI STUPOVI

TIP STUPA	Dužina L (m)	Razmak c (m)
ZSLR	10	2 x 2,0
	11	2 x 2,5
1531	12	3 x 2,0
ILI	13	3 x 2,3
2961	14	4 x 2,0
	15	4 x 2,25

Zagorje - Varaždin

- Tipiski ispitani i atestirani.
- Trojpolna izvedba s min. razmakom a=500mm.
- S noževima za uzemljivanje na osovinu.
- Horizontalna montaža drv. i betonski stup.
- Nazivni napon do 36 kV.
- Nazivne struje 630 A.

Podnožja serije SO ZA VANJSKU MONTAŽU

- Tipski ispitani i atestirani
- Jednopolna i trolna izvedba
- Nazivni napon do 36 kV
- Nazivna struja 200 A

Tehnički opis:

Podnožja osigurača za vanjsku montažu ugrađuju se na mjestima za zaštitu srenjenaponskih vodova, ra- sklopnih uređaja i transformatorskih stanica TS x/O, od slučajnih struja kratkog spoja.

Konstrukcija postolja serije SO izvedeno je od čeličnih vruće pocinčanih profila, kao i elementi za učvršćivanje. Vodljivi dijelovi su iz elektrolitskog opružnog bakra Cu F30 za spoj voda i glave patrone osigurača

JEDNOPOLNA PODNOŽJA
OSIGURAČA

tip: SO-24-200-1

ATEST BR
1952

KONČAR - INSTITUT ZA ELEKTROTEHNIKU
Zavod za sklopne aparate i sklopna postrojenja
Zagreb, Baštinova bb.

Br. 1951
Stranica 1/1

A T E S T

Proizvod: TROPOLNO PODNOŽJE OSIGURAČA ZA VANJSKU MONTAŽU
Tip: SO-24-200-3/5 (nacrt br. E-02-601-000)

Nazivni napon: 24 kV
Nazivna struja podnožja: 200 A

Proizvođač: "METAL - ELEKTRO" - Donja Zelina

Ispitivanja je proveo: "KONČAR - Institut za elektrotehniku"
Zagreb

Ispitivanja su provedena u skladu s: IEC 282-1 i JUS N.E5.505

Izvršena su slijedeća ispitivanja:

1. Naponska ispitivanja (Ispitni list IET-VNL br. 035791/11.12.91.)
2. Ispitivanje zagrijavanja (Izveštaj o ispitivanju IET-LA br. 21534-91/1387/18.12.91.)

ZAKLJUČAK

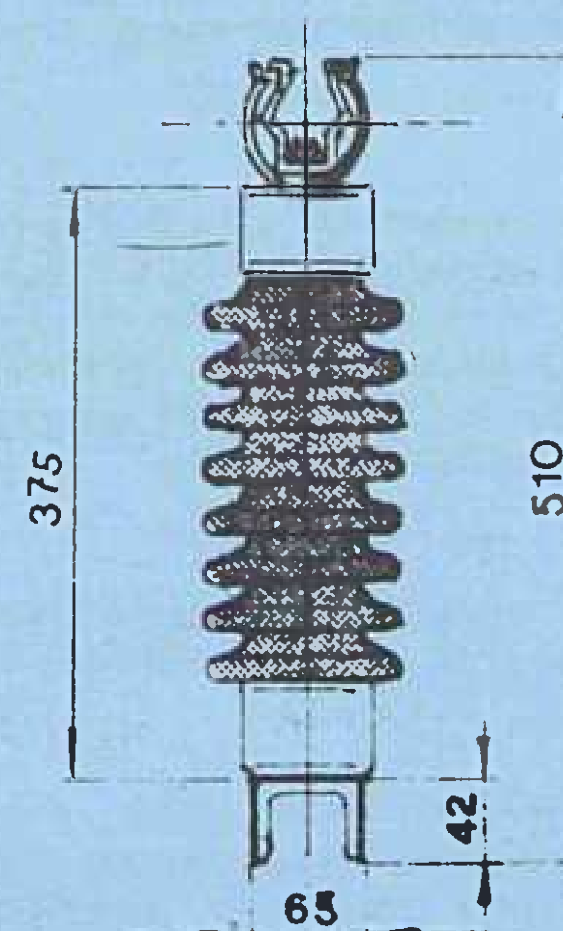
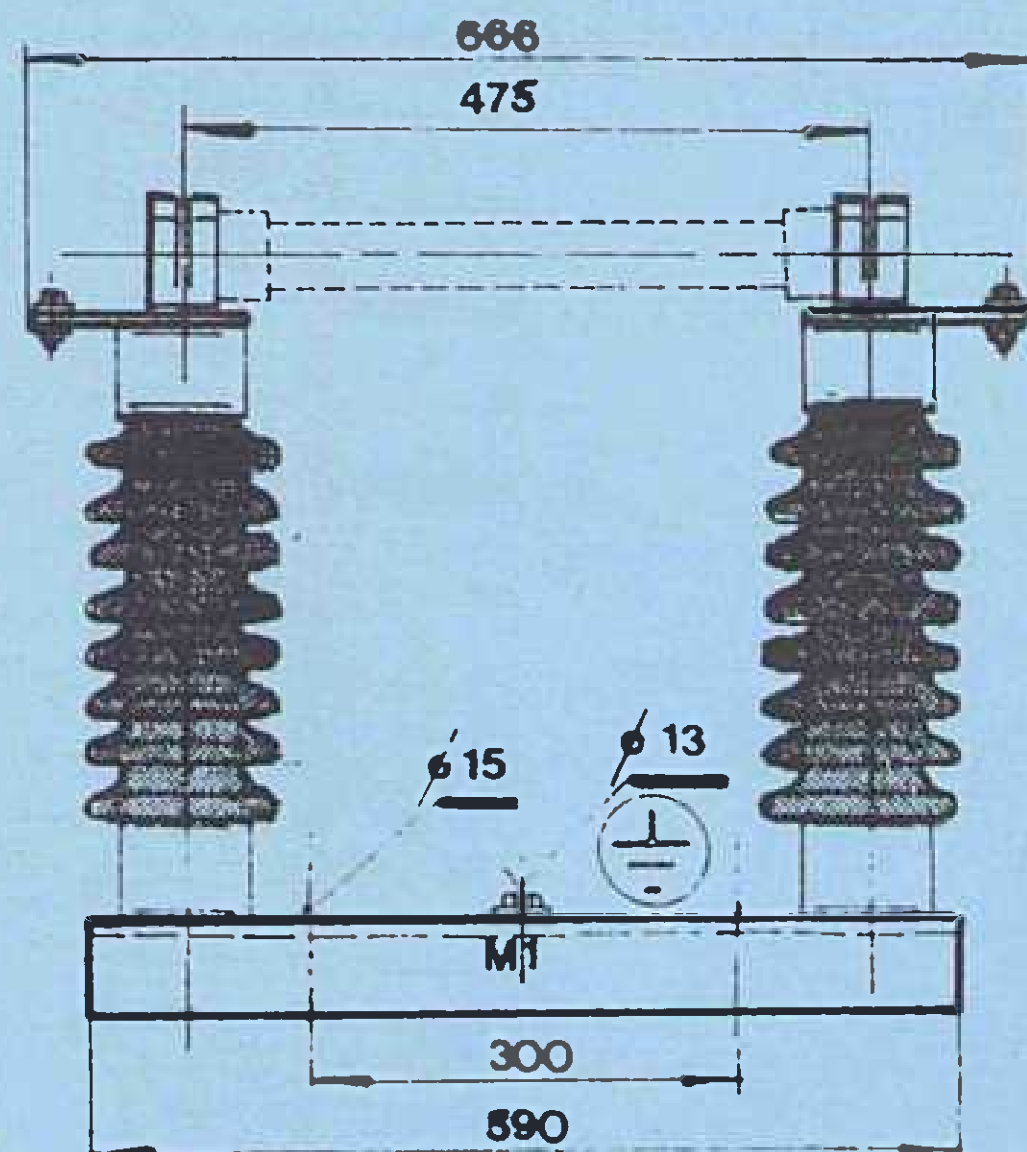
Na osnovu provedenih ispitivanja zaključuje se da su TROPOLNA PODNOŽJA OSIGURAČA ZA VANJSKU MONTAŽU tipne oznake SO-24-200-3/5, proizvodnje "METAL-ELEKTRO", sa posrebnim elastičnim spojnicama, u skladu s gore navedenim standardima i da odgovaraju za gore navedene nazivne karakteristike.

Zagreb, 18.12.1991.

KONČAR - INSTITUT ZA
ELEKTROTEHNIKU d.o.o. 1
Z A G R E B - Baštinova b. b.

Upravitelj Zavoda za sklopne
aparate i sklopna postrojenja:
Aleksej Šadura
Aleksej Šadura, dipl.ing.

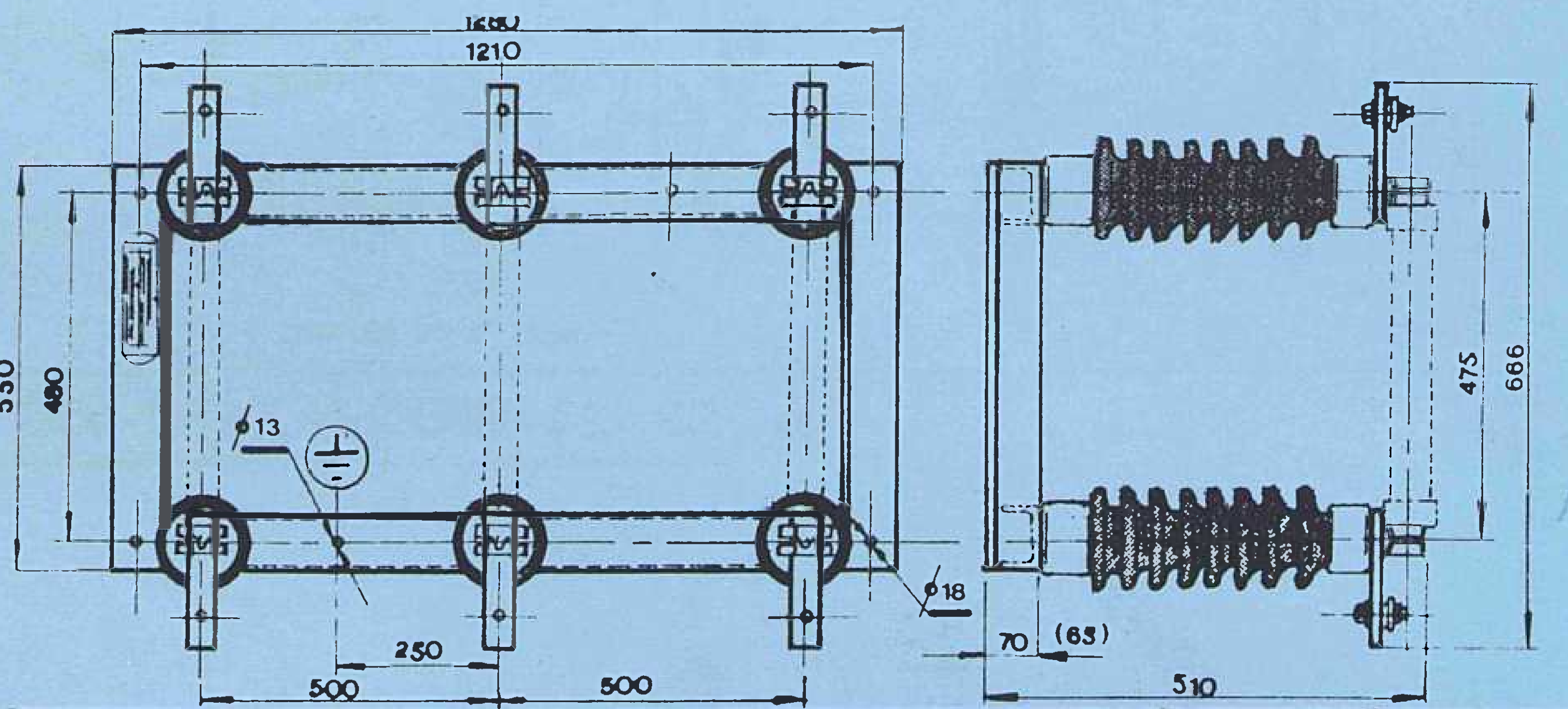
Reg. 28-3/87



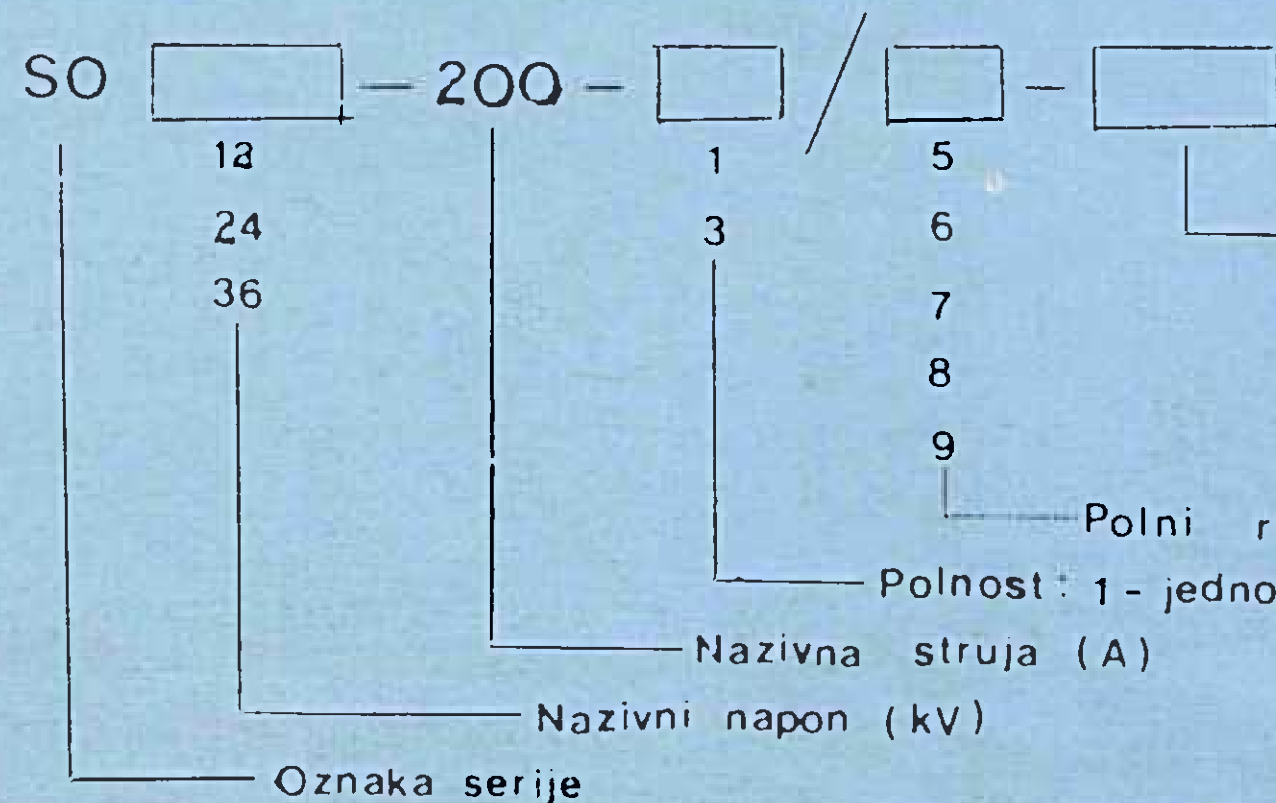
TROPOLNA PODNOŽJA
OSIGURAČA

tip: SO-24-200-3/5

ATEST BR
1951



TIPNO OZNAČAVANJE (VN) PODNOŽJA OSIGURAČA SERIJE SO



Navesti nazivnu struju uložka, ako se isporučuje.
(bez oznaka ako se ne isporučuje uložak.)

Polni razmak u dm.

Polnost: 1 - jednopolni; 3 - trolni

Nazivna struja (A)

Nazivni napon (kV)

Oznaka serije

PRIMJER

Podnožje osigurača SO, nazivnog napona 24 kV, nazivne struje (standardno) 200 A, trolno, Polnog razmaka $a = 500$ mm, bez uložka osigurača.

Tipna oznaka: SO 24-200-3/5



**brodomaterijal — poduzeće za unutarnju i vanjsku trgovinu i usluge, p.o.
tehničke robe d.o.o. rijeka**

51000 rijeka, j. kraša 12 • p.p. 396 • telefoni: © 211-211 • telegram: brodma rijeka
telex: 24205 brodma yu • telefax 32882 • žiro račun: 33800-601-11971

»Brodomaterijal« je u okviru svog širokog polja djelatnosti stekao ugled obavljajući i mnoge poslove za Elektroprivredu.

Postao je priznata firma na području građenja trafostanica 110/20 kV i 110/35 kV po sistemu inženjeringa i isporukom opreme za DV 110 kV i DV 400 kV.

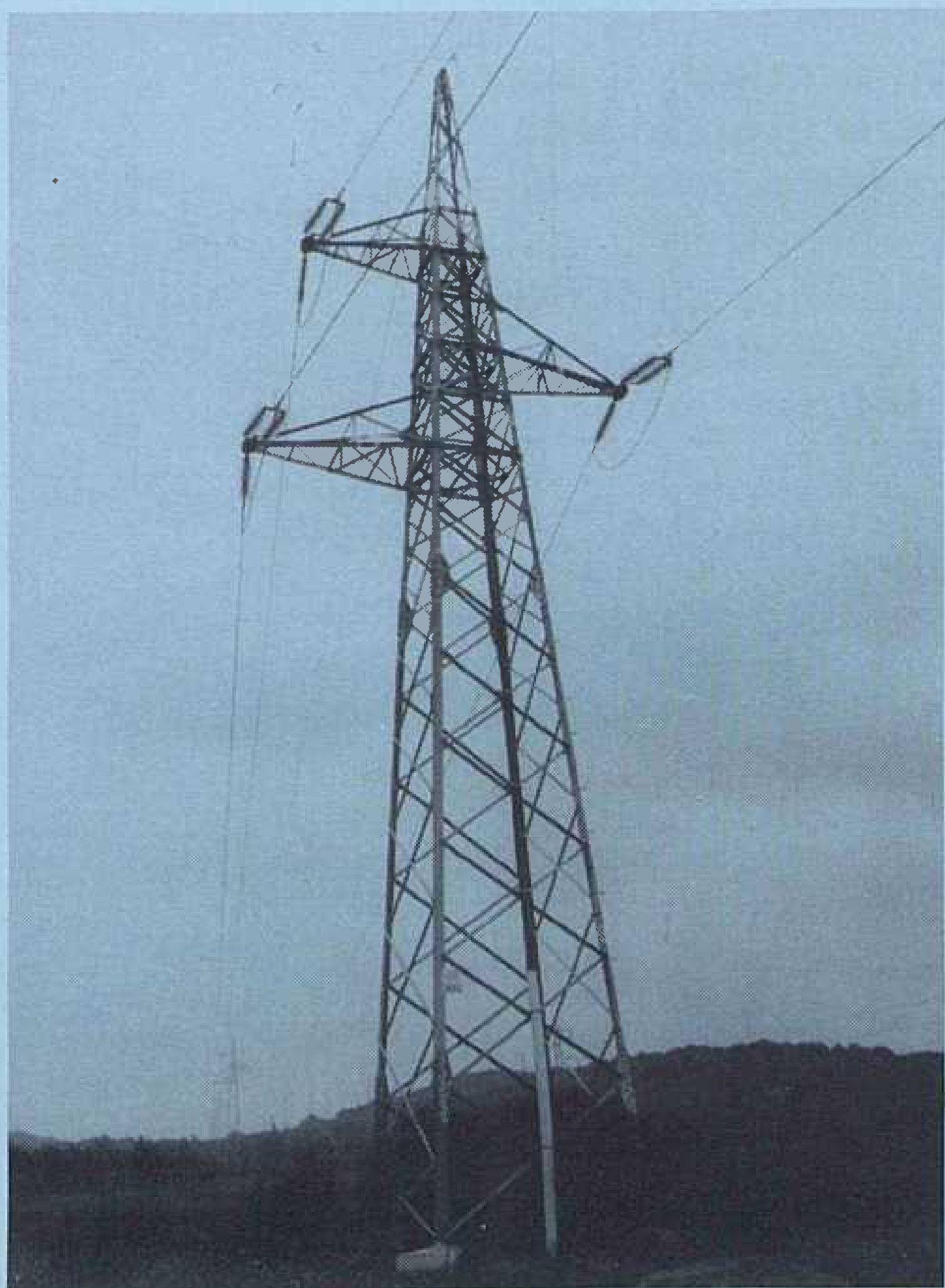
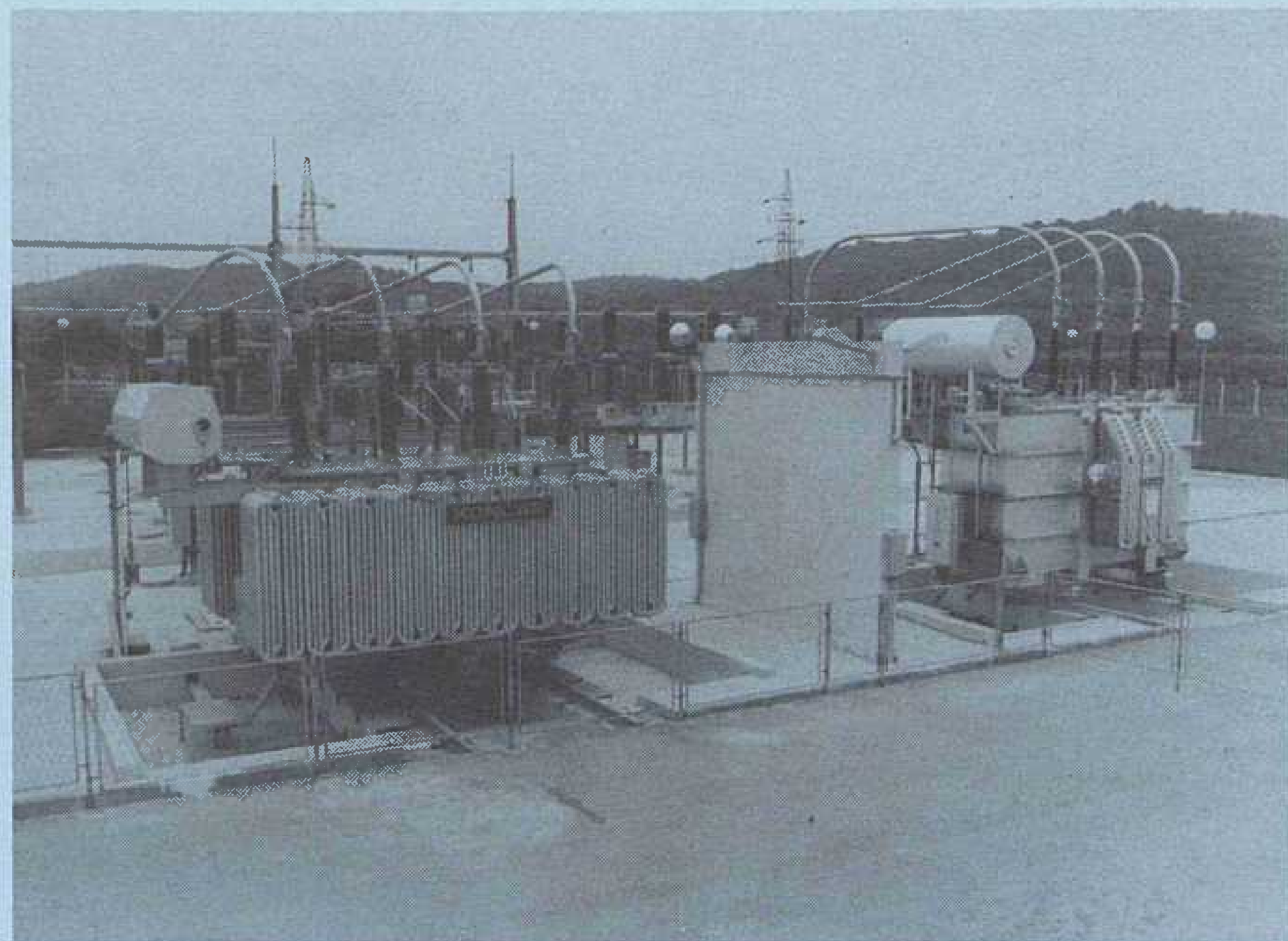
Na regiji Hrvatskog primorja i Istre obavio je sljedeće poslove za Hrvatsku elektroprivredu:

- uvoz podmorskih kabela za Krk — Rab 110 kV,
- isporuka kompletne opreme za TS 110 kV Rovinj — Lošinj — Šijana,
- DV 110 kV Rovinj — Vodnjan — Pula
- isporuka opreme za DV 400 kV TS Melina — TS Tumbri
- isporuka opreme i izgradnja objekta po sistemu ključ u ruke za TS Matulji 110/20 kV.

Za sve informacije izvolite se obratiti na poslovnicu Elektromaterijal 146, na telefone:

051/211-211 kućni: 206, 207 i 211

051/213-541, (telefax br. 32-882 ili 213-541, telex br. 24205).





PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabele za napone:

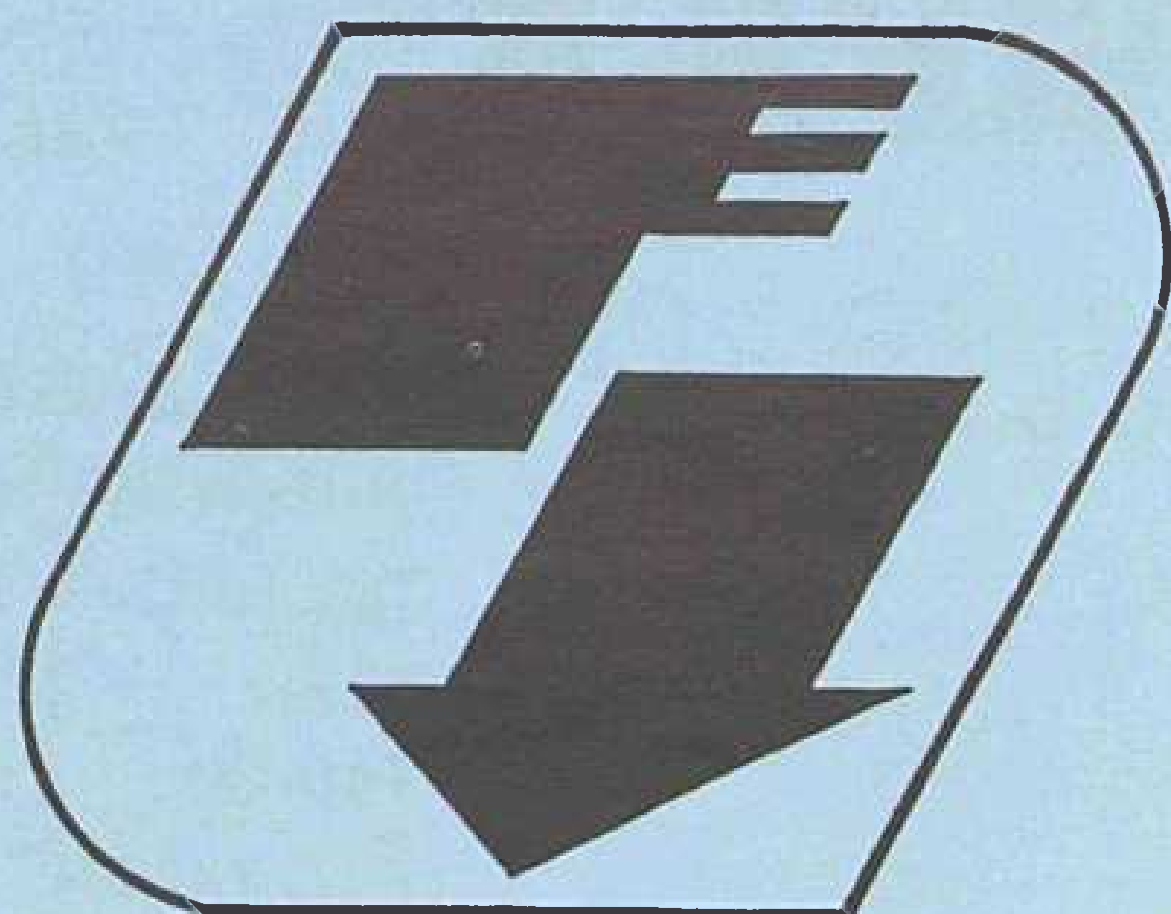
1 kV - s termoplastičnom izolacijom
 10 kV - s izolacijom od:
 - umreživog polietilena
 - etilen propilena

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

Termoplastikom izolirani instalacijski vodovi i kabele.
 Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabele.
 Brodski kabele izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.
 Kabele i konektori za aerodromske instalacije.
 Samonosivi kabelski snopovi Elkalex-1.
 Telekomunikacijski kabele s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.
 Optički kabele.
 Specijalni vodovi i kabele.
 Rudarski kabele.
 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



ELEKTROPROMET

ZAGREB

PODUZEĆE ZA UNUTARNJU I VANJSKU TRGOVINU
S P.O. ZAGREB, ILICA 10

Unutarnja trgovina

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Inženjering

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Vanjska trgovina

Zagreb, Ilica 10.
Telex 21311 YU ELPROM
Fax. 041/423-714
Tel. 041/433-653

Dugogodišnje iskustvo u energetici, elektroprivredi, opremanju objekata, izvozu i uvozu, zastupanju, maloprodaji elektrotehničkih aparata, kućanske tehnike i elektronike.

MAŠINOIMPEX

Poduzeće za vanjsku trgovinu p. o.

41000 ZAGREB

Varšavska 9

Telefon: 041/457-111

Telex: 21-177, 21-254 MAEX

Telefax: 041/424-090, 426-296

Žiro račun: 30105-601-6894

Djelatnosti na vanjskom tržištu

- Izvoz i uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije
- Izvoz i uvoz svih vrsta repromaterijala
- Izvoz i uvoz brodova i aviona
- Izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda
- Međunarodno trgovinsko posredovanje
- Međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava
- Zastupanje inozemnih firmi

MAŠINOIMPEX

41000 ZAGREB

VARŠAVSKA 9

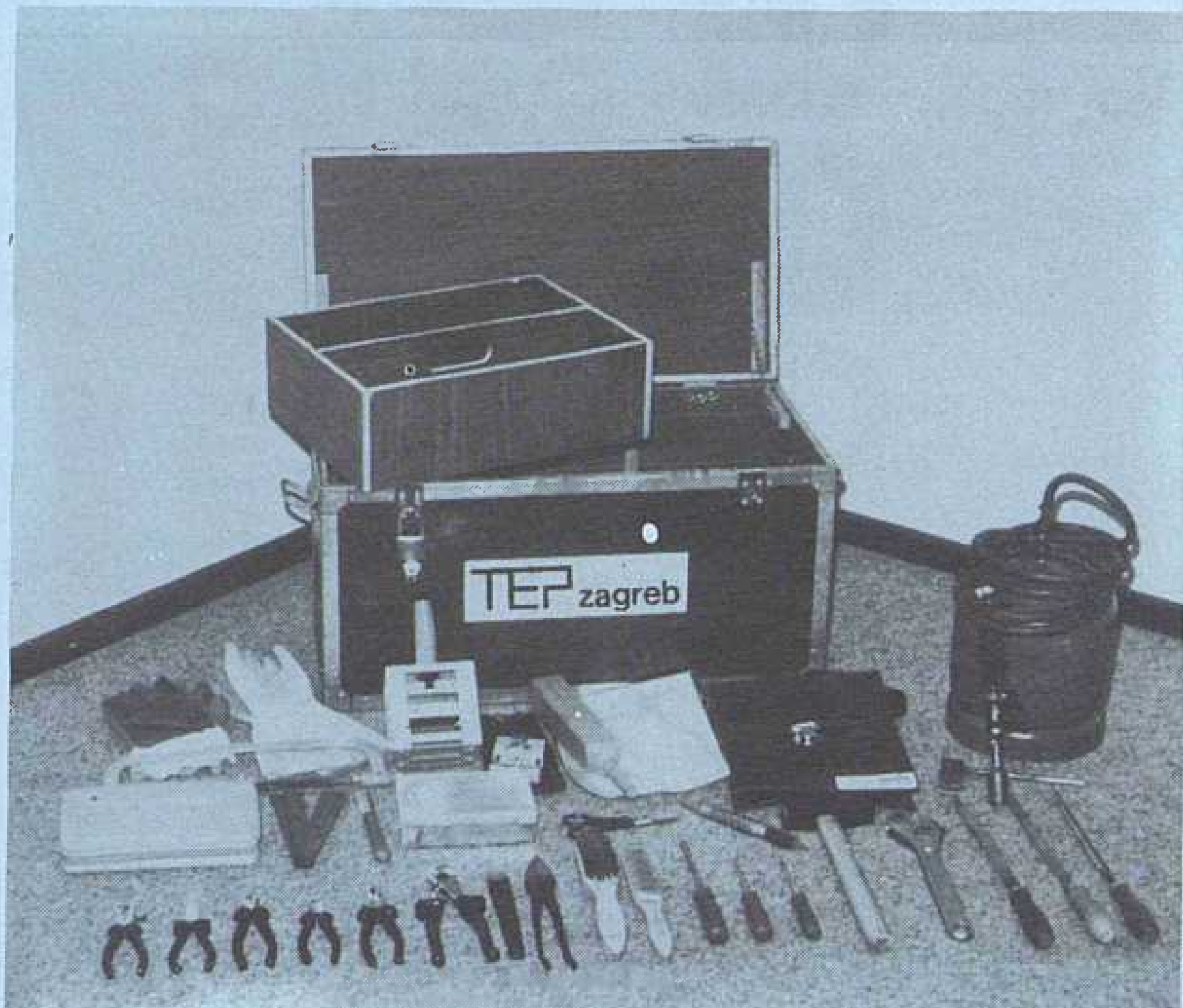
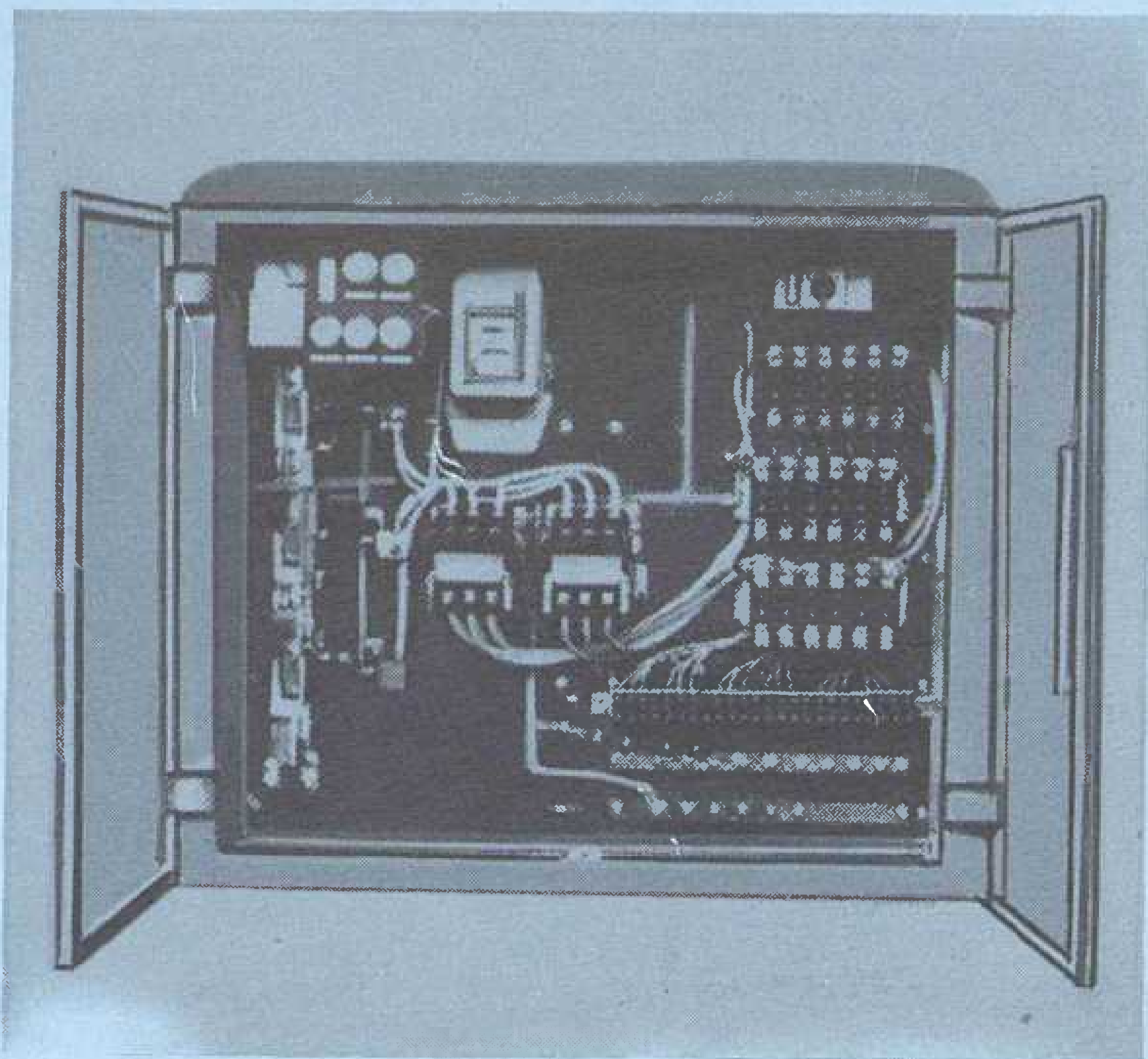
TELEFON: (041) 457-111 — TELEX 21-177, 21-254 MAEX

TELEFAX: (041) 424-090, 426-296 — ŽIRO RAČUN: 30105-601-6894

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*

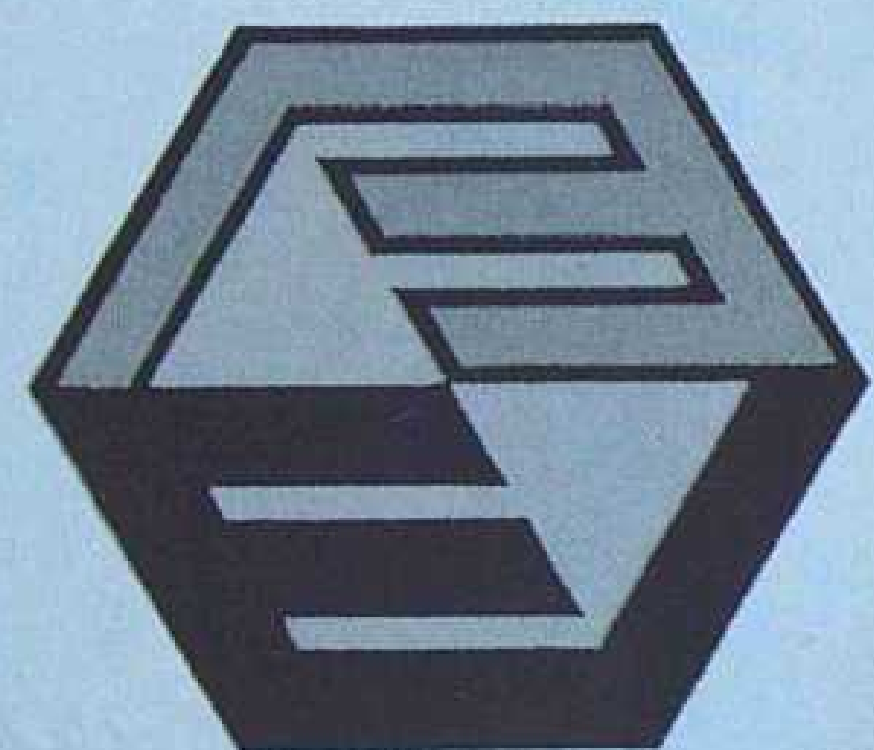
* ormari i ormarići su opremljeni stezaljkama za direktno spajanje Al i Cu vodiča

VANJSKA RASVJETA

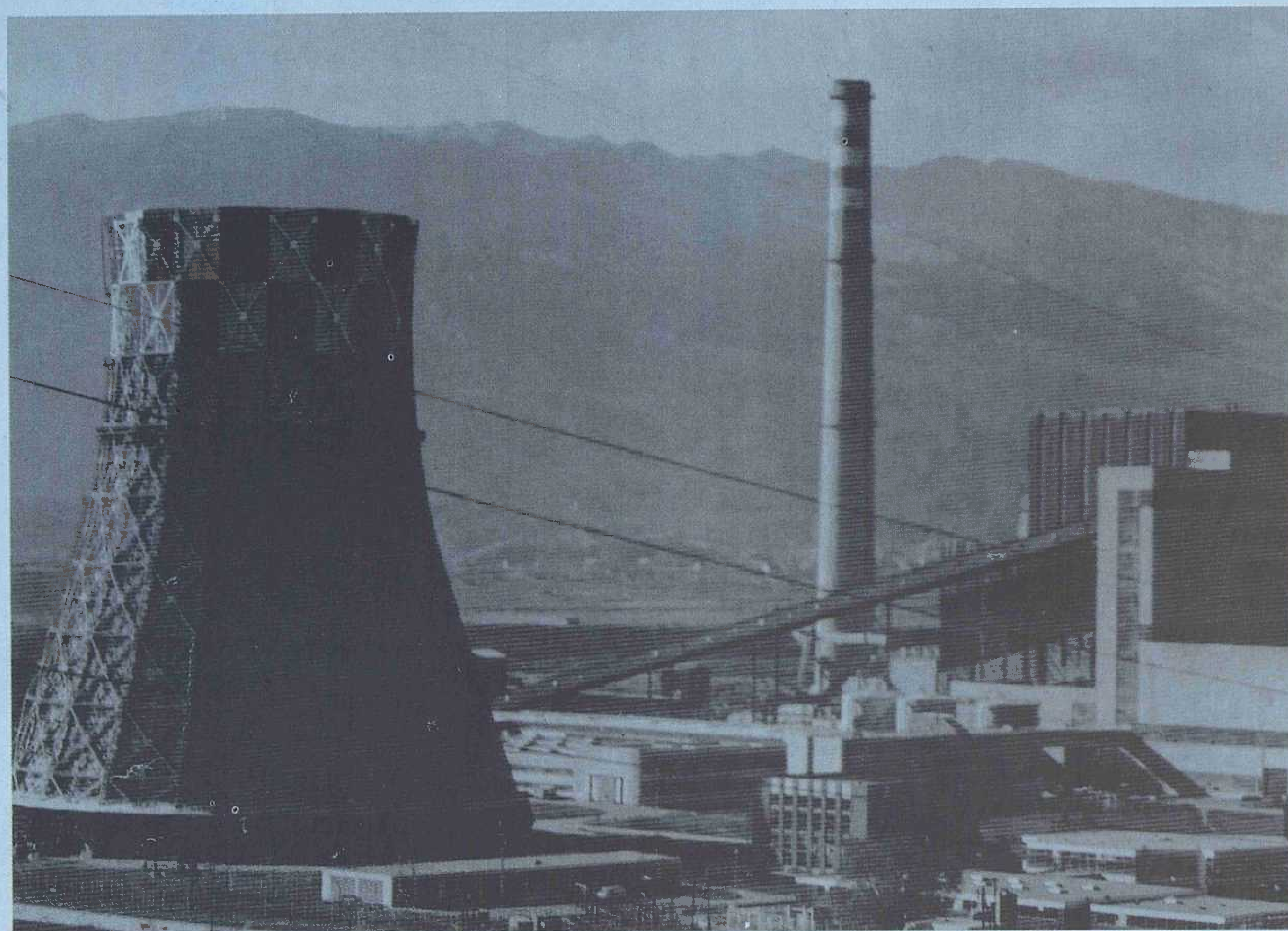
- svjetiljke za saobraćajnice
- svjetiljke za parkove
- elektronički regulatori rasvjete

SISTEM ZA OGRANIČAVANJE SNAGE

- potrošački prekidači
- sklopnici za upravljanje trošilima



monting ENERGETIKA ZAGREB



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

**41000 ZAGREB
Kesterčankova 1**

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 yu mont
Telefax	235-560

TE »GACKO« – Gacko: Kompletna montaža bloka 1 instalirane snage 1×300 mW, 1982. godine.
Rekonstrukcija kotla kapaciteta 990 t/h pare i kapitalni remont turbogeneratora 300 MW, 1989. godine.

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Godište 41 (1992)

Zagreb 1992

Br. 4

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i
informatike

SADRŽAJ

<i>Barta-Koštrun S.</i> : Analiza mogućnosti i potreba razvoja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede (Stručni članak)	185
<i>Čapka B.</i> : Energetski sistemi i ekstremne meteorološke prilike (Pregledni članak)	193
<i>Škanata D.</i> — <i>Fink K.</i> — <i>Jelavić V.</i> : Prilog karakterizaciji RAO niske i srednje aktivnosti u NE Krško (Stručni članak)	199
<i>Uglešić I.</i> — <i>Kopecki I.</i> : Električna željeznica trošilo elektroprivredne mreže koji uzrokuje izobličenja napona i struja (Izvorni znanstveni članak)	207
<i>Staniša B.</i> : Problemi oštećenja i havarija parnih turbina (Prethodno priopćenje)	215
Rad Instituta za elektroprivredu u 1991. godini	227
Vijesti iz elektroprivrede	234
Savjetovanja i konferencije	236
Iz strane stručne literature	237
Oglasi	241

IZDAVAČKI SAVJET — THE PUBLISHING COUNCIL

Duro *Stanković*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Slavica *Barta*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za razvoj i inženjering, Zagreb — Bruno *Šaina*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje Opatija — Marijan *Kovač*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, PP Primorskog sliva, Tribalj — mr. Damir *Subašić*, dipl. inž., Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, Zagreb — mr. Zdravko *Mužek*, dipl. inž., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR — EDITORIAL BOARD

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

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

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 2400 HRD, a za poduzeća i ustanove 6000 HRD (za studente 2000 HRD).
Cijena pojedinog broja u prodaji 500 HRD.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišej — Print: TIZ »Zrinski«, 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 jednoj strani formata A — 4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogreška, 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 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.

ANALIZA MOGUĆNOSTI I POTREBA RAZVOJA DOKUMENTACIJSKOG SUSTAVA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Mr. Slavica Barta-Koštrun, Zagreb

UDK 621.311.1:002

STRUČNI ČLANAK

Analiziraju se tehničko-tehnološki i organizacijski aspekti relevantni za razvoj dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede, te predlažu odrednice razvoja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede. Pritom se ne mogu sasvim mimoći ni djelomična razmatranja s društveno-političkog, sociološkog, psihosociološkog i ekonomskog aspekta.

Ključne riječi: dokumentacijski sustav, odrednice razvoja.

1. UVOD

Orijentacija Hrvatske elektroprivrede (skraćeno: HEP) da u sklopu promjene organizacije u što većoj mjeri postane gospodarski profitabilno orijentiran poslovni subjekt, za razliku od sadašnjeg poludržavnog statusa, znatno mijenja opseg i karakter poslova u poduzeću. Nova organizacija Hrvatske elektroprivrede čini poduzeće potpuno jedinstvenim, posebno glede organiziranja rada i poslovanja. Isto će u tom smislu i dokumentacijski sustav, što je u osnovi upravljanje dokumentima, morati biti jedinstven za cijelo poduzeće. Organizacijska rješenja dokumentacijskog sustava primjerena tom konceptu poduzeća još nisu potanko razrađivana, tako da za sada ne postoji čvrsti koncept organizacije primjeren novoj organizaciji poduzeća. Dokumentacijski poslovi odvijaju se na način uređen u vrijeme kada je organizacija elektroprivrede bila zajednica poduzeća i kad su se takvi poslovi, više ili manje, usmjereno organizirali po pojedinačnim poduzećima za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. S druge strane, informatička tehnologija dostigla je takvu razinu razvoja da raspolaže nizom elektroničkih uređaja po pristupačnim cijenama, pomoću kojih se dokumentacijski procesi mogu odvijati racionalnije. Na tim pretpostavkama temelje se odrednice razvoja dokumentacijskog sustava, čime će se ostvariti cjelovitost rješenja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede. Osnovno rješenje razvoja dokumentacijskog sustava bit će razrađeno globalnim projektom dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede. Ulazak u realizaciju dijelova dokumentacijskog sustava rješavat će se izvedbenim projektima kroz brze i parcijalne pothvate.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE DOKUMENTACIJSKOG SUSTAVA

2.1. Dokument

Dokumentom se može smatrati svaki materijalni predmet koji služi kao potvrda nekog znanja i može se uključiti u neku zbirku. U najširem smislu u dokumente se ubrajaju ne samo publikacije i rukopisi već i umjetnička djela, numizmatički predmeti, muzejski primjerci minerala, botaničkih, zooloških i antropoloških vrsta. Dokumenti su materijalni predmeti koji nose i prenose neku informaciju u vremenu i prostoru [1]. Dokumenti se klasificiraju na razne načine, ali s informatičkog stajališta podjela na primarne i sekundarne dokumente ima prvenstvo. Pod primarnim se dokumentima razumijevaju oni dokumenti koji uglavnom sadrže novu znanstvenu materiju ili novo tumačenje poznatih činjenica ili ideja. Sekundarnim se dokumentima smatraju oni dokumenti koji sadrže informacije o primarnim dokumentima sa svrhom da služe za upoznavanje korisnika o raspoloživosti dokumenta. Prema tome, u primarne se dokumente mogu ubrojiti stručne knjige, standardi, patenti, tehnički katalozi i cjenici opreme i materijala i slični katalozi, investicijsko-tehnička dokumentacija, te dokumentacija vezana za poslovanje poduzeća (ugovori, računi, podaci o zaposlenima, itd.) Od sekundarnih dokumenata tu su informativni bilteni, u kojima se objavljuju pregledi najnovije literature, prinova standarda i slične informacije, te višejezični rječnici za prevođenje, bibliotečni katalozi i drugi.

2.2. Informacija

Osnovna vrijednost dokumenata je u tome što su oni nositelji informacija, a njihovo kolanje osigurava nužne komunikacije među korisnicima informacija. Riječ »informacija« ima korijen u latinskoj riječi »informatio«, a u prijevodu znači formu, oblik ili zna-

nje. Izvor informacija je neki događaj koji nastaje ako se nešto u nekom trenutku promijeni. To saznanje o promjeni je ono što se naziva informacijom [2]. Informacije su potrebne za donošenje odluka. Čovjekov svjesni život sastoji se od neprekidnog donošenja odluka. Ljudsko se biće razlikuje od životinjskog upravo time što svoje odluke ne mora donositi instinktivno, već ih može donositi na temelju razmišljanja. To znači da je čovjek sposoban do neke granice sebi predočiti posljedice svojih odluka, te odabrati i izvršiti onu odluku koja je po njegovu vlastitu kriteriju u danom trenutku najpovoljnija. Zato su mu potrebne informacije. Upravljanje poduzećem predstavlja zapravo svrsishodno prikupljanje informacija, obradu informacija u alternativama, izbor najpovoljnije mogućnosti, tj. donošenje odluke i pokretanje akcija za njezino izvršenje.

2.3. Sustav

Pojam sustav star je koliko i europska filozofija. Izvori ideje o sustavima nalaze se u razmišljanjima i djelima starogrčkih mislilaca Aristotela, Platona, Demokrita i drugih. Oni su već tada spoznali da u svijetu oko njih postoji neki red, koji je razumljiv i kojim se može upravljati. Aristotelova tvrdnja da je cjelina nešto više nego zbroj svih njezinih dijelova i danas predstavlja jednu od vrlo značajnih ideja o sustavu [3]. Za sustav se može reći da je to cjelina nadređena dijelovima, a čini ga skup njegovih dijelova i priroda njihove međusobne povezanosti. Drugim riječima, sustav čini skup elemenata koji su međusobno tako povezani da stvaraju sređenu cjelinu. Veze među elementima mogu biti materijalne, energetske ili informacijske. Sustav ima granice koje se mogu mijenjati ovisno o međusobnom djelovanju promatranog sustava i drugih sustava oko njega. Sve ono što se nalazi izvan promatranog sustava, tj. drugi sustavi i njihovi elementi, naziva se njegovom okolinom. Budući je sustav sastavljen od elemenata, može se raščlaniti na elemente tako da svaki od njih čini novi sustav sa svojim elementima.

2.4. Poslovni sustav

Sustav u kojem se odvija poslovni proces, tj. rad utječe na sredstva za rad, a sredstava za rad na predmete rada, koji se iz početnog stanja pretvaraju u završno stanje u kojem napuštaju sustav označen je kao poslovni sustav. Poslovni sustav je dinamičan sustav, koji se kreće, mijenja i razvija. Samo funkcioniranje poslovnog sustava može se apstrahirati na oblikovanje, transport i čuvanje materije, energije i informacija [4]. Funkcioniranje poslovnog sustava odvija se u prostoru, vremenu i vrijednosti. I upravo je ta vrijednosna dimenzija bitna za poslovni sustav. Bitan element poslovnog sustava je čovjek. Motiv bilo koje čovjekove djelatnosti jest postojanje potreba, a svrha njegove djelatnosti zadovoljavanje tih potreba. Osnovna svrha poslovnog sustava jest zadovoljavanje relevantnoga dijela potreba okoline, dok se njegove potrebe i potrebe njegovih dijelova mogu za-

dovoljiti tek kada je prethodno ostvarena njegova svrha. Međutim, poslovni sustav može ostvarivati svoje svrhe ako svoja stanja mijenja tako da postiže željene učinke ili ciljeve koji su uvjetovani svrhama njegove djelatnosti. Poslovni sustav postiže svoje ciljeve na taj način da svoje postojeće stanje transformira u željeno, pa se zbog toga aktivnost sustava potrebna za prijelaz iz postojećeg stanja u željeno može nazvati njegovim zadatkom. Da bi poslovni sustav mogao opstati i razvijati se u promjenljivoj okolini, potrebno ga je upravljati. Pri tome se upravljanjem u kibernetičkom smislu smatra takvo djelovanje na sustav koje obuhvaća:

- aktivnost određivanja svrha i ciljeva sustava (upravljanje u užem smislu)
- utjecanje na sustav sa svrhom da se on provede iz određenog u željeno ili ciljno stanje (vođenje).

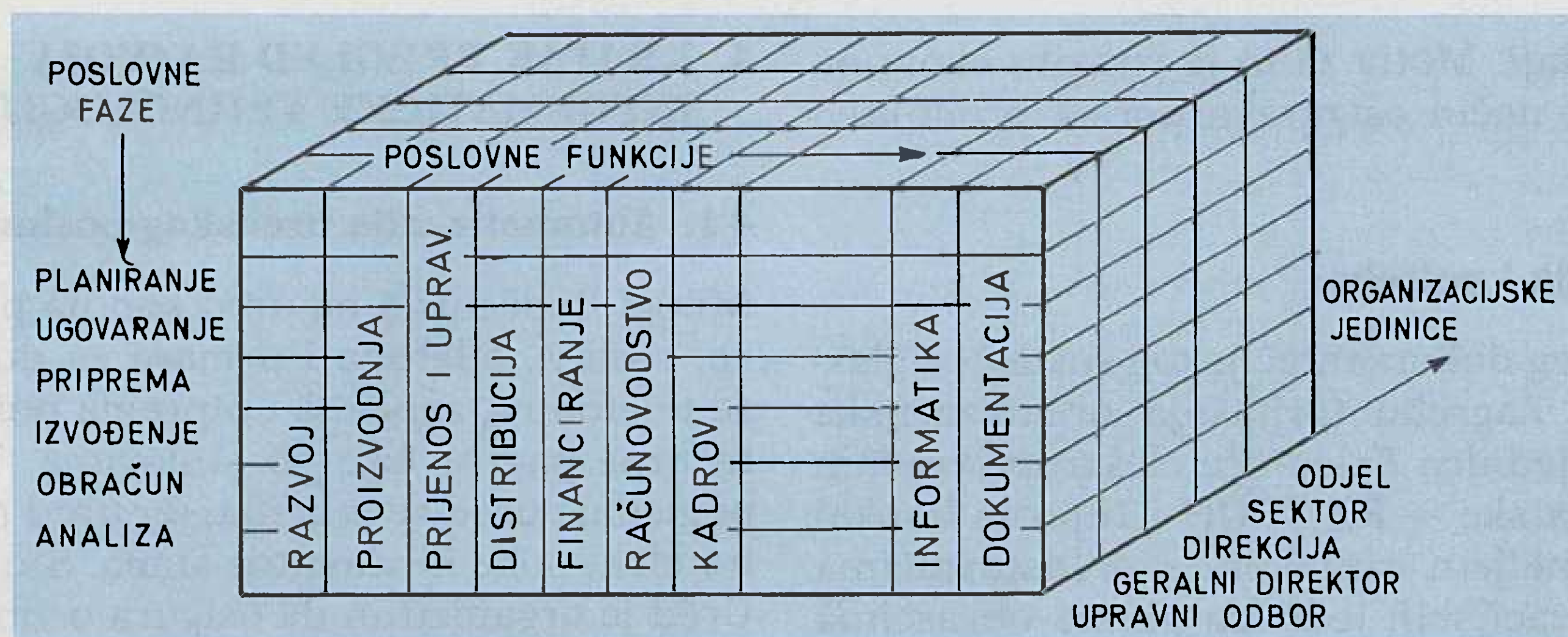
2.5. Dokumentacijski sustav

Svako poduzeće odnosno poslovni sustav mora imati dokumentacijsku podlogu svojih aktivnosti, kako zbog osiguranja kontinuiranog praćenja vlastitog funkcioniranja, tako i zbog potrebe funkcioniranja i izmjenjivanja informacija s drugim sustavima. Informacijski sustav predstavlja sintezu informacija i elektroničkog računala. Temelji se na sustavno uspostavljenom i primjenjivanom skupu organizacijskih pravila u vezi s nositeljima zadataka informiranja. Informacijski sustav poduzeća mora zadovoljiti dvije funkcije: funkciju informiranja za potrebe upravljanja poduzećem, te funkciju dokumentacije [5]. Dok drugi dijelovi informacijskog sustava svojim procesima određuju i koriste dokumente s obzirom na njihov sadržaj, dokumentacijski sustav određuje formalni dio dokumenta: vrstu, oblik i način rukovanja. Sastoji se od elemenata: mjesta odvijanja dokumentacijskih procesa (čvorišta), dokumenata, resursa (oprema, pribor, prostor, ljudi), procesa, baza podataka, programa za elektroničko računalno, uputa za rukovanje, te podataka o dokumentima. Dokumentacijski sustav obuhvaća procese stvaranja i prihvata dokumenata, kolanja dokumenata od čvorišta do čvorišta, pohrane i umnažanje dokumenata [6].

3. ANALIZA STANJA DOKUMENTACIJSKOG SUSTAVA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

3.1. Mjesto i uloga dokumentacijskog sustava

Analiza mjesta i uloge dokumentacijskog sustava upućuje na to da ga treba tretirati kao jednog od poslovnih resursa kao što su financijska sredstva, materijal, oprema, osoblje, informacije [7]. Mjesto dokumentacijskog sustava kao poslovne funkcije u poslovnom sustavu Hrvatske elektroprivrede prikazano je u prizmi strukture prema slici 1. Kao što je iz ove slike vidljivo, dokumentacijski sustav je uključen u sve poslovne funkcije, organizacijske jedinice, poslovne faze i resurse poduzeća. Dokumentacijski sustav Hrvatske elektroprivrede je distribuirani doku-



Slika 1. Mjesto i uloga dokumentacijskog sustava u poslovanju poduzeća

mentacijski sustav što ga čini prostorno organizacijska mreža hijerarhijsko strukturiranih dokumentacijskih čvorišta, shematski prikazanih na slici 2. Pritom se pod dokumentacijskim čvorištem smatra ograničeni prostor (zgrada, dio zgrade, osoba) koji sadrži osobe i opremu potrebnu da se izvode temeljne dokumentacijske operacije. U jednom čvorištu mogu se, ali ne moraju, izvoditi sve ili samo neke operacije. Svako elementarno čvorište je hijerarhijski nadjeljivo i posjeduje skup priznatih adresa (A_{isk}) pridruženih organizacijskim jedinicama, ulogama i osobama, s kojih se može poslati odnosno koje mogu primiti dokumentacijski zapis. Čvorišta su elektroprivredna (E) ili vanjska ($V_1, \dots, V_m$), glavna ($E_1, \dots, E_i$) ili sporedna ($E_{i1}, \dots, E_{is}$).

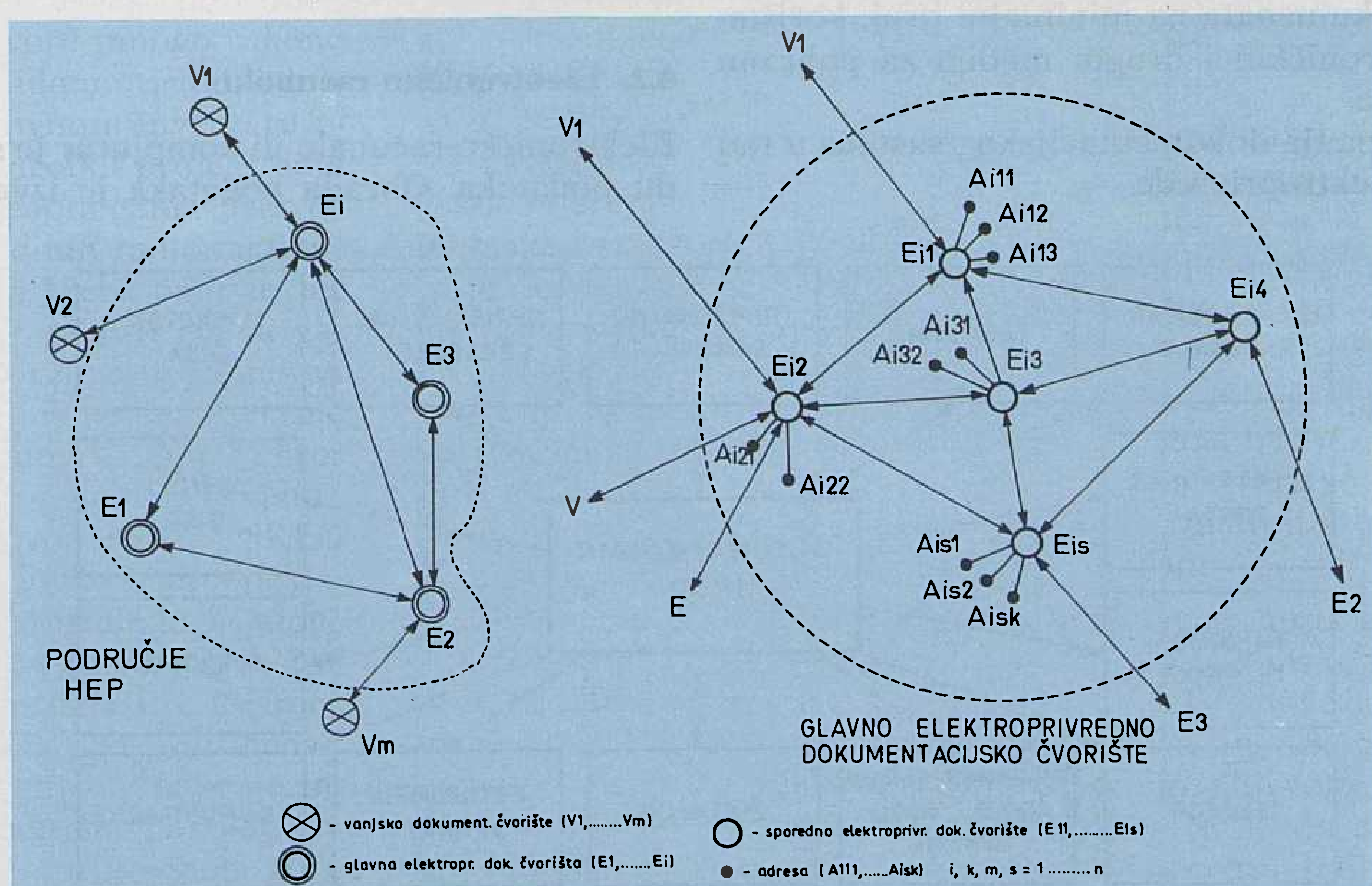
3.2. Dokumentacijski sustav i njegova okolina

Dokumentacijski sustav nije izolirani sustav, već je u stalnoj interakciji sa svojom okolinom, što utječe na procese, strukturu i izvršavanje zadataka dokumentacijskog sustava. Taj utjecaj nije jednostavno predvidjeti, ali o tome kako se može brzo prilagoditi promjenama u okolini ovisi efikasnost njegova funkcioniranja. Okolinu dokumentacijskog sustava čine os-

tali sustavi unutar i izvan poduzeća. Sustavi unutar poduzeća i njihova interakcija utvrđeni su unutarnjom organizacijom poduzeća, koja zavisi od svoje okoline odnosno od društvenih i gospodarskih odnosa u zemlji.

U skladu sa stvorenim pretpostavkama na uspostavljanju novog gospodarskog sustava, temeljenog između ostalog i na tržišnom gospodarstvu, dokinuta je samoupravna organizacijska struktura Hrvatske elektroprivrede i uspostavljena nova organizacija kojom se omogućava funkcioniranje poduzeća u novim uvjetima. Organizacija Hrvatske elektroprivrede postavljena je tako da je upravljanje poduzećem centralizirano, za razliku od prijašnjega decentraliziranoga samoupravnog upravljanja. Organizacijska rješenja primjerena ovom konceptu poduzeća uvjetuju da se i uređenje dokumentacijskih poslova odgovarajuće postavi. Nedavna vlasnička pretvorba Hrvatske elektroprivrede i provedba reorganizacije otvaraju nove mogućnosti elektroprivredne djelatnosti, gdje i sustav upravljanja dokumentacijom treba dati svoj doprinos.

Suvremeni razvoj informatičke tehnologije omogućio je da se u dokumentacijskim procesima koriste



Slika 2. Struktura dokumentacijskih čvorišta HEP

elektronički uređaji. Motiv za to je izrazito ekonomski, jer se na taj način osigurava porast produktivnosti.

3.3. Snimka stanja i potreba

Snimka postojećeg dokumentacijskog sustava u glavnom čvorištu u Zagrebu (prijašnja organizacijska cjelina Radna zajednica Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske — RZ ZEOH i Interna banka) provedena je temeljem razgovora s predstavnicima pojedinih organizacijskih jedinica prema obrascima s unaprijed pripremljenim pitanjima [8]. Rezultati provedenog istraživanja mogu se sažeti u sljedeće:

- Kvaliteta postojećeg dokumentacijskog sustava odnosno sustava upravljanja dokumentacijom ograničena je primjenjenom tehnologijom.
- Priprema dokumenata je dugotrajna i podložna greškama, te bi obradu teksta trebalo unificirati i automatizirati.
- Dokumenti na adrese korisnika stižu sa zakašnjenjem, te bi trebalo reorganizirati kolanje dokumenata.
- Pronalaženje dokumenata je teško i sporo kako u urudžbenom uredu, tako i u organizacijskim jedinicama koje stvaraju određene dokumente.
- Nužno je organizirati arhiviranje dokumenata u skladu sa zakonom i potrebama poslovnog procesa.

Navedeno upućuje na to da bi budući razvoj dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede trebao dati poboljšanja u smislu:

- pouzdanijeg rukovanja dokumentima
- skraćanja vremena i racionalnijeg stvaranja dokumenata
- bržeg pristupa dokumentima
- pouzdanije kontrole pristupa dokumentima
- boljeg nadzora nad postupcima
- smanjenja prostora za čuvanje dokumenata smanjenjem dokumenata na minimalni broj, korištenjem elektroničkih i drugih medija za pohranu dokumenata
- boljeg uklapanja dokumentacijskog sustava u rad Hrvatske elektroprivrede.

4. KRATAK PREGLED RAZVOJA INFORMATIČKE TEHNOLOGIJE

4.1. Automatizacija uredskog poslovanja

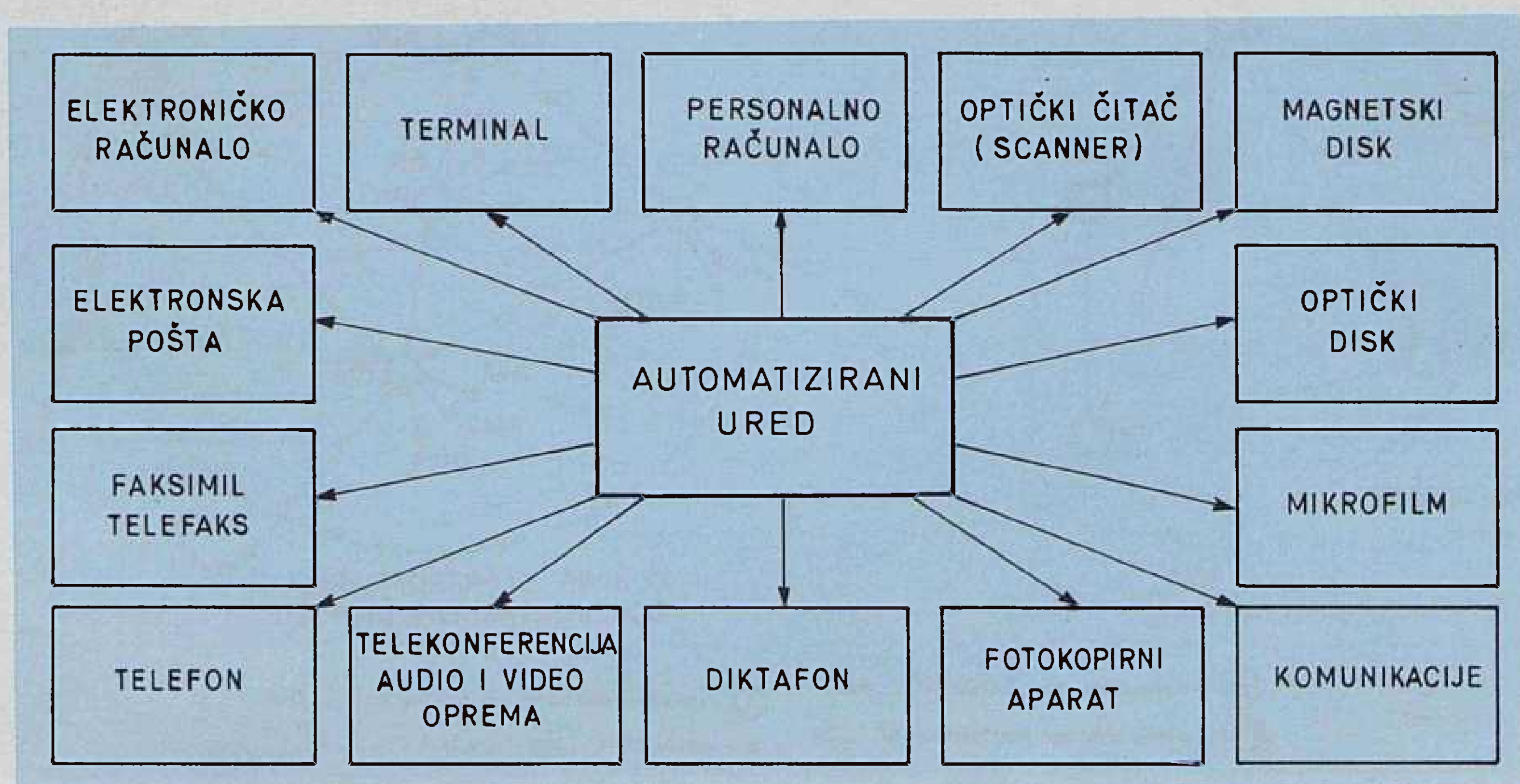
Mnogi ljudi misle na ured kao na prostor pun stolova, stolica, telefona i ormara za dokumentaciju. Tu se telefonira, zaprima i otprema pošta, pišu izvješća, te hrpe papira leže po stolovima. Taj tradicionalni pogled na ured se mijenja, jer ured može biti i u kutu hotelske sobe ili vlastitog stana. Što je zapravo ured? Ured je organiziran da osigura osoblju koje upravlja poduzećem sve potrebne informacije. Prema tome, ured nije ni zgrada ni soba, već aktivnost [9]. Kao takav ured može biti bilo gdje: gdje se stvaraju informacije, koriste ili desimiraju. Najprije se automatizacija ureda svela na primjenu mehaničkih uređaja, pa su tako dokumente pisane rukom zamijenili dokumenti pisani pisaćim strojem. Suvremeni razvoj elektronike omogućio je pojavu niza uređaja koji omogućuju sve veću automatizaciju uredskog poslovanja [10] putem:

- konvencionalne elektroničke obrade podatka (aplikacije, baze podataka, podrška odlučivanju, itd.)
- komunikacijske funkcije (elektronička pošta, telekonferencije, inteligentni telefoni ...)
- elektroničke arhive (memoriranje, sređivanje, traženje),
- obrade teksta i grafike (ulaz i izlaz, teletekst, telefaks, grafika ...) i
- ostalog (kalkulacije pomoću džepnih i stolnih kalkulatora, registar adresa, podsjetnici. ...).

Na slici 3. prikazan je jedan pretpostavljeni automatizirani ured koj je opremljen električkom opremom koja se danas može nabaviti na tržištu [11]. Na tržištu opreme pojavljuje se niz pojedinačnih uređaja koji automatiziraju jednu ili više operacija i postupaka u uredskom poslovanju. Za neke od tih uređaja daje se kratki opis.

4.2. Elektroničko računalo

Elektroničko računalo ili kompjutor je stroj za obradu podataka. Obrada podataka je izvršavanje niza



Slika 3. Tehničke komponente automatiziranog ureda

operacija s danim podacima kako bi se postigao rezultat. Uređaji i postupci koji se pri tome koriste čine sustav za obradu podataka. U automatskoj obradi podataka sustav čine elektroničko računalo, uređaj u kome se vrši obrada podataka i program, tj. plan, koji određuje redoslijed i vrste operacija koje se u računalu trebaju izvršiti s podacima.

Elektroničko se računalo sastoji od dvije komponente:

- realno-tehnička (hardware) i
- iskustveno-tehničke komponente (software).

Realno-tehnička komponenta računala ili hardware obuhvaća materijalne elemente sustava za elektroničku obradu podataka, čiji su rad i funkcije međusobno usklađene.

Iskustveno-tehnička komponenta računala ili software obuhvaća skup programa koji služe za kontrolu i rad hardwarea.

Elektroničko će računalo preuzeti sve one poslove obrade podataka koje čovjek može točno opisati i programirati. Osim memoriranja i transformacije podataka, elektroničko računalo može izvršavati na poseban način upravljanje i kontrolu procesa obrade. Te mogućnosti elektroničkog računala stvorile su temelj procesa autoamtizacije uredskog poslovanja. Elektroničko računalo radi vrlo velikom brzinom.

Jedan od prvih koraka u automatizaciji uredskog poslovanja bili su sustavi za obradu teksta. Koristili su se kao neovisni sustavi za specijalnu namjenu. Zbog svojih mogućnosti (jednostavna revizija, pogodnost za pisanje tipiziranih pisama, jednostavna korekcija i kompilacija teksta i druge) potisnuli su iz upotrebe klasične pisače strojeve. Umjesto ovih sustava danas se koriste velika računala ili mikroračunala (personalna računala PC) sa adekvatnim programima (WordStar, WordPerfect, Chiwriter i drugi). Pomoću tih sustava tekst se može unijeti, napisati, elektronički spremi i poslije ponovno pronaći. Sustavi za obradu teksta omogućuju brzo kreiranje dokumenata, kao i brzo uklanjanje grešaka u tekstu. Tako načinjen dokument može biti uključen u elektronsku poštu.

4.3. Terminali

Daljinske stanice ili terminali su uređaji s pomoću kojih je korisnik u vezi s centralnim sustavom za obradu podataka. Ima ih raznih vrsta i s vrlo različitim svojstvima. Budući da ih proizvode razni proizvođači, osnovni kriterij za njihov izbor je da budu kompatibilni sa centralnim elektroničkim računalom. Osim toga, potrebno je da terminal odgovara zahtjevima brzine prijenosa podataka, brzine ulaza i izlaza, načinu ulaza i izlaza, te načinu obrade podataka. Također mora njegovo posluživanje biti jednostavno.

4.4. Mikroračunala — personalna računala (PC)

Pristupačna cijena, jednostavan hardware i pristupačan software čine mikroračunalo traženim artiklom široke potrošnje. Računalo samo za sebe predstavlja uređaj ili hardware vrlo velikih mogućnosti, zbog

sposobnosti da se na njemu automatski i vrlo velikom brzinom obavljaju složeni poslovi. Mikroračunala su opskrbljena programskom podrškom koja je praktički dio samog hardwarea, a čine je skup programa. Koriste se za pripremu i obradu teksta, grafičku obradu podataka, elektroničku poštu, uspostavljanje lokalnih evidencija i baza podataka, povezivanje s centralnim elektroničkim računalom u funkciji standardnog terminala, prijenos veće količine podataka, za međusobno komuniciranje mikroračunala za prijenos poruka itd. Moguće ih je povezati u lokalnu i eksternu mrežu. Povezivanje omogućuje zajedničko korištenje podataka, evidencija, programa, štampača (printera).

4.5. Elektronička pošta

Omogućava razmjenu relativno kratkih poruka između korisnika priključnih na istu mrežu računala. Elektronička pošta predstavlja komunikaciju između osobe koja šalje i osobe koja prima informaciju preko elektroničkog računala. To može biti poruka, ali i prijenos slike ili drugog dokumenta (faksimil). Komunikacija između terminala i elektroničkog računala je učestala i odvija se preko telekomunikacijskih veza. Brzina prijenosa je, očito, jedna od najvećih prednosti. Tekst, grafikon ili slika mogu se prenositi i kada onaj koji treba primiti nije prisutan. Problema nema jer se informacije arhiviraju u računalu kao u poštanski sandučić, te ih korisnik može preuzeti kada se vrati u ured. Kopije poruka mogu se napraviti pomoću štampača terminala. Taj način je sporiji od telefona, ali mu je prednost što se može dokumentirati potvrditi dogovor. Ako se predviđa više poruka, može se odgovarajućim programima formirati arhiva poruka na magnetskom mediju, tako da se kasnije poruke mogu sortirati i pretraživati po nadnevku ili nekom drugom bitnom podatku.

4.6. Faksimil

Sustav omogućuje prijenos kopije slike, crteža, dokumenta elektronički na daljinu putem telekomunikacijskih linija. To su obično telefonske linije ili mikrovalovi preko satelita. Brzina prijenosa je takva da omogućuje da se slike pisanih tekstova, tabelarnih pregleda ili drugih vrsta dokumenata mogu prenijeti za 15 do 30 sekundi na daljinu. Neki modeli imaju i timer koji omogućava slanje slike dokumenta na određena mjesta i u određeno vrijeme, što ima prednosti pri slanju u dijelove svijeta sa različitim vremenskim zonama. Za instaliranje takvog uređaja potrebna je suglasnost poduzeća za poštu i telekomunikacije.

4.7. Telekonferencija

To je takav oblik sastanka gdje se sudionici ne okupljaju na jednom mjestu, već koristeći elektroničke uređaje komuniciraju s ostalim sudionicima sa svojih radnih mjesta. Najjednostavniji oblik telekonferencije koristi se samo telefonom. Taj oblik sastanka

prikladan je kada nema potrebe za vizualnim kontaktom.

Drugi oblik telekonferencije koristi se terminalom elektroničkog računala, na kojem ispisuju informacije, koje se pojavljuju kod oba sudionika u komuniciranju. Sudionici mogu interaktivno komunicirati samo dok su im terminali uključeni.

Treći oblik telekonferencije koristi videomonitor koji omogućuje sudionicima da vide i čuju sve što se događa na svim lokacijama osoba s kojima komuniciraju.

Takav oblik konferencije ima ekonomsko opravdanje jer se poslovna putovanja svode na minimum, a time i troškovi za tu namjenu. Osim toga odsutnost s posla zbog sastanaka također se svodi na minimum. Ostankom na radnom mjestu omogućuje se da se pri donošenju odluka mogu prikupiti mišljenja vlastite sredine, te na taj način pridonijeti kvaliteti donesenih odluka.

4.8. Mediji za trajno čuvanje dokumenata

Za trajno čuvanje dokumenata u njihovoj analognoj formi uglavnom se koristi mikrofilm, magnetski i optički disk. Pri spremanju dokumenata na te medije koristi se postupak preslikavanja. Pri spremanju dokumenata na magnetski ili optički disk preslikava se neki dokument s papira u elektronsku memoriju računala. Kad se dokument prenese u memoriju elektroničkog računala, može se koristiti na razne načine putem terminala. Za preslikavanje dokumenta u memoriju elektroničkog računala koristi se specijalna kamera — skaner. Glavna prednost sustava za preslikavanje jest ta što se na taj način omogućuje čuvanje velikog broja dokumenata u memoriji elektroničkog računala. Optički disk, za razliku od magnetskoga, ima mogućnost mnogo većeg broja zapisa, otporniji je i jeftiniji. Nedostatak je što se podaci jednom upisani ne mogu promijeniti ni brisati [12].

Isto tako se i preslikavanjem dokumenata na mikrofilm omogućuje smanjenje arhivskog prostora, apsolutna sigurnost arhiva, kao i ukidanje klasične arhive, što znatno smanjuje troškove arhiviranja. Time se postiže jednostavno korištenje i distribucija dokumenata. Za snimanje dokumenta na mikrofilm koristi se odgovarajuća oprema. Postoje tehnološka rješenja koja omogućuju da se podaci iz elektroničkog računala snimaju na mikrofilm [13].

4.9. Komunikacije

Pod komunikacijama se razumijeva sustav koji preuzima poruku s priznate adrese u jednom elektroprivrednom čvorištu i prenosi je jednoj ili više priznatih adresa istom elektroprivrednom čvorištu ili drugima, odnosno čvorištu izvan elektroprivrede. Te poruke mogu biti ostvarene i prenošene na različitim medijima, a posebno je interesantan onaj dio komunikacijskog sustava koji poruke prenosi elektroničkim komunikacijskim kanalima [7]. To mogu biti telefonske linije, koaksijalni kabeli ili optička vlakna, mikroradiovalovi i sateliti.

4.10. Utjecaj tehnoloških promjena na zaposlene

Sve tehnološke promjene u uredu mogu se označiti kao uredska automatizacija. Najkritičniji faktor u uspostavi uredske automatizacije jest zaposleno osoblje. Većina novih tehnika je potpuno nepoznata većini osoblja i treba njome ovladati. Zaposleni dobro poznaju postojeću tehniku, ali kad se nađu pred novom opremom ponovno su početnici. To je prijetnja njihovom sadašnjem statusu, a u pitanje može doći i zaposlenje na istom radnom mjestu. Međutim, isto tako, automatizacija predstavlja i mogućnost za povećanje znanja. Pojavljuju se novi zadaci koji utječu na organizaciju rada i na organizacijsku strukturu. Potrebe za znanjima stenografije, tipkanja zamijenjena su s porastom potreba za znanjima o upravljanju i korištenju velike količine informacija. Automatizacija otvara nove mogućnosti decentralizacije radnih mjesta, te se umjesto centralnih upravnih prostorija mogu koristiti satelitski uredi locirani u blizini stana ili se određeni poslovi obavljaju u stanovima koji su u uvjetima klasične organizacije veći dio dana prazni.

5. ODREDNICE RAZVOJA DOKUMENTACIJSKOG SUSTAVA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

5.1. Pretpostavke i pristup

Nova je organizacija Hrvatske elektroprivrede kroz provedbene dokumente stvorila pretpostavke za rad dokumentacijskog sustava kao cjeline, te otvorila mogućnost objedinjenog i kontinuiranog razvoja i eksploatacije dokumentacijskog sustava kao integralnog sustava. Isto tako, razvoj informatičke tehnologije i pristupačna cijena omogućuju primjenu informatičke opreme za upravljanje dokumentacijskim sustavom. U skladu s organizacijskom strukturom poduzeća i mogućnostima primjene informatičke opreme pedlaže se nov razvojni ciklus dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede, polazeći od obveze održavanja kontinuiteta poslovanja poduzeća, zadržavanja kontinuiteta eksploatacije postojećih dokumentacijskih resursa i nove organizacije, te novih zadataka koji iz te organizacije proizlaze.

Funkcioniranje dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede bit će onoliko uspješno koliko pridonosi ostvarenju ciljeva poduzeća, odnosno koliko pridonosi uspješnosti poslovnih procesa u poduzeću. Zbog toga imaju prvenstvo razvojni pothvati koji pridonose kvaliteti upravljanja u poduzeću kroz pouzdanije rukovanje dokumentima, skraćanje vremena stvaranja dokumenata, smanjenje broja dokumenata na nužni minimum, brži pristup dokumentima, mogućnost boljeg nadzora nad postupcima, smanjenje prostora za čuvanje dokumenata, itd. Dokumentacijski sustav se uspostavlja po ovim načelima. [14]:

— s osloncem na jedinstvenu zajedničku distribuiranu bazu podataka, projektiranu s minimalnom i kontroliranom redundancijom i replikacijom podataka

- standardiziranjem postupaka za stvaranje dokumenata, što uključuje upute i elektronička pomagala za brže i racionalnije stvaranje dokumenata (predlošci dokumenata, elektronička obrada teksta itd.)
- unificiranjem sustava označavanja i klasifikacijom dokumenata, čvorišta, sudionika, izvora i procesa
- praćenjem i otvaranjem mogućnosti primjene najnovijih informatičkih alata i pomagala
- povezivanjem s dostupnim vanjskim bazama podataka, koje raspolazu podacima interesantnim za elektroprivrednu djelatnost.

Reorganizacija dokumentacijskog sustava provodi se putem dva usporedna procesa:

- dugoročnim procesom reorganizacije, koji će riješiti arhitekturu dokumentacijskog sustava i uskladiti je s cjelokupnim potrebama i raspoloživom tehnologijom, te stvoriti uvjete nizom pothvata za postupnu uspostavu uređenog dokumentacijskog sustava podržanog suvremenom informatičkom tehnologijom
- kontinuiranom provedbom ograničenih reorganizacijskih koraka, od kojih bi svaki pridonio pomaku izgrađenosti dokumentacijskog sustava.

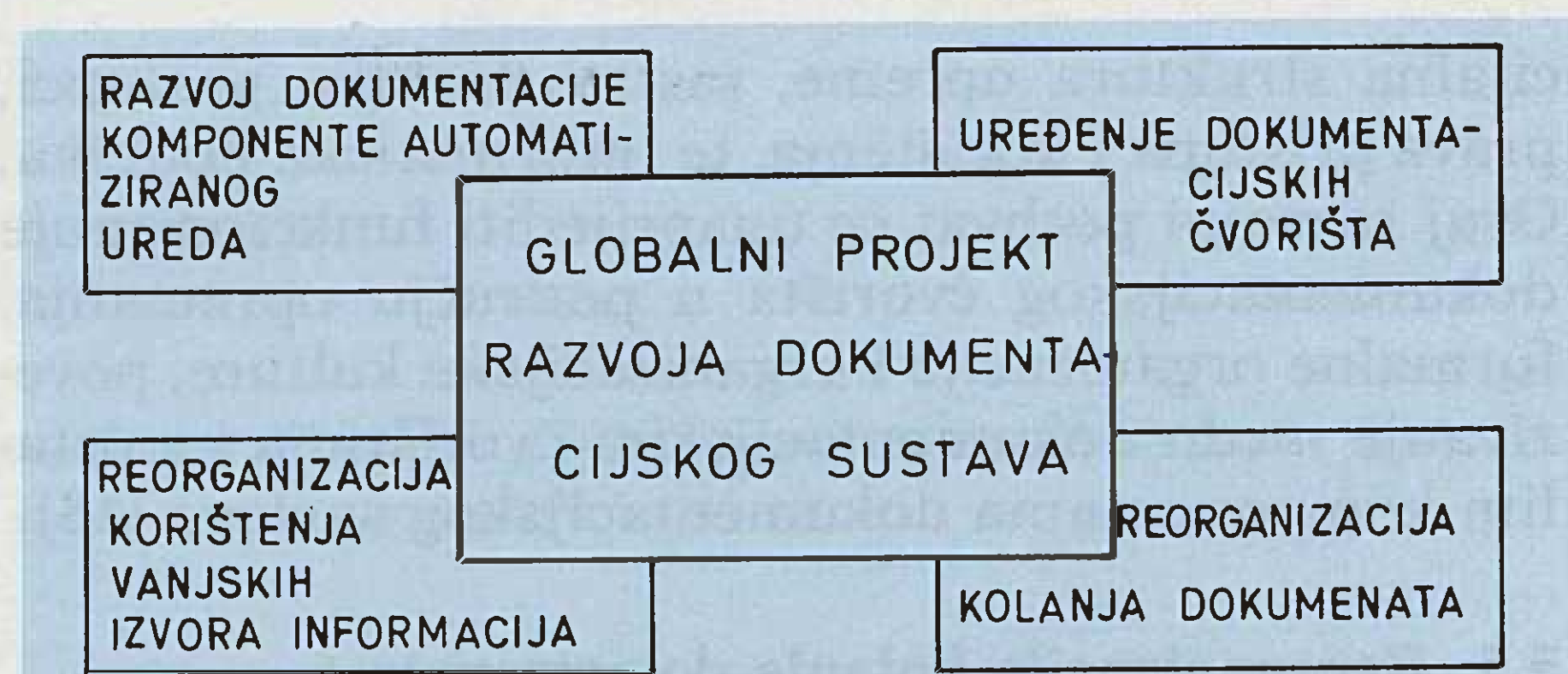
Pothvati na realizaciji razvoja dokumentacijskog sustava realiziraju se kao:

- brzi pothvati, koji su usmjereni na usklađivanje postojećih rješenja s promjenama u unutrašnjoj organizaciji poduzeća, promjenama u zakonodavstvu, načinu poslovanja poduzeća i traju najduže tri mjeseca
- parcijalni pothvati, koji imaju zadaću da u utvrđenom roku ostvare zadani rezultat, tj. omoguće primjenu novih poslovnih modela i traju najduže godinu dana
- makropothvati, od kojih se očekuje poboljšanje razine organiziranosti rada i bitan doprinos oblikovanju arhitekture dokumentacijskog sustava ili uspješnost jedne ili više poslovnih funkcija u poduzeću, koji traju više godina i koji potiču niz parcijalnih i brzih pothvata.

Projektnim zahtjevima za izradu projekata, za izradu informatičke podrške i uspostavljanje nove organizacije dokumentacijskog sustava pokreće se izrada makroprojekta razvoja dokumentacijskog sustava. Polazeći od strukture problema razvoja dokumentacijskog sustava (pojedinačna dokumentacijska čvorišta i mreže čvorišta, fizičko kolanje dokumenata, vanjski izvori informacija, dokumentacijska komponenta automatiziranog ureda), makroprojektom se utvrđuje:

- arhitektura dokumentacijskog sustava
- struktura, ponašanje i interakcije glavnih dokumentacijskih podsustava
- plan i organizacija razvoja dokumentacijskog sustava.

Problem razvoja dokumentacijskog sustava rješava se cjelovito i sveobuhvatno realizacijom makroprojekta dokumentacijskog sustava. Složenost i širina



Slika 4. Struktura makroprojekta razvoja dokumentacijskog sustava HEP

ovog problema uvjetuju da se makroprojekt realizira kroz pet projekata, kako je prikazano na slici 4, a prema projektnim zahtjevima.

5.2. Globalni projekt razvoja dokumentacijskog sustava

Projektnim zahtjevima se pokreće izrada globalnog projekta dokumentacijskog sustava [15] i [16]. Ovim se projektom utvrđuju, na temelju istraživanja stanja i potreba, te stanja radova na pojedinačnim pothvatima u toku, arhitektura dokumentacijskog sustava, utvrđuju glavni dokumentacijski podsustavi i njihove značajke, te svi oblici informatičke podrške dokumentacijskom sustavu, kao i plan razvoja dokumentacijskog sustava.

5.3. Razvoj dokumentacijske komponente automatiziranog ureda

Svrha je ovih projektnih zahtjeva da se u okviru makroprojekta razvoja dokumentacijskog sustava uspostavi kontrola nad razvojem komponente dokumentacijskog sustava obuhvaćene automatiziranim uredom i osigura povezivanje ove s ostalim komponentama dokumentacijskog sustava [17]. Projekt će obraditi standardizaciju funkcija i alata, te uspostaviti središnju podršku za dokumentacijsku komponentu automatiziranog ureda, kao i za pojedinačna radna mjesta opremljena terminalom ili personalnim računalom, štampačem i odgovarajućim programima. Također će obraditi povezivanje dokumentacijske komponente automatiziranog ureda i s ostalim komponentama dokumentacijskog sustava pomoću aplikacija i sustava kolanja dokumenata. Projekt će rezultate istraživanja iskazati u obliku nalaza, preopruka i popisa referenci informatičke opreme za koju je prevedeno istraživanje.

5.4. Uređenje dokumentacijskih čvorišta

Projektnim zahtjevima pokreće se pojedinačni pothvat uređenja dokumentacijskih čvorišta. Projektni zahtjevi se odnose na sve vrste dokumentacijskih čvorišta (glavna, sporedna, adrese) u poduzeću, uspostavljenim na razini poduzeća, na razini organizacijskih jedinica ili na razini pojedinačnog radnog mjesta. Projektom će se identificirati vrste dokumentacijskih čvorišta, njihovo funkcioniranje, poten-

cijalna struktura opreme, sastav osoblja, postupci, prava pristupa i korištenja, te informatička podrška. Ovaj razvojni pothvat će unaprijediti funkcioniranje dokumentacijskog čvorišta u području opremanja, formalne organizacije i organizacijske kulture, povezivanje među dokumentacijskim čvorištima i s ostalim komponentama dokumentacijskog sustava [18].

5.5. Reorganizacija kolanja dokumenata

Projektni zahtjevi pokreću pojedinačni pothvat razvoja dokumentacijskog sustava u području unapređenja kolanja dokumenata u poduzeću. Svojim opsegom obuhvaćaju prije svega urudžbene urede kao organizacijski ustanovljena prolazna čvorišta, te službene dokumente za koje je u svakom trenutku potrebno imati informaciju o postojanju i mjestu zadržavanja. Obuhvaćaju i zahtjeve za izradu programske podrške i zahtjeve za uspostavljanje nove organizacije kolanja dokumenata [19].

5.6. Reorganizacija korištenja vanjskih izvora informacija

Također se i ovim projektnim zahtjevima pokreće pojedinačni pothvat razvoja dokumentacijskog sustava u području unapređenja korištenja vanjskog sustava u području unapređenja korištenja vanjskih izvora informacija u poduzeću. Vanjski će se dokumenti (knjige, časopisi, standardi, propisi, izvješća, itd.) prihvaćati, evidentirati i distribuirati uz pomoć reorganiziranog sustava kolanja dokumenata. Uspostavljanjem veza na vanjske izvore informacija, osim zadovoljenja izravnih potreba za informacijama, stvorit će u poduzeću nove navike komuniciranja s okolinom. Obuhvaćen je i zahtjev za izradom adekvatne programske podrške i uspostavljanjem nove organizacije korištenja vanjskih izvora informacija [20].

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana kratka analiza elemenata koji utječu na razvoj dokumentacijskog sustava. Shodno tome daju se i odrednice razvoja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede putem projektnih zahtjeva. Svrha je ovih projektnih zahtjeva utvrđivanje osnovnog rješenja dokumentacijskog sustava i realizacija brzih i parcijalnih pothvata s konkretnim rezultatima.

LITERATURA

- [1] A. I. MIHAJLOV, R. S. GILJAREVSKIJ, »Uvod u informatiku/Dokumentaciju«, Referalni centar Sveučilišta, Zagreb, 1977.
- [2] DUŠAN RADOŠEVIĆ, »Izabrana poglavlja iz teorije informacija — 2«, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin, 1983.
- [3] VELIMIR SRIČA, »Sistem, informacija, kompjuter«, Informator, Zagreb, 1981.

- [4] ANTON HAUC, »Upravljanje projektima«, Informator, Zagreb, 1975.
- [5] STANISLAV KLIMENT i grupa autora, »Izgradnja informacijskih sustava uz primjenu elektroničkih računala«, Informator, Zagreb, 1976.
- [6] PETAR STRPIĆ i grupa autora, »Studija o potrebnim zahvatima za dogradnju dokumentacijskog sustava ZEOH«, Institut za zemlje u razvoju, Zagreb, 1988.
- [7] JOSIP MATJAN, »Idejni projekt informacijskog sustava elektroprivrednih djelatnosti Hrvatske«, Elektropjekt, Zagreb, 1986.
- [8] JOSIP ŠINDLER, »Snimka dokumentacijskog sustava i potreba RZ ZEOH i Interne banke elektroprivrede Hrvatske«, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1985.
- [9] NANCY A. FLOYD, »Essentials of data Processing«, Times Mirror/Mosby College Publishing, St. Luis, 1987.
- [10] HUGO BIROLLA i grupa autora, »Osnove informatike« treće izdanje, Informator, Zagreb, 1985.
- [11] MIRJANA CVEKIĆ, DUŠAN BASIĆ, »Automatizacija kancelarijskog poslovanja«, Mikrografija god. 12 (1971), br. 3.
- [12] WARREN D. STALLINGS, SARAH E. HUTCHINSON, STACEY C. SAWYER, »Computers: the User Perspective«, Times Mirror/Mosby College Publishing, St. Luis, 1988.
- [13] GORDON B. DEVIS, »Computers and Information Preprocessing«, McGraw-Hill Book Company, New York, 1978.
- [14] »Konceptija organiziranja i rada informatičke djelatnosti za podršku poslovanju Hrvatske elektroprivrede« HEP, Zagreb, 1991.
- [15] JOSIP MATJAN, »Odrednice razvoja dokumentacijskog sustava Hrvatske elektroprivrede u 1992. godini«, 6M-Organizacijski i informatički konzalting, Zagreb, 1992.
- [16] »Globalni projekt razvoja dokumentacijskog sustava — Projektni zahtjevi«, HEP, Zagreb, 1992.
- [17] »Razvoj dokumentacijske komponente automatiziranog ureda — Projektni zahtjevi«, HEP, Zagreb, 1992.
- [18] »Uređenje dokumentacijskih čvorišta — Projektni zahtjevi«, HEP, Zagreb, 1992.
- [19] »Reorganizacija kolanja dokumenata — Projektni zahtjevi«, HEP, Zagreb, 1992.
- [20] »Reorganizacija korištenja vanjskih izvora informacija — Projektni zahtjevi«, HEP, Zagreb, 1992.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES AND THE NEED OF CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY DOCUMENTATION SYSTEM DEVELOPMENT

Bearing in mind the scope and importance of business activities including the documentation system as the basic infrastructure, in the work the technical, technological and organisational aspects relevant for the development of Croatian electric supply company documentation system are analysed and the development trends of that documentation system are suggested. Herewith, partly the aspects of political, sociological and psychological as well as economical influence cannot be completely dismissed.

Naslov pisca:

Mr. Slavica Barta-Koštrun,
dipl. inž.
Hrvatska elektroprivreda
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-04-10

ENERGETSKI SISTEMI I EKSTREMNE METEOROLOŠKE PRILIKE

Mr. Borivoj Čapka, Zagreb

UDK 551.5:620.9

PREGLEDNI ČLANAK

Prikazuje se raznolikost utjecaja ekstremnih meteoroloških prilika na energetske sisteme uz navođenje tipičnih meteoroloških usluga nužnih za ekonomski optimalni rad sistema.

Ključne riječi: meteorološke prilike, klima, planiranje, proizvodni procesi.

1. UVOD

Nagli razvitak i napredak u produktivnosti i načinu života započinju onog trenutka kada je čovječanstvo ovladalo prvim izvorima energije. Potreba za energijom je temeljna i danas je ona osnovni pokretač nacionalnih ekonomija. Životna važnost posjedovanja stabilnih i ekonomičnih izvora energije očituje se u naporima svake zemlje da samostalno zadovolji svoje energetske potrebe. Zbog toga se energetske izvoru brižljivo planiraju, da uz što manje troškove postignu pouzdanost i sigurnost. Po svojoj prirodi energetske su izvori osjetljivi na meteorološke prilike, pa se one redovito uvažavaju pri njihovom planiranju, projektiranju i u proizvodnim procesima. Međutim, malokad se mogu obuhvatiti sve neplanirane okolnosti, pa su oni često žrtve izvanrednih odnosno nepovoljnih vremenskih prilika.

Nacionalne meteorološke službe (NMS) mogu znatno pridonijeti nacionalnom gospodarstvu pomažući energetske industrije u svladavanju teškoća zbog meteoroloških ekstrema i postizavanju što veće djelotvornosti. Neka od željenih poboljšanja, npr. razvoj pouzdanih sezonskih klimatskih prognoza, još uvijek zahtijevaju intenzivna istraživanja. No, i s druge strane mnogi se gubici događaju stoga što se pri izradi meteoroloških podloga i uslužnih informacija adekvatno ne primjenjuju već postojeće tehnologije kojima raspolažu NMS. Zbog toga, glavna je prepreka koju treba svladati razvoj djelotvornih veza između energetske industrije i meteorološke službe kako bi se zajedničkim naporima utvrdili problemi i načini njihova rješavanja.

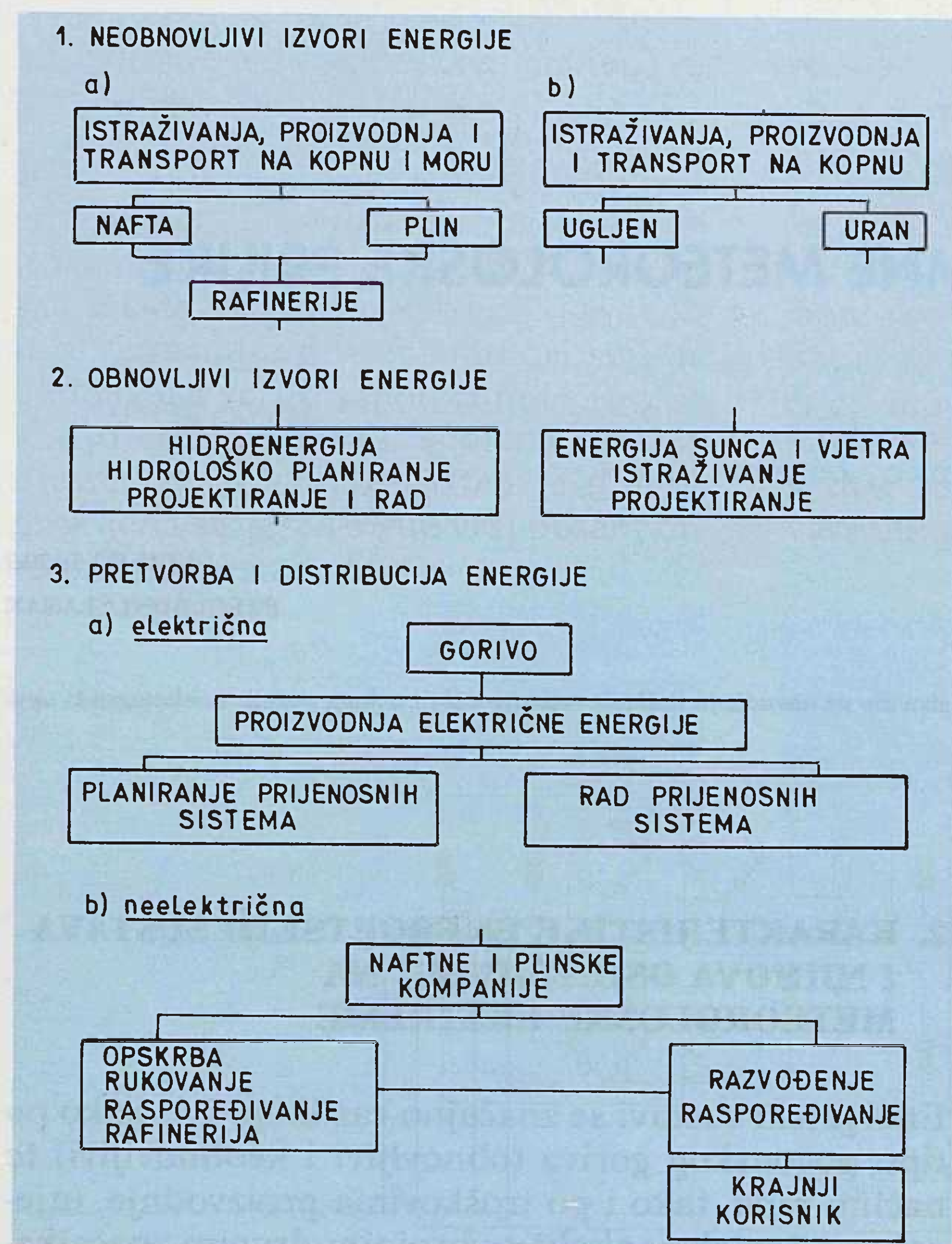
U radu su skupljena i sustavno prikazana internacionalna iskustva prema publikacijama Svjetske meteorološke organizacije, uz ilustraciju nekih primjera iz naše prakse. Svrha je naznačiti tipične meteorološke ekstreme i načine njihova štetnog djelovanja na različite komponente energetske sustava, te upozoriti na odgovarajuće meteorološke usluge smanjenja nepovoljnih djelovanja dnevnih, mjesečnih i sezonskih ekstremnih događaja.

2. KARAKTERISTIKE ENERGETSKIH SUSTAVA I NJIHOVA OSJETLJIVOST NA METEOROLOŠKE EKSTREME

Energetski sustavi se značajno razlikuju i to kako po tipu pogonskog goriva (obnovljivi i neobnovljivi) te načinu rada, tako i po troškovima proizvodnje, utjecaju na čovjekov okoliš te brojnim drugim značajkama. Nadalje, sistemi se mogu primarno pokretati jednim izvorom snage ili se radi postizanja veće sigurnosti i efikasnosti koristi kombinacija više izvora. Kao što je prikazano na slici 1, iskorištavanje izvora energije obuhvaća istraživanje, vađenje te najčešće i transport goriva od izvora do pogona, njegovu pretvorbu u električnu energiju, toplinu ili drugu vrstu pogonskog goriva te na kraju distribuciju do krajnjeg korisnika. Svaki energetske sustav je, dakle, vrlo specifičan i mora se razmatrati odvojeno od drugih. Osim toga, sustavi moraju biti projektirani za ekonomičnu proizvodnju, a pritom moraju zadovoljavati i sve norme i pravilnike uključujući i onaj o očuvanju čovjekova okoliša. Ovdje se uglavnom razmatraju oni tipovi goriva koji se najčešće primjenjuju, a procesi njihove proizvodnje, kao i komponente odgovarajućih energetske sustava redom su manje ili više podložni negativnom djelovanju ekstremnih meteoroloških prilika.

Kao što je naznačeno, različita priroda komponenata energetske sustava čini bezbroj prilika u kojima vremenski i klimatski ekstremi mogu prouzročiti smetnje ili potpun prekid njihova rada, a time i znatna sociološko-ekonomska poremećaja. Meteorološki ekstremi koji se ovdje razmatraju jesu oni koji mogu imati glavni utjecaj na energetske sustave. To su događaji od kojih postojeći sustavi nisu adekvatno zaštićeni u fazi planiranja, projektiranja i proizvodnim procesima.

Štete mogu prouzročiti kratkotrajni događaji kao što su oluje, ledena kiša, snježne mećava i sl. Takav događaj bilo je npr. **olujno nevrijeme** koje je 18. kolovoza 1991. zahvatilo područje Varaždina i njegovu okolicu (Hrabak-Tumpa, 1991b). Prodor vrlo hladnog



Slika 1. Komponente energetskih sustava prema diskusiji u radu

oceanskog zraka uzrokovao je pojavu olujnog vjetera jačine 9 bofora, intenzivne grmljavine, a zrna tuče bila su veličine kokošnjih jaja. Tom prilikom uništen je i dio 120 KV dalekovoda Nedeljanec-Söjtör (Mađarska), čiji su izravni troškovi popravka iznosili otprilike 150 tisuća US dolara. Indirektna šteta odnosila se na nemogućnost međusobne ispomoći dvaju sustava u trajanju od 20 dana, koliko je trajao popravak. U daljoj analizi trebalo bi razmotriti i štete u mnogim drugim privrednim djelatnostima na tom području, kojima su zbog nedostatka električne energije poremećeni proizvodni procesi.

Primjer još mnogo drastičnijega kratkotrajnoga ekstremnog meteorološkog događaja bila je pojava **mokrog snijega** 14. i 15. studenog 1987. koji je oštetio elektroenergetska postrojenja na području »Elektre Sisak« i to na svim naponskim razinama (Hrabak-Tumpa, 1987). Opterećenje velikom količinom mokrog snijega koji je napadao u vrlo kratkom vremenu bilo je takvo da su ukupno srušena 184 stupa 110 KV prijenosne mreže. Šteta samo na prijenosnim vodovima procijenjena je na približno 5 milijuna US dolara, dok je šteta na distribucijskim vodovima bila mnogo veća.

S druge strane, postoje dugotrajna nepovoljna djelovanja, na primjer suše, koja dovode do ograničenja isporuke dovoljnih količina energije, ili dugotrajne hladnoće i vrućine tijekom kojih se javlja potreba za većim količinama različitih vrsti energije. Vrlo često se istovremeno znade javiti više ekstremnih vremen-

skih događaja (npr. suša u kombinaciji s ekstremnim vrućinama ili hladnoćama), koji svojim preklapanjem izazivaju još veća i teža poremećenja u radu i zadovoljavanju energetskih potreba. Kao takav primjer može poslužiti deficit oborina u prvih devet mjeseci 1990. godine zbog kojeg su akumulacijska jezera u Hrvatskoj bila uglavnom poluprazna. Hidrološka suša umanjila je očekivanu proizvodnju električne energije za gotovo 1.8 milijardi kWh. Dodatna nevolja bila je u tome što je hidrološka suša pogodila i većinu europskih zemalja, pa nije bilo uobičajenih viškova energije koja bi se kupila uz povoljnije uvjete. Poteškoće su se javile i u zahvaćanju vode za procese hlađenja u nuklearnoj elektrani i termoelektranama, a poseban ekološki problem bilo je i termičko zagađenje Save nizvodno od NE Krško. Isto tako, zbog niskih razina duž rijeke Save bitno se smanjila količina prevezene nafte od naftonosnih polja u Slavoniji do rafinerija, te zatim njezinih derivata daljnim korisnicima. U nadoknadi manjka hidroenergije korišteni su alternativni skuplji izvori (termoelektrane na ugljen i naftu), a u transportu kopneni prijevoz. To je nesumnjivo još više povećalo štete ove hidrološke suše, a pritom se ne smiju zanemariti i ostali negativni efekti koji su se pojavili u vodoopskrbi, navodnjavanju, zaštiti voda i sl. Samo dodatni troškovi za nabavu termoenergije iznosili su 80 milijuna US dolara.

Tablica 1. Ekstremne meteorološke pojave i njihovo nepovoljno djelovanje

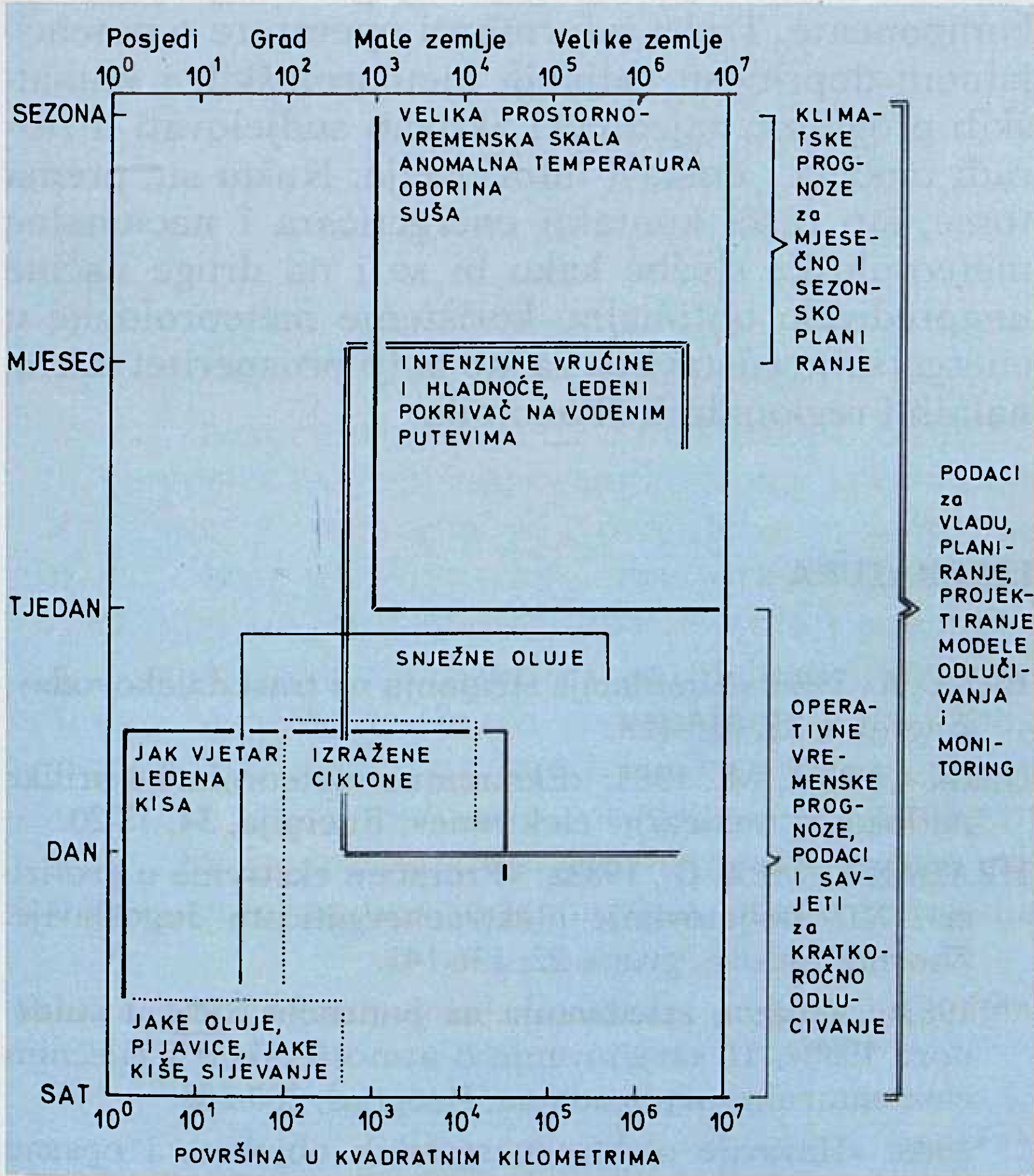
Element	Zajedničko štetno djelovanje
Vjetar (jak vjetar, ciklone, olujni udari vjetera)	oštećenja tornjeva za hlađenje, lomljenje provodnika, opasna valovitost mora i akumulacijskih jezera, opasnost izlivanja nafte i komplikacije zagađenja
Jako oborine	plavljenje rudnika, postrojenja
Ledena kiša i mokr snijeg	pucanje električnih vodova, doprinos propadanju konstrukcija
Jak snijeg i mećave	preopterećenje vagona, sprečavanje distribucije nafte i ugljena te servisiranje sustava
Olujna grmljavinska nevremena (sijevanje)	prekid u distribuciji energijom zbog oštećenja transformatora (vidjeti za vjetar i kišu)
Ekstremne hladnoće i vrućine	pretjerana potrošnja, smrznut ugljen, nefunkcioniranje opreme
Suša	smanjenje proizvodnje hidroenergije, smanjenje procesne vode i vode za hlađenje, kupnja alternativne energije, potrošnja energije za vodene pumpe

Drastičan primjer djelovanja meteoroloških prilika jest i tzv. »hladni siječanj« 1985. godine kad su ekstremno niske temperature u cijeloj Europi, od Sjevernog mora do Sredozemlja, u 10 dana prouzrokovale ekstremna naprezanja europskih energetskih sustava, često iznad granica dozvoljenoga.

Neki tipični meteorološki ekstremi i njihovo zajedničko štetno djelovanje na komponente energetskih sustava navedeni su u tablici 1.

3. VREMENSKE I KLIMATSKE PROGNOZE I SAVJETI

Produkti nacionalne meteorološke službe prije svega su vremenske prognoze i podaci te klimatske prognoze, podaci i izvedeni parametri. Svi se oni mogu koristiti za prijenos informacija o ekstremnim i nepovoljnim događajima koje su vrlo važne za energetski sektor. Osim po zajedničkom djelovanju na komponente energetskih sistema, štetno djelovanje ekstremnih meteoroloških prilika mora se promatrati i u kontekstu njihova prostornog i vremenskog događanja. O svim tim parametrima ovise i odgovarajuće meteorološke usluge, a u osnovi mogu se podijeliti na operativne, do tjedan dana unaprijed, te klimatske, za duža vremenska razdoblja (slika 2). Meteorološki detalji ovdje su samo naznačeni jer su specifičnosti dostupne u dokumentaciji koja je za te svrhe pripremljena (CARS, HOMS te brojni WMO-vodiči i tehničke note).



Slika 2. Zajednički motrene veličine i trajanje nekih ekstremnih meteoroloških događaja i meteorološke usluge korištene za njihovo ublaživanje. Oznake pisane u gornjem lijevom uglu odnose se na taj kvadrat

Vremenske prognoze, podaci i savjeti koriste se uglavnom u operativnim procedurama, a najinteresantiji i tipični za energetski sektor prikazani su u tablici 2. Za njihovo djelotvorno korištenje informacija mora energetičarima omogućiti točnu procjenu na koju će komponentu sistema određeni vremenski događaj djelovati, i to na koji način, kada i kojim inten-

zitetom. Važnost meteoroloških informacija varira i s godišnjim dobom, lokacijom, karakteristikom operacije te brzinom kojom se dostavlja korisniku. Sve se češće odluke donose pomoću kompjutorskih modela odlučivanja koji omogućuju brzu usporedbu alternativnih akcija. Takav danas sve češći pristup donošenja određenih odluka zahtijeva mnoštvo različitih informacija, pa razvoj djelotvornih meteoroloških usluga zahtijeva i rješavanje funkcionalnih telekomunikacijskih veza.

Tablica 2. Prognostički parametri interesantni za energetski sektor

Priroda aktivnosti	Najznačajniji parametri ekstrema
Na moru istraživanje, instalacija, operacije bušenja nafte, vađenje transport	brzina vjetra, smjer i udari; niske temperature; intenzivne oborine; visina, period, smjer i nagib vala; jake oluje; magla, slaba vidljivost
Na kopnu rudnici transport	intenzivne i trajne jake kiše koje uzrokuju poplave; jake snježne oborine ili nanosi; slaba vidljivost; intenzivna hladnoća, visoka vlaga; nagli pad tlaka zraka
Dnevne pojave	jake oluje, jak vjetar, sijevanje; poplava, oborina koja smrzava; pojavljivanje i karakter perioda ekstremnih vrućina, hladnoće, kombinacija vrućine i visoke vlage (satne do 10-dnevne prognoze)

Klimatski podaci i informacije obično se razlikuju od informacija koje se direktno koriste u odlučivanju. Unutar ovog rada »podaci« se obično odnose na motrene podatke bez razmatranja njihove korisnosti, a izraz »informacija« za označavanje izračunatih veličina kao što su projektne statistike i klimatske prognoze. Klimatski podaci/informacije najkorisniji su u planiranju, projektiranju i odlučivanju neoperativne prirode, a u planiranju operacija na većoj vremenskoj skali za utvrđivanje »klimatskih prozora«, tj. statistički najpovoljnijih klimatskih razdoblja za određene djelatnosti.

Kao i za prognoze, tako i za opskrbu energetskog sektora podacima/informacijama treba istaći njihove specifičnosti. Da li će podaci biti primijenjeni u istraživanju ili korištenju energetskih sistema? Da li se u iskorištavanju koriste postrojenja pokretana vodom, plinom, naftom, ugljenom, nuklearnom energijom ili miješanim izvorima? Tek kada su potrebe razumljivo definirane može se ispravno i odgovorno planirati. Vrsta i razina razvoja industrije određuje potrebne razine informacija, te kako i kada ona mora biti isporučena. Korištenje modela, potreba za pravnim aktima, optimalnim vremenom i sadržajem prijenosa podataka/informacija (hard copy, telefon, pošta, računalo-računalo i td.) — sve su problemi ko-

je bi trebalo ispitati u razvoju planova nacionalnih službi. Definiranje potreba službe treba biti zajednički poduhvat stručnjaka energetičara koji poznaju njezine zahtjeve i specijalista iz meteorološke službe koji poznaju mogućnosti pružanja adekvatnih informacija.

Kao i vremenske prognoze i podaci, tako se i klimatski podaci/informacije razlikuju s obzirom na geografsko područje, sezonu i aktivnosti. Tablica 3. prikazuje neke parametre koji se obično koriste.

Tablica 3. Klimatski podaci/informacije koji se često koriste u projektiranju i planiranju

Za procjenjivanje	Parametri (satni i dnevni nizovi, ekstremi i izvedene vrijednosti)
Na moru plan razvoja, ruta planiranja, projektiranje postrojenja/plovila, operacije planiranja, pomoćne procedure, bušenje nafte, odabiranje materijala; potrošnja goriva	satne brzine i smjer vjetra, temperature, površinska temp. mora, visina vala, ledeni vjetar, vertikalna i horizontalna vidljivost, ciklus smrzavanja-otapanja, debljina leda na moru, veličina, koncentracija i kretanje, čestina-intenzitet-trajektorija oluja, scenariji oluja, jake oluje
Na kopnu rudnici; transport; naftovodi	pojave jake trajne kiše, jakog snijega, smrzavajuće oborine, slaba vidljivost, visoki snježni nanosi, trajanje/intenzitet ekstremnih hladnoća, led na vodenim putevima, ekstremno visoke/niske temperature zraka i tlaka vodene pare, ukupno Sunčevo zračenje
Najpovoljnije vrijeme za aktivnost	Klimatski prozori
Operacije iskorištavanja i projektiranja potrošnja nafte; potrošnja energije električno opterećenje, grijanja generatora, transformatora i vodiča	stupanj dani/grijanje satni ili dnevni maksimum i minimum temperature i srednja temperatura zraka; satne vrijednosti relativne vlage, indeks temperatura/vlaga, ledeni vjetar, brzina vjetra, naoblaka, relativna vlaga; pojava kiše i grmljavine
procjena opterećenja zbog klimatizacije	temperatura; temperatura mokrog termometra; sunčevo zračenje
projektiranje prijenosnih sistema i odabir trasa	ekstremne satne brzine vjetra i udari — njihov smjer; oborine koje se smrzavaju, mocar snijeg tablice kontigencije temperature zraka i brzine vjetra; učestalost i uzrok oluja; statistika sijevanja

U dosadašnjoj suradnji energetske privrede i meteorologije izrađeno je više analiza i studija za potrebe rješavanja problema utjecaja meteoroloških ekstre-

ma na planiranje, projektiranje, izgradnju i održavanje energetskih objekata na području Hrvatske, a na temelju zahtjeva investitora prema domaćim i međunarodnim propisima, normama i vodičima (Bajić, 1986; Gajić-Čapka, 1985; Hrabak-Tumpa, 1983a, 1983b, 1986, studije RHMZ RH).

4. ZAKLJUČAK

Jaki, djelotvorni i ekonomični energetski sustavi imaju vitalnu važnost za nacionalnu ekonomiju. Energetski sustavi su osjetljivi na vrijeme i često ranjivi na ekstremne vremenske i klimatske događaje. Meteorološke informacije koje se pravilno uvode u planiranje i projektiranje pomažu da se postigne željena sigurnost, ekonomičnost i uspješnost energetskih sustava. Tijekom operativnog rada korištenje meteoroloških i klimatoloških prognoza smanjuje njihovu osjetljivost na ekstremne prilike prilagodbom programa i rasporeda korištenja pojedinih energetskih izvora.

Potrebno je što detaljnije utvrditi sudjelovanje ekstremnih događaja na operativnost energetskih sustava i u tom smislu upoznati njegove najosjetljivije komponente. Treba informirati operatore o potencijalnom doprinosu valjanih meteoroloških i klimatskih prognoza, zajednički aktivno sudjelovati u razradi modela i dostavi informacija. Nužni su, prema tome, što češći kontakti energetičara i nacionalne meteorološke službe kako bi se i na druge načine unapređivalo optimalno korištenje meteorologije u energetskim sustavima za što bolji prosperitet nacionalnih i regionalnih ekonomija.

LITERATURA

- BAJIĆ, A., 1986: »Simulacija strujanja na trasi dalekovoda«, Energija, 35, 455-458.
- GAJIĆ-ČAPKA, M., 1985: »Ekstremne meteorološke prilike na lokaciji nuklearne elektrane«, Energija, 34, 13-20.
- HRABAK-TUMPA, G., 1983a: »Proračun ekstrema u geofizici«, XII savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije. Zbornik radova, grupa 22, 136-141.
- ***1983b: »Pojava zaleđivanja na području SRH u studenom 1980«, II savjetovanje o atmosferskim i riječnim elementarnim nepogodama, Beograd, 280-288.
- ***1986: »Havarije elektroenergetskih objekata i opasne meteorološke pojave«, Savjetovanje — Elementarne nepogode i katastrofe, Budva, 186-193.
- POJE, D., 1985: »Neki rezultati istraživanja o brzinama vjetra u SRH«, Građevinar, 37, 7-14.
- VUČETIĆ, V., 1988: »Proračun maksimalnih brzina vjetra iz kratkog niza mjerenja duž trase dalekovoda«, Energija, 37, 35-43.
- World Meteorological Organization, 1976: Report of the Expert Planning Meeting on Meteorological and Energy Production and Consumption.
- World Meteorological Organization, 1981: Guide to Hydro-meteorological Practices, Annex A., TP. No. 82, WMO No. 168.

- World Meteorological Organization, 1983: Guide to Climatological Practices. TP No. 44, WMO No. 100.
- World Meteorological Organization, 1990: Information on Meteorological Extremes for the Design and Operation of Energy Systems. WMO/TD-No. 385, WCAP-13.
- World Meteorological Organization, 1990: Extremes and Design Values in Climatology, WMO/TD-No. 386, WCAP-14.

Studije Republičkog hidrometeorološkog zavoda RH

- BAJIĆ, A. i D. POJE, 1984: »Ekstremne meteorološke prilike na širem području NE Slavonija«, str. 25.
- BAJIĆ, A. i E. LONČAR, 1987: »Prethodni sigurnosni izvještaj za NE Slavonija kod Dalja«, str. 83.
- GAJIĆ-ČAPKA, M., 1984: »A) Opasne vremenske pojave i B) Procjena ekstremnih vrijednosti meteoroloških parametara na lokaciji nuklearne elektrane«, u: Prethodni sigurnosni izvještaj za NE Prevlaka, 2.3. Meteorologija, 9-35.
- ***Zaninović, K. i N. Pleško, 1984: »Meteorološke oborinske podloge za projekt Katastar malih vodnih snaga u SRH«, str. 15.
- ***Mikić, B. i K. Zaninović, 1989: »Ekstremne meteorološke prilike«, u: Prostorno planerske podloge, istraživanja i ocjena podobnosti lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte na prostoru SR Hrvatske, 42-60.
- HRABAK-TUMPA, G., 1987: »Meteorološke prilike na području Banije, Korduna i dijela Gorskog Kotara«, 14-15. 02. 1987, str. 34.
- ***1991a: »Havarija dalekovoda na širem području Senja 18. 4. 1991 — uzroci i posljedice, str. 12
- ***1991b: »Izvješće o meteorološkim prilikama na širem području Varaždina dne 18. 8. 1991«, str. 10.
- MIKIĆ, B., 1989: »Maksimalni pritisci i smjerovi najjačih vjetrova na području RO 'Elektroprimorje'«, str. 19.

- PLEŠKO, N. i D. PAPIŠTA, 1977: »Ekstremne meteorološke prilike NE Vir«, str. 20.
- POJE, D. i G. HRABAK-TUMPA, 1980: »Jaki vjetar na području Plomina«, str. 7.
- ŠINIK, N., LONČAR, E. i S. VIDIČ, 1981: »Statistička procjena difuzionih karakteristika atmosfere za slučaj kratkotrajnih emisija NE Prevlaka«, str. 70.
- VUČETIĆ, V. i G. HRABAK-TUMPA, 1987: »Studija o meteorološkim prilikama na području budućih dalekovoda 380 kV TS Melina — TS Vrbovsko«, str. 86.

ENERGY SYSTEMS AND EXTREME WEATHER CONDITIONS

A variety of influences of extreme weather conditions on energy systems is shown whereby typical meteorological services indispensable for an economically optimal system operation are also mentioned.

ENERGETISCHE SYSTEME UND EXTREME METEOROLOGISCHE LAGEN

Hier schildert man die Vielfältigkeit der extremen meteorologischen Einflüsse auf die energetischen Systeme indem man die unumgänglichen, typischen meteorologischen Dienstleistungen für die wirtschaftlich optimale Funktion des Systems bespricht.

Naslov pisca:

**Mr. Borivoj Čapka, dipl. inž.
Hidrometeorološki zavod
Hrvatske,
41000 Zagreb, Grič 3, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1992-03-27.



Iskra

SYSEN

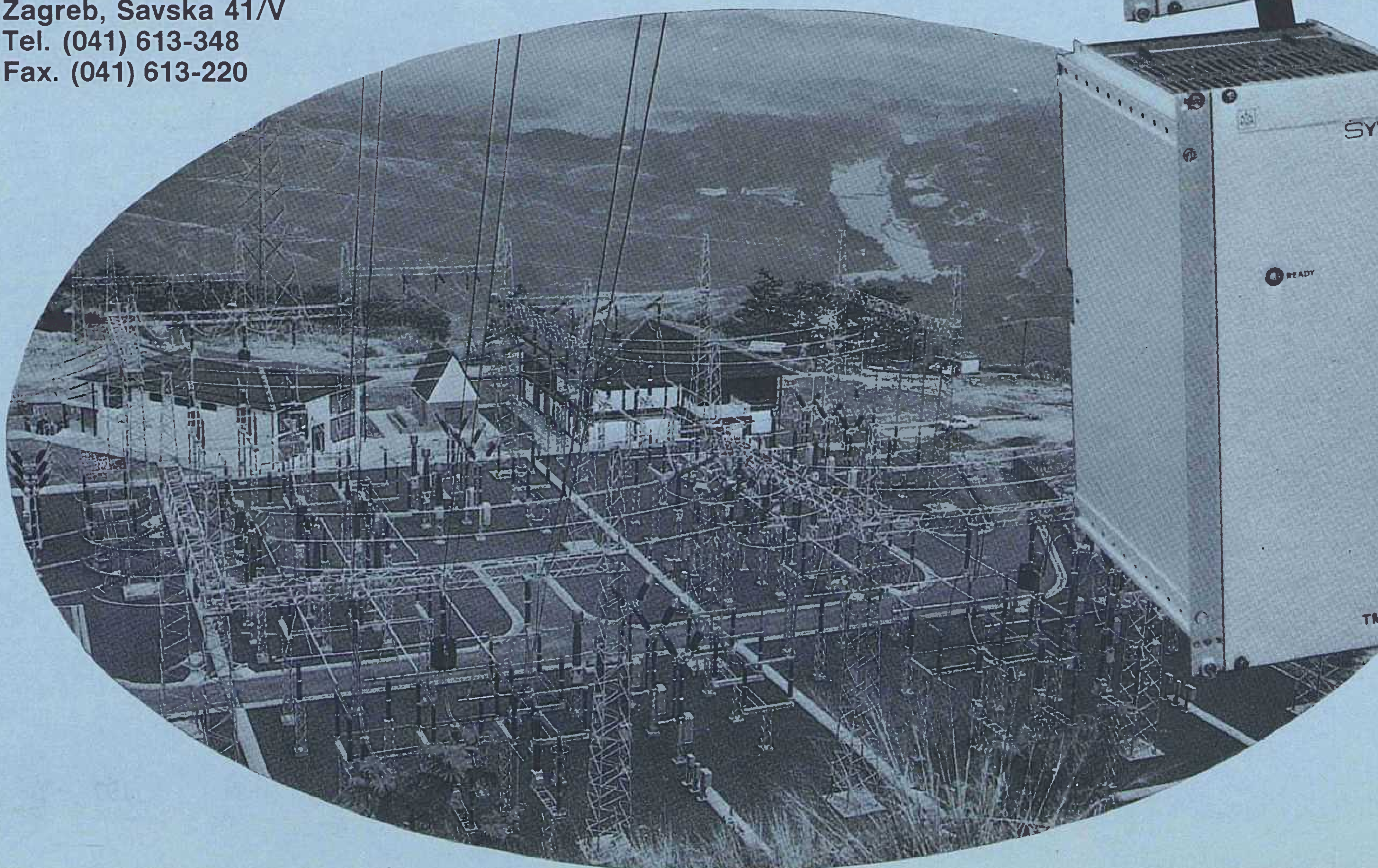
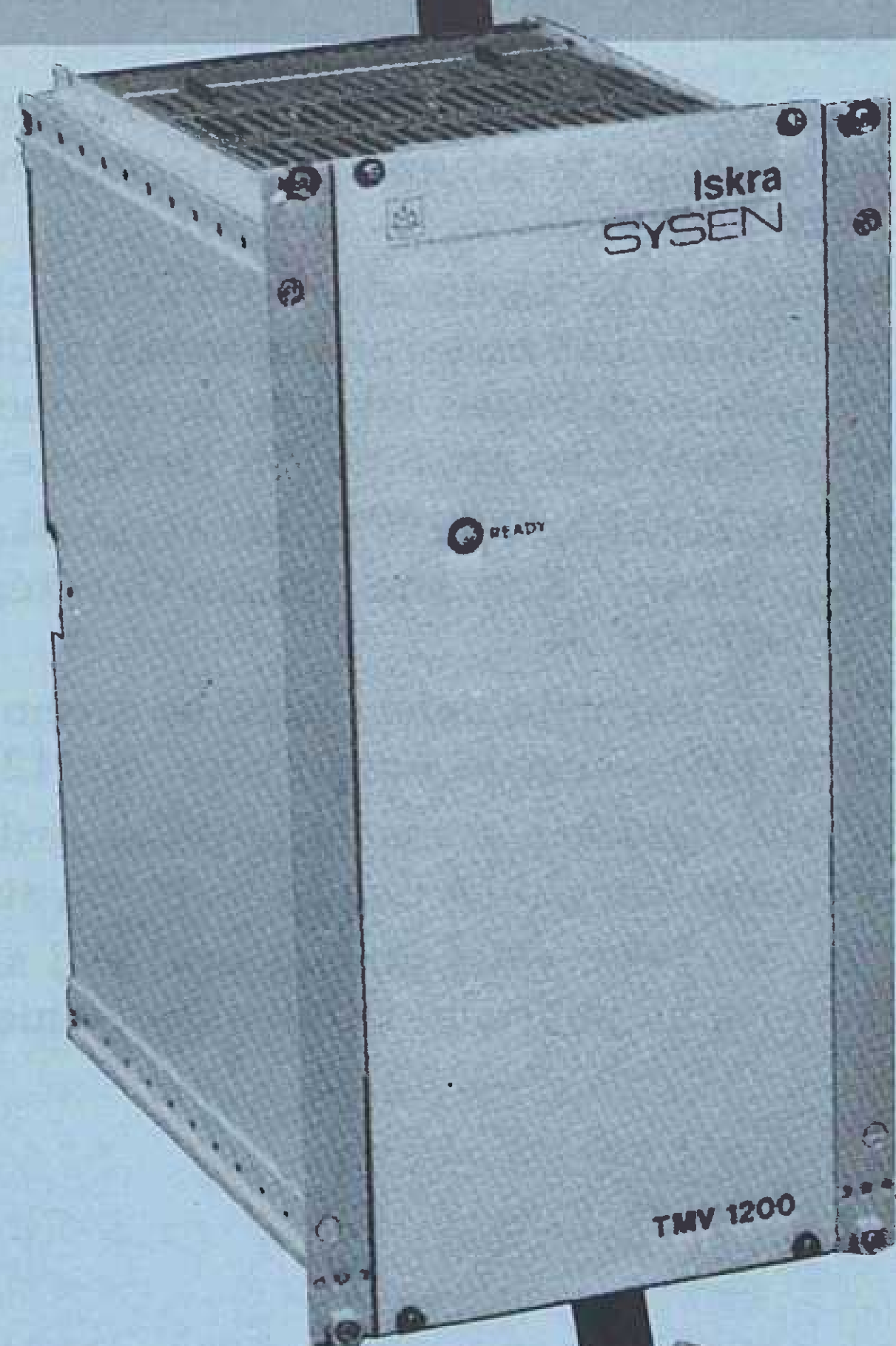
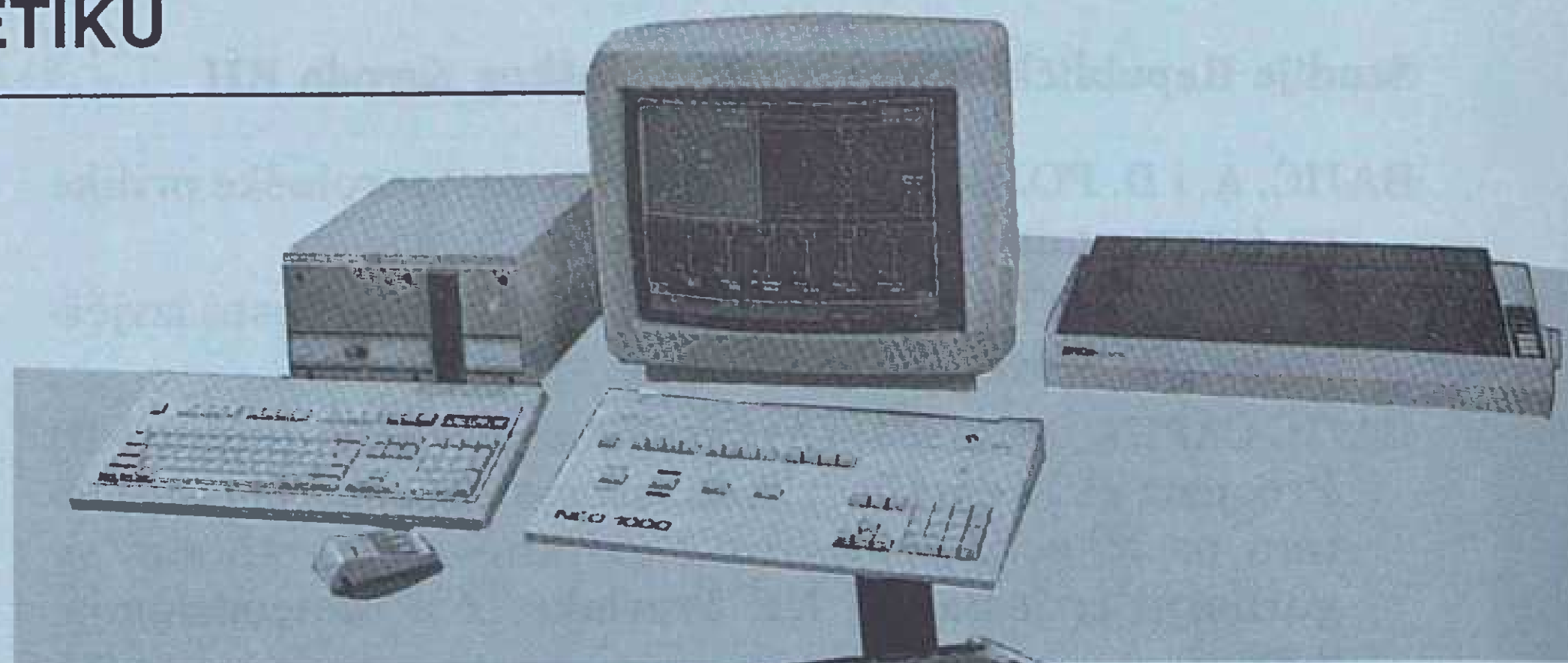
SISTEMI SEKUNDARNE OPREME ZA ENERGETIKU

SEKUNDARNA OPREMA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA:

- relejna zaštita i automatika
- nadzorno-upravljački sustavi u trafostanicama i elektranama
 - numerički zaštitni releji
 - distribuirani sustav procesnog upravljanja (daljinske stanice)
- centri daljinskog vođenja
- VF uređaji za prijenos informacija po dalekovodu
- programabilne komunikacijske centrale kapaciteta 96 odnosno 128(192) kanala

PROJEKTIRANJE, ODRŽAVANJE,
SERVIS, INŽENJERING I CONSULTING
SUSTAVA SEKUNDARNE OPREME U
ELEKTROENERGETICI

Iskra SYSEN d.o.o.
Zagreb, Savska 41/V
Tel. (041) 613-348
Fax. (041) 613-220



PRILOG KARAKTERIZACIJI RAO NISKE I SREDNJE AKTIVNOSTI U NE KRŠKO

Mr. Dejan Škanata, Zagreb — mr. Krešimir Fink, Krško — mr. Vladimir Jelavić, Zagreb

UDK 621.639.7
STRUČNI ČLANAK

U članku se daje kratak pregled tehnologije skupljanja, obrade i kondicioniranja RAO u NE Krško. Opisane su vrste otpada, osnovne značajke njegove forme i generirane količine. Također je dan pregled najzastupljenijih radionuklida u otpadu niske i srednje aktivnosti i njihove osnovne karakteristike. Naglašava se važnost potrebe realizacije projekta o karakterizaciji otpada niske i srednje aktivnosti koji se generira u pogonu NE Krško.

Ključne riječi: radioaktivni otpad, karakterizacija otpada, superkompaktiranje, specifična aktivnost, radioaktivni inventar.

1. UVOD

Otpad je neizbježna pojava, usko vezana za čovjeka i njegove aktivnosti. Različite djelatnosti generiraju svoje specifične otpadne tvari. Razvoj industrije naročito u dvadesetom stoljeću bitno se odrazio na pojavu otpadnih materijala koji sve više opterećuju okoliš. Pojavom nuklearne tehnologije, naročito njezinom komercijalnom primjenom u energetici, primjenom radionuklida u znanstvenoistraživačkom radu, industriji i medicini otvoreno je novo poglavlje industrijskog otpada — radioaktivni otpad.

Kada se govori o utjecaju nuklearnih elektrana na okoliš, govori se o utjecajima direktne i indirektna naravi. Direktni utjecaj podrazumijeva kontrolirana plinovita i tekuća ispuštanja u okoliš iz tehnoloških sistema elektrane, dok indirektni utjecaj podrazumijeva generiranje radioaktivnog otpada niske, srednje i visoke aktivnosti. Od sveukupne otpadne radioaktivnosti u jednoj nuklearnoj elektrani 99 % se odnosi na visokoaktivni otpad (istrošeno gorivo), a preostali dio na nisko i srednjoaktivni otpad (tehnološki i dekomisijski otpad). No, s druge strane, 90 % ukupnog volumena radioaktivnog otpada u nuklearnoj elektrani čine niskoaktivni i srednjoaktivni, a samo 10 % visokoaktivni otpaci.

Karakterizacija otpada iznimno je značajan projekt u okviru procesa gospodarenja s RAO niske i srednje aktivnosti, što, između ostalog, uključuje i njegovo privremeno skladištenje, transport i sigurno trajno odlaganje. Precizno definirani podaci o karakteristikama RAO su osnovni podaci na temelju kojih se definiraju sigurnosni kriteriji za njegovo privremeno i trajno odlaganje i transport. S ovim podacima ulazi se u izradu studije o sigurnosti i utjecaju na okoliš objekta trajnog odlagališta RAO niske i srednje aktivnosti, definiraju se sigurnosni i projektni parametri i potrebne sigurnosne margine u pogonu takvog objekta. Poznavanjem karakteristika otpada de-

finiraju se i kriteriji prihvatljivosti otpada za njegovo trajno odlaganje, dimenzioniranju inženjerske barijere migraciji radionuklida u okolinu, provjerava prihvatljivost potencijalne lokacije za trajno odlaganje. Ovaj rad naglašava važnost i potrebu projekta karakterizacije otpada i u tom smislu predstavlja inicijativu za njegovu realizaciju.

2. DEFINICIJA RADIOAKTIVNOG OTPADA

Općenito se pod radioaktivnim otpadom podrazumijevaju one neiskoristive, tj. otpadne tvari čija aktivnost premašuje zakonom utvrđene granice. S obzirom na agregatno stanje radioaktivni otpad može biti plinovit, tekuć ili krut, a s obzirom na razinu radioaktivnosti niskoaktivan, srednjeaktivan ili visokoaktivan.

Prema našoj zakonskoj regulativi, radioaktivnim otpadom smatraju se one otpadne tvari koje sadrže radioaktivne izotope iznad maksimalno propisanih koncentracija u čovjekovu okolišu (vodi i zraku). Te maksimalne koncentracije propisuje Pravilnik o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije (NN 53/91). Daljna kategorizacija RAO s obzirom na agregatna stanja i razinu aktivnosti definirana je Pravilnikom o načinu skupljanja, evidentiranja, obrade, čuvanja i konačnog odlaganja i ispuštanja radioaktivnih otpadnih materijala u čovjekovu okolinu (NN 53/91). Od posebnog interesa je ovdje kategorizacija tekućeg i krutog RAO na niskoradioaktivni i srednjoradioaktivni otpad. Sumarno se može reći da je niskoradioaktivni otpad karakteriziran niskom specifičnom aktivnosti gama-zračenja i beta-zračenja ($A_{sp} < 5 \times 10^9 \text{ Bq/m}^3$), zanemarivom količinom alfa-emitera, niskom radiotoksičnosti (IV skupnina radionuklida prema Ref.6). i neznatnom toplinskom energijom koju oslobađa, dok je srednjoradioaktivni

otpad karakteriziran srednjom specifičnom aktivnosti gama-zračenja i beta-zračenja ($5 \times 10^9 < A_{sp} < 5 \times 10^{14}$ Bq/m³), zanemarivom količinom alfa-emitera, srednjom i visokom radiotoksičnosti (III i II skupina radionuklida prema Ref.6) i niskom toplinskom energijom.

3. OPIS TEHNOLOGIJE SAKUPLJANJA, OBRADE I KONDICIONIRANJA RAO U NE KRŠKO

Proizvodnju energije u nuklearnim elektranama prati generiranje znatnih količina otpada niske i srednje aktivnosti. Količine i priroda generiranog otpada ovise o nizu faktora, u prvom redu o režimu rada elektrane, starosti tehnologije i stupnju eksploatacije opreme, primijenjenim konstrukcijskim materijalima, o broju obustava rada reaktora u promatranom vremenskom periodu te o primijenjenim tehnologijama obrade, kondicioniranja, solidificiranja i kompaktiranja RAO. S obzirom na vrijeme nastanka RAO se može podijeliti na otpad nastao u toku pogona elektrane, otpad nastao u toku redovitog održavanja elektrane (remonta) i otpad nastao pri dekomisiji. Pri tome, na temelju dosadašnjih iskustava u NE Krško, procjenjuje se da više od 90 % godišnjeg otpada nastaje u toku pogona (specifična produkcija 1,9 prosuda/dan), a preostalih 10 % u toku remonta elektrane (specifična produkcija 3,4 posude/dan za vrijeme trajanja remonta). Količine otpada koje će nastati pri dekomisiji elektrane procjenjuju se za 30–35 % veće od ukupno generiranog volumena tehnološkog otpada za vrijeme njezina životnog vijeka.

U NE Krško generiraju se kruti, tekući i plinoviti niskoaktivni i srednjoaktivni otpaci, uz napomenu da se kruti otpad i ukrućeni ostaci tekućeg otpada kondicioniraju tehnikama kompaktiranja i solidificiranja u 205 litarske (55 galonske) metalne posude čime se zadovoljavaju kriteriji za njihovo privremeno skladištenje na lokaciji elektrane.

Plinoviti RAO

Radioaktivni plinovi, nastali fisijom U-235 i skupljeni u plinskoj fazi spremnika za volumnu kontrolu, transportiraju se sistemom za procesiranje otpadnih plinova u spremnike za odležavanje plinova gdje se akumulirana radioaktivnost zadržava. Sistem za procesiranje otpadnih plinova sastoji se od dva jednaka paralelno spojena kruga, od kojih je jedan u pogonu a drugi u rezervi. Svaki se krug sastoji od po jednog centrifugalnog kompresora i jedne katalitičke peći za izgaranje vodika. Krugovi su vezani na šest spremnika za skupljanje i skladištenje radioaktivnih plinova. Četiri spremnika se koriste u redovnom radu elektrane, jedan se koristi pri zaustavljanju reaktora, dok je jedan priključen na liniju sa sigurnosnim ventilima. Kapacitet tih spremnika predviđen je da bude dovoljan za životni vijek elektrane (40 godina). Tijekom tog vremena procjenjuje se da će se sakupiti radioaktivnih plinova ukupne aktivnosti $1,57 \times 10^{14}$ Bq. Uz maksimalno projektom predviđeno propuštanje go-

rivnih elemenata od 1 % ukupna aktivnost uskladištenih radioaktivnih plinova bila bi deset puta veća. Manje količine radioaktivnih plinova, koje zbog propuštanja tehnoloških sistema dopiju u radnu atmosferu, preko ventilacijskog sistema s ugrađenim odgovarajućim filtrima kontrolirano se ispuštaju kroz ventilacijski kanal u okoliš.

Tekući RAO

Glavninu radioaktivnog otpada u NE Krško predstavlja 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 te o radioaktivnom materijalu koji se želi odstraniti iz procesa.

Metoda ionske izmjene pogona je za kontinuirano odstranjivanje radioaktivnih tvari iz primarnog kruga nuklearne elektrane. U sistemu za volumnu i kemijsku kontrolu ugrađeni su demineralizatori s ionskim izmjenjivačima (kationskim i miješanim), preko kojih kontinuirano prelazi medij primarnog rashladnog kruga. Nakon zasićenja ionskih masa one se zamjenjuju, a zadržani radioaktivni materijal zajedno s istrošenim ionskim izmjenjivačima transportiraju se crpkom, vodenim tokom, od ionsko izmjenjivačkih kolona do sabirnog spremnika. U sabirnom spremniku zadržavaju se što je moguće duže vremena kako bi se raspadom kratkoživućih radionuklida smanjila njihova ukupna aktivnost. Nakon određenog vremena odležavanja, ionske se mase iz spremnika tlače dušikom i doziraju u već pripremljene vakumirane metalne 205 litarske posude koje predstavljaju sistem s nekoliko pasivnih barijera (vanjska metalna posuda — betonski štit — unutarnja metalna posuda).

Metoda evaporacije se zasniva na odstranjivanju radioaktivnog taloga iz procesne tekućine i ispuštanju preostale dekontaminirane vode. Radioaktivna tekućina skupljena u spremnicima za kemijsku drenažu i drenažu opreme crpkom se transportira u evaporator gdje joj se isparavanjem reducira volumen. Talog evaporatora postaje koncentrirani tekući radioaktivni otpad koji se solidificira u vermikulit-cementnu matricu 205 litarske posude, dok se kondenzat (dekontaminirana voda) crpkom transportira u monitor spremnik. U monitor-spremniku radiokemijskom se analizom utvrđuje stupanj kontaminiranosti vode, te se, nakon usporedbe sa propisanim kriterijima i vrijednostima, ili ispušta u okolinu ili vraća na ponovnu ili dodatnu obradu. Dodatna obrada u ovom slučaju sastoji se od dekontaminacije ionskom izmjenom, a postiže se recirkulacijom vode kroz kolonu s ionskim izmjenjivačem.

Ostale tekućine koje sadrže radioaktivne otpadne tvari, kao što su otvorene drenaže podova, tekućine nastale kod dekontaminacije ispiranjem opreme i podova i zaštitne odjeće te tekućine iz praonica odjeće i prostorija za tuširanje, karakterizirane su rela-

tivnom kemijskom neutralnošću tj. kemijskom čistoćom koja nije reaktorskog stupnja. Te tekućine skupljaju se, ovisno o izvoru, ili u spremniku za skupljanje otvorenih podnih drenaža ili spremniku otpadnih tekućina iz praonica. Obraduju se uglavnom filtriranjem, te nakon analize u monitor-spremniku ili ispuštaju u okolinu ili vraćaju na dodatnu ili ponovnu obradu. Treba dodati da je metoda obrade filtriranjem prisutna i u slučaju primjene metode ionske izmjene i u slučaju evaporacije.

Kruti RAO

Radioaktivni otpad u krutoj formi u NE Krško javlja se u takvom obliku, u manjim količinama, već iz samog proizvodnog procesa. U ovu kategoriju otpada ubraja se kontaminirana zaštitna odjeća, obuća i ostala zaštitna oprema (navlake za cipele, rukavice, kombinezoni), kontaminirani plastični i krpeni otpad, filtri iz tehnoloških i ventilacionih sistema i ostali kontaminirani materijali. Veće količine krutoga radioaktivnog otpada pojavljuju se pri radovima na održavanju sistema i opreme nuklearne elektrane. Kruti radioaktivni otpad u NE Krško skuplja se u plastične vreće na mjestu nastanka i na punktovima radiološke kontrole, a odatle se transportira do prostorije za pakiranje RAO. Tu se ovaj otpad ulaže u 205 litarske metalne posude i podvrgava tlačenju, ako je otpad stlačiv, uz redukciju volumena za 2 do 5 puta. Od 1988. godine u NE Krško je usvojena i u primjeni standardna tehnologija superkompaktiranja krutog stlačivog RAO. Radi se o mobilnom Westin-houseovom kompaktoru s ugrađenim Hepa-filtrima koji imaju funkciju zadržavanja eventualnih radioaktivnih ispusta pri tlačenju. Primjenom ove tehnologije postiže se dodatna redukcija volumena stlačivog

RAO za oko 3 puta. Opravdanje za njezinu primjenu leži u niskoj specifičnoj aktivnosti kompresibilnog otpada. Nestlačiv kruti otpad predstavljaju drveni i metalni kontaminirani materijali i oprema. Kruti RAO u NE Krško po svojim karakteristikama zadovoljava kriterije skladištenja, transporta i trajnog odlaganja, pa stoga ne zahtijeva kondicioniranje. Iznimka su filtri iz tehnoloških sistema koji se po nivou radioaktivnosti ubrajaju u kategoriju srednje radioaktivnog otpada. Takvi filtri se ulažu u 205 litarske metalne posude s betonskim štitom i zasipaju cementnom smjesom.

4. KARAKTERIZACIJA RAO U NE KRŠKO

U tablici 1. prikazana je shema izvora radioaktivnog otpada u NE Krško, njegovo agregatno stanje prije obrade, vrsta otpada koja nastaje nekon obrade odgovarajućim sistemima za obradu (Waste Processing Systems) te način njegova kondicioniranja.

4.1. Vrste, forma i količine RAO

S obzirom na izvor, tehnologiju obrade i kondicioniranja i s obzirom na sadržaj i formu u NE Krško se razlikuje šest kategorija niskoradioaktivnog i srednjoaktivnog otpada. To su:

- 1. istrošene ionske smole (SR),
- 2. talog evaporatora (EB),
- 3. kompresibilni otpad (CW),
- 4. superkompaktirani otpad (SC),
- 5. istrošeni filtri (F) i
- 6. ostali nekompresibilni otpad (O).

Tablica 1. Shema izvora i načina kondicioniranja RAO u NE Krško

Izvori RAO	Agregatno stanje		Vrsta otpada	Način kondicioniranja
1. Spremnik za volumnu kontrolu 2. Isparivači za recirkulaciju bora i preradu tekućeg otpada 3. Drenažni spremnik primarnog kruga	Plinovi	Obrada	Radioaktivni plinovi	Spremnici za plinove
1. Drenaže primarnog kruga 2. Uzorkovanje primarnog kruga 3. Otvorene drenaže 4. Kemijski laboratorij 5. Drenažne jame 6. Vruća praonica i WC 7. Dekontaminacija	Tekućine		A) Koncentrat evaporatora (EB) B) Istrošene ionske smole (SR)	A) 205 litarske posude sa vermikulit-cementnom matricom B) 205 litarske posude sa biološkim štikom, dvostruke (podtlak)
1. Kontaminacija opreme i zaštitne odjeće 2. Drveni i metalni materijali 3. Filtri iz tehnoloških sistema	Krutine		A) Nekompresibilni otpad (O) B) Kompresibilni otpad (CW, SC) C) Filtri (F)	A) 205 litarske metalne posude B) 205 litarske metalne posude C) 205 litarske metalne posude sa betonskim štitom

Pri tome treba naglasiti da vrsta otpada CW egzistira samo privremeno u skladištu. Naime, nakon sakupljenog određenog broja posuda ova vrsta otpada podvrgava se tehnologiji superkompaktiranja, nakon čega nastaje vrsta SC s oko tri puta manjim volumenom. Isplativost primjene tehnologije superkompaktiranja procjenjuje se u uvjetima kada postoji barem 2000 posuda s vrstom otpada CW.

Sve vrste otpada, osim kompresibilnog (CW) tj. superkompaktiranog (SC) koji se ulaže u obične metalne posude, kondicioniraju se u sljedeće sisteme inženjerskih barijera:

1. SR, F — metalna posuda, zaštitni betonski sloj, unutrašnja metalna posuda,
2. EB — metalna posuda, vermikulit-cementna matrica i
3. O — metalna posuda, cementna smjesa.

Takvom tehnologijom kompaktiranja (sistem pasivnih inženjerskih barijera) umanjuje se izluživanje i procurivanje radionuklida iz otpada. Onemogućava se njegovo rasipanje i zapaljenje. Na taj način otpad se štiti od posljedica mehaničkih udara i sprečava se njegovo dispergiranje pri eventualnom padu. Može se konstatirati da je ovakva forma otpada karakterizirana malom topljivošću i velikom mehaničkom čvrstoćom. Drugim riječima, radi se o stabilno kondicioniranom otpadu.

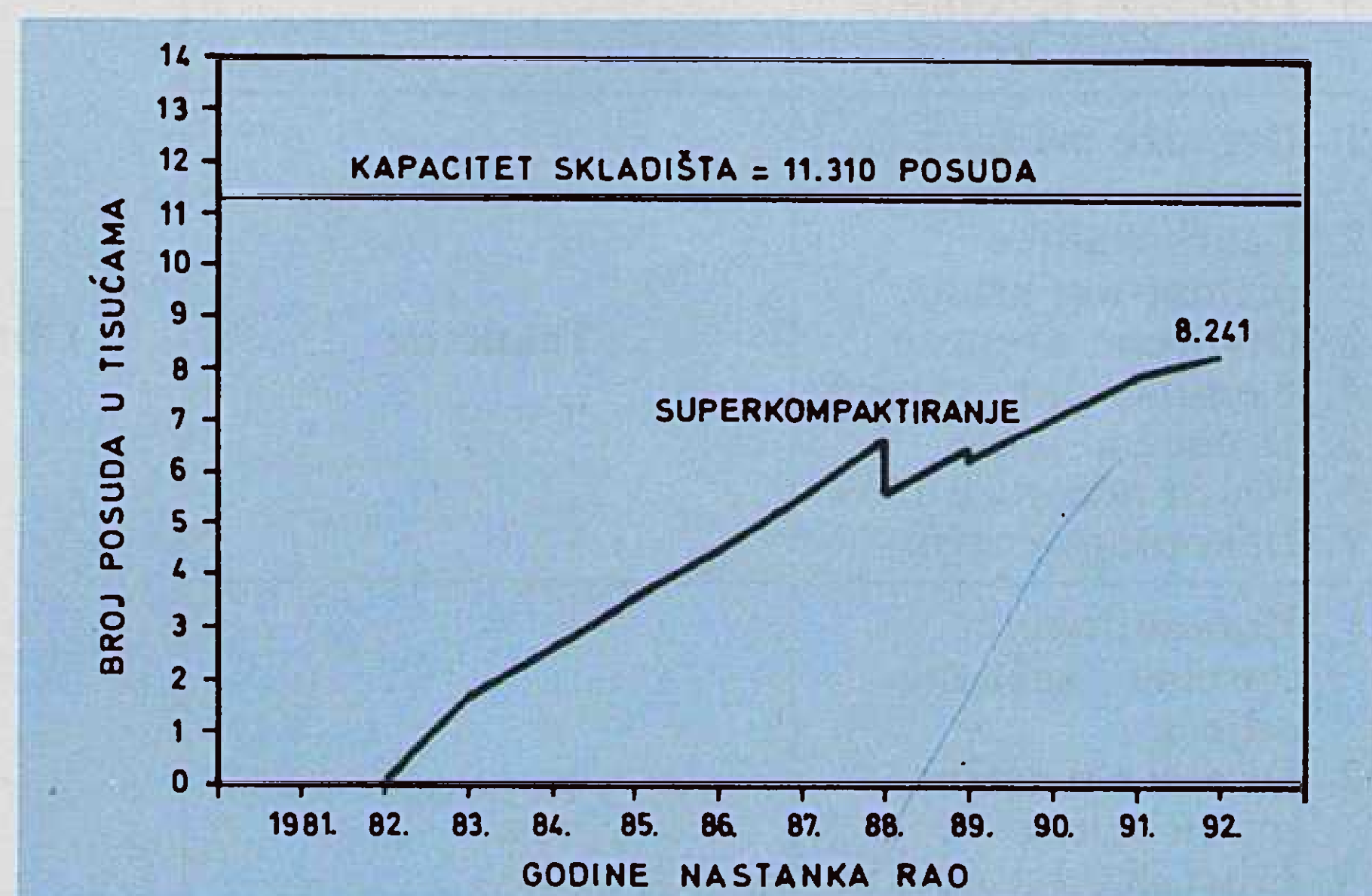
Od 11. rujna 1981, kada je postignuta prva kritičnost reaktora, pa do kraja 1991. godine, u NE Krško je generirano ukupno 8241 posuda s radioaktivnim otpadom (tablica 2). Radi se o ukupnom volumenu od oko 1690 m³, što čini 74 % ukupnog prostornog kapaciteta privremenog skladišta na lokaciji NE Krško. Podaci prezentirani u tablici 2. zaslužuju da se objasne, ponajprije kada se radi o vrstama otpada CW i SC. Superkompaktiranje je do sada provedeno u dva navrata, potkraj 1988. godine (23. 11–15.12) i početkom 1989. godine (15.02–21.02) kada je superkompaktirano 1670, tj. 254 posuda respektivno. Rezultat primjene tehnologije superkompaktiranja je nastanak 617 posuda (faktor redukcije volumena = 3,12) s novom vrstom otpada (SC).

Na temelju podataka prezentiranih u tablici 2. može se zaključiti kako 84 % (6928 posuda = 1420,2 m³) ukupno generiranog otpada u NE Krško do konca 1991. godine, pripada kategoriji srednjeaktivnog a svega 16 % (1313 posuda = 269,3 m³) kategoriji niskoaktivnog otpada. Razlog je takvog stanja u tome što se aktivnosti posuda mjere i zapisuju samo u trenutku punjenja posuda radioaktivnim otpadom. Tako i podaci o ukupnoj i specifičnoj aktivnosti prezentirani u tablici 2. odražavaju stanje u trenutku punjenja posuda, a ne i stvarno stanje. Ti podaci ne uzimaju u obzir činjenicu da je u međuvremenu, zbog radioaktivnog raspada kratkoživućih radionuklida, velik broj posuda s radioaktivnim otpadom iz područja srednjeaktivnog prešao u područje niskoaktivnog otpada. Detaljna karakterizacija RAO u NE Krško, između ostalog, dat će i uvid u stvaran odnos između niskoaktivnog i srednjeaktivnog otpada generiranom u tehnološkom procesu elektrane.

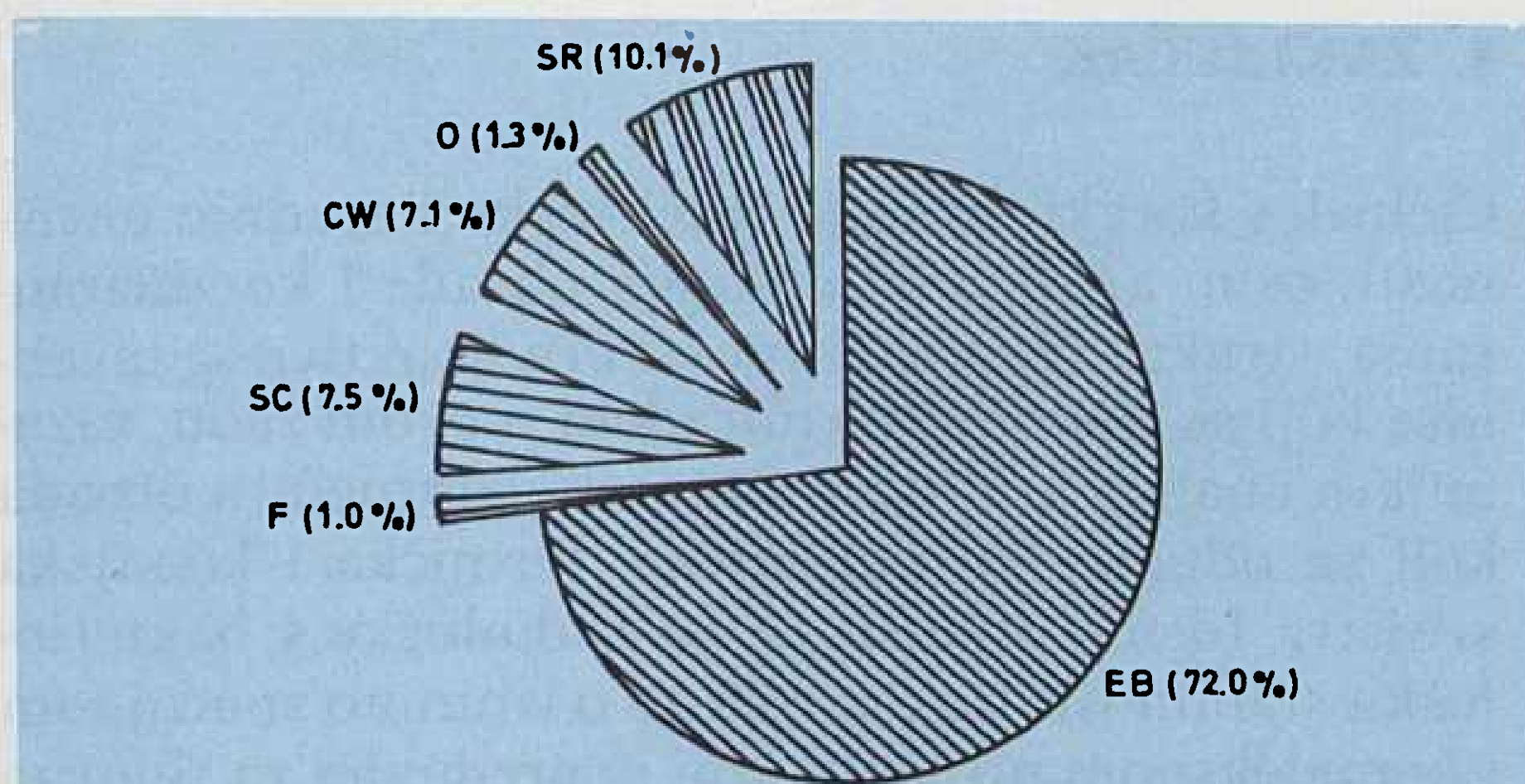
Tablica 2. Podaci o otpadu u NE Krško

Vrsta otpada	Broj posuda	Volumen (m ³)	Ukupna aktivnost (Bq)	Specifična aktivnost (Bq/m ³)
SR	831	170,4	$2,50 \times 10^{13}$	$1,47 \times 10^{11}$
EB	6011	1232,3	$7,66 \times 10^{12}$	$6,22 \times 10^9$
SC	617	126,5	$5,30 \times 10^{11}$	$4,19 \times 10^9$
CW	585	119,9	$4,46 \times 10^{11}$	$3,72 \times 10^9$
O	111	22,8	$2,03 \times 10^{10}$	$8,90 \times 10^8$
F	86	17,6	$1,77 \times 10^{12}$	$1,01 \times 10^{11}$
Ukupno	8 241	1 689,5	$3,54 \times 10^{13}$	$2,62 \times 10^{11}$

Na slici 1. prikazana je kumulativna krivulja koja prezentira godišnju produkciju RAO u NE Krško. Ukupan broj posuda s RAO, uz pretpostavku neprimjenjivanja tehnologije superkompaktiranja, iznosio bi 9548 za proteklih 10 godina pogona; 1981. godine u toku probnog pogona elektrane generirane su samo 3 posude s vrstom otpada EB, što bi činilo godišnju produkciju od oko 955 posuda. Primjenom tehnologije superkompaktiranja dolazi se do broja od 824 posude godišnje, što čini godišnju uštedu od 131 posude odnosno 26,9 m³ prostornog kapaciteta privremenog skladišta. Usvoji li se godišnja produkcija od 824 posude, to bi značilo da će se u četrdesetogodišnjem pogonu NE Krško (njezin projektirani životni vijek) generirati ukupno otprilike 33000 posuda (oko 6800 m³) s niskoradioaktivnim i srednjoradioaktivnim otpadom iz tehnološkog procesa. Pri tome je važno ponovno pripomenuti da produkcija s RAO ovisi o nizu faktora, kao što su režim rada elektrane, starost tehnologije i stupanj eksploatacije opreme, broj obustava rada reaktora u promatranom vremenskom periodu, ugrađeni konstrukcijski materijali i primjenjena tehnologija obrade, kondicioniranja (solidificiranja) i kompaktiranja RAO. Dakako, želi li se odrediti ukupni volumen niskoaktivnog i srednjeaktivnog otpada koji će NE Krško generirati u svom životnom vijeku, broju od 33000 posuda potrebno je dodati stanovite količine otpada koje će nastati zbog većih remontnih zahvata u primarnom rashladnom krugu (oko 5000 posuda), kao i otpad iz dekomisije, tj. razgradnje elektrane. Što se dekomisijskog otpada tiče, približne procjene govore o dodatnih oko 55000 posuda (SAFESTOR-30 dekomisijski scenarij^(Ref.9)).



Slika 1. Produkcija RAO u NE Krško do konca 1991. godine



Slika 2. Volumna struktura RAO u NE Krško

Na slici 2. prikazan je postotni udio pojedine vrste u ukupno generiranoj količini otpada. Relativno niska specifična aktivnost vrste otpada EB ($6,22 \times 10^9$ Bq/m³) i njegova visoka zastupljenost (72,9 %) u ukupno generiranom otpadu opravdava u perspektivi i mogućnost njegova superkompaktiranja, sve radi reduciranja ukupnog volumena RAO, a time i uštede na prostornom kapacitetu privremenog skladišta na lokaciji NE Krško.

4.2. Radioaktivni inventar

Kao što je već napisano, procesirani RAO kondicionira se u 205 litarske posude (tablica 1). Pri tome jakost apsorbirane doze na površini posude od 0,6 μ Gy/s^(Ref.5) (2,16 mGy/h) predstavlja granični kriterij za punjenje. Naime, u trenutku kada monitor zračenja registrira dozu čija jakost prelazi graničnu vrijednost, prekida se punjenje posude. Ova posuda, kao uostalom i svaka druga, odvozi se u prostor predviđen za odležavanje posuda (oko 3 – 4 tjedna), a nakon toga odlaže se u privremeno skladište. Na temelju izmjerenih jakosti doza na kontaktu posuda proračunom se dolazi do podatka o ukupnoj i specifičnoj aktivnosti svake pojedine posude. Međutim, ti podaci ne govore mnogo o koncentracijama pojedinih radionuklida u otpadu, odnosno ne govore mnogo o radioaktivnom inventaru posuda. U NE Krško je upravo u začetku projekt detaljne karakterizacije otpada primjenom gamaspektrometrijskog mjerenja sadržaja pojedinih radionuklida u RAO niske i srednje aktivnosti. Treba napomenuti kako je do sada u nekoliko navrata provedena gamaspektrometrijska analiza na uzorcima pojedinih vrsta RAO što je, međutim, još uvijek nedovoljno za ozbiljniju statističku analizu. U međuvremenu, za procjenu očekivanog radioaktivnog inventara u otpadu pogodno je koristiti se podacima izloženim u NUREG/CR-4370 dokumentu koji predstavljaju statistički obrađene informacije, a odnose se između ostalog i na niski i srednji RAO iz nuklearnih elektrana PWR tipa u SAD-u. Opravdanje za to nalazi se u činjenici da je NE Krško elektrana PWR tipa, izgrađena od strane američke tvrtke Westinghouse, te je njezina godišnja produkcija niskoradioaktivnog i srednjoradioaktivnog otpada kompatibilna s prosječnom godišnjom produkcijom u PWR elektranama u SAD-u. Naime, prema NUREG/CR-4370 dokumentu, prosječna specifična pro-

dukcija neobrađenog niskoradioaktivnog i srednjoradioaktivnog otpada, za PWR elektrane u SAD-u iznosi 0,478 m³/MWe-g. Za NE Krško, poštujući prisutne tehnologije kondicioniranja (solidifikacija, kompaktiranje, superkompaktiranje), dolazi se do brojke od 0,426 m³/MWe-g. Važno je odmah naglasiti kako čitav spektar kratkoživućih radionuklida, za ovdje izloženu analizu, nisu od posebnog interesa.

Gotovo svi radioaktivni izotopi (izuzetak čine samo malobrojni kalibracioni izvori) koji se sistemima za obradu RAO i metodama kondicioniranja na kraju izoliraju u 205 litarske posude, nastaju u primarnom krugu reaktorskog hladioca. Dva su osnovna načina nastajanja radioaktivnih kontaminanata:

- nuklearna fisija
- konverzija i
- aktivacija (aktivacijski produkti iz konstrukcijskih materijala koji korozijom, otapanjem i erozijom dopijevaju u rashladni medij primarnog kruga).

Cs¹³⁷ je najznačajniji fisijski produkt koji se susreće u RAO niske i srednje aktivnosti. U primarni hladilac dopijeva uglavnom na tri načina:

- difuzijom kroz oblogu gorivnog štapa
- zbog kontaminacije vanjske površine gorivnih elemenata fisibilnim materijalom vrlo mali dio fisija odvija se na površini obloga gorivnih štapova tako da se u primarnom hladiocu javlja mjerljiva količina fisijskih produkata, a time i Cs¹³⁷
- oštećenjem obloge gorivnih štapova fisioni produkti cure u reaktorski hladilac.

Najzastupljeniji korozijski produkti su Fe⁵⁵, Co⁶⁰ i Ni⁶³ koji nastaju aktivacijom konstrukcijskih materijala u primarnom krugu elektrane. Nuklearne (n, γ) reakcije koje dovode do aktivacije navedenih radionuklida jesu:

- 1) $\text{Fe}^{54} + n^1 \rightarrow \gamma + \text{Fe}^{55}$
- 2) $\text{Fe}^{58} + n^1 \rightarrow \gamma + \text{Fe}^{59} \rightarrow \text{Co}^{59} + \beta + \gamma$;
 $\text{Co}^{59} + n^1 \rightarrow \gamma + \text{Co}^{60}$
- 3) $\text{Ni}^{62} + n^1 \rightarrow \gamma + \text{Ni}^{63}$.

Važan doprinos ukupnoj radioaktivnosti u RAO niske i srednje aktivnosti daje i tricij. Tricij se u PWR procesu generira na tri načina:

- aktivacijom primarnog hladioca, odnosno nuklearnim reakcijama kao što su B¹⁰ (n,2 α) H³ i Li⁷ (n,n α) H³
- ternarnom fisijom kada se jezgra urana cijepa na tri jezgre od kojih je jedna tricij
- stanovita količina tricija stvara se i zbog egzotermne reakcije zircaloja (materijal obloge gorivnih štapova) s vrućom parom.

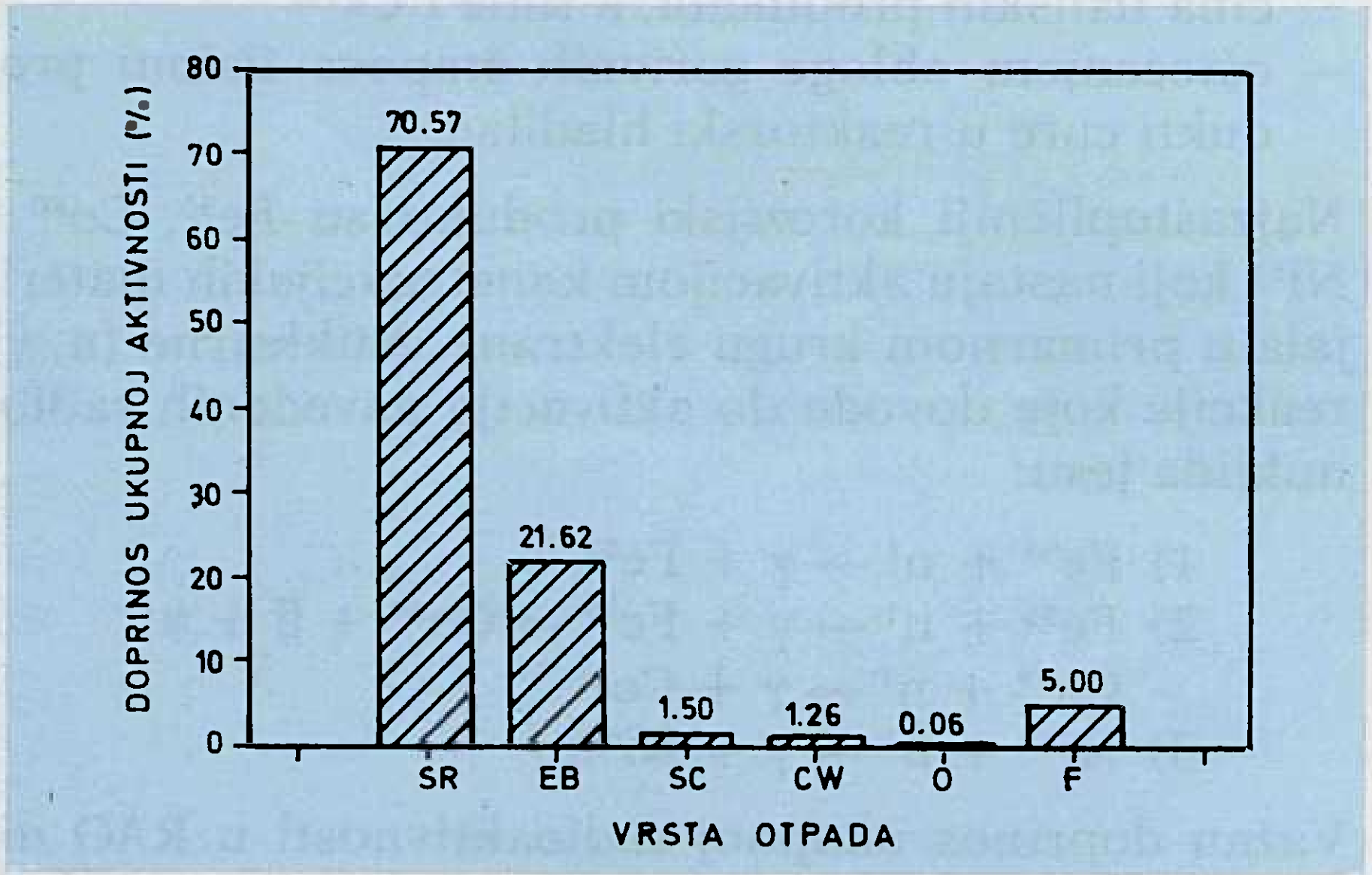
U tablici 3. dane su osnovne karakteristike najzastupljenijih radionuklida u RAO niske i srednje aktivnosti, a u tablici 4. postotak njihove zastupljenosti u pojedinoj vrsti otpada. Na slici 3. prezentirana je struktura RAO u NE Krško, ali ovoga puta s aspekta ukupne aktivnosti otpada. Na kraju, na slici 4. dana je grafička prezentacija procentualnog doprinosa jedinog radionuklida ukupnoj aktivnosti RAO niske i srednje aktivnosti.

Tablica 3. Značajke najzastupljenijih radionuklida

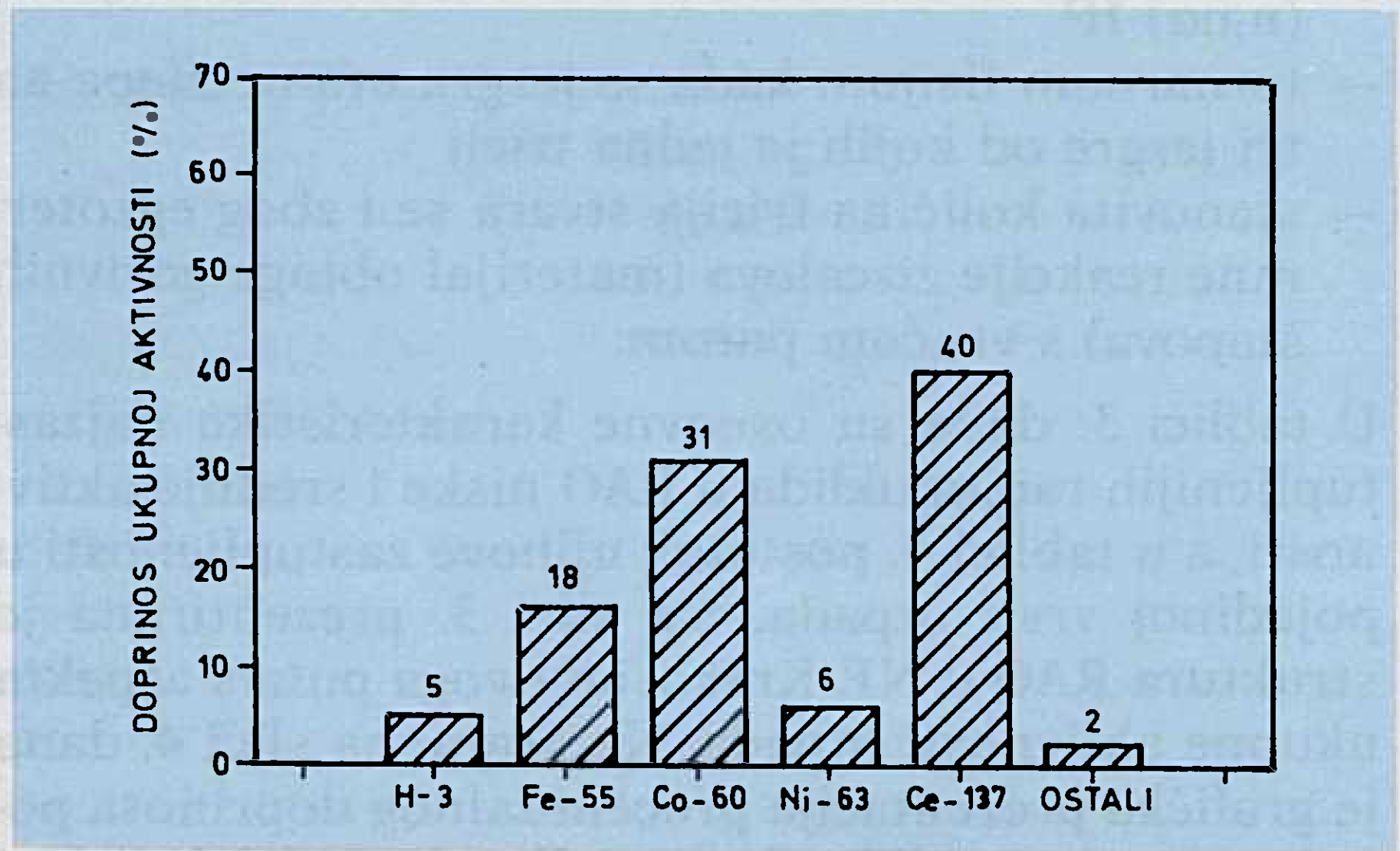
Radionuklid	$T_{1/2}$ (god.)	Nastanak	Vrsta zračenja	Energija zračenja (MeV)
$^1\text{H}^3$	12,3	Aktivacijski produkt	β	0,018
$^{26}\text{Fe}^{55}$	2,7	Aktivacijski produkt	K uhvat, X zraka	0,006
$^{27}\text{Co}^{60}$	5,3	Aktivacijski produkt	β γ	0,031 1,173; 1,332
$^{28}\text{Ni}^{63}$	92,0	Aktivacijski produkt	γ	0,087
$^{55}\text{Cs}^{137}$	30,1	Fisijski produkt	β γ	0,512 0,662

Tablica 4. Procentualna zastupljenost radionuklida u pojedinoj vrsti otpada

Nuklid	SR (%)	EB (%)	CW,SC (%)	F (%)	O (%)
M ³	8	3	1	0	1
Fe ⁵⁵	7	21	26	30	26
Co ⁶⁰	13	40	51	58	51
Ni ⁶³	3	8	10	11	10
Cs ¹³⁷	66	26	11	1	11
Ostali	3	2	1	0	1



Slika 3. Struktura RAO s aspekta ukupne aktivnosti



Slika 4. Doprinos pojedinih radionuklida ukupnoj aktivnosti

5. ZAKLJUČAK

Cjelovita karakterizacija RAO niske i srednje aktivnosti, osim analize tehnologija obrade i kondicioniranja, strukturalne stabilnosti i radioaktivnog inventara koji su djelomično obrađeni u ovom radu, razumijeva analizu i određivanje svih parametara otpada koji se odnose na mehanička, termička i kemijska svojstva forme otpada, te na radiološku i bakteriološku stabilnost. Dakle, radi se o iznimno značajnom i kompleksnom projektu koji je preduvjet za sigurno i ekonomično gospodarenje otpadom niske i srednje aktivnosti, što uključuje privremeno skladištenje otpada na lokaciji NE Krško, njegovo transportiranje i sigurno trajno odlaganje.

LITERATURA

[1] Đ. TANKOSIĆ, D. ŠKANATA, V. JELAVIĆ, A. FINDIKAKIS, C. FERAL, F. FEIZOLAHİ: »Preliminary Performance Assessment Report for Nuklearna Elektrana Krško Radwaste Repository, Tunnel Concept and Shallow Land Disposal«, Bechtel National, Inc., San Francisco, 1989.

[2] V. JELAVIĆ, Z. KISIĆ, N. MALBAŠA, D. ŠKANATA: »Opći pokazatelji o sigurnosti i utjecaju na okolinu odlagališta nisko i srednje radioaktivnog otpada NE Krško«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1989.

[3] O. I. OZUNTALI, W. ROIES: »Update of Part 61 Impacts Analysis Methodology«, Envirosphere Company, NUREG/CR-4370, 1986.

[4] Pravilnik o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije, NN 53/91.

[5] Pravilnik o načinu sakupljanja, evidentiranja, obrade, čuvanja i konačnog odlaganja i ispuštanja radioaktivnih otpadnih materijala u čovjekovu okolinu, NN 53/91.

[6] Pravilnik o stavljanju u promet i upotrebi radioaktivnih tvari iznad određene granice aktivnosti, rendgenskih aparata i drugih aparata koji proizvode ionizirajuća zračenja te o zaštitnim mjerama od zračenja tih izvora, SL 53/91.

[7] P. MARŠIĆ, K. FINK: »Radioaktivni otpad — tehnologija obrade, kondicioniranja i skladištenja«, Tehnologija, ekonomika i ekologija nuklearnih elektrana, Opatija, 1987.

[8] Z. LOVAŠIĆ: »Konceptije tehnologija obrade radioaktivnih otpadaka«, XXVIII Konferencija ETAN-a, Split, 1984.

[9] Đ. TANKOSIĆ, K. FINK, D. REYNOLDS, A. LARSON: »Bases for NEK Decommissioning Plan«, Bechtel National Inc., San Francisco, 1990.

[10] Conditioning of Low and Intermediate Level Radioactive Wastes, Technical Report Series No. 222, IAEA, 1983.

[11] Final Safety Analysis Report, NEK, Krško, 1979., Vol. 11

[12] Sistemi in odbratovanje NE Krško, Izobraževalni centar za jedarsko tehnologijo Milana Čopiča, IJS, Ljubljana, 1990.

CONTRIBUTION TO CHARACTERISATION OF LOW AND INTERMEDIATE LEVEL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN KRŠKO NUCLEAR PLANT

In the paper, a short review of technology of gathering, processing and conditioning of radioactive waste in Krško nuclear plant is given. The kinds of waste, basic characteristics of its forms and generated quantities are described. Most represented radionuclides in the low and intermediate level radioactive waste are also given together with their basic characteristics. The need for the realisation of the project on the characterisation of low and intermediate level radioactive waste management generated in the Krško nuclear plant is stressed.

EIN BEITRAG ZUR CHARAKTERISIERUNG DER ABFÄLLE NIEDRIGER UND MITTLERER RADIOAKTIVITÄT IM KERNKRAFTWERK »KRŠKO«

Dargestellt wird ein Überblick der Verfahren des Sammelns, der Verarbeitung und der Konditionierung radioaktiver Abfälle im Kernkraftwerk »Krško«. Es werden Abfallsorten, Grundmerkmale der Abfälle und die vorkommenden Abfallmengen beschrieben. Ebenso werden eine Übersicht der im Abfall niedriger und mittlerer Radioaktivität häufigst vorkommenden Radionuklide, sowie die Grundeigenschaften dieses Abfalles dargestellt. Es wird die Notwendigkeit der Anfertigung eines Projektes über die Charakterisierung der niedrig- und mittel- radioaktiver Abfälle, welche im Betrieb des Kernkraftwerkes »Krško« vorkommen, betont.

Naslov pisaca:

Mr Dejan Škanata
Javno poduzeće
za zbrinjavanje RAO, d.o.o.
Savska cesta 41/IV
41000 Zagreb, Hrvatska
mr Krešimir Fink
NE Krško
Vrbina 12
68270 Krško, Slovenija
mr Vladimir Jelavić
Ekonerg, d.o.o.
Avenija Vukovar 37
41000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-08-05

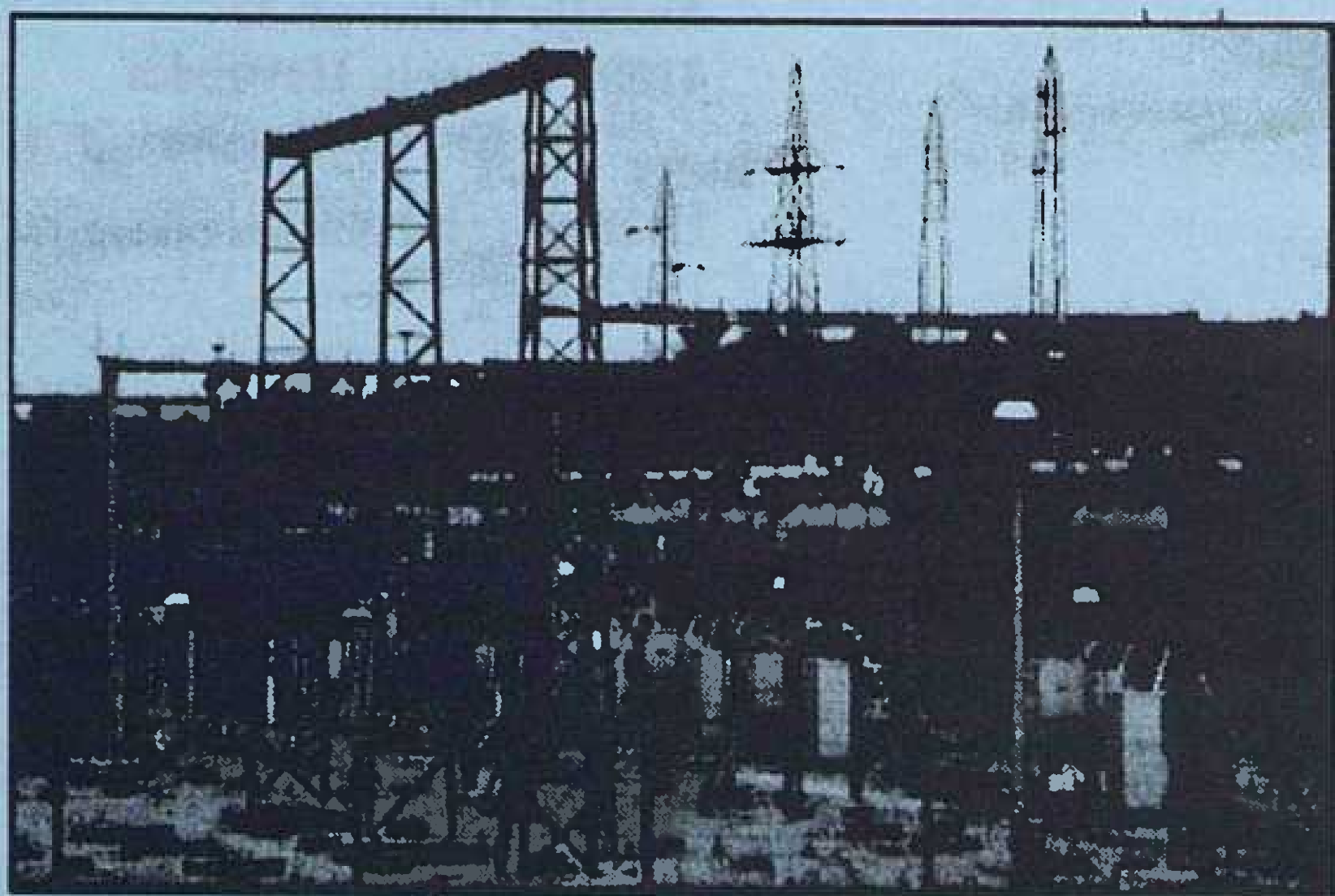
»PINIJA COMMERCE«

**PODUZEĆE ZA PROMET
I POSLOVNE USLUGE, s p. o.**

ZAGREB, Trg sportova 11
Telefon: (041) 311-829, Fax: 327-578

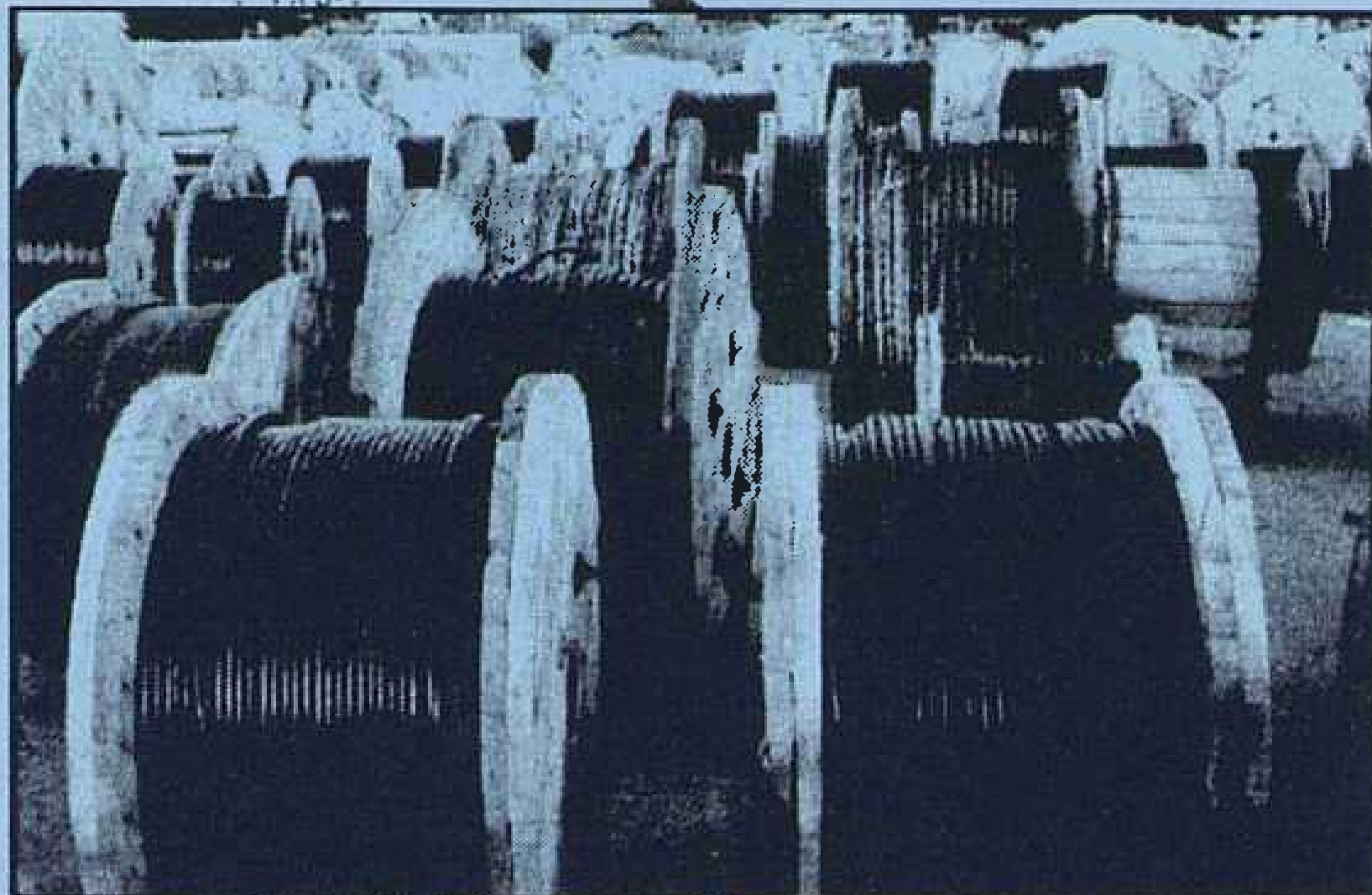
Elektromaterijal

TRGOVINA I USLUGE p.o.
Rijeka, D. Tucovića 13
tel.: 051/ 37-777
fax: 213-670, 212-699
telex: 24671



ISKUSTVOM DO POVJERENJA POSLOVNIH PARTNERA

- Specijalizacija u poslovima za elektroprivredu uz reference na svim važnijim energetske postrojenjima u Hrvatskoj;
- Oprema energetske i rasklopne postrojenja visokog i niskog napona;
- Opremanje dalekovoda;
- Oprema za brodogradnju;
- Telefonske centrale i sva PTT oprema;
- Specijalizacija odjela i poslovnica prema zahtjevima tržišta.



ELEKTRIČNA ŽELJEZNICA, TROŠILO ELEKTROPRIVREDNE MREŽE KOJI UZROKUJE IZOBLIČENJA NAPONA I STRUJA

Dr. Ivo Uglešić — Ivan Kopecki, Zagreb

UDK 621.335.2

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Izlaže se osnovna fizikalna slika električne vuče s naglaskom na strani kontaktne mreže i lokomotive. Daje se model koji omogućuje identifikaciju smetnje u elektroprivrednoj mreži.

Ključne riječi: električna vuča, elektroenergetski sustav, kvaliteta električne vuče.

1. UVOD

Električna je željeznica specifično trošilo elektroprivredne prijenosne mreže kako zbog načina priključka, tako i zbog karaktera opterećenja. Elektrovučne podstanice 25 kV, 50 Hz kao jednofazni potrošači uzrokuju nesimetrično opterećenje trofazne elektroprivredne mreže [1], [2]. Ispravljači elektrovučnih vozila s istosmjernim motorima izobličuju sinusoidalne struje i napone. Nepovoljni učinci električne željeznice na elektroprivrednu mrežu mogu se još više povećati povećanjem opsega prometa vlakova, tj. povećanjem brzine i težine vlakova.

Kod nas u Hrvatskoj, a sve više i širom svijeta, najraširenije je napajanje izmjeničnim naponom 25 kV, 50 Hz. Postoje i razni drugi sistemi napajanja električnih željeznica, npr. izmjenični sistem 15 kV, 16 2/3 Hz u Njemačkoj, Švicarskoj i Austriji, ili istosmjerni sistem 3 kV u Italiji. Istosmjernim sistemom 3 kV još je djelomice elektrificirana riječka pruga, ali bi se i na njoj uskoro trebala provesti zamjena izmjeničnim sistemom 3 kV još je djelomice elektrificirana riječka pruga, ali bi se i na njoj uskoro trebala provesti zamjena izmjeničnim sistemom 25 kV, 50 Hz.

Matematički model elektrovučnog kruga služi za računsku analizu oblika struja i napona u krugu, kao i na mjestima priključka elektrovučnih podstanica na elektroprivrednu mrežu. Osim toga ovaj je model nužan radi daljnjih analiza pojava nesinusoidnosti u elektroprivrednoj mreži, tj. pri analizama rasprostiranja viših harmonika u prijenosnom sistemu.

2. STABILNA POSTROJENJA ZA NAPAJANJE ELEKTRIČNIH VOZILA 25 kV, 50 Hz

Električna željeznica napaja se iz elektroprivredne mreže preko elektrovučnih podstanica s transforma-

torima prijenosnog omjera 110 kV/27,5 kV i željezničke kontaktne mreže. Za proračune treba izmodelirati sve dijelove sistema preko kojeg se napajaju elektrovučna vozila.

2.1. Elektroprivredna mreža i elektrovučna podstanica

U razmatranjima koja slijede uglavnom će se promatrati prilike na naponskom nivou 25 kV, tj. u željezničkoj kontaktnoj mreži. Želi li se izučavati utjecaj električne vuče na nekom mjestu u elektroprivrednoj mreži, moguće je, naravno, detaljnije izmodelirati taj dio elektroprivredne mreže, tj. prijenosne vodove, transformatore i generatore. Budući, da je ovdje pozornost usmjerena na model električne željeznice kao trošila, to će se pažnje usmjeriti modelu elektrovučnog kruga, a elektroprivredna mreža uglavnom ekvivalentirati na mjestu priključka podstanice na mrežu. Nadomjesna impedancija elektroprivredne mreže po fazi na mjestu priključka može se odrediti iz izraza:

$$Z = \frac{(1,1 U_n)^2}{S_{eks}}, \quad (1)$$

gdje je:

U_n nazivni napon elektroprivredne mreže;

S_{eks} snaga početnog trofaznog kratkog spoja na mjestu priključka elektrovučne podstanice.

Transformatori u elektrovučnim podstanicama imaju prijenosni omjer 110 kV/27,5 kV s mogućnošću regulacije sekundarnog napona $\pm (10 \times 1,5 \%)$. Postoje obično dva transformatora nazivne snage 7,5 MVA, koji mogu raditi paralelno. Impedancija transformatora uz položaj regulacijske sklopke u nultom položaju jest

$$Z_t = \frac{U_{ni}^2}{S_n} \left[\frac{P_{cu}}{S_n} + j \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{P_{cu}}{S_n} \right)^2} \right] \Omega \quad (2)$$

U izrazu (2) je:

U_{ni} nazivni napon transformatora na sekundarnoj strani (i)

S_n nazivna snaga transformatora

P_{cu} gubici u bakru

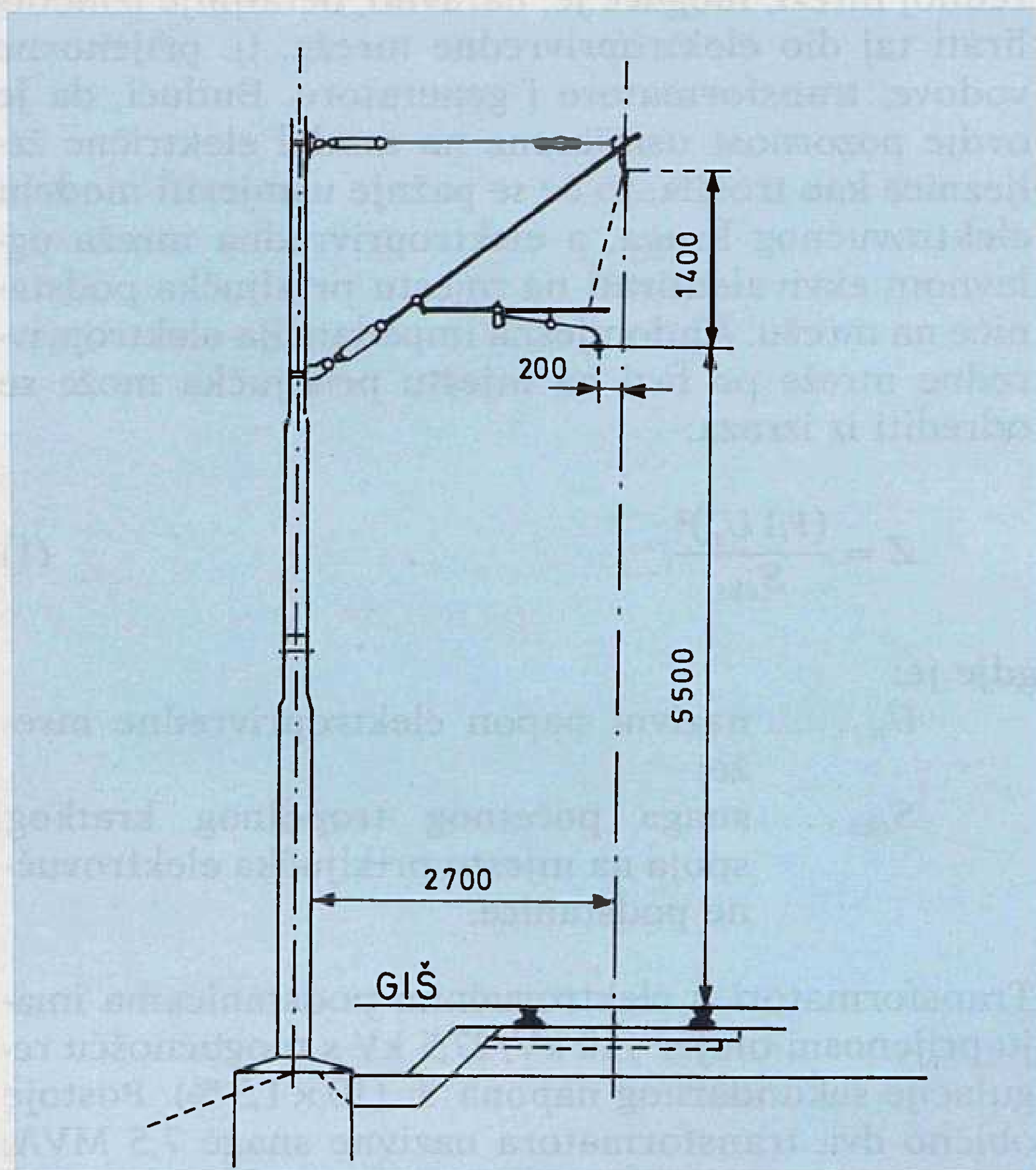
u_k napon kratkog spoja.

U nadomjesni model transformatora može se uključiti i njegov kapacitet, iako nije riječ o vrlo visokim frekvencijama pri kojima bi kapacitet transformatora imao značajniji utjecaj. Promjena induktiviteta transformatora s porastom frekvencije je neznatna, pa se za praktične proračune ova promjena može zanemariti i uzeti rasipni induktivitet određen iz pokusa kratkog spoja za osnovnu frekvenciju od 50 Hz. Porast radnog otpora s porastom frekvencije zbog pojave skin-efekta je izraženiji, pa to povećanje treba uzeti u obzir kod modela.

2.2. Kontaktna mreža sistema 25 kV, 50 Hz

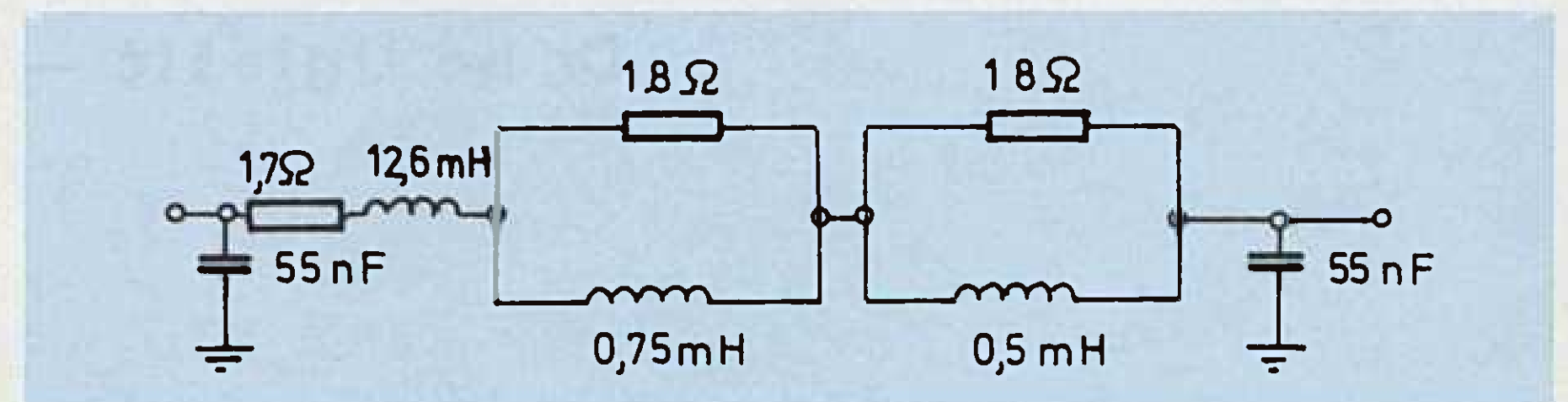
Parametri kontaktne mreže određeni su proračunom. Polazeći od poznatih Carson-Pollaczek-ovih izraza za vlastitu impedanciju petlje vodič-zemlja i međupredmetnu impedanciju pojedinih vodiča postavljen je model za ekvivalentnu impedanciju kontaktne mreže. Na parametre kontaktne mreže utječe geometrija glave stupa, zatim specifični otpor tla, vodljivost između šine i zemlje, broj povratnih šina i duljina napojnog kraka.

Postavljen je nadomjesni model za standardnu izvedbu kontaktne mreže 25 kV, kakva je prikazana slikom 1, za frekventni opseg između 50 i 2 250 Hz. Ri-



Slika 1. Geometrija standardne izvedbe 25 kV-ne kontaktne mreže na jednokolosječnoj pruzi

ječ je o jednokolosječnoj pruzi s dvije povratne šine. Računato je za različite vrijednosti specifičnog otpora tla od 50 Ω m i 500 Ω m, te za vrijednosti vodljivosti šina-zemlja od 0.2 S/km i 2 S/km, uz struju šine od 350 A, te duljine napojnog kraka u rasponu između 5 i 50 km. Niz proračuna dale su srednje vrijednosti impedancija kontaktne mreže po jedinici dužine na pojedinim frekvencijama. Na osnovi provedenih istraživanja došlo se do nadomjesnog modela kontaktne mreže prikazanog slikom 2, koji predstavlja kon-



Slika 2. Nadomjesni model 25 kV-ne kontaktne mreže sa 2 povratne šine duljine 10 km za frekvencije od 50 do 2 250 Hz

taktnu mrežu u frekvencijskom opsegu između 50 i 2250 Hz, uz dužinu napojnog kraka od 10 km. U nekim se proračunima kontaktna mreža može predstaviti ekvivalentnom π -shemom. Za kapacitet kontaktne mreže uzeta je konstantna vrijednost od 11 nF/km, koja je neovisna o frekvenciji.

3. ELEKTROVUČNA VOZILA

Na prugama elektrificiranim sistemom 25 kV, 50 Hz mogu se susresti električne lokomotive i elektromotorni vlakovi s diodnim ispravljačima ili tiristorskim pretvaračima, i to uglavnom tri tipa lokomotiva i vlakova:

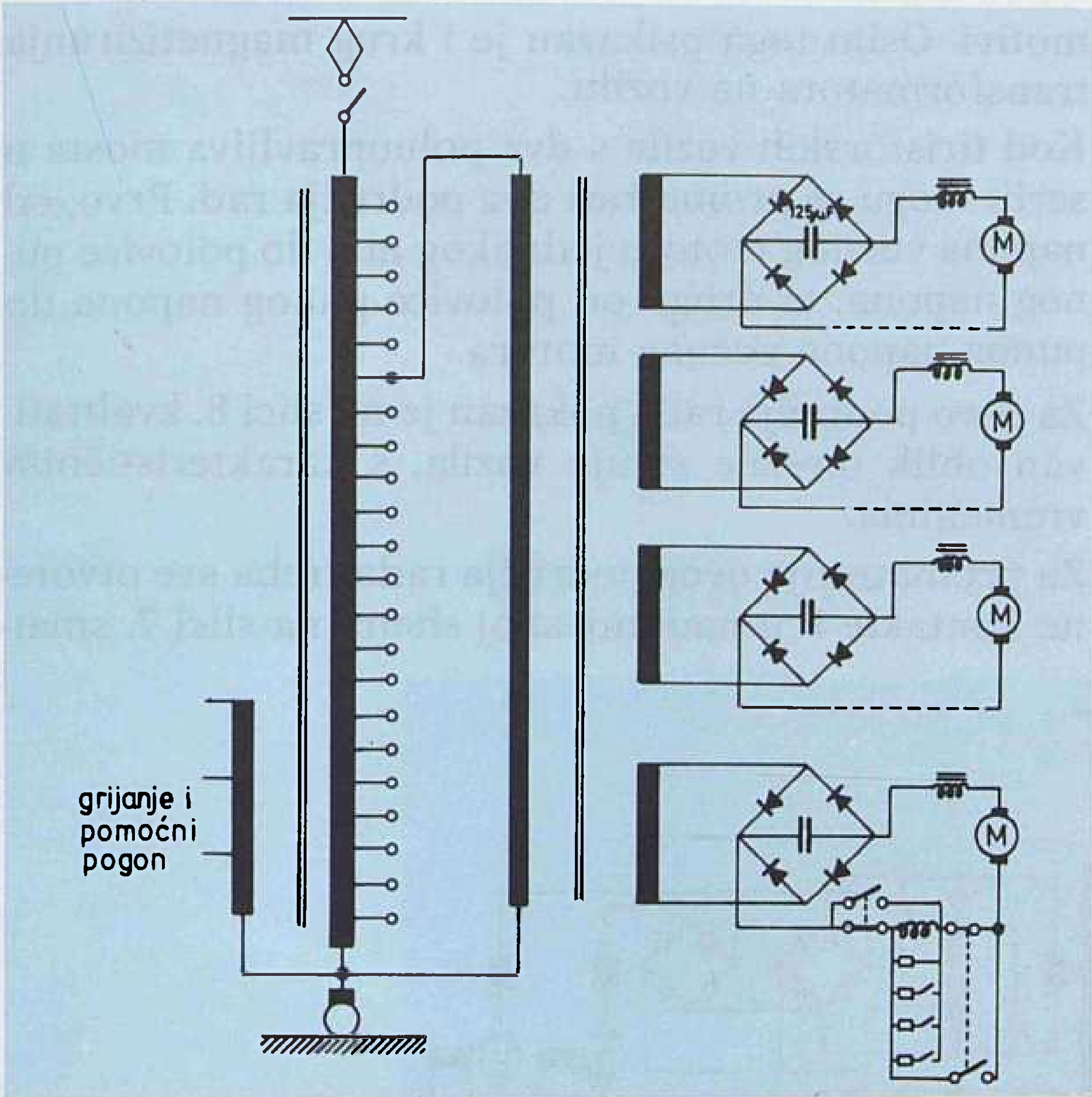
1. sa regulacijskom sklopkom, diodnim ispravljačima i istosmjernim pogonom;
2. s tiristorskim pretvaračima napona i istosmjernim pogonom;
3. s tiristorskim pretvaračima napona i asinkronim ili sinkronim pogonom.

Zajedničko je svim tim vrstama vozila pojava prirodnih ili prisilnih komutacija struja u pretvaračima napona. Broj komutacija unutar jedne poluperiode narinutog napona ovisan je o tipu vozila. Tako kod diodnih vozila postoji samo jedna komutacija unutar svake poluperiode narinutog napona, tiristorska lokomotiva s istosmjernim pogonom ima dvije komutacije, dok kod lokomotiva s asinkronim pogonom može biti dvanaest ili više komutacija unutar jedne poluperiode radi postizavanja faktora snage jednako jedinici. Napojni sistem osjeća pojave komutacija kao poremećaje, koji izazivaju izobličavanja sinusoidalnih valnih oblika napona i struja.

Vuču vlakova na prugama HŽP pretežno obavljaju tipovi vlakova označeni sa 1 i 2, pa će se dalje o njima govoriti.

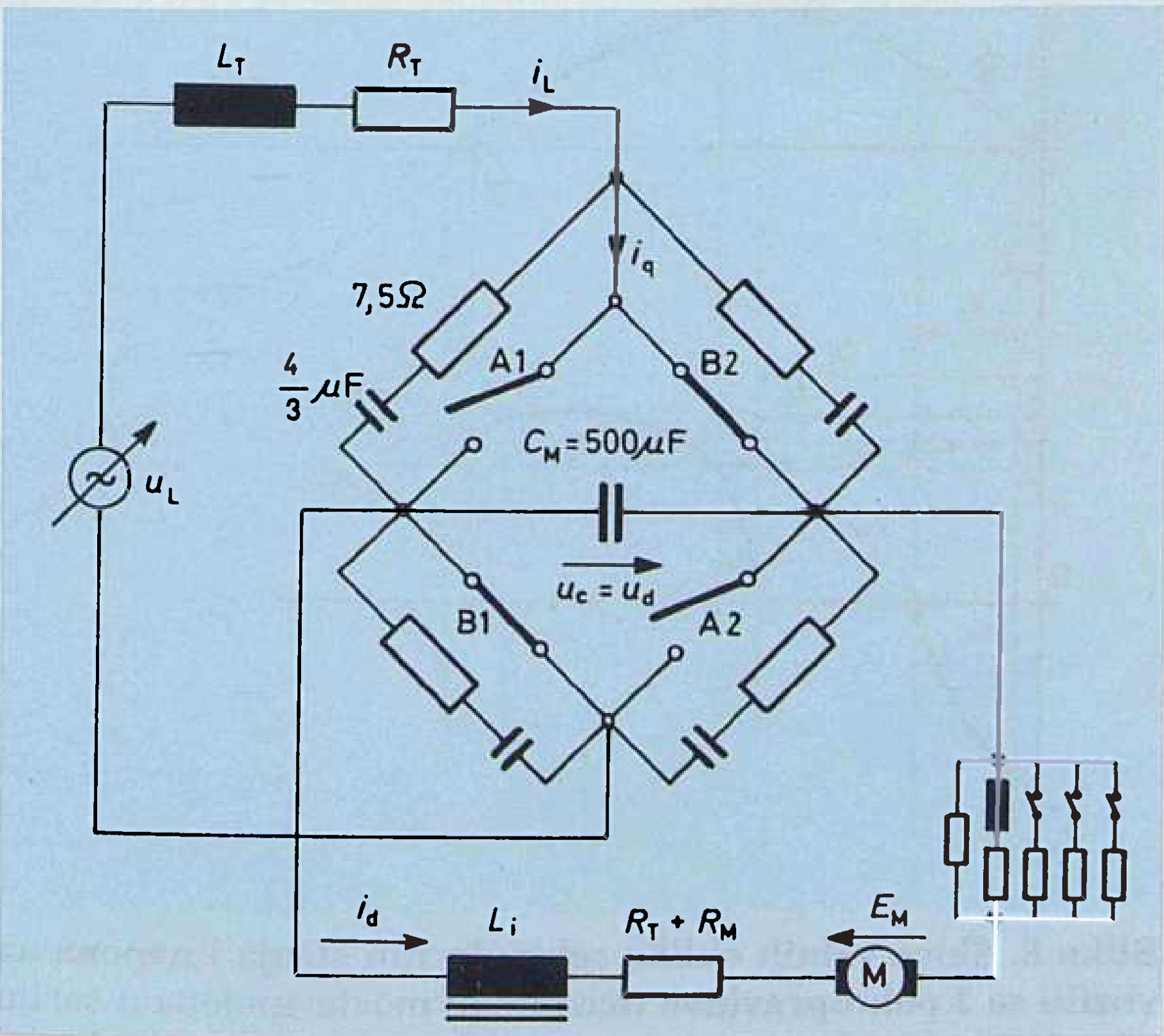
3.1. Električna diodna lokomotiva

Vučni krug lokomotive sastoji se od 4 ili 6 motora, koji su uvijek paralelno spojeni (slika 3). Svakom



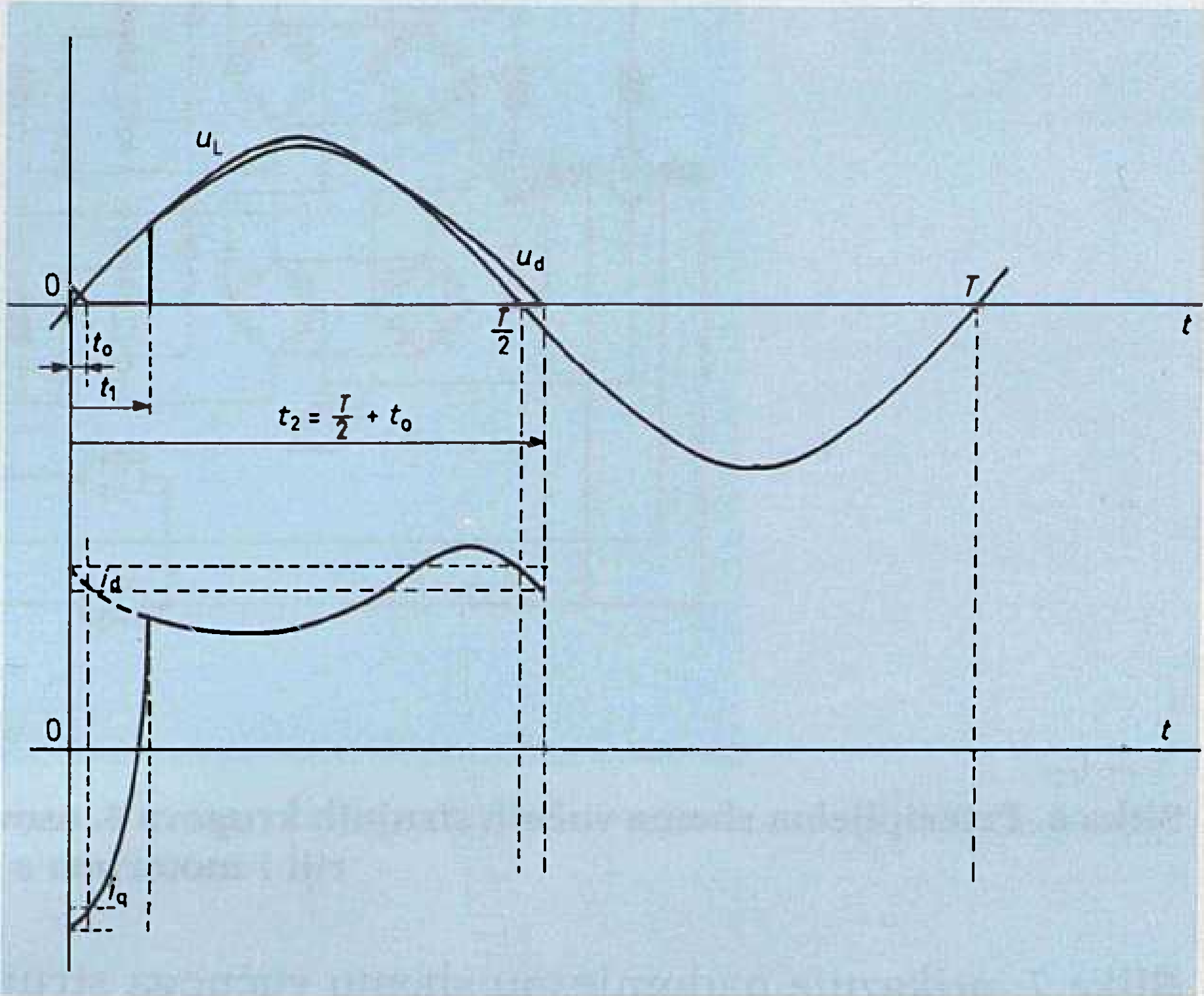
Slika 3. Principijelna shema vučnih strujnih krugova vozila s diodnim ispravljačima i serijskim vučnim motorima

motoru odgovara po jedan poseban sekundarni namotaj vučnog transformatora i po jedan blok silicijskih diodnih ispravljača u Graetzovu spoju. U krugu motora postoji prigušnica za glaćenje ispravljenih struja, preklopka za izbor smjera i šantovi za stalno i regulirano slabljenje polja glavne uzbude. Jednostavan ekvivalentni model diodne lokomotive prikazan je slikom 4. Lokomotivski transformator modeliran je nadomjesnim otporom i induktivitetom, prigušnica za glaćenje ispravljene struje nadomještена je induktivitetom i omskim otporom, a uzet je u obzir i omski otpor motora. Inducirani protunaponom motora E_M je istosmjerni napon, pa se tako može i predstaviti. Kapaciteti zaštitnih kondenzatora dioda, kao i kondenzatora paralelnog motoru uzeti su u ob-



Slika 4. Nadomjesni model vozila s diodnim ispravljačima reduciran na sekundarnu stranu vučnog transformatora

zir, a moguće je i sve kondenzatore nadomjestiti jednim ekvivalentnim kapacitetom. Za proračun je iskorištena metoda putnih valova (L. 3), koja je ovdje proširena mogućnošću proračuna s diodnim ispravljačima u Graetzovu spoju. Diodne su nadomještene idealnim prekidačima. Prema teoriji ispravljača prirodna komutacija započinje onda kada momentalna vrijednost napona na istosmjernim stezaljkama ispravljača poprimi vrijednost nula. U nadomjesnoj shemi vozila ovo se može simulirati tako da se svi prekidači (koji zamjenjuju diode) pozavaraju, pa se na taj način trenutno stvara kratki spoj, koji se prekida u trenutku izjednačavanja struje kroz prigušnicu (i_d) i sekundarne struje transformatora vozila (i_q). To je prestanak komutacije koji se simulira otvaranjem prekidača A_1 i A_2 , a taj je trenutak označen kao t_1 na slici 5. Dalje promjene položaja pre-



Slika 5. Skice valnih oblika struja i napona vozila s diodnim ispravljačima uz zanemarene kapacitete

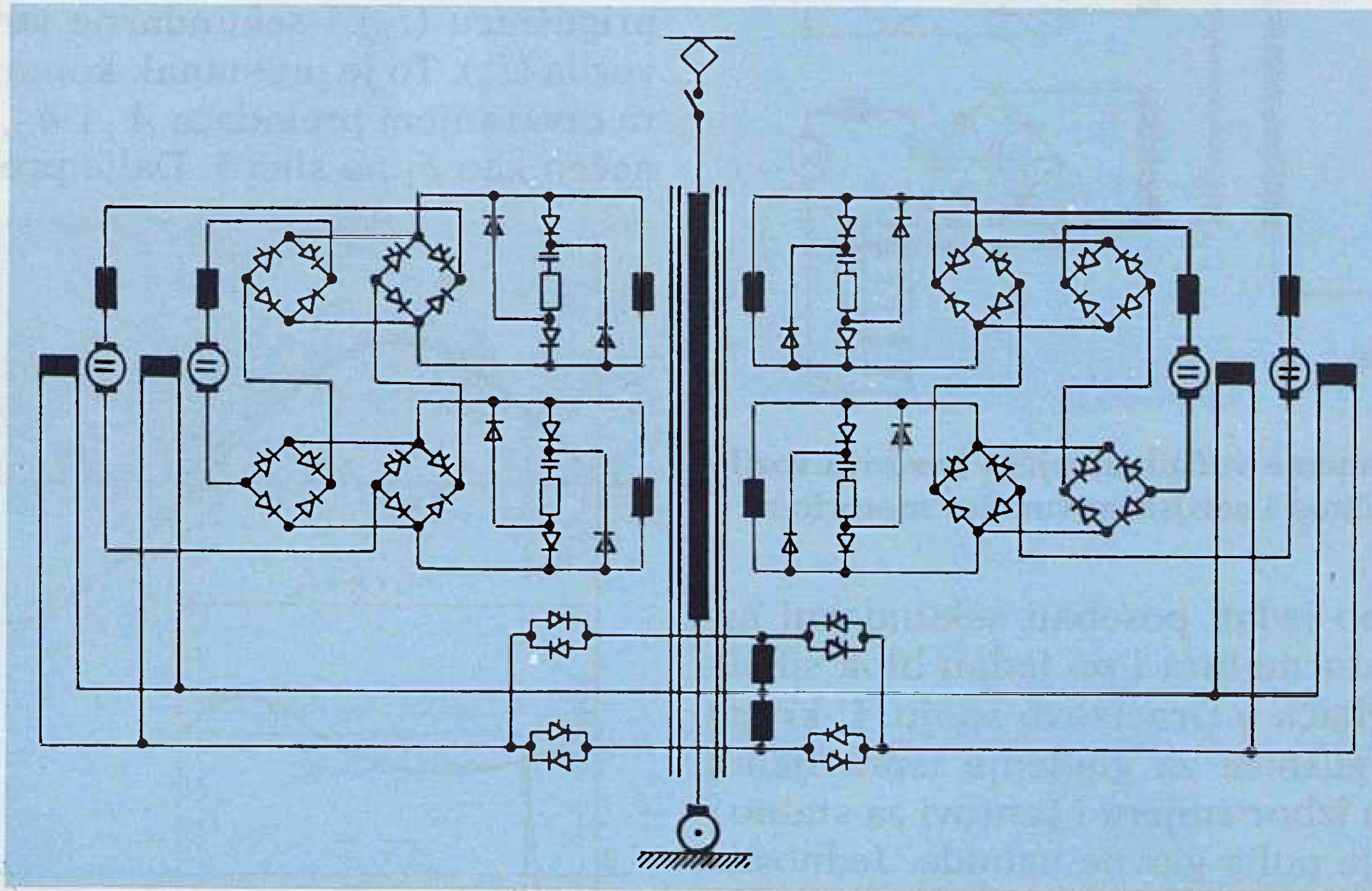
kidača u idućoj poluperiodi odvijaju se na identičan način. Zatvoreni položaj kontakata označen je križićem u tablici, dok su trenuci promjene položaja prekidača vidljivi sa slike 5. Kao kriterij za početak komutacije uzet je prolazak napona na istosmjernim stezaljkama ispravljača kroz nulu ($u_d = 0$), a prestanak komutacije nastupa trenutkom izjednačavanja ispravljene struje kroz prigušnicu (i_d) i sekundarne struje transformatora vozila (i_q). Na opisani način simuliran je rad ispravljača u Graetzovu spoju, te je ovaj princip razrađen u metodi putnih valova.

Tablica 1. Promjena položaja kontakata prekidača u poluperiodi; (+) označava zatvoreni, a (–) otvoreni prekidač (diodu)

Vrijeme	$t < t_0$	t_0	t_1	$t > t_2$
Prekidač	vode A_1 i A_2	$u_d = 0$	$ i_q = i_d $	vode B_1 i B_2
A_1	+	+	–	–
A_2	+	+	–	–
B_1	–	+	+	+
B_2	–	+	+	+

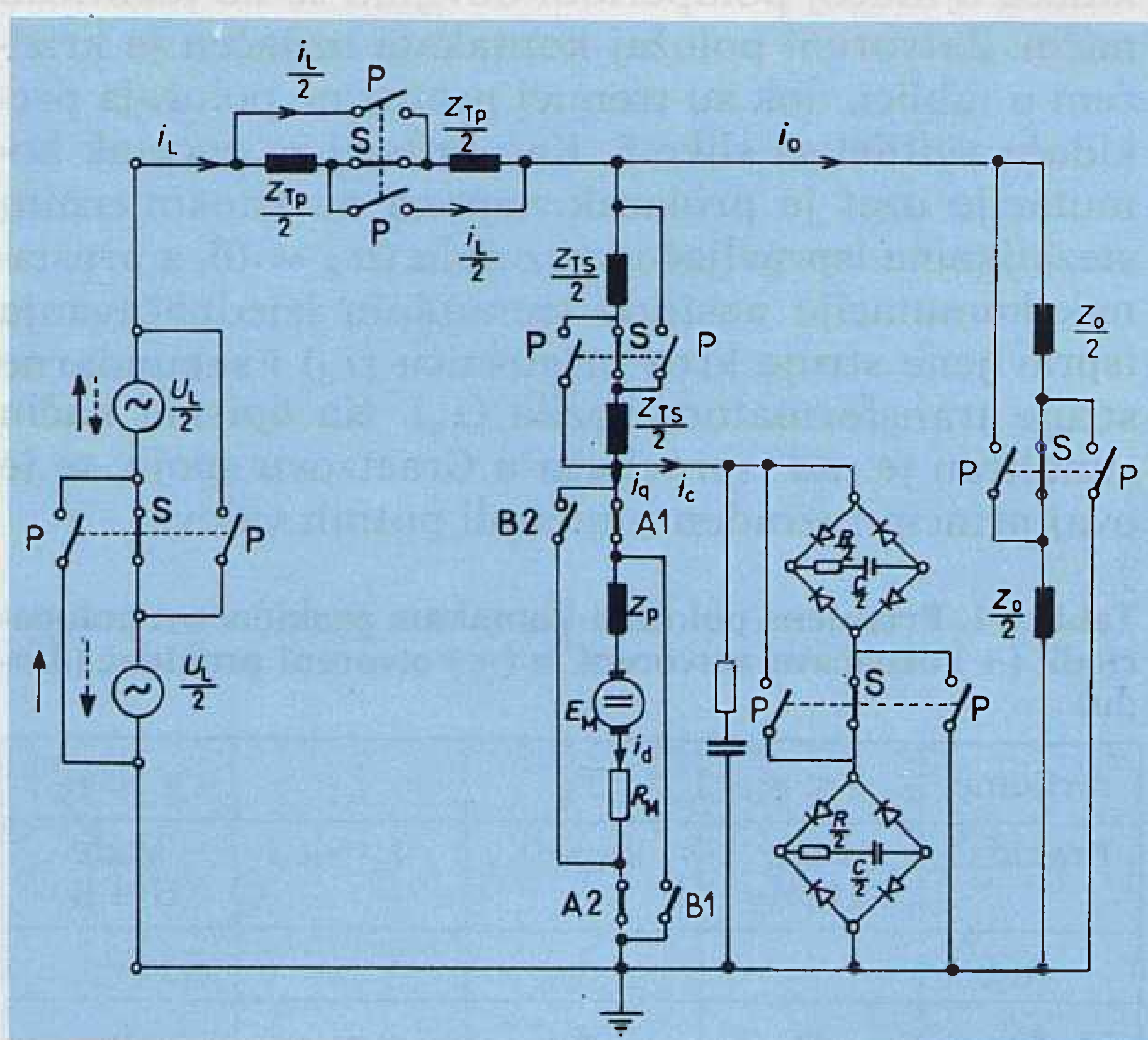
3.2. Tiristorska vozila s dva poluupravljiva mosta u seriji

Slika 6. prikazuje pojednostavljenu shemu vučnih strujnih krugova tiristorskog 4 — osovinskog vozila (lokomotive) u izvedbi sa dva poluupravljiva tiristorska mosta spojena u seriju, po svakom vučnom motoru. Istosmjerni vučni motori su s nezavisnom uzbudom, a u seriju s motorom je, radi smanjenja valovitosti struje motora, spojena prigušnica. Upravljanje tiristorskim mostovima je dijagonalno, dok se promjena smjera vožnje vrši posebnim pretvaračima za napajanje uzbude.



Slika 6. Principijelna shema vučnih strujnih krugova 4. osovinskog vozila sa 2 poluupravljiva tiristorska mosta spojena u seriju i motorima s nezavisnom uzbudom

Slika 7. prikazuje nadomjesnu shemu vučnoga strujnoga kruga vozila sa slike 6. pri vožnji, reduciranu na sekundarnu stranu transformatora lokomotive. U shemi su prikazani i zaštitni kondenzatori na loko-



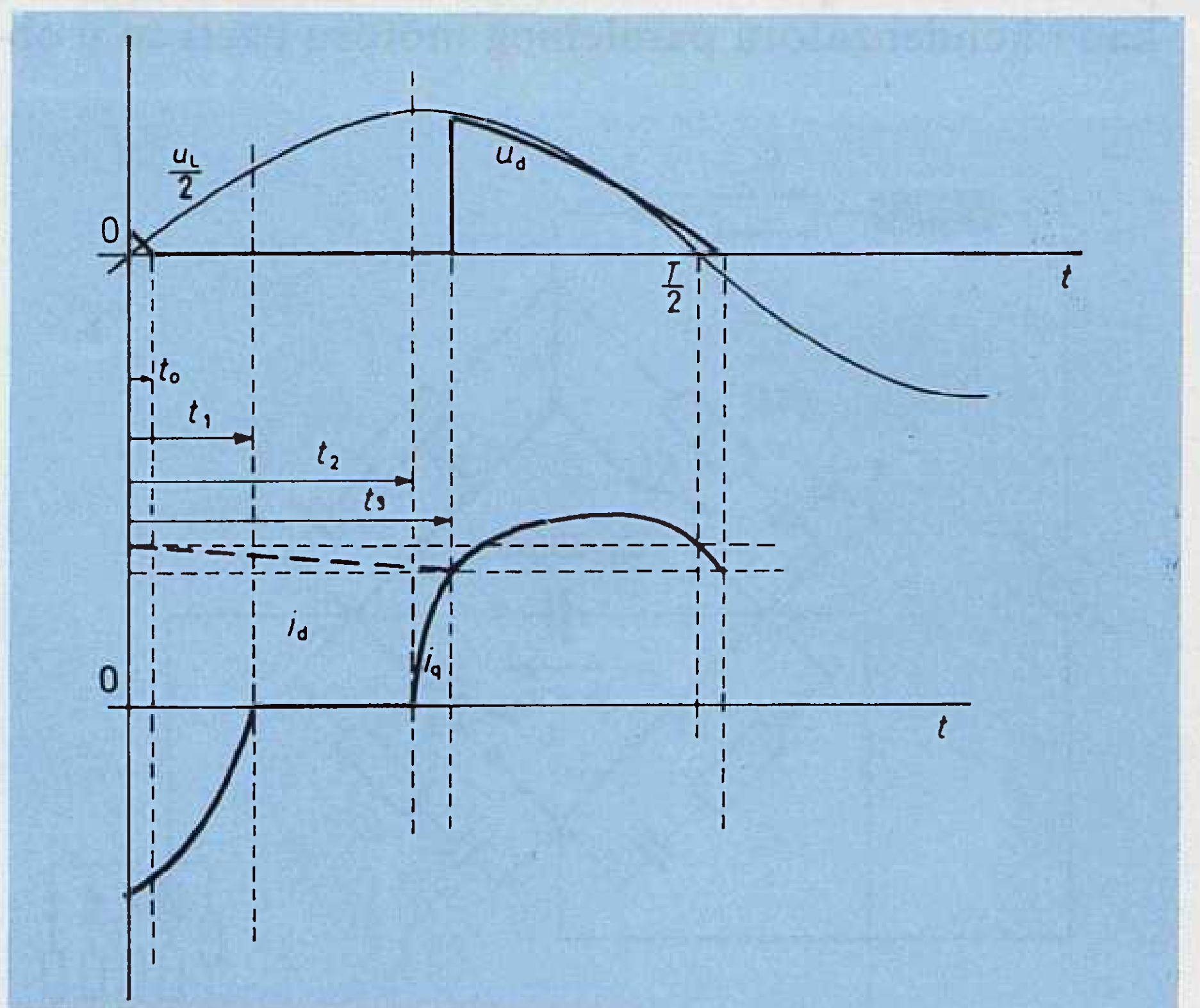
Slika 7. Nadomjesni model vozila sa 2 poluupravljiva tiristorska mosta spojena u seriju reduciranu na sekundarnu stranu vučnog transformatora

motivi. Osim toga prikazan je i krug magnetiziranja transformatora na vozilu.

Kod tiristorskih vozila s dva poluupravljiva mosta u seriji mogu se promatrati dva područja rad. Prvo, od napona vučnog motora jednakog nuli do polovice punog napona, te drugo od polovice punog napona do punog napona vučnog motora.

Za prvo područje rada pokazan je na slici 8. kvalitativan oblik mrežne struje vozila, s karakterističnim vremenima.

Za promatranje ovog područja rada treba sve otvorene kontakte P u nadomjesnoj shemi na slici 7. smat-



Slika 8. Skice valnih oblika sekundarnih struja i napona na vozilu sa 2 poluupravljiva tiristorska mosta spojena u seriju za vrijeme regulacije napona vučnih motora od nule do 1/2 punog napona uz dijagonalno upravljanje mostovima i zane-marenje kapaciteta

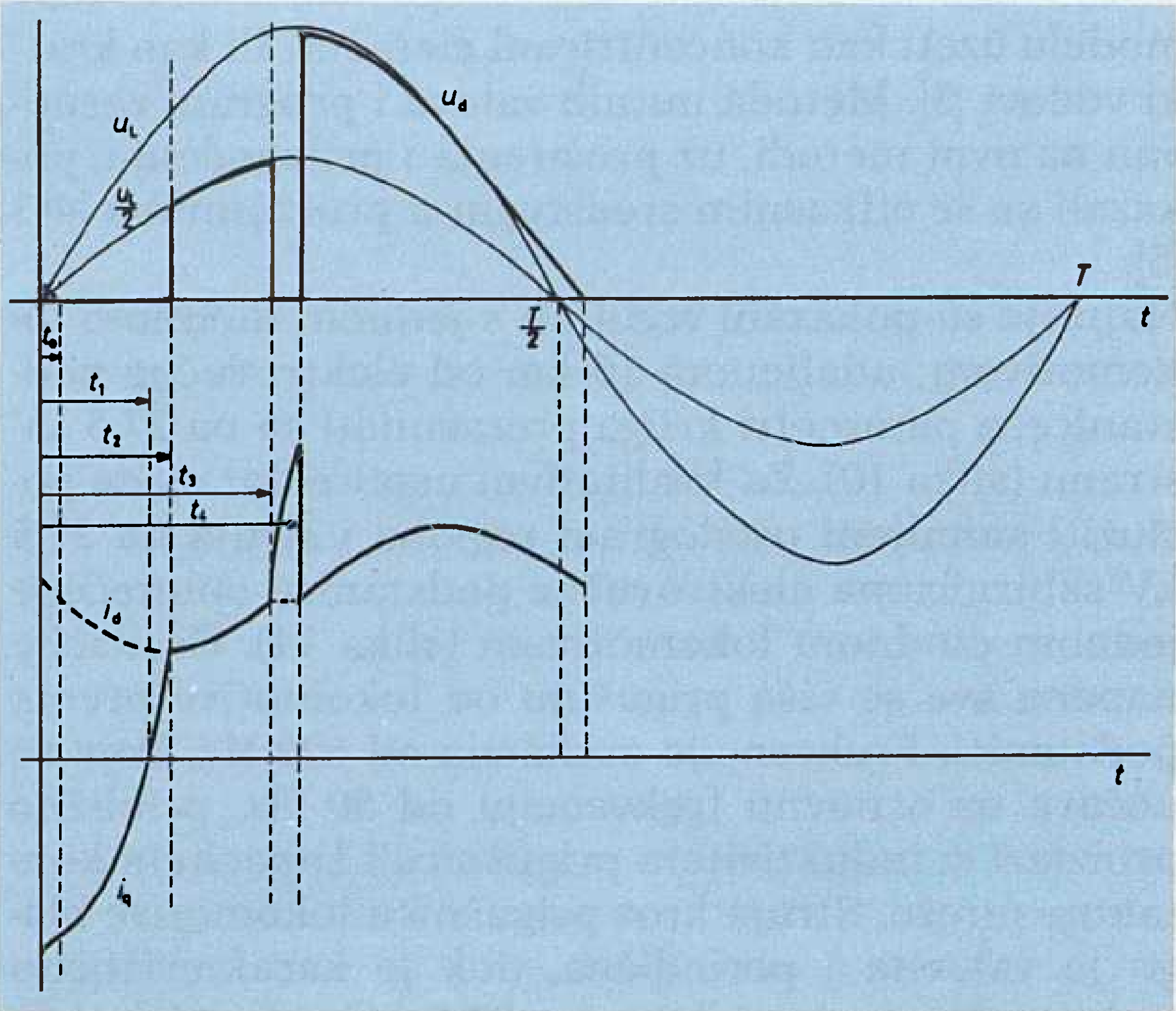
prekidača u pojedinim trenucima jedne poluperiode označeni su u tablici 2. Prirodna komutacija započinje onda kada momentalna vrijednost napona na istosmjernim stezaljkama ispravljača poprimi vrijednost nula. Komutacija prestaje prolaskom sekundarne struje transformatora vozila kroz nulu ($i_q = 0$). Prisilna komutacija prestaje kada se izjednači sekundarna struja transformatora vozila i_q sa strujom kroz prigušnicu lokomotive i_d , tj. kada je u t_3 ($|i_d| = |i_q|$).

Tablica 2. Promjena položaja kontakata prekidača u poluperiodi. Napon vučnog motora manji od polovice punog napona

Vrijeme	$t < t_0$	t_0	t_1	t_2	t_3	$t > t_3$
Prekidač	vode B1 i B2	$u_d = 0$	$i_q = 0$	prisilna komutaci.	$ i_q = i_d $	vode A1 i A2
A ₁	—	+	—	+	+	+
A ₂	—	+	+	+	+	+
B ₁	+	+	+	+	—	—
B ₂	+	+	—	+	—	—

Drugo područje rada u kojem je napon vučnog motora veći od polovice punog napona je složenije. Ovdje se, naime, osim promjene položaja kontakata prekidača u nadomjesnoj shemi vozila dešavaju i promjene prijenosnog omjera lokomotivskog transformatora u odnosu 2 : 1, pa se s tom promjenom za vrijeme proračuna u istom omjeru mijenjaju i svi parametri kruga, koji se preslikavaju sa sekundarne strane transformatora na primarnu stranu, ili obrnuto. Kvalitativan oblik mrežne struje vozila (uz zanemarene kapacitete) s označenim karakterističnim kutovima, tj. trenucima, prikazan je na slici 9. U tablici 3. križićima su označeni zatvoreni kontakti za ovo područje rada, a označena je i promjena prijenosnog omjera lokomotivskog transformatora k . Osim prekidača koji nadomještaju diode postoje i prekidači koji vrše prespajanja iz serije u paralelu elemenata, a oznaženi su sa S i P. Do ovih prespajanja dolazi zbog promjene prenosnog omjera transformatora.

Inducirani napon motora E_m predstavlja protunapon narinutom naponu izvora. Računa se iz srednje vrijednosti prve poluperiode napona propuštenog na



Slika 9. Skice valnih oblika sekundarnih struja i napona na vozilu sa 2 poluupravljljiva tiristorska mosta spojena u seriju za vrijeme regulacije napona vučnih motora od jedne polovice do punog napona uz dijagonalno upravljanje mostovima i zanemarenje kapaciteta

prigušnicu umanjenog za pad napona na omskim otporima prigušnice i motora uzrokovanog strujom kroz prigušnicu:

$$E_M = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{\frac{T}{2} + t_0} u_d(t) dt - i_d(t) (R_M + R_p). \tag{3}$$

U izrazu (3) je t_0 trenutak kada nastupa prirodna komutacija, a R_M i R_p su omski otpori motora, odnosno prigušnice. U proračunu se napon motora izračuna u prvoj poluperiodi, nakon čega ostaje konstantan tijekom proračuna za postavljeno pogonsko stanje. Na isti način može se računati protunapon motora kod diodne lokomotive.

4. PRORAČUNI

Za proračune je korištena metoda putnih valova, kojom se računaju električne prelazne pojave. U spomenutoj metodi mogu se kapaciteti i induktiviteti u

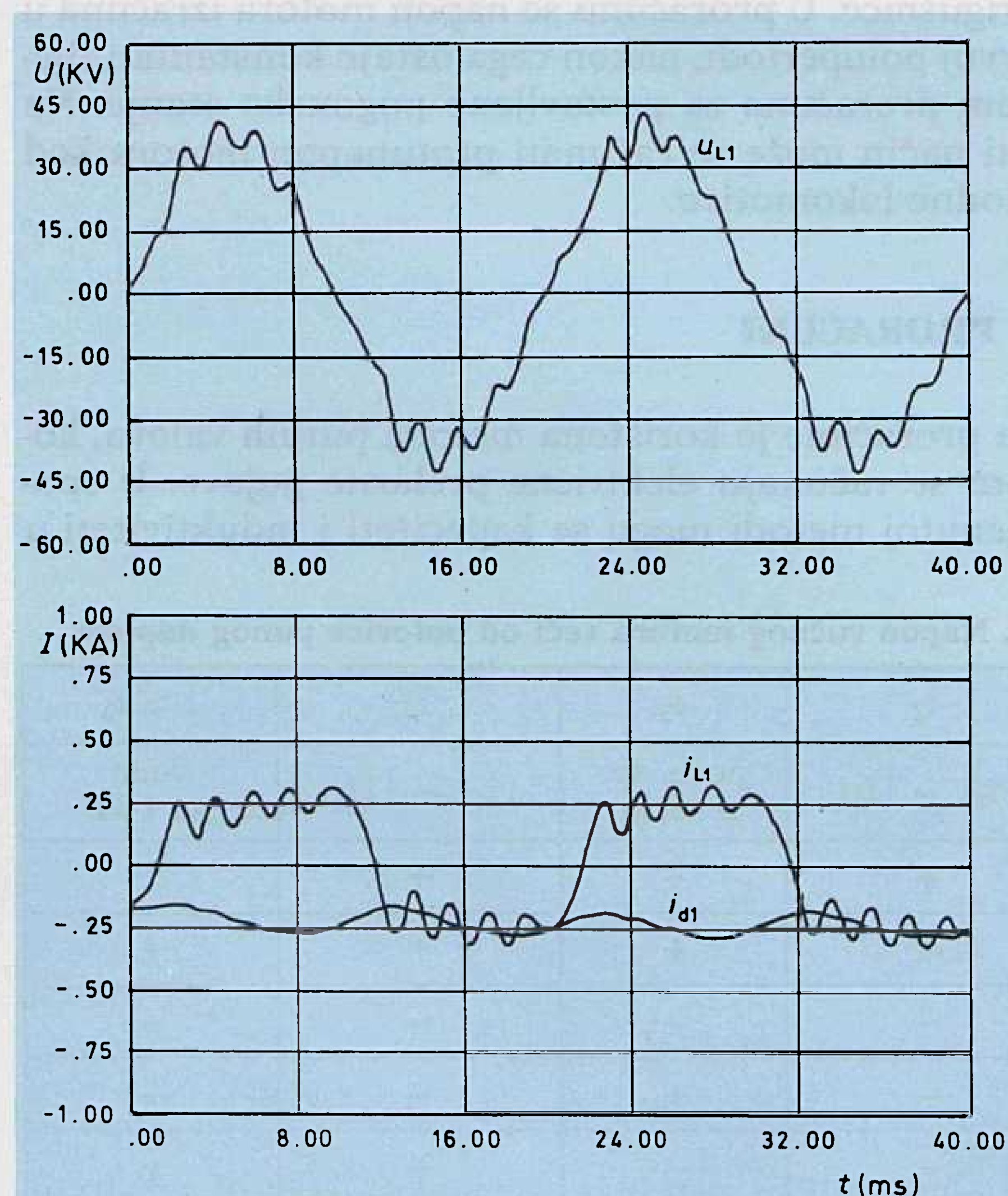
Tablica 3. Promjena položaja kontakata prekidača u poluperiodi. Napon vučnog motora veći od polovice punog napona

Vrijeme	$t < t_0$	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	$t > t_3$
Prekidač	vode B1 i B2	$u_d = 0$	$ i_q = 0$	$ i_q = i_d $	poče. sp. u seriju	$ i_q = 2i_d $	vode A1 i A2
A ₁	—	+	+	+	+	+	+
A ₂	—	+	+	+	+	+	+
B ₁	+	+	+	—	—	—	—
B ₂	+	+	+	—	+	—	—
S	+	+	—	—	—	+	+
P	—	—	+	+	+	—	—
k	U_1 / U_2	U_1 / U_2	$2 U_1 / U_2$	$2 U_1 / U_2$	$2 U_1 / U_2$	U_1 / U_2	U_1 / U_2

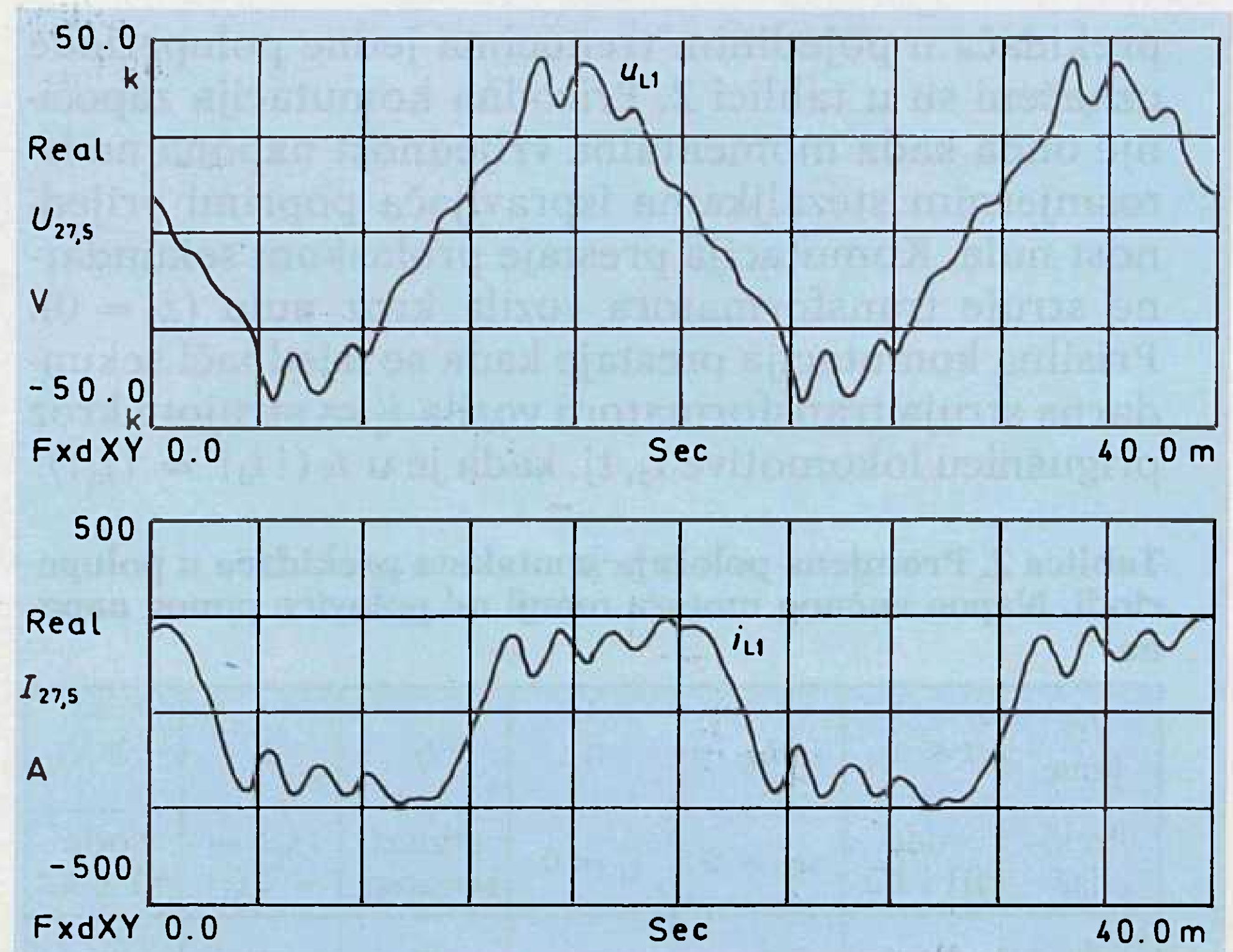
modelu uzeti kao koncentrirani elementi ili kao kratki vodovi [3]. Metoda putnih valova i program zasnovan na ovoj metodi, uz proširenja i prilagođenja, pokazali su se efikasnim sredstvom u proračunima [4] i [5].

Najprije su pokazani rezultati s jednom diodnom lokomotivom, udaljenom 10 km od elektrovočne podstanice, a parametri kruga preračunati su na 27,5 kV stranu (slika 10). Za kvalitativni usporedbu može poslužiti snimljeni oscilogram napona i struja na 27,5 kV sabirnicama elektrovočne podstanice opterećene jednom diodnom lokomotivom (slika 11). Oscilacije napona sve se više prigušuju od lokomotive prema podstanici. Frekvencije oscilacija od 600 Hz, koja se uočava uz osnovnu frekvenciju od 50 Hz, približno proizlazi iz induktiviteta prigušnice i kapaciteta kontaktne mreže. Struja kroz prigušnicu lokomotive blago je valovita i periodična, dok je karakteristično izobličenje struje vidljivo na 27,5 kV sabirnici elektrovočne podstanice. Na isti način kao za jednu diodnu lokomotivu može se provesti proračun za dvije ili više diodnih lokomotiva. Na slikama 12. prikazani su oscilogrami za slučaj sa dvije lokomotive u krugu. Prva lokomotiva udaljena je 10 km, a druga 20 km od elektrovočne podstanice, a obje imaju iste parametre. Oscilacije su u ovom slučaju nižih frekvencija negoli kada postoji samo jedna lokomotiva.

Proračuni s tiristorskim vozilima provedeni su za oba područja rada, tj. za slučajeve kada je napon manji i veći od polovice punog. Na slikama 13. pokazan je oblik napona na pantografu tiristorskog vozila, kao i struja u kontaktnoj mreži za napon vučnog motora manji od polovice punog, uz kut upravljanja



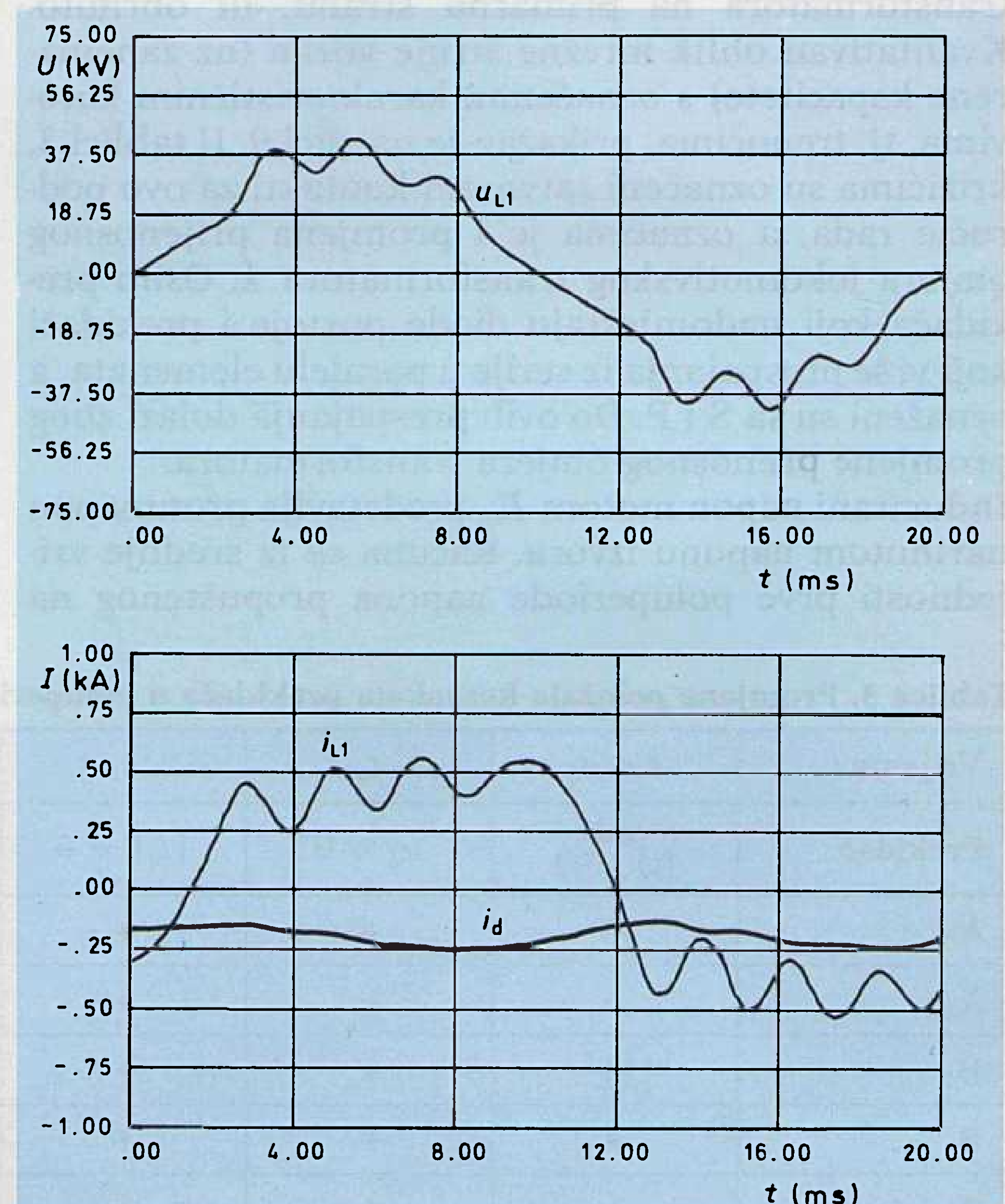
Slika 10. Valni oblici struja i napona dobiveni proračunom na modelu diodne lokomotive udaljene 10 km od elektrovočne podstanice



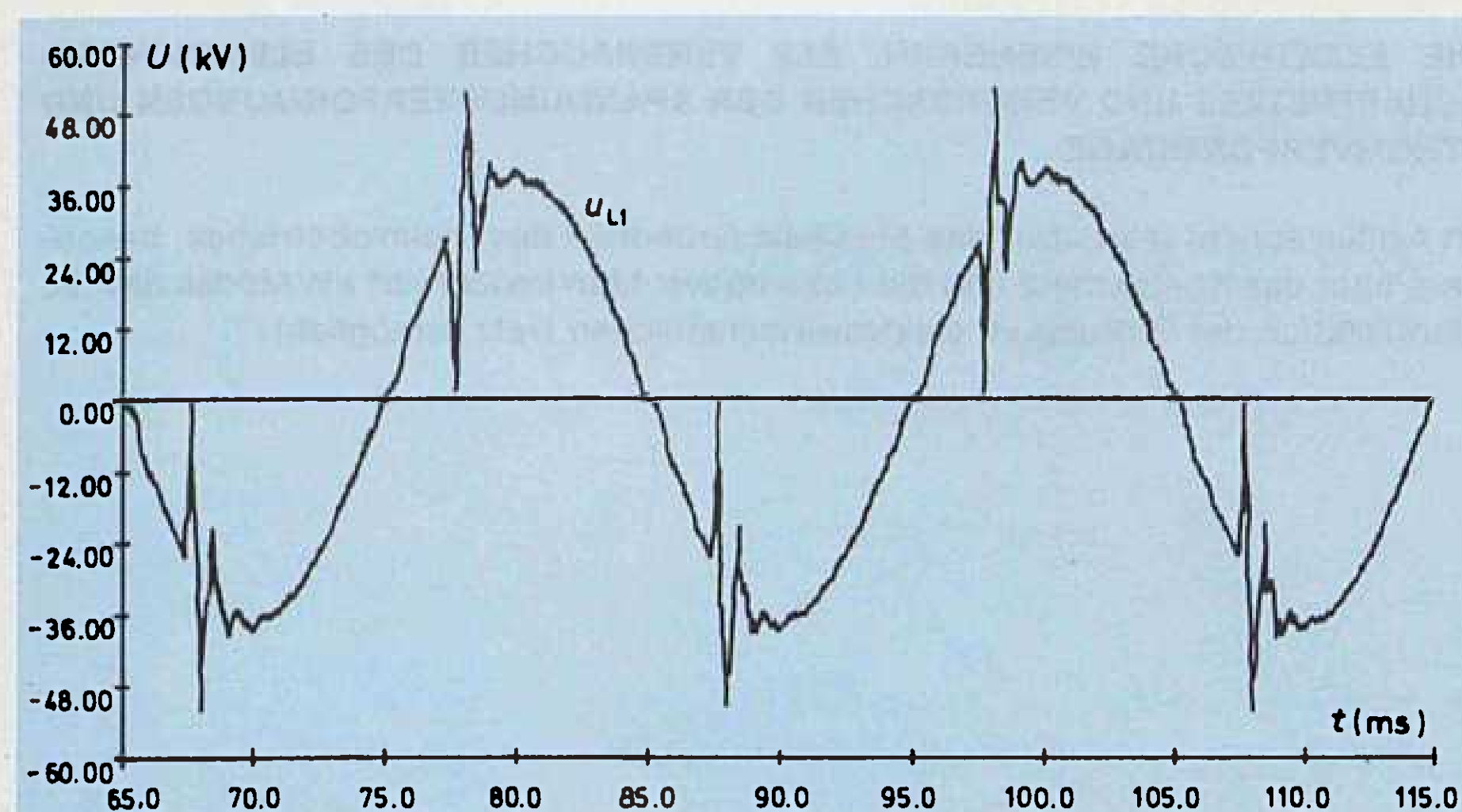
Slika 11. Valni oblici struje i napona dobiveni snimanjem na 27,5 kV-nim sabirnicama elektrovočne podstanice opterećene jednom diodnom lokomotivom

45°. Uočljivo je da prisilna komutacija izaziva znatne oscilacije, a općenito se može kazati da struje osciliraju izrazitije negoli naponi. Oscilacije se u svakoj poluperiodi pogonskog napona prigušuju nakon 3–4 izražene amplitude.

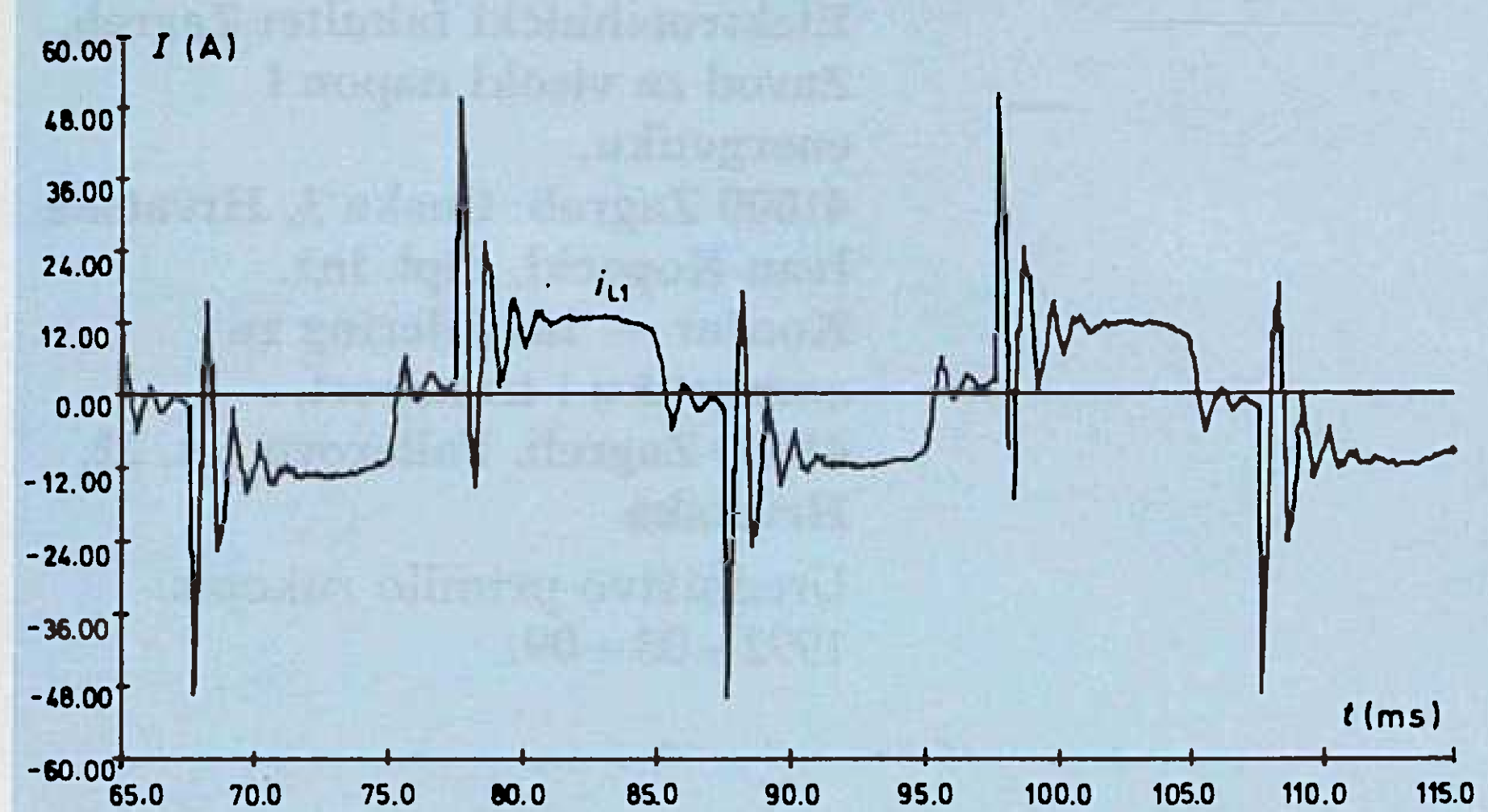
Na slici 14. pokazani su naponi i struje u krugu titistorskog vozila za kut upravljanja 90° i napon vučnog motora veći od polovice punog napona. Prikazan je napon na zaštitnom kondenzatoru vozila, kao i indu-



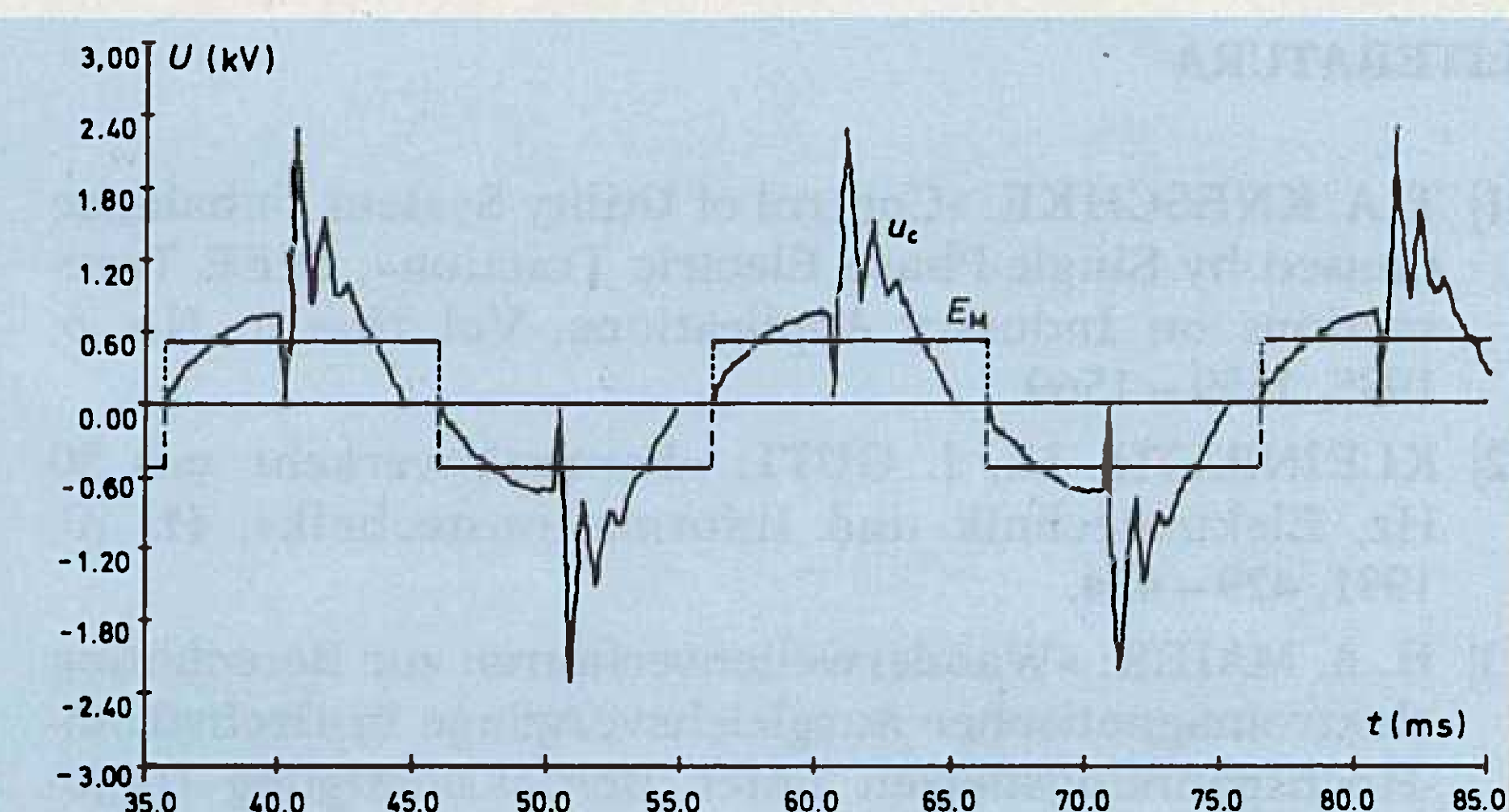
Slika 12. Valni oblici struja i napona dobiveni proračunom na modelu za slučaj dviju diodnih lokomotiva napajanih iz jedne elektrovočne podstanice. Jedna lokomotiva je udaljena 10, a druga 20 km od podstanice



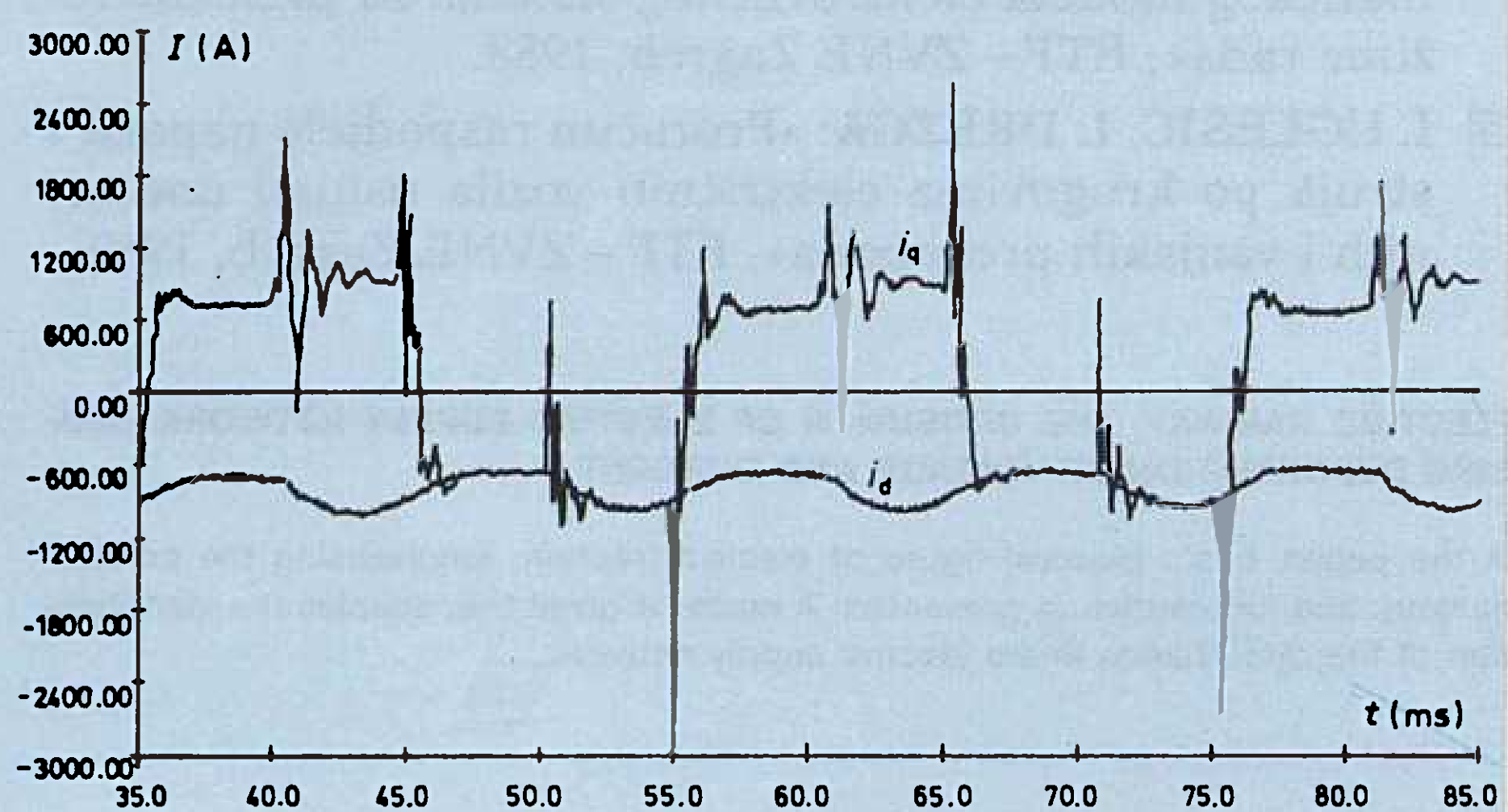
Kut upravljanja 45°



Slika 13. Valni oblici struja i napona dobiveni proračunom na modelu tiristorske lokomotive udaljene 10 km od elektro-
vučne podstanice za slučaj kada je napon na vučnom motoru
manji od polovice punog napona uz kut upravljanja 45° el.



Kut upravljanja 90°



Slika 14. Valni oblici struja i napona dobivenih proračunom
na modelu tiristorske lokomotive udaljene 10 km od elektro-
vučne podstanice za slučaj kada je napon na vučnim motori-
ma veći od polovice punog napona uz kut upravljanja 90° el.

cirani protunapon motora, te struje u izmjeničnom i istosmjernom krugu vozila. Nakon prisilne komuta-
cije mijenja se i prijenosni omjer transformatora
vozila, tako da su u ovom slučaju amplitude napona
na zaštitnom kondenzatoru dosta izražene, pa se pri-
je prigušenja može uočiti još 5 titraja napona u sva-
koj poluperiodi. Amplitude struja nisu visoke, ali
mrežna struja vozila u ovom slučaju gotovo nepre-
kidno oscilira.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu stvoren je matematički model cijelo-
kupnog elektro-
vučnog sistema koji služi za proraču-
ne momentanih vrijednosti napona i struja u elektro-
vučnom krugu, te na mjestima priključka podstanica
na elektroprivrednu mrežu. Ovakav model nužan je i
za analizu širenja viših harmonika u prijenosnoj
mreži. Za proračune je poslužila metoda putnih valo-
va, koja je proširena i prilagođena prema zahtjevima
postavljenoga matematičkog modela.

Posebno je razrađen frekvencijski zavisani nadomjes-
ni model za standardnu izvedbu kontaktne mreže 25
kV, koji nadomješta parametre kontaktne mreže u
frekvencijskom opsegu 50–2 250 Hz.

Postavljeni su modeli dviju vrsta vozila koje se naj-
češće susreću na našim prugama: diodnog vozila i ti-
ristorskog vozila s dva poluupravljiva mosta u seriji.

Ispravljački elementi, diode odnosno tiristori zami-
jenjeni su idealnim prekidačima, pa su za svaki mo-
del vozila utvrđeni kriteriji prema kojima dolazi do
promjene položaja idealnih prekidača, te je tako us-
pjesho simuliran princip rada tih vozila.

Računski program zasnovan na metodi putnih valo-
va, koja je proširena i prilagođena prema matematič-
kom modelu, poslužio je u proračunima. Dobiveni
oscilogrami napona i struja diodnog vozila pokazali
su dobru kvalitativnu podudarnost s izmjerenim os-
cilogramima. Prednost postavljenog računskog mo-
dela jest u tome što se njime mogu računati najrazli-
čitija stanja pogona.

Iz dobivenih oblika struja i napona mogu se kvanti-
tativno odrediti iznosi viših harmonika. Isto tako je
moguće simulirati pojave za slučaj da se na području
napajanja jedne podstanice nalazi više vozila.

Iz prikazanih oscilograma struja i napona tiristor-
skog vozila s dva poluupravljiva mosta u seriji, za
područje rada napona vučnog motora do polovice
punog napona, te za područje rada napona vučnog
motora većeg od polovice punog napona, vidljive su
karakteristične oscilacije napona i struja, koje oscili-
raju višim frekvencijama negoli naponi i struje kod
diodne lokomotive.

Na osnovi svega navedenog može se kazati da je stvo-
ren efikasni matematički model, uz pomoć kojeg se
mogu analizirati različita stanja pogona, a čija je na-
mjena višestruka.

LITERATURA

- [1] T. A. KNESCHKE: »Control of Utility System Unbalance Caused by Single-Phase Electric Traction«, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol IA—21, No. 6, 1985, 1559 — 1569.
- [2] KLEINRATH, H., J. GUTT: »Fernbahnverkehr mit 50 Hz, Elektrotechnik und Informationstechnik«, H. 10, 1991, 429 — 434.
- [3] H. A. MAIER: »Wanderwellenverfahren zur Berechnung elektromagnetischer Ausgleichsvorgänge in Drehstrom-Hochspannungsnetzen unter Berücksichtigung frequenzabhängiger Leitungsdaten« Hochschulverlag Suttgart, 1978.
- [4] I. UGLEŠIĆ, I. KOPECKI, D. HATVALIĆ: »Razvoj matematičkog modela elektrovučnog sistema za prelazne režime rada«, ETF—ZVNE Zagreb, 1988.
- [5] I. UGLEŠIĆ, I. DREZGA: »Proračun raspodjele napona i struja po krugovima električnih vozila uslijed unutar-njih i vanjskih prenapona«, ETF—ZVNE Zagreb, 1989.

ELECTRIC RAILWAY, THE CONSUMER OF ELECTRIC SUPPLY NETWORK CAUSING DEFORMATION OF VOLTAGE AND CURRENT

In the paper, basic physical figure of electric traction, emphasising the contact network and locomotive, is presented. A model is given that enables the identification of the disturbance in the electric supply network.

DIE ELEKTRISCHE EISENBAHN, ALS VERBRAUCHER DES ELEKTROWIRTSCHAFTNETZES UND VERURSACHER DER SPANNUNGSVERFORMUNGEN UND STROMVERFORMUNGE

Im Artikel spricht man über das physikale Grundbild des Elektrobetriebes, besonders über das Kontaktnetz und die Lokomotive. Man beschreibt ein Modell das die Identifikation der Störung im elektrowirtschaftlichen Netz ermöglicht.

Naslov pisaca:

Doc. dr. Ivo Uglešić, dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet Zagreb,
Zavod za visoki napon i
energetiku,
41000 Zagreb, Unska 3, Hrvatska
Ivan Kopecki, dipl. inž.
Končar — Inženjering za
energetiku i transport,
41000 Zagreb, Fallerovo šet. 22,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1992—03—09.

PROBLEMI OŠTEĆENJA I HAVARIJA PARNIH TURBINA

Doc. dr. Branko Staniša, Karlovac

UDK 621.165:621.178.165
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Na osnovi višegodišnjeg praćenja ponašanja parnih turbina u eksploataciji analizirani su i obrađeni podaci o učestalosti otkazivanja i njihovim posljedicama, kao i mjere za njihovo sprečavanje.

Ključne riječi: parna turbina, oštećenja, havarija.

1. UVOD

U termoelektranama je sve više starih parnih turbina koje se nalaze u dugogodišnjoj eksploataciji. Također ima sve više turbina koje su revitalizirane radi produljenja projektiranoga radnog vijeka. S porastom broja starih turbina, a osobito onih koje su pri kraju svoga projektiranoga radnog vijeka, pa i revitaliziranih turbina, postoji opasnost od neplaniranih zastoja i havarija, koji mogu biti popraćeni znatnim materijalnim troškovima [1]. Troškovi neplaniranih zastoja i havarija to su veći što su veće jedinične snage turbina. Ponekad havarije parnih turbina mogu biti katastrofalne, s velikim materijalnim gubicima [2, 3, 4].

Sve to je nametnulo potrebu da se problemima neplaniranih zastoja, havarija i povećanja pouzdanosti parnih turbina obrati posebna pozornost. Za rješavanje tog vrlo složenog problema ulažu se veliki naponi proizvođača parnih turbina, različitih instituta, elektroprivrede do krajnjih korisnika. Istražuju se i analiziraju uzroci neplaniranih zastoja i havarija, otkrivaju slaba mjesta i primjenjuju se pouzdanija rješenja komponenti turbina, povećava kultura eksploatacije, uvode se suvremene metode dijagnostike i praćenje stanja i usavršava doktrina održavanja parnih turbina. Sva ta istraživanja i poduzete mjere izводе se da bi se spriječili ili smanjili neplanirani zastoji i havarije, tj. golemi troškovi koje oni uzrokuju, i da bi se povećala pouzdanost i vijek trajanja turbina.

U ovom radu izneseni su osnovni uzroci neplaniranih zastoja i havarija parnih turbina. Dani su rezultati dugogodišnjeg istraživanja oštećenja i havarija parnih turbina. Predložene su mjere za smanjenje neplaniranih zastoja, oštećenja i havarija parnih turbina, tj. povećanje pouzdanosti njihova rada.

2. UZROCI OTKAZA I HAVARIJA PARNIH TURBINA

Parne turbine su vrlo pouzdani strojevi. Bez obzira na to, u tijeku njihove eksploatacije, kao i kod svakog pogonskog stroja, mogući su zbog različitih uzroka otkazi i havarije. Za parne turbine karakteristično je to što su otkazi i havarije obično popraćeni velikim materijalnim gubicima radi popravka same turbine i šteta nastalih njezinim zastojem. Ako se havarija dogodi u razdoblju općeg pomanjkanja električne energije, mogu nastati i šire društvene štete. Zbog svega toga se otkazi i havarije turbina pažljivo analiziraju i nastoje utvrditi njihovi uzroci, ne samo zbog popravka već i zbog toga da se ne bi više ponovili. Rezultati istraživanja uzroka otkaza i havarija daju dragocjene podatke kako za daljnju eksploataciju, tako i za projektiranje novih, pouzdanijih turbina.

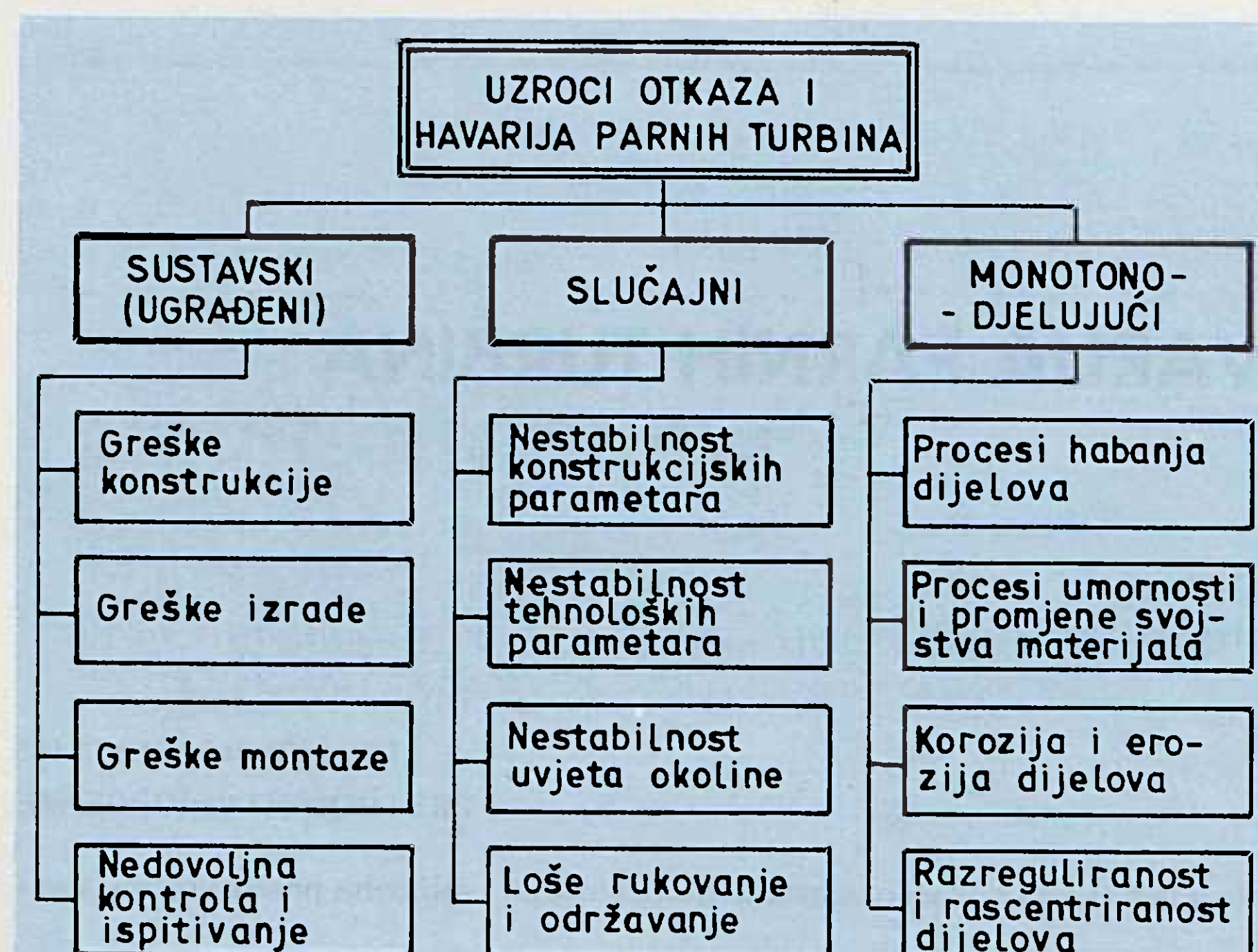
Iz opće teorije pouzdanosti tehničkih sustava poznata su dva osnovna stanja sustava: stanje »u radu« i stanje »u otkazu« [5]. Ovdje će se pod otkazom ili kvarom razumijevati značajnije narušavanje parametara ili oštećenja dijelova zbog kojih su nastali neplanirani zastoji turbine. Pod havarijom će se razumijevati oštećenja i lomovi dijelova i sklopova zbog kojih je došlo do duljeg neplaniranog zastoja turbine popraćeno većim materijalnim troškovima.

Uzroci otkaza i havarije tehničkih sustava pa tako i parnih turbina, mogu se podijeliti na tri osnovne skupine [6, 7]:

- sustavski (ugrađeni)
- slučajni
- monotono djelujući.

Grafički prikaz strukture navedenih uzroka otkaza i havarija parnih turbina dan je na slici 1.

Sustavski ili ugrađeni uzroci otkaza obično se pojavljuju u početku rada turbine. To je razdoblje »dječjih bolesti« ili ranih otkaza. Otkazi i eventualne havarije turbina u početnoj fazi rada uglavnom su posljedica neadekvatne konstrukcije, loše izrade ili montaže, kao i nedovoljne kontrole.



Slika 1. Struktura uzroka otkaza i havarija parnih turbina

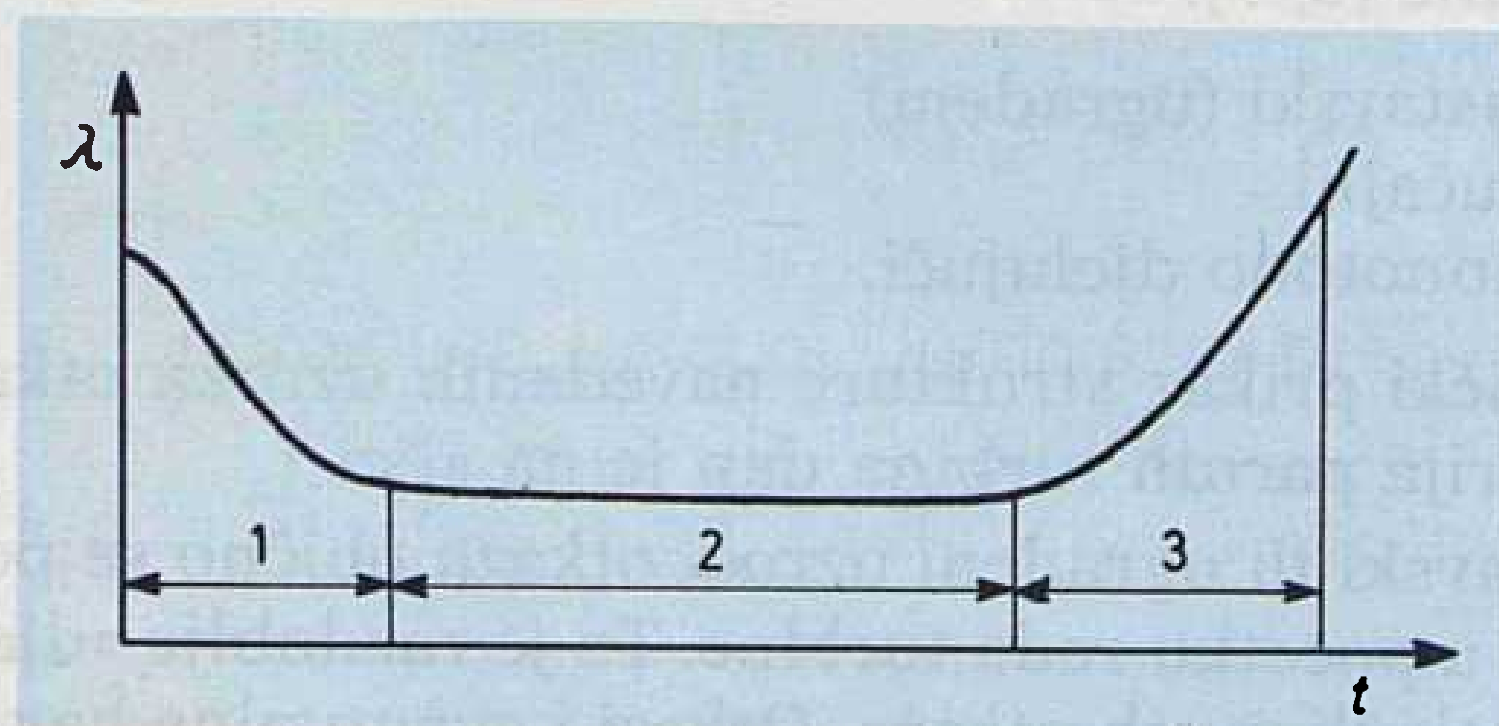
Slučajni uzroci otkaza mogu se pojaviti u bilo kojem trenutku radnog vijeka turbine. Oni su rezultat nestabilnosti konstrukcijskih i tehnoloških parametara, nestabilnosti uvjeta okoline za koje turbina nije proračunata i projektirana, lošeg rukovanja i održavanja.

Monotono djelujući uzroci otkaza uglavnom nastaju zbog smanjenja pouzdanosti i vijeka trajanja turbine. Oni su posljedica habanja, umornosti, zasoljenja, korozije i erozije, kao i razreguliranja, razcentriranja i slabljenja spojeva dijelova turbine.

Na slici 2. grafički je prikaz načelnog intenziteta otkaza u ovisnosti o vremenu rada turbine za navedene tri osnovne grupe otkaza. Iz dijagrama je vidljivo da se intenzitet ranih otkaza, tj. »dječjih bolesti« pri uhođavanju turbine, naglo smanjuje. Dalje nastaju slučajni otkazi, čiji intenzitet uz primjenu adekvatnog održavanja može biti približno konstantan u cijelom korisnom razdoblju normalnog rada turbine. Nakon toga nastaje povećani intenzitet monotono djelujućih otkaza zbog istrošenja dijelova turbine. To je razdoblje starenja turbine, gdje nije više moguće s racionalnim aktivnostima održavanja održati radnu sposobnost turbine na potrebnoj razini.

Na osnovi iznesenoga uzroci otkaza i havarija parnih turbina mogu se pojednostavnjeno svesti na:

- konstrukcijske
- proizvodne
- montažne
- eksploatacijske
- održavalačke.



Slika 2. Intenzitet otkaza (λ) u funkciji vremena rada turbine (t): 1 — sustavski (rani otkazi); 2 — slučajni otkazi; 3 — monotono djelujući otkazi

Konstrukcijski uzroci otkaza mogu biti neadekvatni proračuni, neadekvatno primijenjeni materijali i loša konstrukcija. Proizvodni uzroci otkaza uglavnom su nepridržavanje konstrukcijske i tehnološke dokumentacije u procesu proizvodnje elemenata. To se obično odnosi na odstupanja dimenzija elemenata od danih u konstrukcijskim nacrtima, loša površinska obrada, nepravilna toplinska obrada, nedovoljna uravnoteženost rotirajućih elemenata i dr. Montažni uzrok otkaza može biti loša montaža elemenata, kao što je nedovoljna centričnost pojedinih elemenata, premale ili prevelike zračnosti između elemenata i dr. Eksploatacijski uzroci otkaza mogu biti: iznenadni nepredvidljivi vanjski poremećaji u procesu eksploatacije, npr. promjena parametara i kvalitete pare; nepridržavanje propisa za rukovanje i rad turbine; kao što je nepravilno puštanje u pogon i zaustavljanje turbine i dr. Održavalački otkazi su neadekvatno održavanje turbine, što može biti posljedica rascentriranost i olabavljenost spojeva između elemenata, nedopuštena istrošenost, korozija, erozija, zasoljenost, nedopušteno starenje elemenata i dr. Najčešće je kombinacija više uzroka, uzrok otkaza, čije su posljedice havarije turbine popraćene velikim materijalnim troškovima, pa čak i ljudskim žrtvama.

Najčešći eksploatacijski uzroci oštećenja i havarija rotorskih lopatica, kao najvitalnijih odnosno neopterećenijih dijelova turbine, mogu biti: velike vibracije, tj. ulazak u rezonantno područje vibracija; zadiranje lopatica u stator pri krivljenju rotora ili kućišta; zadiranje rotorskih lopatica u statorske zbog razlike u toplinskom istezanju rotora i kućišta ili oštećenja odzivnog ležaja; upad komadića odlomljenih metalnih dijelova postrojenja; velike brzine vrtnje zbog kvara na sustavu za regulaciju i zaštitu turbine; vodeni udar zbog upada vode u protočni dio turbine; naslage soli zbog loše pripreme vode; korozija; erozija i umornost materijala zbog vibracija. Umornosne pukotine nastaju obično na bridovima lopatica i napreduju prema sredini profila. Kad pukotine dostignu kritičnu veličinu, nastaje lom lopatice.

Iskrivljenost rotora, zbog koje nastupa dulji zastoj turbine, uglavnom nastaje pri nejednolikom zagrijavanju čiji uzrok može biti: upad vode u turbinu pri neispravnim protupovratnim ventilima na oduzimanjima pare; lokalnog zagrijavanja rotora parom za brtvenice; lokalnog dovoda pare kroz jednu grupu sapnica; velikih vibracija zbog različitih uzroka (npr. neuravnoteženost masa rotora, lošeg centriranja spojke i ležajeva, olabavljenost spoja dijelova, neodgovarajuće zračnosti u ležajevima, zaglavljenje u klinovima za toplinsko istezanje turbine i dr.) i pritom zadiranje šiljaka brtvi u vratilo; nepravilnog hlađenja nakon zaustavljanja turbine (rotor se treba i dalje okretati strojem za okretanje zbog njegova lokalnog hlađenja od strane kondenzatora); pomaka osi vratila iz težišne osi i zadiranje u šiljke brtvi pri lomu jedne ili više lopatica; nehomogenost u materijalu vratila i dr. [8]. Lom vratila je rjeđi, a može nastati uglavnom zbog umornosti materijala uzrokovane vibracijama i unutarnjim greškama kao inicijalnim pukotinama. Umornosne pukotine nastaju i na površini

rotora na mjestima nagle promjene promjera i temperature. Te pukotine mogu ponekad dovesti i do loma vratila.

Uzroci iskrivljena rotora većinom dovode i do iskrivljenja ili deformacije kućišta turbine. Deformacije kućišta uočavaju se na razdjelnim priрубnicama pri remontu turbine. Na visokotemperaturno opterećenom ulaznom dijelu kućišta mogu nastati pukotine zbog niskofrekventne vibracijske umornosti i pužanja materijala.

Pri havariji lopatica, iskrivljenju rotora i kućišta uvijek nastaju velike vibracije i oštećuju se labirintne brtve.

Oštećenje ležajeva turbine uglavnom uzrokuju prevelika opterećenja, upad stranih krutih čestica, loše podmazivanje ili prekid dovoda ulja za podmazivanje zbog kvara na uljnom sustavu. Vanjski znak kvara na ležajevima jest povišena temperatura, neuobičajeni zvuk i povišene vibracije.

Kvarovi na dijelovima sustava za regulaciju turbine uglavnom nastaju zbog njihove istrošenosti i nepoštećenosti tijekom eksploatacije.

Otkazi i havarije parnih turbina i drugih pogonskih strojeva ne mogu se potpuno spriječiti, ali se mogu smanjiti. Radi smanjenja otkaza i havarija parnih turbina i povećanja njihove pouzdanosti veoma je važno istraživati i analizirati uzroke otkaza i havarija i utvrđivati njihov intenzitet tijekom eksploatacije. Istraživanjem i analizom uzroka otkaza i havarija može se dobiti niz podataka o kvaliteti opreme, kvaliteti montažnih radova, uvjetima rada, stručnosti vođenja pogona i održavanja. Praćenjem intenziteta otkaza turbine mogu se dobiti korisni podaci o slabosti pojedinih dijelova turbine. Na osnovi rezultata istraživanja otkaza i havarija turbina u eksploataciji mogu se osim mjera za njihovo smanjenje poduzeti i mjere za povećanje efikasnosti eksploatacije i održavanja, kao i mjere za rekonstrukciju postojećih i usavršavanje novih konstrukcija.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA OTKAZA I HAVARIJA PARNIH TURBINA U EKSPLOATACIJI

Parne turbine su strojevi koji rade u vrlo teškim uvjetima. Podvrgnute su djelovanju visokih tlakova i temperatura pare, velikim centrifugalnim silama, promjenljivim opterećenjima, vibracijama, koroziji, eroziji i zasoljenju protočnoga dijela. Zbog toga pouzdani rad parnih turbina ovisi o nizu činitelja. Uzroci otkaza i havarija parnih turbina, kako je već izneseno, mogu biti od konstrukcijsko-proizvodnih do eksploatacijskih. Najčešće kombinacija više uzroka dovodi do otkaza, čije su posljedice teške havarije parnih turbina popraćene velikim materijalnim gubicima, pa čak i ljudskim žrtvama.

Na slici 3. prikazan je primjer loma rotorskih lopatica regulacijskog stupnja reguliranog oduzimanja pare, tj. 18. stupnja turbine snage 50 MW, koji je nastao zbog greške u konstrukciji i procesu proizvodnje. Zakretna dijafragma konstruirana je za rad kao dva re-

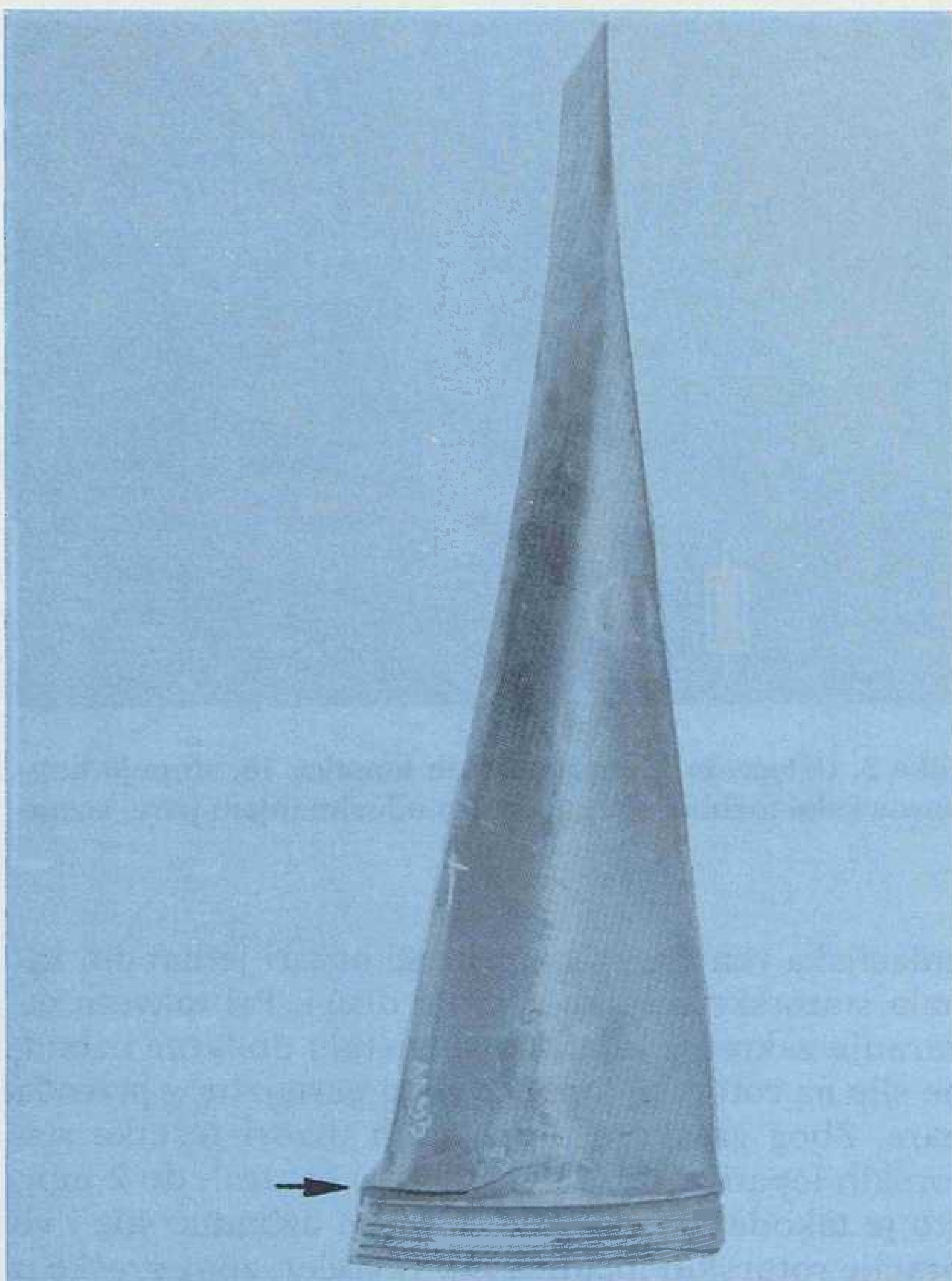


Slika 3. Oštećenja i lom rotorskih lopatica 18. stupnja kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, snage 50 MW

gulacijska ventila, tj. najprije se otvori jedan dio kanala statorske rešetke a zatim drugi. Pri takvom otvaranju zakretne dijafragme nastaju dodatne uzbudne sile na rotorske lopatice zbog parcijalnog privoda pare. Zbog greške u proizvodnji otvori rešetke statorskih lopatica su se nejednoliko otvarali do 2 mm, što je također uzrokovalo dodatne uzbudne sile i vibracije rotorskih lopatica [9]. Također, zbog greške u proizvodnji polumjeri na nozi nekih lopatica bili su manji od danih konstrukcijom, što je povećalo koncentraciju naprezanja. Pretpostavlja se da je zajedničko djelovanje svih tih nedostataka i grešaka pri nagloj promjeni opterećenja turbine dovelo do loma rotorskih lopatica. Nakon rekonstrukcije zakretne dijafragme da radi kao jedan regulacijski ventil i ispravljanja navedenih grešaka turbina je uspješno puštena u pogon i pouzdano radi. Te greške i havarija uzrokovali su dulji zastoј turbine i znatne materijalne troškove.

Zbog konstrukcijske greške u izboru materijala za zadnje rotorske lopatice reakcijske, kondenzacijske parne turbine snage 308,5 MW, za dane uvjete rada, djelovanjem vibracija došlo je do njihova napuknuća u jelastolučnoj nozi. Primjer napuknuća jelastolučne noge u korijenu rotorske lopatice zadnjeg stupnja turbine 308,5 MW prikazan je na slici 4. Duljina lopatica iznosi 1 000 mm. Lopatica je samostojeća, bez žica za prigušivanje vibracija. Iz slike je vidljivo da napuknuće u korijenu lopatice seže gotovo do polovice profila. To oštećenje lopatice uočeno je tijekom revizije turbine. Daljnji rad s tako oštećenom lopaticom prouzročio bi njezin lom i vjerojatno tešku havariju turbine.

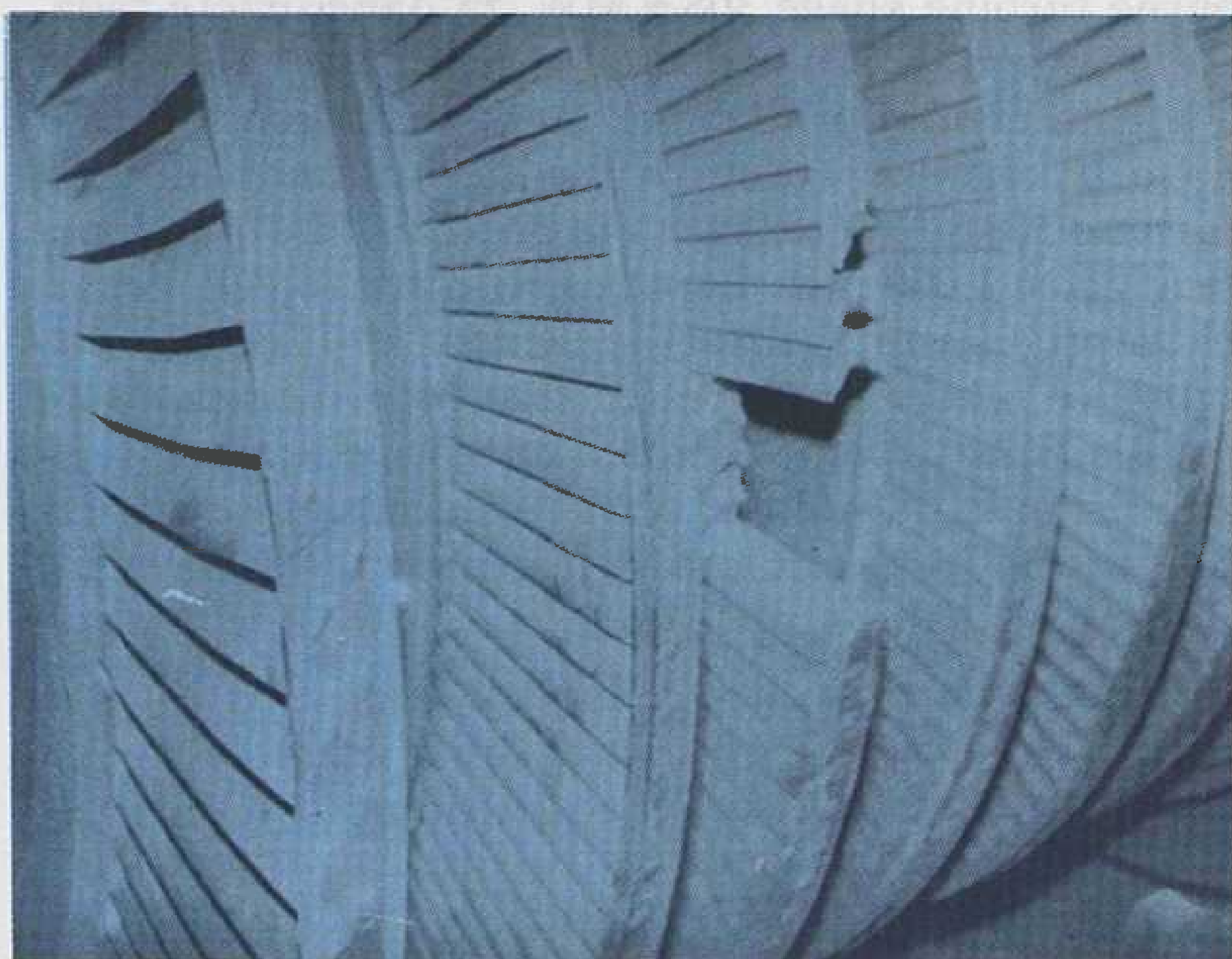
Pretpostavlja se da je na turbini istog tipa i snage 308,5 MW, blok 6, zbog sličnog loma jelastolučne noge u korijenu rotorske lopatice zadnjeg stupnja došlo do loma vratila i katastrofalne havarije cijelog turbogeneratorskog agregata [3]. Havarirani turboagregat je zamijenjen novim u koji su ugrađene rotorske lopatice zadnjeg stupnja turbine od materijala veće čvrstoće. Na svim turbinama 308,5 MW i turbinama 620 MW



Slika 4. Napuknuće jelastolučne noge u korijenu rotorske lopatice zadnjeg stupnja kondenzacijske turbine snage 308,5 MW

koje su imale isti tip zadnjeg stupnja zamijenjene su rotorske lopatice novima od materijala veće čvrstoće.

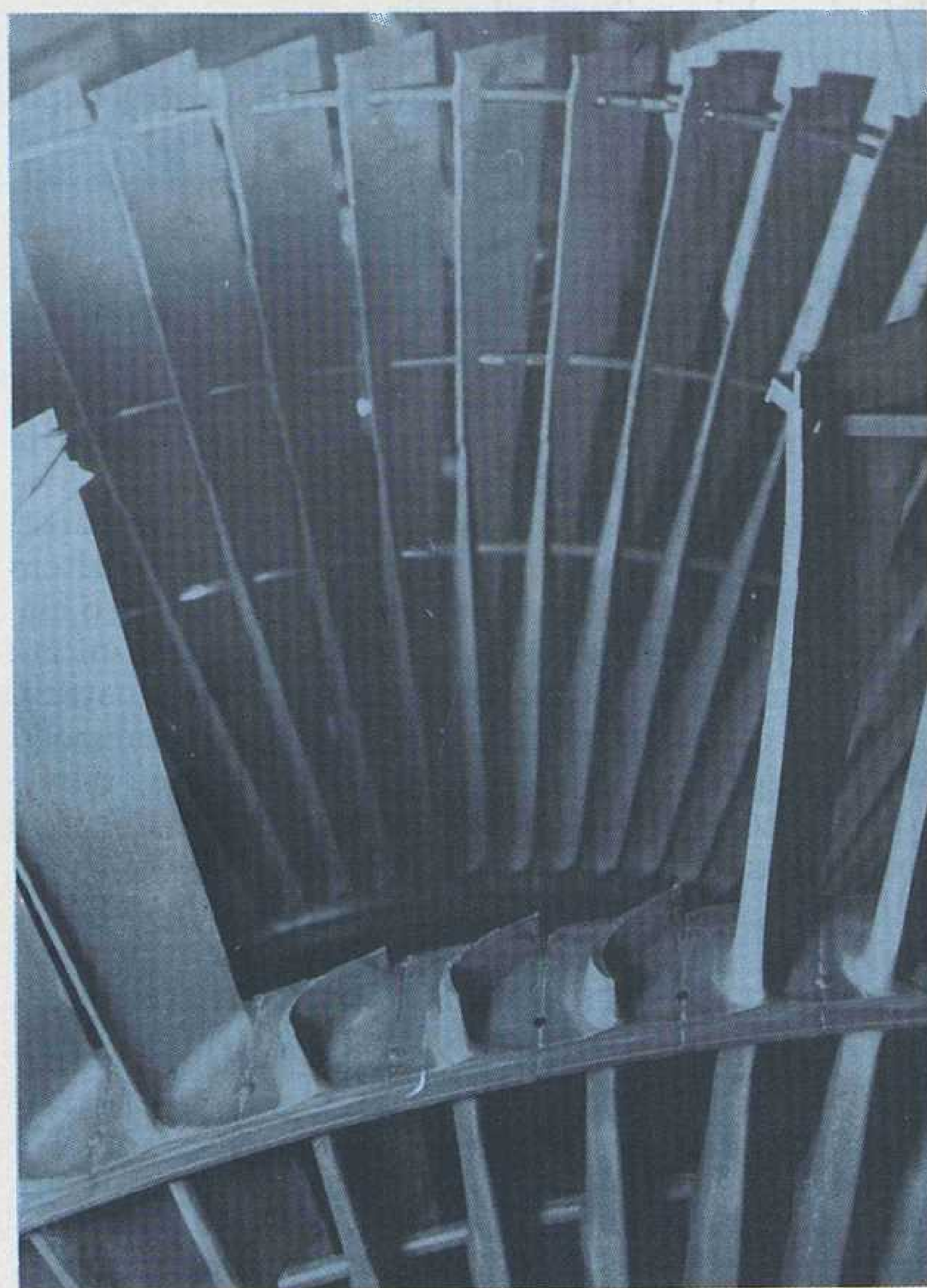
Na slici 5. prikazan je primjer loma rotorskih lopatica srednjeg tlaka trokućišne kondenzacijsko oduzimne turbine snage 125 MW. Lom rotorskih lopatica na ovoj turbini nastao je zbog konstrukcijske greške u preslabo dimenzioniranom profilu lopatica za dana



Slika 5. Lom rotorskih lopatica srednjeg tlaka trokućišne kondenzacijsko oduzimne turbine snage 125 MW

opterećenja. Nakon zamjene rotorskih lopatica toga stupnja s pojačanim profilom turbina dalje pouzdano radi. Ova havarija uzrokovala je dulji zastoј turbine i znatne materijalne troškove.

Primjer loma rotorskih lopatica predzadnjeg stupnja niskog tlaka kondenzacijske turbine snage 210 MW prikazan je na slici 6. Iz slike je vidljiv lom triju rotorskih lopatica Baumanova stupnja na mjestu razdjeljivanja donjega i gornjega dijela. Isti lom lopatica pojavio se i na drugim turbinama istog tipa. Pretpostavlja se da je razlog greška u konstrukciji, tj. preslabo dimenzioniranje lopatica na mjestu loma za dane uvjete eksploatacije. Lomu je pridonijelo i erozijsko oštećenje ulaznoga brida profila lopatica [10]. Nakon zamjene rotorskih lopatica predzadnjeg stupnja s pojačanim profilom turbina je i dalje u pouzdanoj eksploataciji.



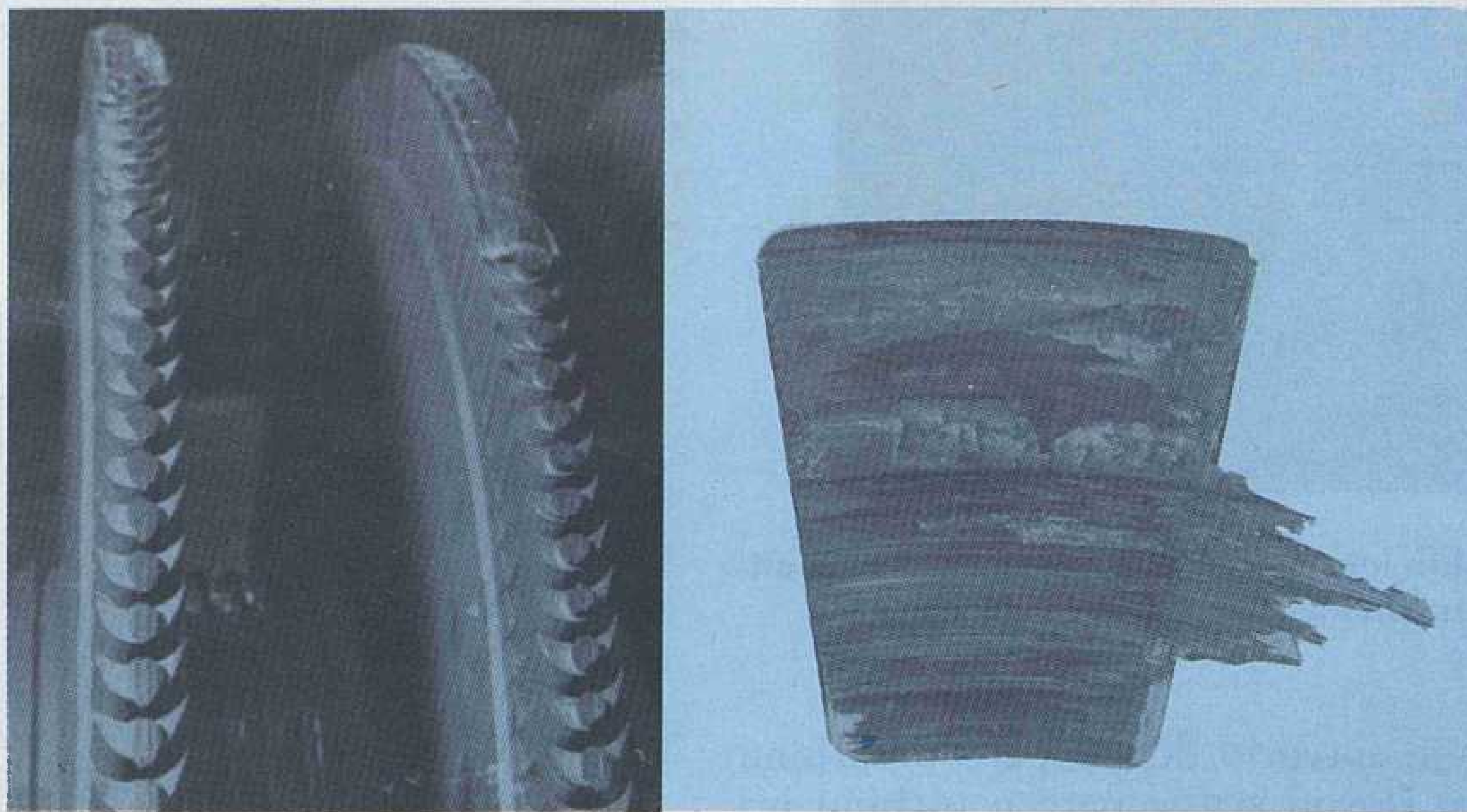
Slika 6. Lom rotorskih lopatica predzadnjeg stupnja niskog tlaka kondenzacijske turbine snage 210 MW

Zbog greške u montaži u toku remonta turbine snage 125 MW, tj. postavljanja premalih zračnosti za trenutno stanje turbine, došlo je do zadiranja rotorskog dijela u statorski i velikih vibracija, koje su uzrokovale oštećenje labirintnih brtvi. Nakon ponovnog otvaranja turbine, zamjene oštećenih labirintnih brtvi i precentriranja turbina je uspješno puštena u pogon i pouzdano radi.

Zbog upada vode u vosokotlačni dio kondenzacijske turbine snage 210 MW, nakon njezina zaustavljanja,

nastala je trajna deformacija rotora. To je oštećenje zbog složene tehnologije ravnjanja deformiranog rotora [8] i dužeg zastoja turbine uzrokovalo znatne materijalne troškove. Slično takvo oštećenje rotora zbog istih razloga dogodilo se na drugim turbinama 210 MW. Na kondenzacijskoj turbini snage 100 MW dogodilo se također više puta krivljenje rotora, koje je uzrokovalo dulji zastoj postrojenja. Rotor visokog tlaka turbine 100 MW relativno je dugačak i elastičan, pa su dovoljne malene greške u rukovanju da dođe do njegove deformacije.

Na kondenzacijskoj turbini snage 32 MW, zbog greške osoblja pri puštanju turbine u pogon i nedovoljno definiranih uputa za rad, došlo je do zadiranja rotorskog dijela u statorski, što je popraćeno velikim vibracijama. Posljedica toga je oštećenje rotorskih lopatica, labirintnih brtvi i ležaja (slika 7). Iz slike 7.a vidljivo je oštećenje zakovica i bandaže lopatica. Na slici 7.b vidi se oštećenje i topljenje bijele kovine segmenata odzivnog ležaja. Zbog zadiranja šiljaka labirintnih brtvi u vratilo došlo je do njegove trajne, tj. plastične deformacije. Ta havarija je zbog oštećenja



Slika 7. Oštećenje rotorskih lopatica a) i segmenata odzivnog ležaja b), kondenzacijske turbine snage 32 MW

dijelova i duljeg zastoja turbine prouzrokovala znatne materijalne troškove.

Primjer oštećenja rotorskih lopatica visokotlačnog dijela trokucišne reakcijske kondenzacijske parne turbine snage 308,5 MW, prikazan je na slici 8. Iz slike se može vidjeti da su se savile rotorske lopatice na više stupnjeva zbog njihova struganja o kućište, tj. statorski dio turbine. Struganje je nastalo zbog savijanja kućišta, zbog njegova pothlađivanja parom iz oduzimanja, greškom eksploatacije. Ta havarija je

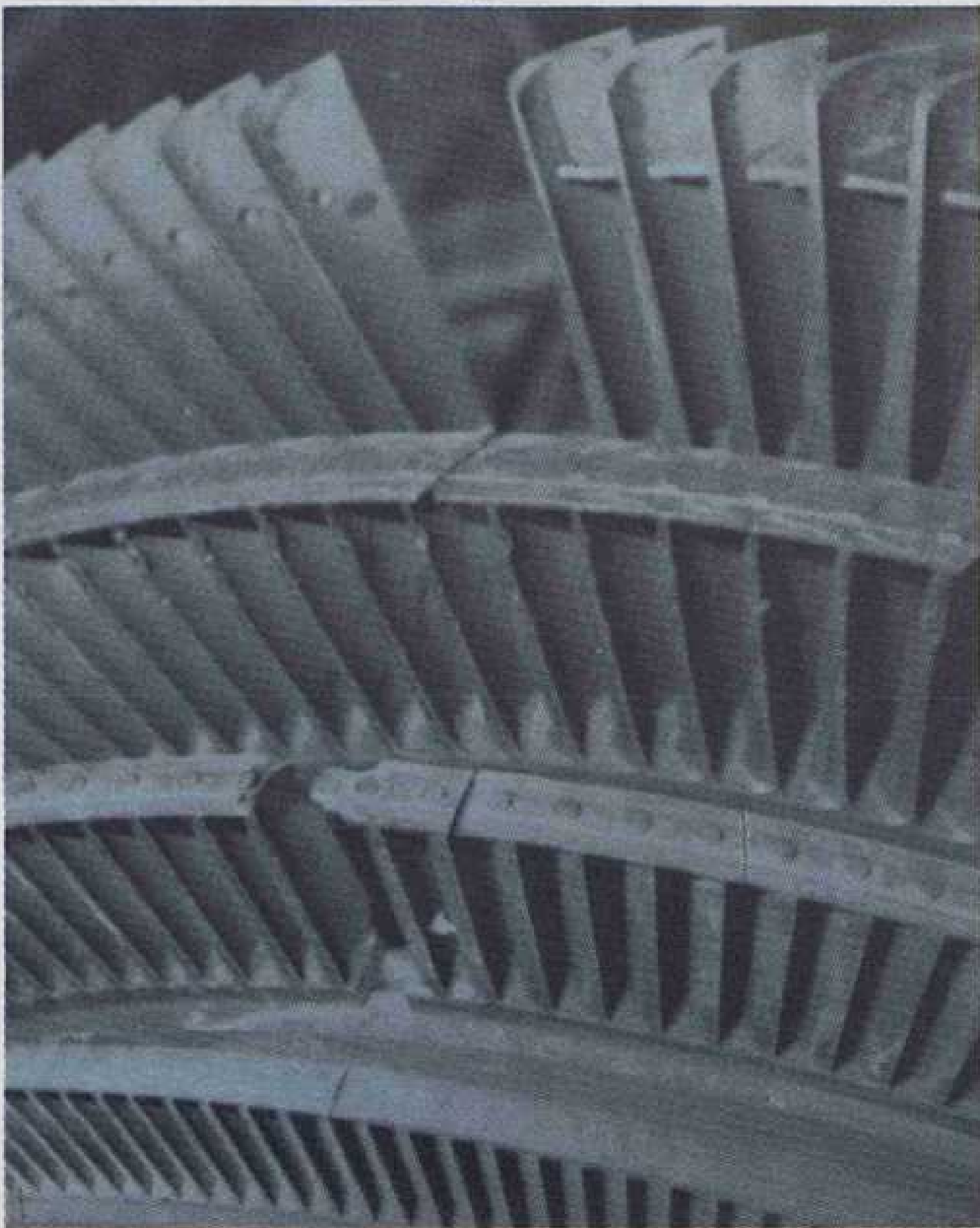


Slika 8. Oštećenje rotorskih lopatica niskog tlaka trokucišne reakcijske kondenzacijske turbine snage 308,5 MW

uzrokovala veće materijalne troškove zbog zamjene više redova rotorskih lopatica i duljeg zastoja turbine.

Slično oštećenje rotorskih lopatica 12. do 16. stupnja visokog tlaka turbine istog tipa i snage, blok 4, nastalo je pri upuštanju bloka u pokusni pogon zbog greške u montaži regulacijskih ventila [11]. Zbog prevelike zračnosti u spojnicama servo-uređaja i regulacijskih ventila bio im je smanjen hod, pa je u visoki tlak dolazila manja količina pare. Pretpostavlja se da je zbog smanjene količine pare poradi ventilacije došlo do prevelikog zagrijavanja i krivljenja rotora te havarije visokog tlaka turbine. Zbog te havarije kasnilo je puštanje bloka u pogon više od mjesec dana. Na slici 9. prikazan je lom rotorskih lopatica turbine 30 MW. Iz slike je vidljiv lom rotorskih lopatica 19. i 21. stupnja turbine. Lopatice su polomljene u najslabijem dijelu noge. Lom lopatice posljedica je »pobjega« turbine i velike centrifugalne sile pri »ispadu« agregata i neaktiviranju zaštite od prevelike brzine vrtnje. Na 21. stupnju, tj. zadnjem stupnju turbine polomile su se obje nasuprotne završne lopatice. Karakteristično je da oštećenje lopatica nije bilo primijećeno do revizije turbine. Turbina s tako polomljenim lopaticama mirno je radila jer se rotor sam uravnotežio s dvije suprotne polomljene lopatice. Jedna polomljena lopatica 19. stupnja nije uzrokovala bitniju neuravnoteženost rotora.

Također, zbog »pobjega« kondenzacijsko oduzimanje turbine snage 32 MW je teška havarija turboagregata [12]. Pri isključenju turboagregata s mreže desni ven-



Slika 9. Lom rotorskih lopatica protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare snage 30 MW

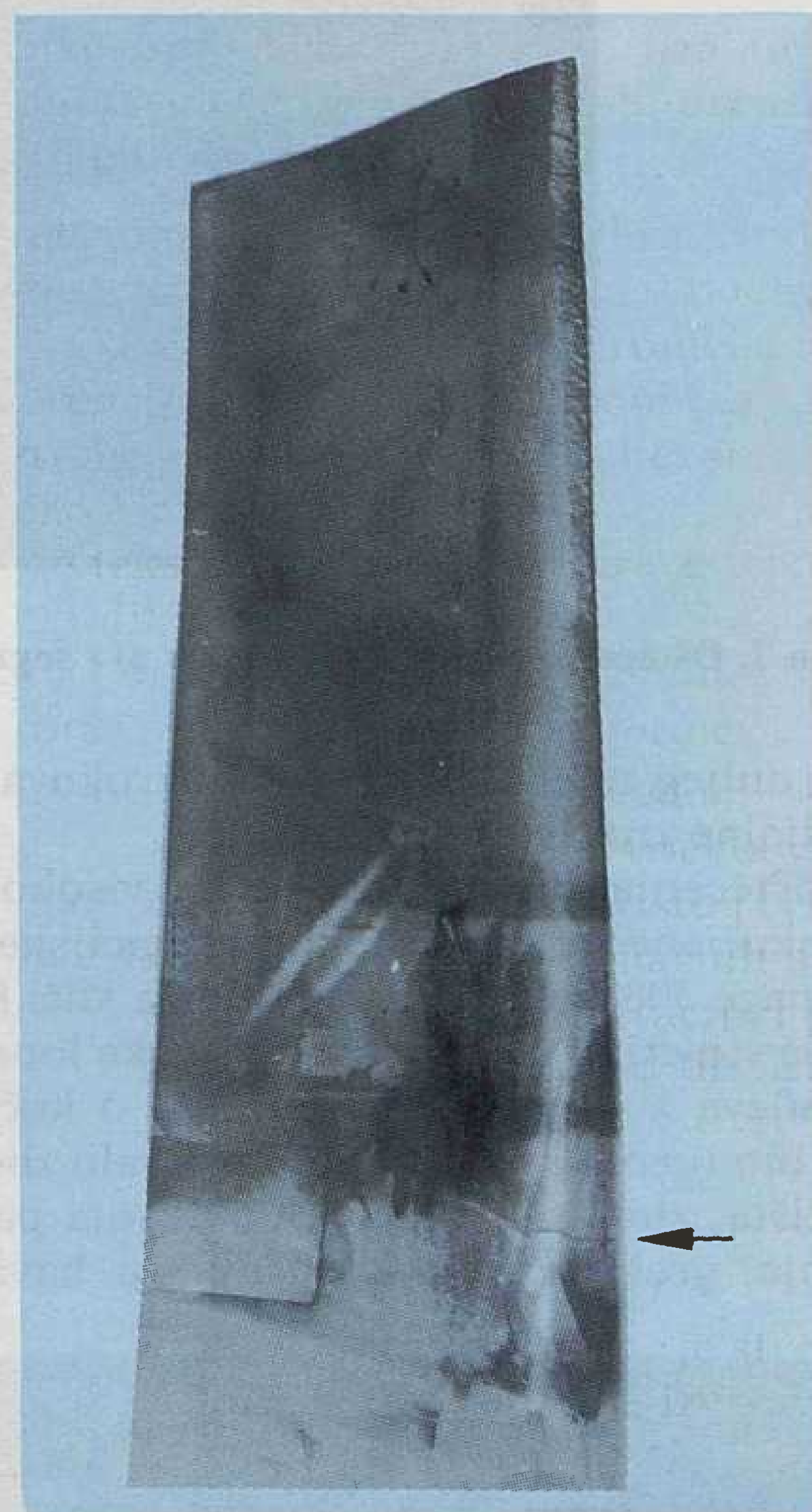
til svježje pare nije zatvorio dovod pare u turbinu zbog zaglavljenja. Dovod svježje pare u turbinu pri rasterećenom turboagregatu prouzročio je preveliku brzinu vrtnje i porast centrifugalne sile koja je uzrokovala lom nogu rotorskih lopatica 4. stupnja niskog tlaka. Te lopatice sa stajališta čvrstoće bile su najviše opterećene. Polomljene lopatice su razbile kućište niskog tlaka turbine i pri tome se veoma oštetio rotor niskog tlaka, rotor generatora i drugi dijelovi postrojenja. Velike vibracije turboagregata oslobodile su zaglavljeni ventil svježje pare, koji je zatvorio dovod pare u turbinu i tako spriječio daljnji proces havarije. Tijekom havarije dijelovi polomljenih lopatica i kućišta turbine letjeli su po strojarnici i zabijali se u zidove, no, na sreću ljudskih žrtava nije bilo. Međutim, materijalna šteta je bila golema.

Tijekom remonta turbine 308,5 MW primijećena je velika pukotina na ulaznom bridu rotorske lopatice zadnjeg stupnja, slika 10. Pretpostavlja se da je pukotina na lopatici nastala zbog korozije i umornosti materijala. Daljnjim radom ova bi se pukotina povećala i slomila lopatica, što bi moglo uzrokovati težu havariju postrojenja.

Pukotine na rotorskim lopaticama mogu nastati zbog umornosti materijala, korozije, greške u proizvodnji, nepravilnog remonta i dr. Nastala pukotina po bilo kojem uzroku redovito se povećava i kad dostigne kritičnu veličinu, lopatica se slomi. Kritična veličina pukotine ovisi o razmjeru same lopatice, veličini naprežanja, materijalu lopatice i dr.

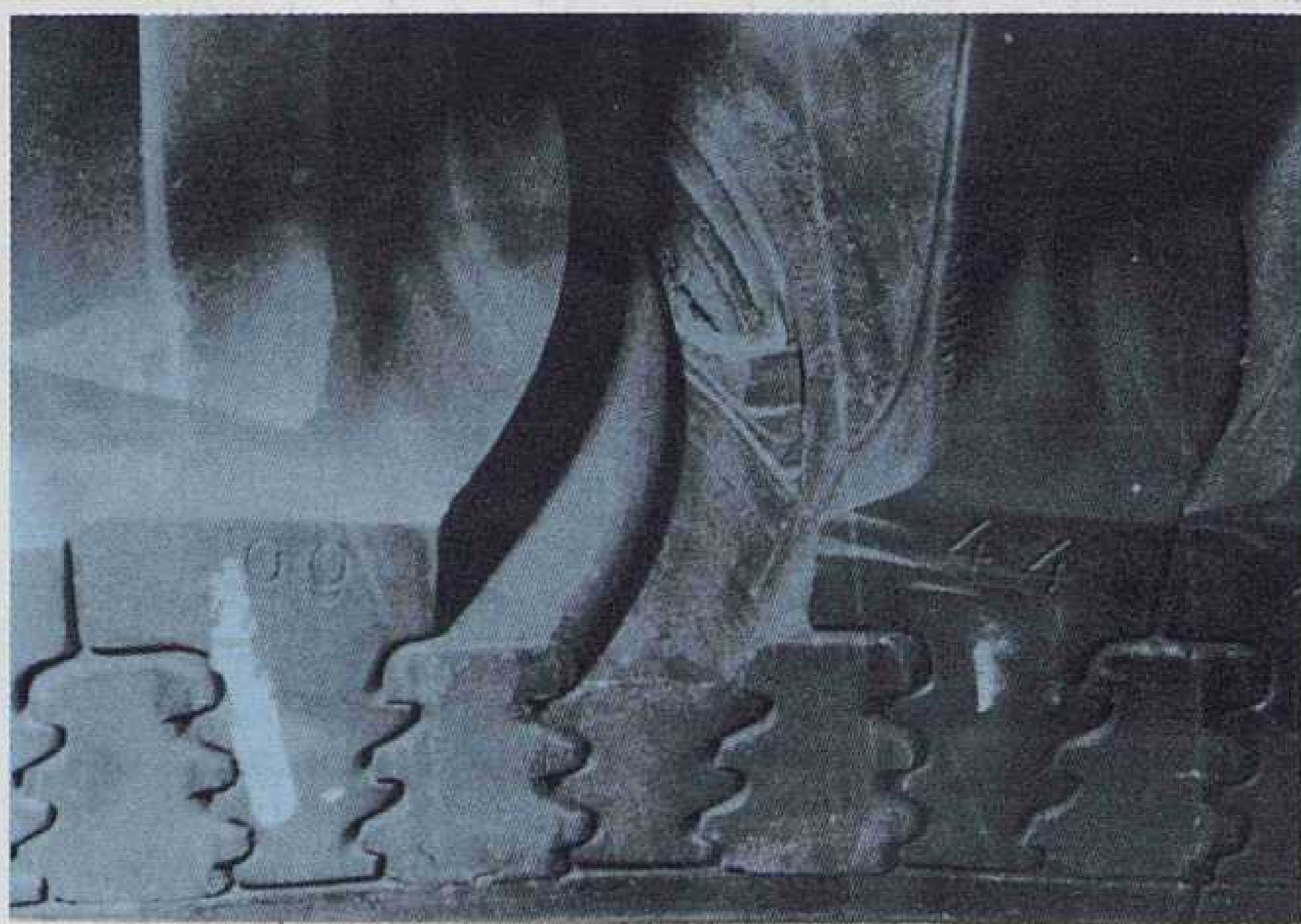
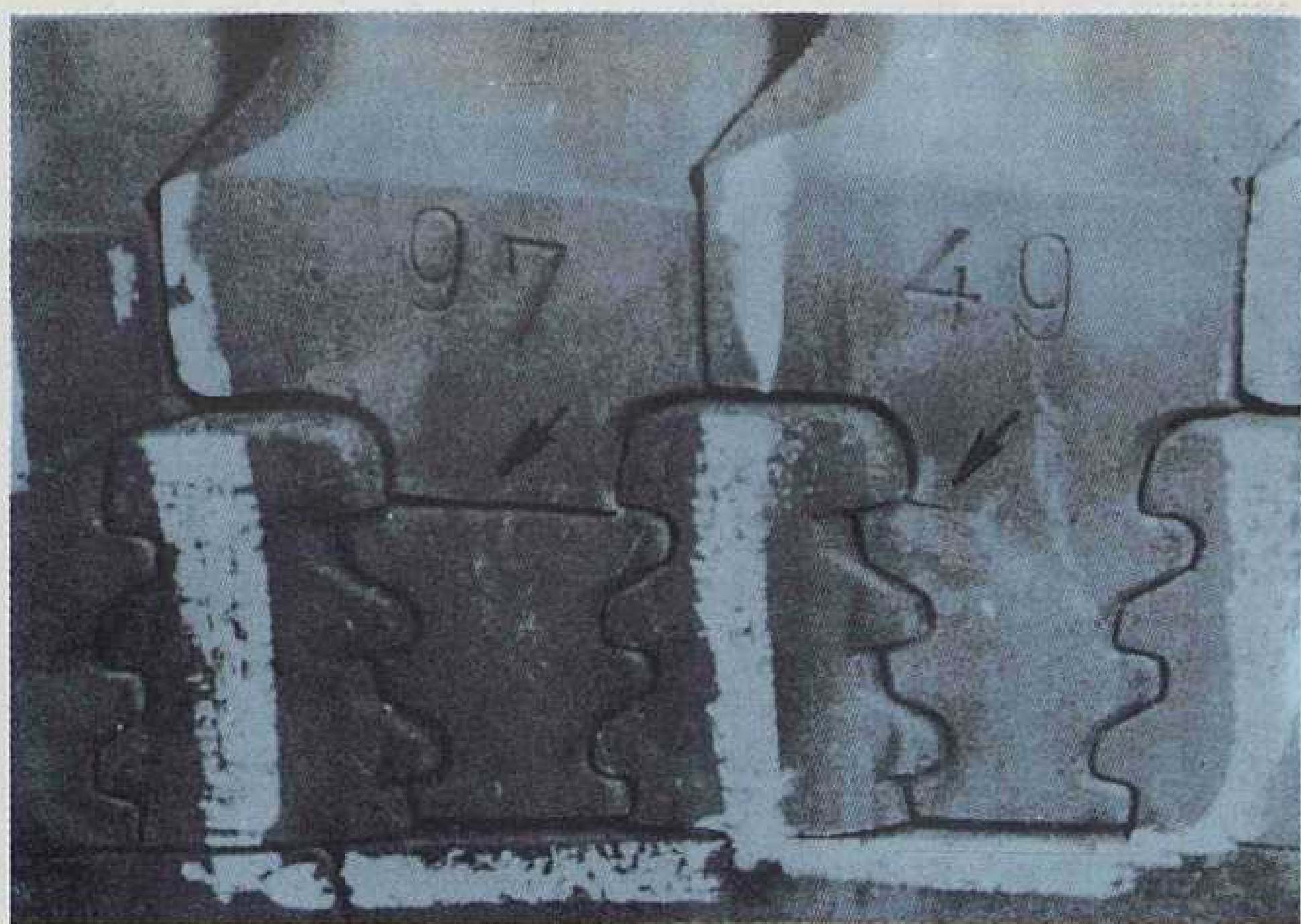
U eksploataciji često nastaju lomovi rotorskih lopatica zbog vibracija, tj. umornosti materijala uzrokovane povećanim vibracijama. Na slici 11. prikazan je primjer nastale pukotine, napuknuća i loma rotorskih lopatica zadnjeg stupnja kondenzacijske turbine snage 65 MW zbog vibracijskog umora materijala.

Istraživanja uzroka loma lopatice pokazala su da su lopatice zadnjeg stupnja turbine radile u uvjetima rezonantnog vibriranja. Druga vlastita frekvencija tangencionalnih vibracija lopatica iznosila je 250 ± 5 Hz, a to odgovara petom redu uzbude od brzine vrtnje turbine. Uzbuda petog reda je dovoljno velika da proizvede rezonantno naprežanje koje je u uvjetima dugogodišnjeg rada turbine od 73 167 sati prouzročilo lom lopatica. Zbog vibracijske umornosti materijala nastale su najprije pukotine čije je napredovanje dovelo do napuknuća (slika 11.a) i kasnije do loma lopatica zbog djelovanja centrifugalne sile (slika 11.b). Pukotine, napuknuća i lom lopatica nastali su iznad prvog zuba jelastolučne noge lopatica gdje su najveće koncentracije naprežanja. Početak pukotina bio je na prednjoj strani izlaznoga dijela noge lopatica (slika 11.a).



Slika 10. Pukotina na rotorskoj lopatici zadnjeg stupnja kondenzacijske turbine snage 308,5 MW

Da bi se spriječilo nastajanje ovakvih pukotina i loma rotorskih lopatica, potrebno je promijeniti drugu vlastitu frekvenciju tangencijalnih vibracija ili povećati prigušenje lopatica. Iz tih istraživanja proizlazi da i viši redovi uzbude mogu biti opasni ako se poklope s vlastitim frekvencijama lopatica, tj. uzrokuju njihov lom. Rad lopatica u rezonantnom području bilo kojeg reda uzbude konstrukcijska je greška. Obično se smatra da redovi uzbude brzine vrtnje turbine iznad šest nisu više opasni kod dugih samostojećih rotorskih lopatica turbina velikih snaga (sl. 4), jer su kod tih lopatica obično i statička naprežanja zbog centrifugalne sile već u plastičnom području.



Slika 11. Napuknuće i lom rotorskih lopatica u korijenu jelastolučne noge zadnjeg stupnja kondenzacijske turbine snage 65 MW: a) pukotina i napuknuće jelastolučne noge lopatice; b) lom jelastolučne noge lopatice



Slika 12. Oštećenje izlaznih bridova sapnica prvog stupnja kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, snage 50 MW

Pri učestalim startovima turbine i naglim promjenama opterećenja termički šokovi mogu uzrokovati pukotine na ulaznom dijelu kućišta i sapnica gdje su visoke temperature [13]. Primjer oštećenja izlaznih bridova sapnica prvog stupnja turbine 50 MW instalirane u TD Ljubljana, a koja su nastala zbog termičkih šokova prikazan je na slici 12. Iz slike su vidljivi odlomljeni izlazni bridovi profila sapnica. To oštećenje je povećalo gubitke strujanja i dinamičko opterećenje rotorskih lopatica te smanjilo pouzdanost turbine.

Na rotorskim lopaticama zadnjih stupnjeva srednjeg tlaka trokucišne kondenzacijske turbine snage 210 MW utvrđeno je tijekom remonta znatno zasoljenje. Naslage soli na perifernom dijelu lopatica iznosile su do 2 mm. To zasoljenje je povećalo hrapavost površina i smanjilo protočni presjek kanala lopatica, te se adekvatno tome povećala aksijalna sila i smanjio stupanj korisnosti i snaga turbine. Pri većem zasoljenju rotorskih lopatica dolazi do znatnog povećanja aksijalne sile i oštećenja odzivnog ležaja, što uzrokuje zadiranje diskova u dijafragme i lom rotorskih lopatica. Ta oštećenja uzrokuju otkaz i havariju turbine s duljim zastojem, a materijalni troškovi su veliki [14].

Veće naslage soli na rotorskim lopaticama mogu uzrokovati njihov lom i zbog povećanja centrifugalne sile. Zasoljenje protočnoga dijela turbine nastaje zbog loše primjene vode ili kvara sustava za pripremu vode. Ona su češća kod industrijskih turbina, dok su kod termoelektranskih kondenzacijskih turbina rjeđa zbog dobre pripreme vode i čiste pare. Zasoljenje turbine može se otkriti na temelju povećanog tlaka iza regulacijskog stupnja ili tlaka pare ispred grupe stupnjeva koja je zasoljena.

Istraživanja problematike na turbinama u eksploataciji pokazala su da su česta oštećenja kliznih ležajeva. Oštećenja ležajeva mogu biti u obliku riseva, neprianjanja bijele kovine za osnovni materijal, odlomljenja komadića bijele kovine do njezina topljenja. Uzroci tih oštećenja mogu biti različiti: od upada stranog tijela, preopterećenja ležaja do smanjenja ili potpunog prestanka dovoda ulja za podmazivanje. Na primjer, na turbini 125 MW otopila se bijela kovina na svim ležajevima turboagregata zbog nestanka ulja, pri ispadu elektrane i ne uključivanja pomoćne uljne pumpe na istosmjernu struju. Pomoćna uljna pumpa nije se automatski uključila pri ispadu elektrane zbog greške osoblja koje nije nakon dnevne kontrole ispravnosti pumpe stavilo sklopku na automatsko uključivanje.

Na osnovi rezultata dugogodišnjeg istraživanja i analize oštećenja i havarija parnih turbina u eksploataciji mogu se prema učestalosti uzroka otkaza naprijed dane grupe svrstati u sljedeći redoslijed: eksploatacijski, održavalački, konstrukcijski, proizvodni i montažni uzroci otkaza.

Prema učestalosti oštećenja elementi turbina mogu se također svrstati u redoslijed:

- labirintne brtve
- ležajevi
- rotorske lopatice

- regulacijski ventili
- diskovi i dijafragme
- kućišta
- kondenzatori.

Oštećenja labirintnih brtvi najčešće ne uzrokuju otkaz turbine, dok oštećenja ostalih elemenata uglavnom uzrokuju otkaz s kraćim ili duljim zastojem.

Analize oštećenja elemenata parnih turbina pokazale su da su najduži zastoji za obnavljanje turbina, tj. za njihovo dovođenje iz stanja »u otkazu« u stanje »u radu«, i najveće gubitke u eksploataciji prouzrokovala su oštećenja rotorskih lopatica. Najčešći uzroci oštećenja i loma rotorskih lopatica bili su: radijalno zadiranje lopatica u statorski dio turbine zbog velikih vibracija rotora; aksijalno zadiranje lopatica u statorski dio zbog oštećenja aksijalnog ležaja; vodeni udar; umornost materijala lopatice zbog vibracija; povećanja centrifugalne sile lopatica zbog neispravnosti regulacijskog i zaštitnog sustava; nedovoljna čvrstoća; greške u izradi lopatice; korozijski i erozijski procesi lopatica; upad stranog tijela, tj. odlomljenog dijela turbine.

Najčešće su otkaz parnih turbina prouzrokovale neispravnosti i oštećenja regulacijskog sustava. U većini primjera veće havarije turbine bile su posljedica grešaka i slabih mjesta iz više grupa uzroka. Tako relativno manje nestabilnosti parametara u eksploataciji uz dorinos ostalih uzroka mogu dovesti do otkaza i havarije turbine.

Slične rezultate istraživanja dobili su i drugi autori. U [15] je dobiveno da se 53 % oštećenja na turbinama odnosi na lopatični aparat. Osnovni uzrok loma lopatica bio je njihov ulazak u područje rezonantnih vibracija. Na osnovi tih istraživanja najslabije mjesto na turbini jest vibracijska pouzdanost lopatica. Prema istraživanjima u [16] najviše otkaza turbina uzrokovao je regulacijski sustav. Međutim, najdulje vrijeme u otkazu i najveće materijalne troškove prouzrokovala su oštećenja protočnoga dijela turbine, uglavnom rotorskih lopatica. U [17] su dani rezultati istraživanja gdje je relativno vrijeme zastoja turbina bilo zbog lopatičnog aparata 37,4 %; ležajeva 17,7 %; rotora 11,5 % labirintnih brtvi 10,8 %; ventila 8,6 %; kućišta 4,4 %. Prema tim rezultatima istraživanja najveće gubitke prouzrokovale su havarije rotorskih lopatica. Najčešći uzrok havarija rotorskih lopatica bila je korozija i korozijsko-vibracijska umornost materijala.

U posljednje se vrijeme pokazalo da veliku opasnost za pouzdan rad turbina ima korozija pri naprezanju [18, 19, 20]. Oštećenja lopatica, diskova i vratila od korozije pri naprezanju, ako se na vrijeme ne otkriju, mogu uzrokovati katastrofalne havarije turbine.

Rezultati istraživanja i analize oštećenja na turbinama u eksploataciji pokazali su da su neki dijelovi turbina podložni čestim oštećenjima, dok je za neke mala vjerojatnost da će doći do njihova oštećenja. Na osnovi toga mogu se oštećenja dijelova turbina podijeliti prema sljedećim kategorijama vjerojatnosti:

- velika vjerojatnost oštećenja
- srednja vjerojatnost oštećenja
- mala vjerojatnost oštećenja.

Na osnovi rezultata istraživanja i praćenja oštećenja i havarija turbina u eksploataciji mogu se pojedini dijelovi turbina svrstati u navedene kategorije vjerojatnosti oštećenja.

U veliku vjerojatnost oštećenja mogu se svrstati: labirintne brtve, ležajevi, rotorske lopatice prvog i zadnjeg stupnja, sapnice prvog stupnja, vretena i pladnjevi regulacijskih ventila i kondenzatorske cijevi.

Srednja vjerojatnost oštećenja može obuhvatiti: rotorske lopatice ostalih stupnjeva, vratila turbina, razdjelne stijene sa statorskim lopaticama i kućišta ventila.

U malu vjerojatnost oštećenja uključuju se svi ostali dijelovi turbine koji nisu izloženi visokim temperaturama i rade s približno konstantnim odnosima tlakova, npr. rotorski diskovi, kućište turbine, plašt kondenzatora, ejektor, hladnjak ulja i dr.

Ta kategorizacija može poslužiti kao uvid osoblju održavanja na koje dijelove turbine treba obratiti veću pozornost, a također i kao preporuka za nabavu rezervnih dijelova turbine. Međutim, ne treba je uzimati tako da oštećenja moraju uvijek nastajati po danom redoslijedu kategorizacije vjerojatnosti. Ponekad mogu nastati oštećenja dijelova male vjerojatnosti prije nego oštećenja dijelova velike vjerojatnosti.

Dijagnostikom u tijeku revizije i remonta turbine, kao i praćenja stanja parametara i oštećenja mogu se za konkretne uvjete eksploatacije utvrditi kategorije vjerojatnosti oštećenja pojedinih dijelova turbine.

Rezultate istraživanja pojedinih uzroka otkaza i havarija na turbinama u eksploataciji, te iskustva stečena tim istraživanjima mogu se, osim svoga osnovnog zadatka u smanjenju takvih šteta, često korisno primijeniti i za rješavanje drugih sličnih slučajeva. Time se može znatno skratiti ne samo vrijeme nego i opseg istraživanja uzroka otkaza i smanjiti troškovi istraživanja. Osim toga, rezultati istraživanja uzroka i havarija pružaju dragocjene podatke za planiranje rezervnih dijelova, rekonstrukcije i usavršavanje pojedinih dijelova, kao i cijele konstrukcije novih turbina.

Sprečavanje ili smanjenje otkaza i havarija turbina osnovni je problem ne samo korisnika postrojenja nego i proizvođača turbina, osiguravajućih zavoda, pa i šire društvene zajednice. Poduzimanjem odgovarajućih mjera može se smanjiti broj otkaza i havarija turbina, te povećati njihova pouzdanost u eksploataciji.

4. MJERE ZA SMANJIVANJE HAVARIJA I POVEĆANJE POUZDANOSTI RADA PARNIH TURBINA

Za smanjivanje neplaniranih zastoja havarija i povećavanja pouzdanosti rada parnih turbina osnovna mjera je strogo pridržavanje propisa osiguranja kvalitete od njezina projektiranja do kraja eksploatacije. Pouzdanost parnih turbina, kao vjerojatnost njihova bezotkaznog rada u određenom vremenu i od-

ređenim uvjetima rada, određuje se u fazi projektiranja, osigurava u procesu proizvodnje a realizira u eksploataciji. Projektiranje visokopouzdanih parnih turbina ovisi uz ostalo o tipiziranim dijelovima i modulima ispitanih eksperimentalno i provjerenih u eksploataciji. Pri projektiranju turbine nužno je odabiranje racionalne koncepcije i konstrukcijske sheme, adekvatnih materijala, pouzdanih proračuna uz primjenu numeričke metode i uzimanjem u obzir svih djelujućih faktora koji mogu nastati u procesu eksploatacije. U stadiju proizvodnje i montaže nužna je detaljna kontrola materijala, visoka razina organizacije i kontrola tehnoloških procesa, međukontrole i ispitivanje elemenata, sklopova i agregata. Uklanjanje svih nedostataka i grešaka otkrivenih u stadiju ispitivanja sklopova i agregata u cjelini. Osiguravanje izvođenja projektirane pouzdanosti u procesu proizvodnje ovisi o razini osiguranja kvalitete, tehnološke discipline i kulture proizvodnje.

Za realizaciju projektirane pouzdanosti turbina osnovno je strogo pridržavanje propisanih pravila i kriterija za eksploataciju. To se uglavnom odnosi na parametre i kvalitetu svježe pare; pravilno popuštanje i zaustavljanje turbine; izvođenje odgovarajuće zaštite od stojeće korozije i ne dopuštanje ulaženja pare u mirujuću turbinu; održavanje uljnog sustava i kvalitete ulja u propisanom stanju; držanje vibracija turboagregata u dopuštenim granicama; izvođenje visokog stupnja dijagnostike u toku eksploatacije i remonta; pravilne politike održavanja turbine. Osim toga potrebna je dobra obučanost ljudi koji opslužuju parnoturbinsko postrojenje.

Radi povećanja pouzdanosti rada turbine mogu se predložiti sljedeće mjere:

- Rad turbine s povećanom temperaturom svježe pare 10 do 20°C iznad nominalne dopustiti samo određeni broj sati na godinu zbog smanjenja brzine puzanja.
- Ne dopustiti nagli pad temperature svježe pare ispod dopuštene granice zbog mogućnosti pojave vodenog udara.
- Tlak pare u kontrolnim stupnjevima ne dozvoliti da bude veći od 10 do 15% nominalnog za danu količinu pare. Postepeno povećanje tlaka u kontrolnim stupnjevima upućuje na smanjenje protočnog presjeka statorskih i rotorskih lopatica zbog zasoljenja. Zasoljenje kanala statorskih lopatica uzrokuje povećanje pada tlaka i progibne sile na dijafragme. Taloženje soli na rotorske lopatice uzrokuje povećanje razlike tlaka na diskove, što povećava aksijalne sile na odzivni ležaj i u krajnjem slučaju uzrokuje njegovu havariju.
- U određenom poprečnom presjeku turbine ne dopustiti razliku temperature donjeg i gornjeg kućišta veću od 30 do 50°C. Pri većim razlikama temperature može doći do krivljenja kućišta i zadiranja rotorskog dijela u statorski.
- Amplitudu vibracija ležajeva turbine pri brzini vrtnje 50 s⁻¹ ne dopustiti veću od 15 m, a vibracijsku brzinu ne veću od 4,5 mm/s. Također ne dopustiti metalni šum ili iskrenje zbog zadiranja šiljaka labirintnih brtvi u rotor, kao i njegov veći

progib od 0,2 mm. Takve pojave mogu upućivati na progib rotora ili kućišta ili oštećenje protočnog dijela.

- Ne dopustiti da vlastita frekvencija rotorskih lopatica bude u blizini redova uzbude od brzine vrtnje turbine, čak do osmog reda. Kod dugačkih i vitkih rotorskih lopatica s malim stupnjem prigušenja i osmi red uzbude može uzrokovati pukotine i vibracijsko umornosni lom lopatica.
- Brzinu vrtnje rotora ne dopustiti veću od brzine izvrštavanja centrifugalnog izvrstioca. Povećanje brzine vrtnje upućuje na neispravnost sustava regulacije i može uzrokovati lom rotorskih lopatica zbog centrifugalne sile.
- Aksijalni pomak rotora ne smije prijeći dopuštenu veličinu. Veći aksijalni pomak rotora upućuje na istrošenje ili topljenje bijele kovine segmenata odzivnog ležaja.
- Relativni pomak rotora u odnosu na stator ne smije prijeći dopuštenu vrijednost zbog mogućnosti njihova zadiranja. Relativni položaj rotora i statora mijenja se zbog njihova neravnomjernog progrijavanja pri puštanju turbine u pogon ili pri promjeni temperature i protoka pare.
- Vakuum u kondenzatoru ne preporučuje se manji od 0,07 MPa. Smanjenjem vakuuma povećava se temperatura izlaznoga dijela kućišta turbine i mijenja se relativni položaj rotora i kućišta niskog tlaka, što može uzrokovati njihovo radijalno zadiranje.
- Pad tlaka u zadnjem stupnju protutlačnih turbina ne smije prijeći dopuštenu veličinu. Preopterećenje zadnjeg stupnja može uzrokovati lom dijafragme.
- Temperaturu ulja na izlazu iz ležajeva ne dopustiti veću od 80°C. Pri većoj temperaturi turbinsko ulje dobiva sklonost oksidacije, a također mu se smanjuje viskozitet, što smanjuje veličinu minimalnog zazora u ležaju.
- Kod elastičnih rotora turbine nužno je ugrađivati šiljke labirintnih brtvi u rotor, a grebene izvoditi na segmentima brtvi ugrađenih u statorski dio turbine. Takvom izvedbom pri povećanim vibracijama rotora i struganju brtvi neće doći do njegove trajne deformacije.

Teorijski je moguće spriječiti svaku havariju turbine praćenjem stanja svih parametara nužnih za ispravan rad i pravovremenim reagiranjem na indikacije izlaska tehnoloških i drugih parametara iz granica dopuštenih vrijednosti.

Uvođenjem održavanja prema stanju [21, 22, 23] i metode tehničke dijagnostike [24], te određivanjem preostalog radnog vijeka [25, 26] mogu se smanjiti otkazi i havarije te povećati pouzdanost rada parnih turbina.

Radi smanjenja otkaza i troškova nastalih zbog njih, kao i istraživanja njihova uzroka potrebno je uvesti dokumentacijski sustav, gdje će se uz podršku električnog računala registrirati svi slučajevi neplaniranih zastoja, oštećenja i havarija, uključujući rezultate istraživanja uzroka i konstruktivnih prijedloga za smanjenje ovakvih šteta. Dokumentacijski sustav

treba oformiti u svakoj termoelektrani i na razini elektroprivrede, tako da daje mnogo, ali što kraćih podataka. Glavni je zadatak dokumentacijskog sustava da daje brzo tražene podatke potrebne za analizu nastalog otkaza ili havarije, tako da pri istraživanju novih slučajeva pruži sve podatke o već nastalim otkazima i njihovim uzrocima na dotičnoj turbini ili da dade podatke o sličnim slučajevima neke druge turbine u elektrani ili elektroprivredi. Ti podaci će se osim toga moći koristiti za poduzimanje odgovarajućih mjera za vođenje i održavanje postrojenja u svrhu smanjenja neplaniranih zastoja i kvarova. Skupljeni podaci u dokumentacijskom sustavu će biti također korisni za rekonstruiranje postojećih i projektiranje novih pouzdanijih rješenja konstrukcija parnih turbina.

5. ZAKLJUČAK

Bez obzira na to što su suvremene parne turbine veoma pouzdani strojevi, mogući su u tijeku eksploatacije, zbog različitih uzroka, njihovi otkazi i havarije, popraćene od malih do katastrofalnih šteta.

Istraživanja i analize otkaza i havarija parnih turbina pokazala su da su najduže zastoje i najveće materijalne troškove prouzrokovali lomovi rotorskih lopatica. Najčešće su lomovi lopatica uzrokovani složenim zajedničkim djelovanjem više činitelja. Najviše zastoja, tj. »otkaza« turbina u eksploataciji nastaje obično zbog neispravnosti i kvarova na regulacijskom sustavu, dok se najveći broj oštećenja pojavljuje na labirintnim brtvama.

Za smanjenje otkaza i havarija turbina nužno se strogo pridržavati propisanih mjera i kriterija osiguranja kvalitete. Budući da su parne turbine obnovljivi strojevi, za njihov pouzdan i dugotrajan rad ima posebnu važnost visok stupanj dijagnostike stanja, procjena vijeka trajanja pojedinih komponenti i pravilna politika održavanja. Pri tome ima prednost politika održavanja turbina po stanju u odnosu na tradicionalnu politiku održavanja po konstantnom vremenu.

Da bi se osigurao pouzdan i ekonomičan rad parnih turbina, nužna je uz ostalo i dobra obučenost osoblja koje ju opslužuje, kao i strogo pridržavanje uputa i propisa za vođenje pogona.

Za povećavanje pouzdanosti parnih turbina radi smanjenja otkaza i havarija nužna su daljnja sustavna istraživanja i praćenja intenziteta otkaza i havarija, kao i analize njihova uzroka u cijelom radnom vijeku turbina.

Na osnovi rezultata istraživanja uzroka otkaza i havarija turbina mogu se poduzeti odgovarajuće mjere za njihovo smanjenje. Osim toga ti rezultati mogu korisno poslužiti za rekonstrukciju postojećih i usavršavanje novih pouzdanijih konstrukcija turbina.

LITERATURA

- [1] B. STANIŠA, R. AKŠAMIJA, »Problemi pouzdanosti parnih turbina u eksploataciji«, 2. jugoslavensko savjetovanje »Sigurnost i pouzdanost u tehnici«, Cavtat, 4–6. 4. 1990., Zbornik radova, 345–360.
- [2] L. HAGN, »Oberflächenfehler in hochbeanspruchten Wellen-Bereichen«, Der Maschinenschaden 59(1986)3, 93–102.
- [3] M. ŠALE, M. PRODANOVIĆ, »Režimi rada generatora snage 308,5 MW za vrijeme havarije 29. 12. 1985. godine u termoelektrani »Nikola Tesla« A–6, Obrenovac, XVIII. savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Budva, 19–23. 4. 1987., 1–10.
- [4] A. MERZ, R. REIFENHAUSER, »Der Turbinenschaden im Kraftwerk Irsching« VGB Kraftwerkstechnik 69 (1989)3, 255–259.
- [5] N. VUJANOVIĆ, »Teorija pouzdanosti tehničkih sistema«, Vojnoizdavački i novinarski centar, Beograd, 1987.
- [6] J. TODOROVIĆ, D. ZELENOVIĆ, »Efektivnost sistema u mašinstvu«, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [7] Ž. ADAMOVIĆ, »Logistički sistem održavanja«, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [8] M. HRVAT, A. RIBARIĆ, D. ĐAKOVIĆ, B. STANIŠA, »Dosadašnja iskustva i mogućnosti Jugoturbine na revitalizaciji deformiranih turbinskih rotora«, Savjetovanje o revitalizaciji termoelektrana Jugoslavije, Brijuni, 16–18. 5. 1989., Zbornik radova, 429–439.
- [9] E. V. UREV, V. V. ERMOLAER, L. A. ŽUČENKO, L. N. MACLENIKOV, L. D. FUCHMAN, »Vibracionnaja nadežnost regulirajuščih stupenj časti niskogo davlenija, Energomašinostroenie (1987)5, 19–23.
- [10] B. STANIŠA, M. DIČKO, »Utjecaj erozije na pouzdanost parnih turbina velikih snaga«, 1. jugoslavensko savjetovanje »Sigurnost i pouzdanost u tehnici«, Cavtat, 5–8. 4. 1988., Zbornik radova, 273–285.
- [11] D. MILENKOVIĆ, »Havarija na delu visokog pritiska parne turbine 308,5 MW u TE »Nikola Tesla« — Obrenovac«, Elektroprivreda 32(1979)3/4, 100–102.
- [12] A. PODPAC, »Okvara turboagregata 32 MW« 5. Savjetovanje o termoelektranama Jugoslavije, Arandelovac, 1974, Zbornik radova II–8/1–18.
- [13] B. STANIŠA, R. AKŠAMIJA, »Povećanje ekonomičnosti i produženje vijeka trajanja parnih turbina u eksploataciji«, 10. kongres o energiji, Opatija 20–22.4.1988, Zbornik radova, 601–615.
- [14] B. STANIŠA, M. DIČKO, B. CVITKOVIĆ, »Problems of steam turbine accidents and measures to increase operational reliability«, The 5th International Power System Conference, Teheran 10–12, Nov. 1990., Zbornik radova 57–68.
- [15] A. S. ŠEMONAEV, »Normi na vibracionnuju otstrojku lopatok parovih turbin«, Energomašinostroenie (1987)5, 38–40.
- [16] A. G. KOSTJUK, B. M. TROJANOVSKIJ, A. D. TRUHNII, »Nadežnost parovih turbin«, Teploenergetika (1981)9, 12–18.
- [17] H. HASS, »Konstruktive Massnahmen zur Erhöhung der Verfügbarekeit von Gross-Dampfturbine«, VDI-Berichte (1977)277.
- [18] A. HOHN, A. ROEDER, »BBC Solution for Low-Pressure Rotors Endangered by Stress Corrosion for Low-Pressure Rotors Endangered by Stress Corrosion Cracking«, Brown Boveri Rev. (1984)3/4, 160–168.

- [19] A. MAJCEN, »Pukotine na diskovima parnih turbina izazvane korozijom pri naprezanju — pregled pojmova i dijagnostika«, Elektroprivreda (1986) 11/12, 454 – 461.
- [20] O. A. POVAROV, E. V. VELIČKO, »Korrozionnoe rastreskivanje matalla parovih turbin«, Energomašinstroenie (1989)4, 6 – 10.
- [21] A. ČESAREVIĆ, »Pristup održavanju termoelektričnih postrojenja«, Savjetovanje održavalaca podunavskog regiona, Smederevo 29. i 30. 3. 1985., Zbornik radova 147 – 156.
- [22] Ž. ADAMOVIĆ, J. MIROLJUB, »Preventivno održavanje u mašinstvu«, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [23] B. STANIŠA, »Suvremeno održavanje i remontiranje parnih turbina«, VIII stručno savjetovanje o termoelektranama, Opatija 4. – 7. 10. 1988, Zbornik radova, knjiga 2, 507 – 518.
- [24] Ž. ADAMOVIĆ, »Tehnička dijagnostika u mašinstvu«, Privredni pregled, Beograd, 1986.
- [25] A. ČESAREVIĆ, »Radni vek delova termoelektričnih postrojenja«, Elektroprivreda 37(1984)7/8.
- [26] A. ČESAREVIĆ, K. VUKOVIĆ, J. VRTAČNIK, »Methods for useful life assesement and extension in Yugoslav thermal power plants«, International conference life assessment and extension, Hauge 13. – 15. June 1988, Zbornik radova 16 – 23.

PROBLEMS OF STEAM TURBINE FAILURE AND DAMAGE

Based on multi-year observation of steam turbines operation, data on the frequency of failure and its consequences as well as the measures for its prevention are analysed and worked out.

PROBLEME DER BESCHÄDIGUNGEN UND AUSFÄLLE DER DAMPTURBINEN

Auf Grund der jahrelangen Beobachtung der funktionsfähigen Dampfturbinen wurden Angaben über die Häufigkeit der Ausfälle und ihrer Folgen sowie die Grundmassnahmen analysiert und bearbeitet.

Naslov pisca:

Doc. dr. Branko Staniša,
dipl. inž.
Jugoturbina, Institut
47000 Karlovac,
Mala Švarča 155,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-03-25.

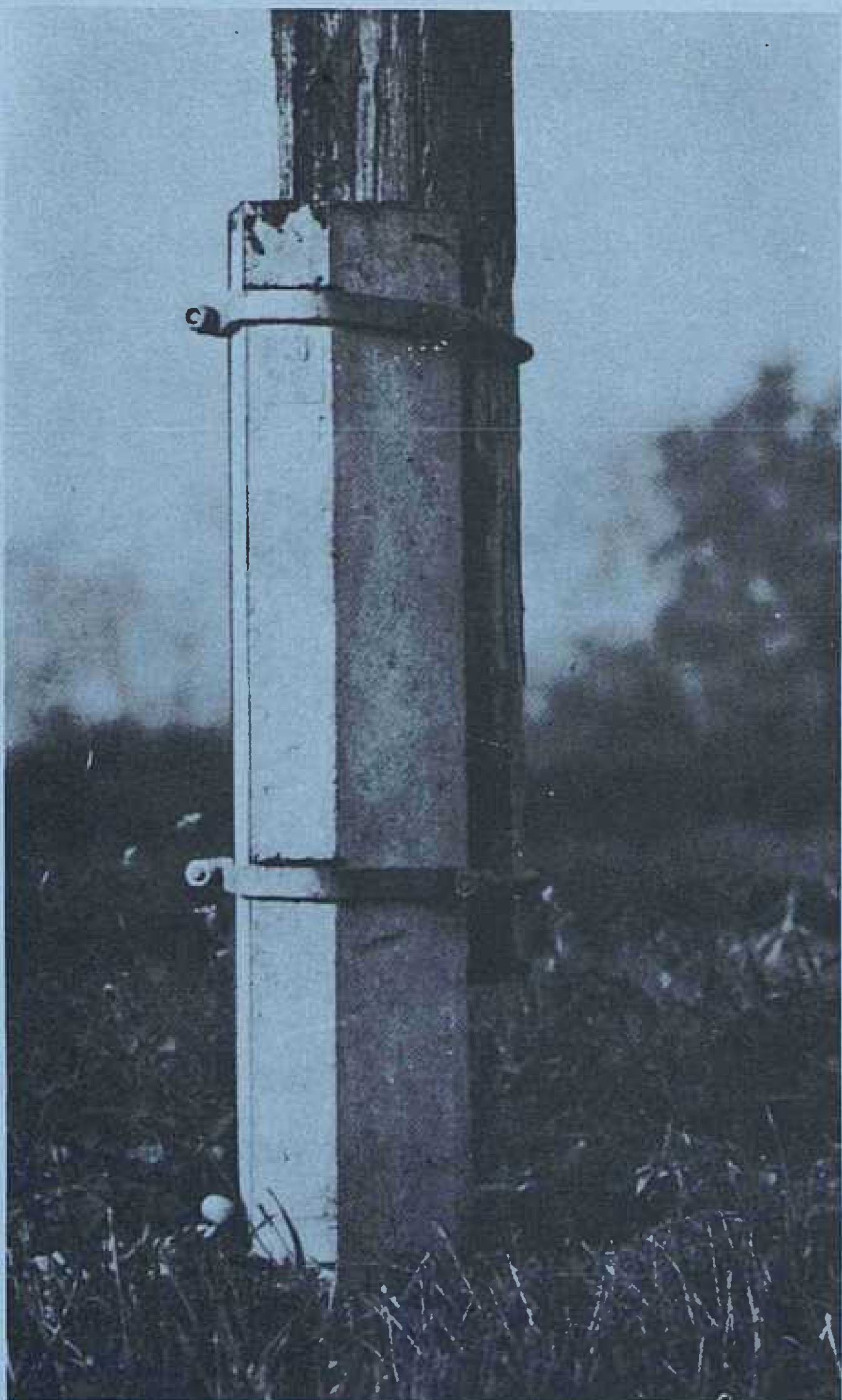


IGM
SAVA
KRŠKO

industrija gradbenega materiala p.o.
68270 KRŠKO, CKŽ 59

Industrija građevinskog materijala »Sava« iz Krškog već niz godina proizvodi betonske proizvode za potrebe elektroprivrede. Njezina namjena je da s novim materijalima pojednostavi i promijeni gradnju električnih vodova niskog, srednjeg i visokog napona.

Kao rezultat njezinih napora nastao je prije više godina prvi proizvod iz serije betonskih proizvoda za potrebe elektroprivrede i to betonski nogar »Univerzal«. Elektroprivreda je tražila nogar koji bi bio lagan, jednostavne manipulacije, sposobnosti i velike mogućnosti. Služio bi sanaciji dotrajalih drvenih mreža, kao i za nove. Iz tih razloga je poduzeće izradilo betonski nogar »Univerzal«, koji odgovara svim tim zahtjevima. Lakši je od do sada upotrebljavanih klješta, ali je još uvijek dosta jak. Kako je već rečeno, upotrebljava se kako za sanaciju dotrajalih drvenih stupova, tako i za novogradnju. Njegova prednost je i u tome, što se može upotrebljavati neovisno o vremenskim uvjetima, što se postiže sa suhim temeljenjem pomoću stabilizacionih ploča.



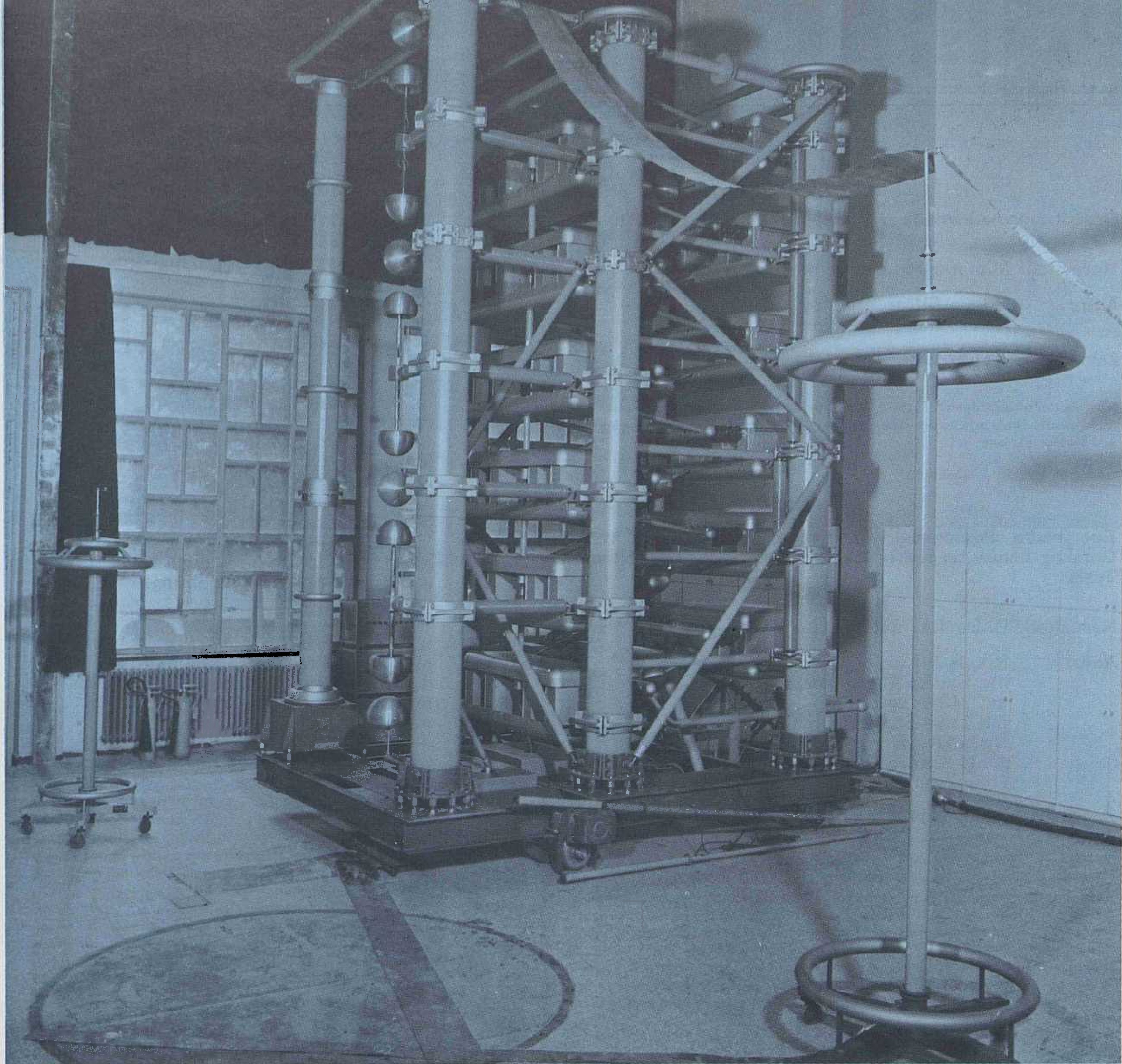
Nekoliko tehničkih podataka o nogarima »Univerzal«. Proizvodi se u tri tipa od V. do VII. Razlikuju se međusobno u nosivoj sposobnosti od 1000 kpm do 2000 kpm, tako da odgovaraju svim zahtjevima. Težina je promjenljiva od 180 do 190 kg ovisno o tipu.

BETONSKI NOGARI »UNIVERZAL«		
Tip	M_x/M_y (kpm)	težina (kg)
U V	1000/500	183
U VI	1500/650	186
U VII	2000/800	190

Komplet čini ovisno o tipu nogara:

Element	tip V	tip VI	tip VII
Betonski nogar	1 kom	1 kom	1 kom
Obujmica	2 kom	2 kom	2 kom
Stabilizaciona ploča 35 × 40 cm	1 kom	1 kom	1 kom
Stabilizaciona ploča 25 × 60 cm	4 kom	6 kom	6 kom

telefon	n.c. (0608) 21 515	šljunčara i cementara Drnovo (0608) 22 075	telefax	(0608) 21 247
	21 220			
	22 012	šljunčara i cementara Brege		
priprema rada	22 122	strojni park	žiro račun	51600-601-11903
		21 526		
		21 294		



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1991. GODINI

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da bi znanstveno obrađivao probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već tridesetdevet godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito valja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetske sustava uspoređivanjem vrijednosti elektra, stalni 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, te 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 zaokruženi djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske sustave i ekonomsku problematiku

Studijska radna jedinica za razdjelne, visokonaponske, n. n. mreže i za projektiranje

Studijska radna jedinica za hidrotehničke sustave.

Zavod za visoki napon i prijenosne mreže

U daljnjem tekstu prikazani su važniji radovi iz djelovanja ovih grupa u 1991. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SUSTAVA

Određivanje nadoknade za korištenje prostora HE i TE

Naručitelj: Ministarstvo energetike i industrije

Autori: Nikola Bilčar, dipl. ing.
Nada Jandrilović, dipl. oec.

Završeno u srpnju 1991.

Novi Zakon o elektroprivredi (N.N. 31/90) ukida plaćanje hidroenergetske rente, te uvodi nadoknadu za korištenje prostora koju trebaju plaćati hidroelektrane i termoelektrane.

Opseg: 53 stranice s tablicama.

Energetsko ekonomska valorizacija neiskorištenih voda Gorskog kotara na hidroenergetskom sustavu HE »Nikola Tesla«

Naručitelj: Hidroelektrana »Nikola Tesla« — 51243 Tribalj

Autori: Nikola Bilčar, dipl. ing.
mr. Slavko Alerić, dipl. ing.
mr. Miljenko Bradarić, dipl. ing.
mr. Luka Staničić, dipl. oec.
Nada Hruška, dipl. oec.
Neda Komerički, oec.
Ivica Posavec, teh.

Završeno u siječnju 1991.

U Gorskom kotaru još ima voda koje se ne koriste u hidroenergetskom sustavu hidroelektrane »Nikola Tesla« u Triblju. Zadatak je ovoga rada (kako je i u naslovu navedeno) provesti energetsko-ekonomsku analizu tih neiskorištenih voda i odrediti njihov bonitet u elektroenergetskom sustavu Hrvatske. Nakon navođenja osnovnih podataka o elektroenergetskom sustavu te tehnološko-ekonomskih karakteristika pojedinih rješenja za privođenje voda, proračunat je energetski doprinos (moguća proizvodnja) na hidroelektrani »Nikola Tesla«. Taj energetski doprinos je valoriziran u elektroenergetskom sustavu te je na temelju relativne energetsko-ekonomske vrijednosti određen bonitet svakoga pojedinog rješenja.

Opseg: 25 stranica teksta, 27 tablica i 3 slike.

Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede

Sastoji se od šest knjiga:

- I. Potrošnja električne energije
- II. Ocjena stanja izgrađenosti elektroenergetskog sustava Hrvatske elektroprivrede
- III. Analiza mogućnosti izgradnje proizvodnih i prijenosnih postrojenja
- IV. Mogući scenariji razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske
- V. Aspekti utjecaja na okoliš mogućih scenarija razvoja
- VI. Ekonomski položaj elektroprivrede u mogućim scenarijima razvoja

Investitor: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Glavni autor i voditelj

projekta: dr. Goran Granić, dipl. ing.

Pomoćnik voditelja

projekta: dr. Branka Jelavić, dipl. ing.

Autori: Ljiljana Aleksić, dipl. ing.
mr. Slavko Alerić, dipl. ing.
Nikola Bilčar, dipl. ing.
Antun Bobanović, dipl. ing.
Kosta Bojić, dipl. ing.
Mislav Carević, dipl. ing.
dr. Zorko Cvetković, dipl. ing.

Vladimir Dokmanović, dipl. ing.
Nada Jandrilović, dipl. oec.
mr. Vladimir Jelavić, dipl. ing.
Smiljana Jurišić, dipl. oec.
Zoran Kisić, dipl. ing.
mr. Mićo Klepo, dipl. ing.
Željko Koščak, dipl. ing.
mr. Branko Loš, dipl. ing.
Marijan Magdić, dipl. oec.
dr. Niko Malbaša, dipl. ing.
dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing.
Boris Murat, dipl. ing.
mr. Damir Pešut, dipl. ing.
Žarko Petrović, dipl. ing.
Mile Previšić, dipl. ing.
Šime Radić, dipl. ing.
Vladimir Radić, dipl. ing.
Aleksander Russo, dipl. ing.
mr. Rihard Schenner, dipl. ing.
mr. Luka Staničić, dipl. oec.
Veseljko Stojak, dipl. ing.
Ivan Simurina, ing.
mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
dr. Jakša Topić, dipl. ing.
mr. Branko Vuk, dipl. ing.
mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.
dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.

Knjiga I. daje analizu razvoja potrošnje električne energije od 1960. do 1990. god. Predviđena je potrošnja električne energije Hrvatske do 2010. god., za dvije razine gospodarskog razvoja Hrvatske i nekoliko scenarija strukturnih promjena u gospodarstvu Hrvatske.

Knjiga II. daje ocjenu stanja izgrađenosti elektroenergetskog sustava Hrvatske elektroprivrede, za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, za sadašnju razinu potrošnje električne energije.

Knjiga III. prikazuje mogućnosti izgradnje elektroenergetskih postrojenja za proizvodnju i prijenos (vodovi 400 kV) električne energije. Napravljena je analiza mogućnosti izgradnje preostalog hidropotencijala, termoelektrana na uvozni ugljen i plin, termoelektrana izvan područja Republike, nuklearnih elektrana i mreže 400 kV, te procijenjena potrebna investicijska sredstva i troškovi proizvodnje električne energije.

Knjiga IV. obrađuje veći broj mogućih scenarija razvoja elektroenergetskog sustava za dvije razine potrošnje električne energije i dva moguća scenarija isporuke električne energije iz zajedničkih objekata, koje je Hrvatska elektroprivreda jednim dijelom financirala za svoje potrebe. Analiza je obuhvatila potrebnu izgradnju proizvodnih, prijenosnih i distribucijskih postrojenja, te su procijenjena potrebna investicijska sredstva.

Knjiga V. daje analizu i ocjenu mogućih scenarija razvoja na temelju veličine emisije štetnih tvari u atmosferu iz termoelektroenergetskih objekata, uzimajući u obzir potencijalne lokacije za smještaj energetskih objekata.

Knjiga VI. daje analizu ekonomskog položaja Hrvatske elektroprivrede u 1990. god. na temelju rezultata poslovanja i u 1991. god. na temelju planskih vrijednosti. Također je analiziran ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede za različite scenarije, te predložen novi model za utvrđivanje cijene električne energije i odnosa država — elektroprivreda.

Opseg: 1684 stranica.

Energetske bilance Hrvatske 1988 – 1990.

Naručitelji: Ministarstvo energetike i industrije
Hrvatska elektroprivreda
INA

Autor: mr. Branko Vuk, dipl. ing.

Završeno u studenom 1991.

Godišnje energetske bilance Republike Hrvatske za tri godine rezultat su intenzivnog rada na bazi energetskih podataka u posljednjih nekoliko godina. Osnovni cilj razvoja baze podataka da energetska bilanca bude raspoloživa u kratkom vremenu nakon završetka kalendarske godine je postignut, tako da će se i u budućnosti energetska bilanca za prethodnu godinu prezentirati u prvih šest mjeseci tekuće godine. Energetske bilance prikazane u ovom radu izradene su u skladu s tradicionalnom metodom razvijenom u Institutu za elektroprivredu uz neka poboljšanja analize tijeka energije, posebno u sektoru industrije. Osim samih energetskih bilanca ukratko je prikazana i metoda energetskog bilanciranja, kao i osnovna struktura dosada razvijene baze energetskih podataka.

Opseg: 140 stranica, 88 tablica i 16 slika.

STUDIJ RAZDJELNIH NISKONAPONSKIH, VISOKONAPONSKIH MREŽA I PROJEKTIRANJE

Razvoj modela i metoda za optimalno planiranje radijalnih srednjonaponskih distributivnih mreža (Makroprojekt »Planiranje razvoja EES, podsistem Distribucija«)

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr. Željko Rajić, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1991.

Definirani su tehnoeekonomski modeli napojnih transformatorskih stanica X-/20(10) kV i srednjonaponskih vodova za potrebe optimalnog planiranja distributivnih mreža. Svaki element mreže opisan je s fiksnim (investicije, održavanje, gubici u željezu transformatora) i varijabilnim (gubici radne snage i energije) troškovima. Razvijena je optimizacijska metoda kojom se može za zadana mjesta i iznose opterećenja, potencijalne ili postojeće lokacije i snage napojnih transformatorskih stanica te moguće ili već izgrađene trase srednjonaponskih vodova odrediti radijalna konfiguracija mreže s najmanjim aktualiziranim ukupnim troškovima.

Pri tome svi potrošači moraju biti opskrbljeni zahtijevanom snagom, a opterećenja transformatora i vodova, kao i padovi napona, moraju biti unutar dopuštenih granica.

Opseg: 82 stranice sa 30 slika i 4 tablice.

Dugoročni razvoj distribucijske djelatnosti Hrvatske elektroprivrede (detaljna područna analiza te izrada programskog paketa na PC računalu)

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
mr. Rihard Schenner, dipl. ing.
mr. Mirjana Rimac, dipl. ing.
Lahorko Wagmann, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1991.

U studiji je provedena analiza postojećeg stanja distribucijske mreže, te potrebnog stanja za praćenje porasta konzuma. Na temelju dobivenih pokazatelja određen je potrební opseg sanacije i razvoja mreže, te odgovarajuća ulaganja. Analize su učinjene na razini pogona u distribucijskim područjima; time je dobiven znatno bolji uvid u sadašnje i buduće stanje distribucijskih mreža nego što je bilo u prijašnjim radovima. Osim toga, ispitana je »osjetljivost« globalne metode za analizu niskonaponskih mreža na moguću nesigurnost ulaznih podataka. Utvrđeno je da nesigurnost nije velika.

Potrebni opseg izgradnje mreža zbog sanacije i razvoja, te financijska ulaganja iskazana su po distribucijskim područjima i pogonima, te elementima distribucijskog sustava — vodovi 110 kV, 35 kV, 10(20) kV i 0.4 kV, te TS 110/10(20) kV, TS 35/10 kV i TS 10(20)/0.4 kV.

Potvrđen je zaključak da su potrebna ulaganja za sanaciju i razvoj distribucijskih mreža višestruko veća no što su raspoloživa sredstva.

Opseg: 115 stranica, s tablicama.

Dugoročni razvoj srednjonaponske mreže područja »Elektrojug« Dubrovnik do 2010.G.

Naručitelj: »Elektrojug« Dubrovnik

Autor: mr. Rihard Schenner, dipl. ing.

Završeno u lipnju 1991.

Obradeno je područje općine Dubrovnik. Proanalizirano je sadašnje stanje, prognoza konzuma i prijedlog mreže. Najveće trendove porasta konzuma ima područje Pelješca zbog mogućnosti razvoja turizma. Zbog toga se tu predviđa i najveća izgradnja mreže srednjeg napona. Predlaže se izgradnja nekoliko transformatorskih stanica 35/10 kV, s time da se ugrađuje 20 kV oprema. Razlog takvog prijedloga su loše naponske prilike u sadašnjoj 10 kV mreži i problem vremena za koje je potrebno rekonstruirati mrežu. Procijenjeno je da se 10 kV mreža neće stići rekonstruirati dovoljno brzo. Za 10 godina predložila se kontrola rezultata i eventualna izmjena.

Za grad Dubrovnik predlaže se praktično isto, što znači primjena transformacije 110/35/10 kV, ali s polaganjem 20 kV kabela i opreme. Transformacija 110/10 kV nije za grad pogodna zbog oblika područja, a za primjenu 20 kV napona treba dulje vrijeme.

Opseg: 40 stranica, 24 tablice, 10 slika.

Sanacija elektroenergetskog napajanja otoka sjeverozapadnoga zadarskog arhipelaga

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — »Elektra Zadar«

Autor: dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.

Završeno u travnju 1991.

Naponske prilike u 10 kV mreži otoka sjeverozapadnoga zadarskog arhipelaga (Rivnja, Sestrinja, Molata, Ista, Silbe, Premude i Oliba) izrazito su loše. Ta situacija je uvjetovana ekstremnom dužinom 10 kV voda od TS 35/10 kV »Ugljan« do otoka Silbe — oko 50 km.

Zbog loših naponskih prilika na tim je otocima onemogućen priključak novih potrošača i daljnji razvoj otoka.

U studiji su istražena moguća rješenja za sanaciju naponskih prilika. Na temelju izvršenih tehno-ekonomskih usporedbi predloženo je etapno rješenje — postupna izgradnja voda 35 kV od TS 35/10 kV »Ugljan« do otoka Silbe; sa gradnjom jedne nove TS 35/10 kV. Time bi se trajno riješilo napajanje otoka zadarskog arhipelaga.

Opseg: 36 stranica.

Mjere za povećanje pouzdanosti pogona elektroenergetskih vodova i postrojenja na području otoka Paga

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: dr. Ivo Hrs, dipl. ing.
Ante Sekso, dipl. ing.
dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.

Završeno u ožujku 1991.

Distributivna mreža na otoku Pagu i njegovoj okolici izložena je izuzetno jakim zasoljavanju izolacije, a također i utjecajima atmosferskih pražnjenja. Posljedica toga su mnogobrojni ispadi vodova i postrojenja, pa je bilo nužno analizirati mogućnosti hitne intervencije za povećanje pouzdanosti pogona.

Najprije su određene i obrazložene mjere koje treba odmah provesti, a najkasnije do sljedećeg zimskog razdoblja, a od kojih su najvažnije zaštita izolacije 35 i 10 kV postrojenja i vodova suvremenim zaštitnim premazima, te prenaponska zaštita postrojenja 35 kV. Određene su osim toga opsežne dodatne zaštitne mjere, koje treba provoditi postupno i uz provjeru njihove efikasnosti.

Na kraju su razmatrane i dugoročne mjere za poboljšanje pogona distributivne mreže na otoku Pagu, prije svega sa stajališta potrebnog razvoja i izgradnje elektroenergetske mreže.

Opseg: 23 stranice.

Uvođenje mikroprocesorske tehnologije i integriranih sustava zaštite, automatike, nadzora i upravljanja u postrojenjima distributivne mreže

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr. Božidar Filipović, dipl. ing.
Damir Karavidović, dipl. ing.
prof. dr. Zijo Pašić, dipl. ing.
Janez Zakonjšek, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1991.

U studiji je provedena analiza glavnih značajki postojećih sekundarnih sustava glede novih zahtjeva koje postavlja EES. Nakon toga analizirani su sistemski zahtjevi koji se postavljaju na sekundarne sustave realizirane u novoj tehnolo-

giji. Definirane su funkcije zaštite pojedinih činitelja EES-a, funkcije automatske u distributivnoj TS te funkcije nadzora, upravljanja, alarma i mjerenja. Na kraju je dan prikaz nekih komercijalnih sekundarnih sustava.

Opseg: 83 stranice.

Zaštita od uzdužnih i visokoomskih kvarova u mrežama srednjeg napona (II dio: ispitivanja i mjerenja)

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr. Božidar Filipović, dipl. ing.
dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Damir Karavidović, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1991.

Ovaj rad se nastavlja na prvi dio studije u kojoj su napravljena teorijska istraživanja visokoomskih i uzdužnih kvarova gdje je upozoreno na moguće poteškoće u radu relejne zaštite u tim uvjetima. U studiji su dani rezultati simulacija kvarova u sn-mrežama (veličine struja i napona, njihovih simetričnih komponenti, viših harmonika struja i napona pri kvaru) i rada relejne zaštite (5 tipova releja) za različite vrste kvarova, mreža i stanja neutralne točke.

Opseg: 113 stranica.

STUDIJ HIDROTEHNIČKIH SUSTAVA

HE Varaždin — tehničko promatranje za 1989. godinu

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autori: M. Zelić, dipl. ing.
S. Hršak, ing.
Đ. Cahun, tehn.

Završeno u studenom 1991.

U elaboratu su sadržane i obrađene aktivnosti tehničkih promatranja HE Varaždin u razdoblju od 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: 102 stranice teksta, 25 stranica fototeka, 40 stranica priloga.

Izveštaj o pregledu dovodnog tunela HE Gojak na dionici Sabljaki-Bukovnik

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autori: A. Russo, dipl. ing.
S. Hršak, ing.

Završeno u rujnu 1991.

Ovo je pregled dovodnog tunela HE Gojak koji se obavlja redovno, jedanput godišnje pri remontu postrojenja.

Opseg: 12 stranica teksta, 1 crtani profil, fototeka.

Dokumentacija o posljedicama iznenadnog rušenja ili prelijevanja brane HE Lešće (I. dio — hidrauličko hidrološke analize)

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autori: K. Plantić, dipl. ing.
M. Martinović, ing.

Završeno u srpnju 1991.

Uzemljenje zvjezdišta 10 kV mreže na području Metkovića

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — »Elektrodalmacija Split«

Autori: dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Duda Meštović, el. teh.

Završeno u srpnju 1991.

Mreža 10 kV na području Metkovića napaja se iz TS 35/10 kV »Metković 1«, »Metković 2« i »Opuzen«. Budući da su kapacitivne struje zemljospoja u tim mrežama veće od 20 A, nužno je provesti uzemljenje zvjezdišta 10 kV.

Na temelju proračuna u svim mrežama predloženo je jedinstveno rješenje — uzemljenje zvjezdišta preko otpornika nazivne struje 150 A, po shemi »jedan otpornik po TS«.

Studiji su priloženi svi potrebni proračuni, te upute za nadopunu opreme i zahvate na uzemljivačima TS 10/0.4 kV.

Podaci o mreži 10 kV arhivirani su u bazi tehničkih podataka Instituta za elektroprivreda.

Opseg: 88 stranica.

Brana HE Lešće svojim se karakteristikama ubraja u visoke brane čije rušenje izaziva najteže posljedice u dolini nizvodno od brane. Proračun rušenja učinjen je primjenom matematičkoga simulacijskog modela.

Analitički proračuni modela zasnovni su na numeričkom rješavanju Saint – Venantovih parcijalnih diferencijalnih jednadžbi za simulaciju propagacije toka, odnosno proračun nestacionarnog tečenja s naglim promjenama u otvorenom koritu neprizmatičnog oblika.

Ovim elaboratom provedene su simulacije trenutnog rušenja brane HE Lešće za stanje maksimalnog uspora uz ekstremni dotok, zatim za stanje normalnog uspora uz eksploatacioni protok, te analizirane razne niže kote u akumulaciji, kako bi se mogla odrediti sigurnosna razina. Za sva navedena stanja određena je maksimalna kota dopiranja vodnog vala, vrijeme nailaska, te brzina čela vala.

Opseg: 71 stranica teksta, 33 tablica, 26 slika i 2 priloga.

Zaštita korita Dobre od HE Lešće do nizvodno od Lešće Toplice

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autori: K. Plantić, dipl. ing.
M. Martinović, ing.

Završeno u srpnju 1991.

Izgradnjom HE Lešće promijenit će se dosadašnji režim voda rijeke Dobre. U tu svrhu bilo je nužno točno odrediti nastale promjene u hidrauličkom toku kako bi se potrebnim građevinskim zahvatima izbjegli negativni utjecaji rada hidroelektrane na prirodni režim tečenja.

Za potrebe izrade Idejnog projekta uređenja korita i obala rijeke Dobre na području mjesta Lešće Toplice obavljene su hidrauličke analize kako postojećeg (prirodnog) stanja, tako i planiranog režima tečenja. Analizom je obuhvaćena dionica rijeke Dobre od osi buduće brane HE Lešće do ušća Globornice.

Sve hidrauličke analize učinjene su primjenom matematičkoga simulacijskog modela. Analitički proračuni modela zasnovani su na numeričkom rješavanju Saint-Venantovih parcijalnih diferencijalnih jednadžbi za simulaciju propagacije toka, odnosno proračun nestacionarnog tečenja u otvorenim tokovima neprizmatičnog oblika.

Na osnovi rezultata hidrološko-hidrauličkih analiza zaključeno je da se izgradnjom HE Lešće, a uz pridržavanje Pogonskog pravilnika upravljanja, bitno ne mijenja režim tečenja nizvodno od brane. Predviđenim građevinskim zahvatima u mjestu Lešće Toplice režim tečenja pri malim vodama se i poboljšava.

Opseg: 90 stranica teksta, 54 tablica, 25 slika.

Osnovni projekt poboljšanja sistema zahvata rashladne vode TE-TO Zagreb

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autor: A. Russo, dipl. ing.

Završeno u siječnju 1991.

Zbog povećanog taloženja nanosa u koritu rijeke Save uzvodno od praga gdje se nalazi zahvat rashladne vode TE-TO, kao i zbog planirane izgradnje novog bloka IV TE-TO Zagreb pristupilo se izradi »Osnovnog projekta . . .«, zbog rješenja pouzdane vodoopskrbe i problema nanosa postojećeg i planiranog stanja.

Opseg: 50 stranica teksta, 24 slike, 1 prilog.

Projekt sanacije desne obale Save nizvodno od primarnog regulacijskog praga kod TE-TO Zagreb

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autor: A. Russo, dipl. ing.

Za potrebe sanacije desne inundacije kod TE-TO Zagreb izradili smo projekt desne obaloutvrde na dijelu korita rijeke Save nizvodno od primarnoga regulacijskog praga.

Opseg: 10 stranica teksta, 5 priloga.

Aktivnosti građevinskog nadzora na TE Plomin 2

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autor: B. Štajer, dipl. ing.

Obrađeni su poslovi glavnog inženjera za građevinske radove u Odjelu izgradnje i nadzora TE Plomin 2.

QA aktivnosti za građevinski dio na TE Plomin 2

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autor: K. Klak, dipl. ing.

U sklopu službe osiguranja kvalitete na TE Plomin 2 obavljani su radovi na osiguranju kvalitete građevinskih radova i antikorozivnoj zaštiti čeličnih konstrukcija i opreme.

Osiguranjem kvalitete građevinskih radova obuhvaćeni su betonski radovi i nosiva čelična konstrukcija kotla TE Plomin 2.

U sklopu betonskih radova osiguranje kvalitete je provedeno na:

- a) kontroli proizvodne sposobnosti betonare,
- b) kontroli proizvodnje betona,
- c) ispitivanju sastojaka betona,
- d) ispitivanju gotovoga betona.

Osiguranjem kvalitete nosive čelične konstrukcije kotla obuhvaćeno je:

- a) za glavnu nosivukonstrukciju i veći dio pomoćne konstrukcije — osiguranje kvalitete montiranja;
- b) za nemontirani dio pomoćne konstrukcije — osiguranje kvalitete na preuzimanju i pripremi za monitiranje.

Aktivnosti nadzora antikorozivne zaštite (AKZ) na TE Plomin 2

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda — Zagreb

Autori: M. Zelić, dipl. ing.
S. Hršak, ing.

Na gradilištu TE Plomin 2 u 1991. godini, kao i u prethodnoj godini, obavljane su aktivnosti utvrđivanja i ocjene stanja izvedene antikorozivne zaštite (AKZ) konstrukcije i opreme, pripreme dokumentacije, definiranje zahtjeva sanacije AKZ, prikupljanja i obrade ponuda za izvođenje radova, koordinacijske i organizacijske aktivnosti i neposredan nadzor izvođenja AKZ radova.

Aktivnosti se nastavljaju i u idućem razdoblju izgradnje.

Osim navedenih aktivnosti, na gradilištu TE Plomin 2 provodio se i nadzor termoizolacijskih radova.

STUDIJ VISOKONAPONSKE OPREME I PRIJENOSNIH MREŽA**Proračun raspodjele najvećih struja početnog jednopolnog kratkog spoja duž DV-a 110 kV: 1. TE-TO 2 — Žitnjak, 2. Žitnjak — Resnik, 3. Botinec — Rakitje i 4. Samobor — Rakitje (I. etapa)**

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, PrP Zagreb

Autor: mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u veljači 1991.

Za potrebe zaštite dojavnih vodova na području utjecaja navedenih elektroenergetskih vodova 110 kV koji se projektiraju na području »Zagreb — makro« određena je raspodjela inducirajućih struja u tlu kod neistodobnih početnih jednopolnih kratkih spojeva duž trasa navedenih vodova za predvidive kratkospojne prilike oko 2000. godine na području »Zagreb — makro«.

Opseg: 17 stranica teksta, 4 slike i pripadne tablice, protokoli računskog stroja.

Proračun raspodjele najvećih struja početnog jednopolnog kratkog spoja duž DV-a 220 kV Pehlin — Divača, za 2010.

Naručitelj: HPT TKC Rijeka

Autor: mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u srpnju 1991.

Za potrebe zaštite dojavnih vodova na području utjecaja navedenog elektroenergetskog voda 220 kV određena je raspodjela inducirajućih struja u tlu kod neistodobnih početnih jednopolnih kratkih spojeva duž trase navedenog voda za predvidive kratkospojne prilike oko 2010. godine.

Opseg: 15 stranica teksta, 1 slika, 1 tablica, protokoli računskog stroja.

Proračun raspodjele najvećih struja jednopolnog kratkog spoja duž DV-a 400 kV Melina — Tumbri, za reduciranu mrežu 1993. godine

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda

Autor: mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u prosincu 1991.

Za potrebe zaštite dojavnih vodova na području utjecaja navedenog elektroenergetskog voda 400 kV već je u listopadu 1988. izračunata raspodjela inducirajućih struja u tlu kod neistodobnih jednopolnih kratkih spojeva duž voda. U međuvremenu je nastala nova situacija privremenog pogona navedenog voda sa samo jednim drugim zaštitnim užetom.

Opseg: 33 stranice teksta, 10 slika, 7 tablica, protokoli računskog stroja.

Istraživanje iznošenja potencijala iz TS 110/10(29) kV Matulji

- Dio prvi — Iznošenje potencijala iz TS Matulji
- Dio drugi — Izvorni oscilogrami
- Dio treći — Mjerenje potencijala u 33 točke mjerne mreže Matulji

Naručitelji: Brodomaterijal Rijeka, i
HPT, Direkcija telekomunikacija, TC Rijeka

Autori: (priprema, provedba i obrada mjerenja):
mr. Dragutin Mihalic, dipl. ing.
mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.
Josip Mužny, dipl. ing.
Darko Nemec, dipl. ing.
Stjepan Zubić, el. tehn.
Damir Sever, el. tehn.
Srećko Juretić, el. tehn.

Završeno u rujnu 1991.

Obavljenim VN-mjerenjima iznošenja potencijala iz TS 110/10(20) kV Matulji utvrđeni su sljedeći parametri uzemljivača:

- impedancija uzemljenja TS 110/10(20)kV Matulji $Z_E = 0,230 \Omega$
- otpor rasprostiranja samog uzemljivača TS Matulji $R_E = 0,542 \Omega$
- potencijali uzemljivača TS Matulji i RSS-a
za $I_{KS} \text{ mj} = 2312 \text{ A}$ $U_E = 474 \text{ V}$, $U_{RSS} = 212,1 \text{ V}$ (mjereno)
za $I_{KS} \text{ mj} = 7332 \text{ A}$ $U_E = 1503 \text{ V}$, $U_{RSS} = 673 \text{ V}$ (2010.g)

Potencijali uzemljivača TS 10/0,4 kV i HPT-RSS Matulji (u rasponu mjerenih vrijednosti I_{KS} do perspektive 2010. godine)

TS 110/10 kV Matulji	$U_E = 474 - 1553 \text{ V}$
TS 10/0,4 kV Matulji 1	$U_E = 402,6 - 1319 \text{ V}$
TS 10/0,4 kV Matulji 2	$U_E = 423,6 - 1386 \text{ V}$
TS 10/0,4 kV Matulji 3	$U_E = 431,6 - 1414 \text{ V}$
TS 10/0,4 kV Radetići	$U_E = 431,6 - 1414 \text{ V}$
HPT-RSS Matulji	$U_E = 212,1 - 695 \text{ V}$

- naponi dodira
Ustanovljeno je da mjereni odnosno preračunati naponi dodira u Marinčićevoj 2 za kompletno uklopno stanje TS 110 kV Matulji prelaze dopuštenu vrijednost od 150 kV. Potrebne su dodatne zaštitne mjere. Isto vrijedi za bakreno zaštitno uže položeno u kabelskom rovu.

Najveći izmjereni naponi dodira u TS 10/0,4 kV Matulji 1, 2, 3 i Radetići iznose (u zagradi su mjerene veličine preračunate na najnepovoljniji mogući slučaj mreže do 2010. godine):

- na području TS Matulji 1 $U_{Dmax} = 10,1 \text{ V}$ (33,1)
- na području TS Matulji 2 $U_{Dmax} = 17,4 \text{ V}$ (57,0)
- na području TS Matulji 3 $U_{Dmax} = 10,3 \text{ V}$ (33,7)
- na području TS Radetići $U_{Dmax} = 10,3 \text{ V}$ (33,7)

- rezultati mjerenja napona opasnosti u TK mreži RSS-a Matulji
Provedenim mjerenjima u 30 mjernih točaka u TK mreži RSS-a Matulji kod jednog polnog kratkog spoja u TS 110 kV Matulji ustanovljeno je da u TK-mreži neće biti nikakvih problema (tj. prevelikih eventualnih napona opasnosti) sve dok se u postrojenje TS 110 kV Matulji ne uvede treći 110 kV dalekovod iz Pehlina. Uvođenje DV-a 110 kV iz Pehlina ima za posljedicu pojavu mogućih prevelikih napona opasnosti (većih od 430 V u RSS-u prema referentnoj zemlji).

Za buduće stanje 110 kV mreže (kao i za sadašnje, sa 3 DV-a, bez sekcioniranja u TS Pehlin) eventualni naponi su veći od 430 V (do 672 V), tako da će biti nužno u dijelu TK mreže provesti odgovarajuće zaštitne mjere.

Opseg: Dio prvi — 69 stranica teksta + 31 obrađeni oscilogram
Dio drugi — izvorni oscilogrami NN + VN mjerenja (19+89) str.
Dio treći — mjerenje potencijala u 33 mj. točke (66 str)

Kompenzacija jalove energije

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda, Elektroprijenos, Zagreb

Autor: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u travnju 1991.

Sažeto je prezentirana osnovna problematika jalove energije na razini sistema. Na temelju najnovijih podataka za elektroenergetski sistem bivše Jugoslavije i realnih tranzita pilotski je istraživana potrebna veličina podrške jalovom snagom na riječko-zagrebačkom području, kao i pitanja uklopnog stanja mreže. Inicirano je namjensko proučavanje te problematike.

Opseg: 22 stranice, slike, protokoli računskog stroja.

Mreža 220 – 110 kV Dubrovnik

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda

Autori: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u lipnju 1991.

Za temelju podataka o očekivanom razvoju potrošnje iz odgovarajuće distributivne studije ispitivane su apriorno predložene varijante napajanja dubrovačkog područja. Promatrano je polazno stanje, presjek 1995. i konačni horizont. Iz rezultata provedenih analiza predložen je razvoj mreže koji bi bio optimalno prilagođen potrebama dubrovačkog područja. (Prijedlog je prihvatio Upravni odbor HEP-a.)

Za predloženi razvoj mreže učinjeni su i proračuni kratkog spoja.

Opseg: 35 stranica, slike, protokoli računskog stroja.

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

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda

Autor: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.

Završeno u studenom 1991.

Za razdoblje 1995 – 2010. ispitivano je povezivanje zadarskog područja s otocima sjevernog Jadrana, u varijantama mogućih pojačavanja. Utvrđen je prijedlog optimalnog zatvaranja otočke petlje, prioriteta, te mogućnosti napajanja zadarskog područja u takvoj topologiji.

Opseg: 49 stranica, slike, protokoli računskog stroja.

Razvoj prijenosne mreže 400, 220 i 110 kV na području »Elektroprimorja« Rijeka u razdoblju 1990-2010.

Naručitelj: Elektroprivreda Rijeka

Autori: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Lovro Matković, dipl. ing.
Vlatko Horaček, dipl. ing.
mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u ožujku 1991.

Potrošnja na kojoj se razniva ova studija razvoja mreže dvostruko je verificirana: s razine distributivne mreže i s razine sistema (vezano uz potrošnju Hrvatske i dosadašnje proporcije). Dan je prijedlog optimalnog plana izgradnje transformatorskih stanica.

Mreža je ispitivana u karakterističnim planskim presjecima i dan je prijedlog potrebnih pojačavanja za sigurno napajanje. Dani su i prijedlozi nekih preinaka postojeće topologije i one projektanski definirane.

Ispitivana je problematika nesimetrija s obzirom na prisutnost brojnih EVP-a. Za predloženi razvoj mreže učinjen je proračun početnog trolnog i jednog polnog kratkog spoja.

Opseg: 152 stranice, slike, protokoli računskog stroja.

Razvoj prijenosne mreže (400)220 i 110 kV na području Istre u razdoblju 1990-2010. godine

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda

Autori: mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
mr. Davor Nevečerel, dipl. ing.

Završeno u svibnju 1991.

Vezano za očekivani razvoj potrošnje Hrvatske određena je potrošnja Istre za karakteristične planske petogodišnje presjke do 2010.

Iz rezultata ispitivanja mreže formulirana je dinamika optimalnog razvoja u smislu topologije kao i naponskih razina. Predložene su neke izmjene postojećih incidencija u superponiranoj mreži 220 kV.

Za predloženi razvoj mreže učinjen je proračun početnog trolnog i jednog polnog kratkog spoja.

Opseg: 89 stranica, slike, protokoli računskog stroja.

Izveštaj o osiguranju i kontroli kvalitete pri remontu generatora i VN motora u TE Rijeka 1 u 1991. godini

Naručitelj: Hrvatska elektroprivreda
Direkcija za proizvodnju TE Rijeka1

Autori: Svetolik Subotić, ing.
Josip Kučak, dipl. ing.

Završeno u rujnu 1991.

Kapitalni remont generatora i VN motora u 1991. godini povjeren je tvornici »Končar-Generatori«, a osiguranje i kontrolu kvalitete nadzirao je »Institut za elektroprivredu« prema usvojenom planu kontrole, mjerenja i ispitivanja generatora i VN motora.

Izveštaj je podijeljen na dva dijela: A) i B)

Dio A) sadrži nadzor kontrole kvalitete pri remontu generatora i VN motora u TE Rijeka 1, Kostrena. U zaključcima do sljedećeg remonta na temelju zapažanja preporučuje se:

- kontrola pritegnutosti vijaka u zvjezdištu generatora koji drže noseće ploče provodnih izolatora
- predviđanje potrebe preklinjavanja zbog mogućnosti popuštanja zaklinjenosti rotora
- ustanovljavanje uzroka nastanka vlage u generatoru i način uklanjanja
- narudžba tekstolita za klinove kod »Ansaldo« — Genova za preklinjavanje statora.

Dio B) sadrži reviziju na 4 asinkrona VN-motora u tvornici »Končar-Generatori« u sljedećem opsegu:

- mjerenje otpora izolacije statora
- mjerenje omskih otpora statora
- ispitivanje u praznom hodu
- ispitivanje u kratkom spoju
- ispitivanje izolacije statora
- kontrola rotora
- kontrola termosondi i grijača
- mehanička ispitivanja.

Rezultati ispitivanja na sva 4 motora zadovoljavaju kriterije za praćenje stanja izolacije VN rotacionih strojeva prema tehničkim preporukama.

Opseg: 18 stranica teksta i 1 priloga.

Laboratorijska ispitivanja prijenosnih ručnih alata s elektromotorima

Suradnici: Josip Kučak, dipl. ing.
Svetolik Subotić, ing.
Stjepan Zubić, el. tehn.
Damir Sever, el. tehn.
Srećko Juretić, el. tehn.

Obavljena su tipska ispitivanja i Kontrola usklađenosti s atestiranim tipom na temelju člana 3. Zakona o preuzimanju, Zakona o standardizaciji koji se u Republici Hrvatskoj primjenjuju kao republički zakon (Narodne novine br. 53/91).

Ispitivanja izolatora u VN laboratoriju

Naručitelj: ISKRA — Ljubljana, Slovenija

Suradnici: Josip Mužny, dipl. ing.
Josip Kučak, dipl. ing.
Svetolik Subotić, ing.
Tomislav Veselić, ing.
Stjepan Zubić, el. tehn.
Damir Sever, el. tehn.
Srećko Juretić, el. tehn.

- a) Ispitivanje silikonskih i teflonskih izolatora 3–110 kV za PLOBEST-Ploče.
- b) Primopredajna ispitivanja izolatorskih lanaca 30–245 kV za DALEKOVOD-Zagreb (Isporuka za MOSHANIR-IRAN).
- c) Ispitivanje uzdužne nepropusnosti vode kabela za tvornicu ELKA-Zagreb.
- d) Tipsko ispitivanje potpornih izolatora 1–38 kV za tvornicu »Elektroelement« — Izlake i Dalekovod-Zagreb.
- e) Ispitivanje prenaponskih zaštitnih uređaja od prenapona za TT-linije.

Ispitivanje elektroenergetskih postrojenja za HEP

Suradnici: Josip Mužny, dipl. ing.
Josip Kučak, dipl. ing.
Svetolik Subotić, ing.
Tomislav Veselić, ing.
Stjepan Zubić, el. tehn.
Damir Sever, el. tehn.
Srećko Juretić, el. tehn.

- a) TE Rijeka 1 — Kostrena
Ispitivanje generatora, uzbude, stanje izolacije i zagrijavanje.
- b) TE-TO Zagreb
Ispitivanje generatora: ispitivanje stanja izolacije.
- c) TE Jertovec
Ispitivanje generatora: ispitivanje stanja izolacije.
- d) TE Plomin 2 i 1
Ispitivanje uzemljivača TE Plomin 1 i 2, sa analizom utjecaja na okoliš.
- e) HE, TE i transformatorske stanice
Ispitivanje odvodnika prenapona i sabirnica prijevoznom ispitnom stanicom za HEP-Zagreb i Elektroprivredu-Slovenije.

Konzalting-aktivnosti u izgradnji TE Plomin 2

Naručitelj: HEP, Tim za izgradnju TE Plomin 2

Autori: Miroslav Blažičko, dipl. ing.
Srećko Bojić, dipl. ing.
Goran Jerbić, dipl. ing.
Josip Kučak, dipl. ing.
Svetolik Subotić, ing.
Dimitrije Avdejev, dipl. ing.
mr Boris Kalan, dipl. ing.

Rad obuhvaća:

- nadzor nad kontrolom kvalitete u proizvodnji i pri ispitivanjima sinkronog generatora 210 MW i blok-transformatora 245 MVA
- pregled i komentar dokumentacije o kontroli kvalitete opreme i planova kontrole kvalitete za proizvodnju i montažu elektroopreme
- smjernice za izradu tendera za elektromontažne radove i izrada podloga za opseg preostalih radova
- rad na podlogama za tender za sustav vođenja TE Plomin 2.

Nadzor nad kontrolom kvalitete pri popravcima generatora za EL-TO Zagreb, TE-TO Osijek i RHE Obrovac

Naručitelj: HEP, Direkcija za proizvodnju

Suradnici: Miroslav Blažičko, dipl. ing.
Josip Kučak, dipl. ing.
Svetolik Subotić, ing.

Prema QC planovima IE proveden je nadzor nad popravcima generatora (radovi u tvornici), te su izrađeni izvještaji koji sadrže pregled nadzornih aktivnosti, rezultate kontrola i odgovarajuće dokumente, te ocjenu kvalitete obavljenih zahvata.

Konzalting-aktivnosti u toku izgradnje TE Plomin 2 — MRU oprema

Naručitelj: HEP, Sektor za inženjering
Tim za izgradnju TE Plomin 2 — Plomin

Autor: mr. Boris Kalan, dipl. ing.

Konzalting-aktivnosti na području MRU-a odnosile su se na sljedeće djelatnosti:

- izradu dijelova tenderske dokumentacije za sustav vođenja (zahtjevi na osiguranje i kontrolu kvalitete, završna preuzimanja i garancije na MRU sistem)
- pregled i komentar cjelokupne tenderske dokumentacije
- pregled i komentar sustava kotlovske regulacije Sulzer-AV6, i sustava turbinske regulacije TT5-ABB
- pregled osnovnih ugovora isporučioa opreme i definiranje stanja isporuke.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

OSTVARENJE ELEKTROENERGETSKE BILANCE U 1991.

Planom potrošnje, proizvodnje i nabave električne energije u 1991. godini na mreži prijenosa prema obračunskim podacima ostvareni su sljedeći rezultati:

Potrebe električne energije	— GWh —		
	Plan	Ostvarenje	%
Potrošači distribucije	11 742,0	10 475,6	89,2
Direktni potrošači	1 044,0	681,4	65,3
Specijalni potrošači	3 910,0	1 376,9	72,1
Gubici prijenosa	500,0	385,8	77,2
Ukupna potrošnja	15 196,0	12 919,7	85,...
Vraćanje iz 1990.	140,0	115,5	
Sveukupne potrebe	15 336,0	13 035,2	

Raspoloživa električna energija			
Proizvodnja HE	5 463,0	5 286,0	96,7
Proizvodnja TE	6 305,0	4 680,0	74,2
TE izgrađene u drugim republikama	3 568,0	2 870,7	80,5
Vraćanje duga iz 1990.	140,0	115,5	
Nabava iz zemlje	0	230,0	Ø
Nabava u inozemstvu	Ø	(147,0)	Ø
Ukupno raspoloživo	15 336 0	13 035,2	

Napomena: Broj u zagradi je negativan i označava isporuku HEP-a.

Osvrt na elektroenergetske prilike u 1991. godini

Razmatranje elektroenergetskih okolnosti u Hrvatskoj tijekom 1991. godine treba zbog agresije i rata diljem naše Republike podijeliti na dva razdoblja:

- razdoblje siječanj – lipanj (do početka agresije i rata)
- razdoblje srpanj – prosinac (ratni mjeseci).

U prvih šest mjeseci ove godine ukupna potrošnja električne energije u Hrvatskoj ostvarena je na razini ostvarene potrošnje u istom razdoblju 1990. godine. U ovom dijelu godine ukupne potrebe potrošača podmirene su u cijelosti.

Početkom mjeseca srpnja, zbog otvorene agresije i rata, a osobito od druge polovice rujna, znatno se smanjila potrošnja električne energije zbog ratnih razaranja elektroenergetskih objekata i postrojenja, kao i gospodarstvenih resursa diljem naše domovine.

Od 27. rujna, zbog ratnog razaranja 400 i 220 kV elektroenergetske mreže i postrojenja, elektroenergetski sustav Hrvatske je fizički podijeljen na dva dijela, od kojih su Slavonija i Dalmacija ostale vezane za ostatak bivše Jugoslavije, a preostali dio sustava preko elektroenergetske mreže Slovenije za Europu.

Posebne poteškoće bile su prisutne u dijelu sustava vezanom za Europu zbog čestog nedostatka snage i energije, dok je drugi dio sustava uglavnom raspolagao dovoljnim količinama i snage i energije unatoč okupaciji znatnoga dijela hidroelektrana (HE Dubrovnik, RHE Obrovac, HE Peruća, HE Golubić i HE Manojlovac).

U proteklom razdoblju siječanj – studeni ukupna potrošnja električne energije u Hrvatskoj ostvarena je sa 86 posto u

odnosu prema planu, te sa 89 posto ostvarene potrošnje u istom razdoblju 1990. godine. Zbog povoljnih hidroloških okolnosti tijekom godine, unatoč višemjesečnoj okupaciji dijela hidroelektrana i akumulacije Peruća, hidroelektrane su ostvarile plan proizvodnje sa 98 posto.

Plan proizvodnje termoelektrana ostvaren je sa 72 posto, većim dijelom zbog supstitucije planirane proizvodnje TE Sisak i TE Rijeka nabavom jeftinije električne energije iz drugih sustava, kao i zbog pada potrošnje.

U 1991. zbog povoljnih hidroloških prilika i potrebe plasma na preljevne hidroenergije isporučena je električna energija u Švicarsku, Italiju i Austriju. Manji dio tih količina prodat je zbog neelastičnog pogona dijela sustava vezanog za Europu nakon 27. rujna, s obzirom na to da su u ovom dijelu sustava okosnica pogona vlastite termoelektrane (NE Krško, TE Sisak, TE Rijeka, TE Plomin i zagrebačke toplane).

Isporuke iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama ostvarene su sa 86 posto u odnosu prema planu, što je većim dijelom posljedica prekida isporuka iz TE Obrenovac od 27. rujna 1991.

Zbog izrazito povoljnih hidroloških prilika i nemogućnosti upravljanja akumulacijama zbog njihove okupacije, kao i zbog razdvojenosti elektroenergetske mreže, ostvarene su ukupne zalihe vode u akumulacijama za 90 posto iznad plana za ovaj dio godine.

I. R.

ULAGANJA U HE LEŠĆE

Hidroelektrana Lešće predstavlja drugu stepenicu iskoristenja vodnog potencijala Gojačke Dobre.

Uloga hidroelektrane Lešće jest proizvodnja električne energije u varijabilnom dijelu dnevnoga dijagrama potrošnje, čime se znatno povećava vrijednost hidroelektrana.

Hidrološka značajka Gojačke Dobre jesu visoke proljetne i jesenske vode, dakle i velika proizvodnja električne energije u to vrijeme. HE Lešće iskorištava pad Gojačke Dobre na odsjeku od 51,47 do 38,86 km.

Energetski podaci o HE Lešće su: snaga izgradnje 37,8 MW, godišnja proizvodnja 92,64 GWh, transport energije 2 × DV 110 kV i 1 × DV 20 kV. Planom izgradnje elektroenergetskih objekata za 1992. godinu za HE Lešće planirana su ulaganja 154,5 milijuna HR dinara.

Planirana ulaganja odnose se na istražne radove iz 1991. godine i nastavak radova u ovoj godini. Predviđa se dovršenje i izmjena projektno-tehničke dokumentacije za ishodenje građevinske dozvole i izrada dijela izvedbene dokumentacije te otkup zemljišta.

I. R.

OSNOVANO HRVATSKO NUKLEARNO DRUŠTVO

Početkom travnja 1992. godine na zagrebačkom Elektrotehničkom fakultetu osnovano je Hrvatsko nuklearno društvo. Svečanoj osnivačkoj skupštini prisustvovalo je 225 stručnjaka koji se bave nuklearnim znanostima i njihovom mir-

nodopskom primjenom. Za predsjednika je izabran prof. dr. Vladimir Knapp.

Novoosnovano društvo uključit će se u rad Europskoga nuklearnog društva, a među glavnim zadacima bit će obavješćavanje javnosti, poticanje znanstvene i stručne djelatnosti, pružanje pomoći pri izradi planova i programa znanstvenih istraživanja te okupljanje svih zainteresiranih građana koji izravno ili posredno rade na nuklearnoj problematici.

Prisutne na osnivačkoj skupštini pozdravili su prigodnim riječima i dr. Krunoslav Pisk, direktor Instituta »Ruder Bošković«, prof. dr. Danilo Feretić, dekan elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, i inž. Josip Aralica, direktor NE Krško, čije će organizacije sudjelovati u radu Hrvatskoga nuklearnog društva.

I. R.

SAVJETOVANJE STRUČNJAKA ZA PLIN U OPATIJI

Sedmi međunarodni susret stručnjaka za plin održan je 5. – 7. svibnja u Opatiji. U radu skupa sudjelovalo je više od 150 stručnjaka iz najznačajnijih hrvatskih poduzeća, kao što su INA-Naftaplin, Gradska plinara Zagreb i Montmontaža, te gosti iz Austrije, Njemačke, Velike Britanije, Italije, Nizozemske, SAD i Slovenije. Na savjetovanju je održano više predavanja i referata iz područja energetike, prije svega o plinu kao glavnom energentu budućnosti.

Inozemni predavači iz SAD, Italije i Švicarske osvrnuli su se na praktično korištenje plina u industriji i dr.

Domaći predavači u više referata osvrnuli su se na problematiku korištenja plina u našim današnjim energetskim prilikama.

Tematika predavanja

Izborom predavanja za VII. međunarodni susret stručnjaka za plin nastojali su se približiti i pojasniti oni energetski i plinski problemi kojima se u ovom trenutku najviše bavimo.

Energetska strategija, program plinifikacije, projekt uvoza ukapljenoga prirodnog plina, uloga plina u budućnosti, te energetske, ekološke i ostale prednosti plina pred drugim energentima definirali su mjesto korištenja i budućnost plina na ovim našim prostorima.

U posebnim referatima obrađena je tarifna politika u korištenju plina kao prethodnika razvoja korištenja prirodnog plina.

Razmotreno je i korištenje akumulacije u visokotlačnoj plinskoj mreži za pokrivanje oscilacija u potrošnji.

Predavanjima su obrađeni i tehnološki ekonomski aspekti privođenja ležišta plina u podmorju.

Posebno je obrađeno područje mjerenja plina kako membranskim, tako i turbinskim plinomjerima. Osim toga, analizirana je i mogućnost daljinskog očitavanja kućnih i ostalih plinomjera.

Nakon referata vođene su stručne diskusije sudionika savjetovanja. Na temelju diskusije donijet će se i odgovarajući zaključci s održanog savjetovanja.

I. R.

REZULTATI RADA NAFTAPLINA U 1991.

Zbog ratnih operacija i razaranja okupatorskih snaga JA i četničkih bandi oštećeno je više naftonosnih polja, naročito u Slavoniji, te je na nekima posve obustavljena proizvodnja. No djelatnici Naftaplina, iako su radili u teškim uvjetima proizvodnje, ostvarili su 1991. godine zavidne rezultate. Nafta i kondenzata proizvedeno je čak 2 149 200 tona, prirodnog plina 1 824 milijuna prostornih metara, tekućih plinova i primarnog benzina blizu 133 900 tona, etana 51,8 milijuna kubika, propilena 8 504 i etilena 51 787 tona.

Potrošačima je isporučeno 2 049 886 000 prostornih metara plina, te su zadovoljene sve potrebe. Financijski plan izgradnje investicijskih objekata ostvaren je sa 89,9 posto.

I. R.

TOPLINSKA ENERGIJA ZA OSIJEK

U teškom ratnom razaranju Termoelektrana — Toplana Osijek pretrpjela je velika oštećenja koja se procjenjuje na 45 milijuna dolara.

Termoelektrana — Toplana Osijek, koja djeluje u sastavu Hrvatske elektroprivrede, opskrbljuje toplinskom energijom 9 000 osječkih kućanstava, 500 poslovnih i 16 velikih industrijskih tehnoloških potrošača.

Unatoč teškim uvjetima rada, svi potrošači osječke TE-TO, uz samo u nekoliko kratkih zastoja, opskrbljivani su toplinskom energijom cijelo vrijeme rata. Da bi osigurali stalnu proizvodnju, koristili su uz tehničke mogućnosti sve dijelove postrojenja, a u rad su puštali i pogone i postrojenja stara 50 godina.

Poslije nastalih teških požara u kojem je uništen sav pripremljeni mazut, kao energent korišten je uglavnom zemni plin, a mazut samo kada proizvodnja izvorne energije nije bila moguća na zemni plin.

I. R.

STRUČNA KONZULTACIJA O OBNOVI I IZGRADNJI ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA REPUBLIKE HRVATSKE

Hrvatski komitet CIGRE, osnovan 18. veljače ove godine, održao je dana 26. i 27. svibnja svoj prvi skup »Stručnu konzultaciju o obnovi i izgradnji EES Republike Hrvatske«.

Konzultacija je održana u Zagrebu u Elektrotehničkom fakultetu, a prisustvovalo joj je oko 320 sudionika.

Kao što je poznato, tijekom ratnih operacija pojedini elektroprivredni objekti i elektroenergetski sistem (EES) u cjelini doživjeli su znatna razaranja. Osnovna tema ove stručne konzultacije bila je zato obnova EES i pojedinih razorenih objekata no isto tako i dalja mirnodopska izgradnja EES do 2010. godine.

S obzirom na kratkoću vremena na konzultaciji su bili predloženi samo pozivni referati (ukupno osam), ali su svi članovi mogli priložiti unaprijed napisane diskusije čiji broj je konačno dostigao 50.

Preferencijalne teme konzultacije bile su:

1. Sistematizacija šteta

Po djelatnostima, naponskim nivoima i sl.

Voditelj: Josip Moser, dipl. ing.

2. Privremeno osposobljavanje

Uz puno prihvaćanje samoinicijative na terenu posvetiti pozornost nekim smjernicama kao: odstupanje od propisa, minimum zaštitnih uređaja, raznolikost opreme, prioriteta i sl.

Voditelj: Zvonimir Firšt, dipl. ing.

3. Definitivna obnova

Uz naglasak na prioritete, na promjenu koncepcije, promjene osnovnog rješenja i sl.

Voditelj: Josip Šuste, dipl. ing.

4. Revitalizacija elektrana

Izvršetak o dosad izvršenim idejnim rješenjima.

Voditelj: Đuro Stanković, dipl. ing.

5. Izgradnja

Skraćeni izvještaj Studije Instituta za elektroprivredu koja je upravo završena i nalazi se na reviziji.

Voditelj: dr. Jakša Topić, dipl. ing.

6. Vođenje EES

Specifično značenje privremenog osposobljavanja, definitivne obnove i izgradnje s obzirom na vrijeme zastarijevanja.

Naglasak na prirodu EES, okruženje, problem jalove snage, rad u UCPTE i sl.

Voditelj: doc. dr. Juraj Šimunić, dipl. ing.

7. Međuzavisnost točaka 2–6

Sažetak svih materijala s jasnim smjernicama djelovanja za EES u cjelini i za njegove dijelove.

Eventualno mrežni plan osnovnih akcija s financijskim ograničenjima

Voditelj: dr. Zorko Cvetković, dipl. ing.

U okviru konzultacije bila su prikazana i dva impresivna filma o razaranjima dalekovoda i postrojenja. Neke scene u

filmovima su snimane neposredno nakon napada na pojedina postrojenja pa se može npr. vidjeti transformator snage 40 MVA koji još gori.

Od interesantnijih zapažanja na ovom skupu spominjemo:

Tema 1

Ratna razaranja su golem. Ona su procijenjena na približno 280 milijuna USD. Usprkos razaranjima većina potrošača bila je u mogućnosti koristiti se električnom energijom.

To treba zahvaliti ljudima u elektroprivredi i oko nje koji su u tim teškim uvjetima pokazali izvanredna psihofizička svojstva, hrabrost, snalažljivost, inventivnost i odgovornost. Uz to treba dodati i dobru koncepciju mreže.

Tema 2

— Zorno je prikazano značenje električne energije u blizini fronte na moral vojske i civilnog stanovništva.

— Dan je niz prilaza korištenja tipskih stupova dalekovoda nižeg reda napona za popravak dalekovoda višeg reda napona.

— Korišteni su dalekovodi višeg napona u pogonu s nižim naponom, ali npr. i dalekovodi 35 kV pod naponom 110 kV.

— Prikazana je zaštita transformatora s paletama opeke te krpanje radijatora i kotlova drvenim i gumenim čepovima.

— Naglašeno je značenje mehanizacije, alata i vozila u kriznim situacijama, a također i prednost daljinskog upravljanja.

— Prikazano je djelovanje lokalnog niskonaponskog sistema u Vukovaru na koji su bili priključeni svi raspoloživi agregati, a koji je djelovao do zadnjega dana.

— Razmatrano je i inteligentno odstupanje od primjena propisa u ratnim uvjetima.

Tema 3

— Razmotrena je važnost obnove mreže 400 kV u okviru mreže UCPTE.

— Dana je analiza cijele prijenosne mreže 110, 220 i 400 kV.

— Predložen je prijelaz s napona 35 i 10 kV na napon 20 kV.

— Razmatran je i problem stupnja pouzdanosti dijelova EES tijekom obnove.

Tema 4

— Razmatran je sustavni pristup revitalizaciji postrojenja.

— Posebno je obrađena mogućnost revitalizacije HE Dubrovnik.

Tema 5

— Razmotren je plan razvoja hrvatske elektroprivrede do 2010. godine s tehnokonomskog, financijskog i ekološkog stajališta.

— Dan je pregled 29 scenarija razvoja koji se grubo daju prikazati u četiri grupe. Grupe N i V, tj. grupe s višim i nižim porastom konzuma, te grupe A i B, tj. grupe s daljim korištenjem vlastitih izvora električne energije izvan područja Republike ili bez tog korištenja.

— Razmotrena je i financijska težina tog razvoja koja zajedno s obnovom iznosi približno 300–450 milijuna USD godišnje.

Tema 6

— Prikazani su izvanredno zanimljivi energetske podaci i detalji o proizvodnji, prijenosu i distribuciji u ratnim uvjetima.

— Predloženo je formiranje tima provjerenih stručnjaka koji bi analizirao i kritički ocjenjivao zahvate u obnovi i izgradnji EES.

Tema 7

Dane su neke smjernice, prije svega elektroprivredi, koje bi se koristile u daljnjem radu:

- Treba se čuvati zastranjivanja pri daljnjem razvoju do kojeg može doći pod pritiskom ratnih iskustava.
- Neka ratna iskustva, naprotiv, treba koristiti i u mirnodopskom razvoju, npr. djelovanje nakon eventualnih potresa ili ekstremnih meteoroloških prilika.
- Prioritete obnove i razvoja treba donositi na bazi struke čuvajući se lokalnih, personalnih, političkih i drugih pritisaka.

Konačno, razmotreni su i niže navedeni elementi mrežnog plana koji bi trebali poslužiti elektroprivredi za razradu pripremni akcija.

1. Sistematizacija oštećenja
2. Pregled provizornih rješenja
3. Procjena stanja i akcija na nepristupačnom području
4. Plan neposredne sanacije

5. Prognoza upotrebljivosti oštećenih objekata
6. Prioritetni plan konačne sanacije — termini
7. Odstupanje od propisa u prijelaznoj fazi
8. Stav prema specijalnim potrošačima
9. Izbor scenarija razvoja
10. Tehnološka i ekonomska opravdanost revitalizacije objekata
11. Konceptijske promjene EES
12. Tehnološke promjene objekata EES
13. Definiranje zahtjeva prema proizvođačima opreme i izvođačima radova
14. Financijska konstrukcija i način realizacije
15. Organizacija rada
16. Eventualna odluka o privatizaciji
17. Prijedlog Ministarstvu energetike i industrije da defini-
ra odnos prema domaćoj industriji i odnose s elektro-
privredom
18. Definitivni prijedlog vladi
19. Nužne modifikacije
20. Start realizacije.

Zorko Cvetković

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

MANJE STRAHA OD NUKLEARNE ENERGIJE

Svaki drugi stanovnik Europske zajednice bio je protiv upotrebe nuklearne energije, što je objavila Komisija EZ 1987. godine, godinu dana nakon katastrofe u Černobilu. U godini 1991, kako javlja austrijska agencija APA, samo 34% ispitanika odbija ovakvu vrstu energije. Nadalje, 30% ih zagovara nepromjenljivo stanje, tj. da postojeće nuklearke dalje rade, ali da se ne grade nove, a 25% odobrava novogradnje. Dok 11% upitanih nema neko određeno mišljenje. Pokazalo se da je najviše protivnika nuklearne energije u Grčkoj (53%), Irskoj (52%), Danskoj (46%), Luksemburgu (46%) i Njemačkoj (44%). Navedeni su podaci dobiveni na temelju ispitivanja 13 000 građana zemalja EZ, u ožujku 1991.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 3

Mrk.

GUBICI U PRIJENOSNOJ MREŽI

U SR Njemačkoj i Nizozemskoj gubici u prijenosnoj mreži najniži su u Europi i iznose 4% bruto-potrošnje električne energije. Za usporedbu evo i podataka za još nekoliko evropskih zemalja:

Finska	4,7%	Danska	6,8%	Italija	7,6%
Belgija	5,4%	Švicarska	7,4%	Švedska	8,7%
Austrija	6,5%	Francuska	7,6%	SSSR	9,1%

Kao što se vidi, gubici su vrlo različiti, a ovise o više činite-
lja, npr. o duljini prijenosnih vodova, gustoći konzuma i
tehničkoj kvaliteti mreže. Podaci su prikupljeni u UN a od-
nose se na 1989. godinu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 3

Mrk.

**ENERGETSKO-INDUSTRIJSKA SURADNJA
NJEMAČKIH I ČEŠKOSLOVAČKIH PODUZEĆA**

Njemačko poduzeće Siemens AG (KWU za gradnju energet-
skih postrojenja) i Škoda, koncern iz Plzena, osnovat će za-
jedničko poduzeće za cijelo područje proizvodnje energije.
Osnovni ugovor o suradnji potpisan je potkraj 1991. u Plze-
nu. Suradnja će obuhvaćati gradnju elektrana na fosilna
goriva, nuklearnih elektrana, hidrogenatora i moderne
ekološke tehnike za elektrane.

Novo će se poduzeće zvati Škoda Energy, a preuzimat će
sve radove od projektiranja do završetka objekta na načelu
ključ u ruke. U poduzeću će Škoda imati 33% udjela, a Sie-
mens 67%. U navedenih 67% udjela treba računati i surad-
nju francuskog poduzeća Framatome iz Pariza koje proiz-
vodi nuklearne reaktore, a surađuje na tom poslu s tvrtkom
Siemens od 1989.

Poduzeće Škoda osnovano je 1859, a gradnjom energetskih
postrojenja bavi se od početka stoljeća. U istočnoj Europi
imalo je važnu ulogu u gradnji klasičnih i nuklearnih elek-
trana. Na radovima iz područja energetike danas je u tom
poduzeću u Plzenu i Pragu uposleno otprilike 7 000 ljudi.
Tvrtka Siemens na takvim poslovima upošljava 22 000 rad-
nika.

Energie Technik, god. 42 (1992), br. 2

Mrk.

**OSOBNI AUTOMOBILI NAJVEĆI ZAGAĐIVAČI I
POTROŠAČI ENERGIJE**

Desetljećima su na osobne automobile stavljana tri zahtje-
va: brzina, udobnost i jeftinoća. No danas treba dodati još
dva: što manje zagađivanje okoliša i što veću uštedu energij-

je. Na temelju istraživanja i provedene ankete zaključeno je da su osobni automobili, računajući kao jedinicu osoba – kilometar, najveći zagađivači okoliša i potrošači energije. Pod jedinicom osoba-kilometar misli se put jedne osobe kilometar daleko. Automobili čak izbacuju više ugljičnog dioksida i dušičnih oksida od zrakoplova, a troše i više energije. Energetska je potrošnja dva puta veća nego ona željeznice i više nego tri puta veća od potrošnje autobusa. To je razumljivo uzme li se u obzir činjenica da vrlo često u osobnom automobilu sjedi jedan čovjek i pritom mora pokretati još tonu automobilske mase. Odnosi zagađenja i potrošnje energije dani su u sljedećem pregledu po osobi-kilometru:

Vozilo	Emisija		Energija kJ
	CO ₂	NO _x	
Autobus	50	0,7	710
Željeznica	78	0,5	1 270
Zrakoplov	160	0,7	2 140
Osobni auto	180	2,1	2 540

Energie, god. 44 (1992), br. 4

Mrk.

PROJEKT VELIKE HIDROELEKTRANE U IRANU

Početkom 1992. započeli su radovi na hidroelektrani Godar-e-Landar na rijeci Karun u jugozapadnom Iranu. Predviđena snaga elektrane u prvoj etapi iznosi 1 000 MW, s mogućnošću podvostručenja snage u budućnosti. Prva bi etapa ušla u pogon 1999. Ukupna investicijska svota procijenjena je na 1,2 milijarde USD. Putem iranske visokonaponske mreže energija će se usmjeriti prema Teheranu i Esfahanu. Planove i predradnje radila su njemačka poduzeća zajedno s domaćim. Do kraja 1993. izgradit će se dva tunela duga 1 200 m, promjera 9 m za skretanje rijeke Karun, kao i prilazne ceste. Radove izvodi konzorcij međunarodnih tvrtki. U daljnjih 5 godina izgradit će se brana visoka 170 m i kaverna elektrane.

Energie, god. 44 (1992), br. 4

Mrk.

POKUŠAJI ISKORIŠTENJA ENERGIJE OCEANA

Oceani su golemi spremnici obnovljive energije, pa su pravljani mnogi pokušaji da se nađe način kako bi se iskoristila ta energija. Uz nastojanja da se iskoristi energija valova, te plime i oseke, o čemu je u časopisu *Energija* u ovoj rubrici bilo više napisa, pokušala se također iskoristiti morska biomasa i temperaturna razlika površinske i dubinske vode. Poznato je da ugibanjem raslinja uz djelovanje bakterija među ostalim nastaje i gorivi plin metan, što se već iskorištava biološkom preradom otpadnih voda. Šezdesetih se godina počela u Kaliforniji proučavati mogućnost uzgoja morskih algi iz čije bi se biomase dobivao metan. Pronađena je za to vrlo pogodna vrsta alge (macrocystis) i 1978. osnovana je farma 6 km od obale Kalifornije. Za brzi rast algi trebala je, osim sunca i toplog mora, pogodan sastav vode bogat različitim mineralima, a takav se nalazi 300 m do 700 m ispod površine. Trebalo je stoga instalirati posebne crpke koje su alge opskrbljivale hranjivom vodom. U tako povoljnim uvjetima alga je rasla do 5 cm dnevno, da bi dosegla duljinu od 60 m. Prema kalifornijskim iskustvima godišnje se moglo dobiti po faktoru oko 50 tona suhe tvari, iz čega 15 000 m³ metana.

Za početak devedesetih godina planirana je izgradnja velike farme alga od 40 000 hektara. No sredinom osamdesetih godina vlada SAD više nije imala interesa za taj projekt, pa je

financiranje obustavljeno. Treba istaknuti da ovakvo dobivanje metana iziskuje velike površine za uzgoj algi, a u kalifornijskom primjeru nije se pokazalo da je energija dobivenog metana veća od utrošene energije za uzgoj algi.

Daljnja je mogućnost dobivanja energije iz oceana u razlici temperature površinske i dubinske vode. Ta razlika mora biti najmanje 20°C, kako bi uspješno tekao termički kružni proces. Radna tekućina s niskom temperaturom isparivanja (freon, amonijak) isparuje zbog grijanja površinskom vodom, para daje svoju energiju turbini koja tjera električni generator. U kondenzatoru se para hladi dubinskom vodom, a kondenzat ponovno ulazi u kružni proces. Francuski fizičar J. A. Arsonal već je 1891. u svom članku upozorio na mogućnost iskorištenja razlike temperature u oceanu. Njegov učenik G. Claude izgradio je 1930. sjeverno od Kube elektranu snage 22 kV na tom principu. Rad elektrane nije bio uspješan jer je temperaturna razlika na tom mjestu bila preniska, a nakon 11 dana uništili su je valovi. Francuz je nastavio pokuse, pa je 1934. izgradio ploveću elektranu na brodu. Instalirana joj je snaga bila 800 kW, ali i nju je more onesposobilo. Francuska je vlada 1956. dala izraditi projekt takve elektrane od 3 MW, no projekt nije ostvaren.

Interes za ovakvo dobivanje obnovljive energije porastao je nakon naftne krize. Pravljeni su mnogi pokusi, između ostalog i na Havajima (SAD), Tahitima (Francuska), otoku Bali (Nizozemska) i u Japanu. Prema američim proračunima elektrana snage 50 MW stajala bi 200 do 500 milijuna USD. Cijena energije u najboljem bi slučaju bila jednaka cijeni energije iz elektrana na naftu. Gradnja takvih elektrana dolazi u obzir samo u morima oko ekvatora.

Wasser, Energie, Luft, god. 83 (1991), br. 7/8

Mrk.

NOVI PREDSJEDNIK IEC

Na svom godišnjem zasjedanju 11. listopada 1991. u Madridu IEC (Internacionalna elektrotehnička komisija) je izabrala novog predsjednika za mandatno razdoblje 1993 – 1995. Novi je predsjednik Nijemac dr. ing. Hans Gissel koji će od 1. siječnja 1993. zamijeniti dosadašnjeg predsjednika R. Bretta iz Australije.

IEC ima sjedište u Ženevi, u nju je učlanjeno 44 država. To je najveća svjetska organizacija za norme iz čitavog područja elektrotehnike. Danas je volumen svih ovih normi otprilike 55 000 stranica. One su pretpostavka za svjetsku otvorenost i razmjenu dobara. U Europi je 85% elektrotehničkih normi prilagođeno normama IEC.

Energie Technik, god. 43 (1992), br. 2

Mrk.

USPJEŠNA 1991. GODINA ZA EdF

Francuska elektroprivredna organizacija Electricite de France (EdF), Pariz, najveći svjetski proizvođač električne energije, imala je u 1991. 9,6% veći promet nego u prethodnoj godini, a dosegao je 171 milijardu FRF. Neto-izvoz električne energije u susjedne zemlje povećan je za 8% i iznosio je 53 TWh. Glavni su uvoznici bili Švicarska, Velika Britanija i Italija, zatim Njemačka, Belgija, Nizozemska i Luksemburg. Naročito je porastao uvoz energije u četiri posljednje zemlje.

Najveći dio proizvedene električne energije u EdF dolazi iz nuklearnih elektrana. To je 77% i prvi put u proizvodnji te organizacije dosiže 400 TWh. Hidroelektrane sudjeluju sa 14%, a elektrane na fosilna goriva, tj. ugljen i naftu, sa 9%.

EdF je tijekom 1991. dalje intenzivirala suradnju s europskim elektroprivredama. Osim Njemačke surađuje s Poljskom, Češko-Slovačkom i Mađarskom. Sa Španjolskim elektropoduzećem Endesa radi na zajedničkom projektu proizvodnje električne energije na bazi novog postupka izgaranja.

U Aziji EdF sudjeluje u razvoju elektrogospodarstva Kine, u izgradnji nuklearnih, hidroelektrana i termoelektrana, kao i u školovanju stručnjaka.

U Africi je poduzeće Compagnie Ivoirienne d'Electricité u Obali Bjelokosti, što ga je osnovao EdF, prvu godinu rada završilo uspješno.

U veljači 1992. EdF je s električnim poduzećem Eskom iz Južnoafričke Republike okvirno dogovorio projekt o opskrbi zemlje električnom energijom i izgradnji električne mreže koja bi povezivala hidroelektrane zemalja južne Afrike.

Prema tome djelovanje EdF bilo je u prošloj godini vrlo uspješno i svestrano.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1991), br. 6

Mrk.

OBNOVA ASUANSKE HIDROELEKTRANE

Hidroelektrana Asuan I, na Nilu, bit će nakon 30-godišnjega neprekidnog rada temeljito obnovljena i modernizirana. Radovi će obuhvatiti sve dijelove postrojenja: od ulaznih uređaja, tunela, Kaplanovih turbina, generatora do rasklopnog postrojenja. Elektrana ima 7 hidroagregata za koje je generatore (50 MVA) dobivala od tvrtke BBC. Bit će ugrađeni najmoderniji sistemi za nadzor i vođenje pogona. Time će ova elektrana postati najmodernija u Egiptu. Poslove obnove preuzela je, kao vodeća, tvrtka ABB za 60% radova, Sulzer Escher Wyss, Rovensburg za 30% i Waagner Biro, Wien za 10%. Ugovor je sklopljen za Egypt Electricity Authority (EEA), a vrijednost mu je 230 milijuna DEM. Radovi moraju biti završeni 1995.

Ovdje treba primijetiti da se navedeni radovi na obnovi odnose na prvu asuansku hidroelektranu, koja je građena pedesetih godina. Ona je smještena u prirodnoj terenskoj depresiji 600 m uzvodno od postojeće stare brane građene 1902, a proširena 1912. i 1933. Udaljena je 7 km uzvodno od Ausana. Elektrana je vezana na mrežu 132 kV i najveći joj je potrošač tvornica umjetnih gnojiva. Nova pak brana Said el Ali građena je šezdesetih godina 6,5 km uzvodno od postojeće. Duljina je brane 5 000 m, a visina 150 m. Hidroelektrana Asuan II ima 4 grupe po 4 agregata po 90 MW. Energija se vodom 50 kV prenosi prema Kairu. Postojenje je građeno sovjetskom pomoći.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 5

Mrk.

POBOLJŠANJE SIGURNOSTI NUKLEARNIH ELEKTRANA

Njemačka tvrtka Siemens KWU preuzela je radove na poboljšanju sigurnosti nuklearnih elektrana sovjetske proizvodnje u istočnoj Evropi. U svemu se radi o 63 elektrane, predračunska svota radova iznosi preko 12 milijardi DEM. Pri tome, kako izjavljuju predstavnici tvrtke, ne radi se toliko o komercijalnoj strani posla koliko o pomoći zemljama partnerima. Što se pak tiče elektrana tipa Černobil, one su takve konstrukcije da radovi na poboljšanju ne dolaze u obzir iz komercijalnih razloga.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 7

Mrk.

AUSTRIJA JE POSTALA ZEMLJA UVOZNIK ELEKTRIČNE ENERGIJE

U 1991. godini Austrija je prvi put zemlja uvoznica električne energije. Izmjenjujući električnu energiju, ona je uvezla 760 GWh više nego što je izvezla. Svi su izgledi da će se potrošnja i dalje povećavati. Na to upućuje razvoj industrije, osobito bazne i metalne, gdje se opća energetska racionalizacija, smanjenjem potroška ugljena i nafte, proizvodi na račun većeg angažiranja elektrike. Tendenciju povećanja pokazuju također domaćinstva i obrt. S druge pak strane, gradnja novih energetskih izvora stagnira. Uvoz je jedino rješenje, no on ovisi o mogućnostima dobavljača, prijenosu i, naposljetku, o cijeni. Kao dobavljači dolaze u obzir Francuska i istočna Evropa, gdje je zbog smanjenja proizvodnje nastao energetski višak. Prijenos iz Francuske je dalek i skup, a ograničene su i tehničke mogućnosti. Naprotiv, prijenosne veze s istočnim zemljama jače su pa je moguća dobava preko istosmjerne veze Drüsenrohr. S Ukrajinom već postoje ugovori o dobavi na bazi kompenzacije. No problemi visokonaponske prijenosne mreže ne postoje samo u inozemstvu već i u samoj Austriji. Prijenosna linija 380 kV južno od Beča do transformatorske stanice Kainachthal, u području Burgenlanda, još uvijek nije u gradnji, jer iz ekoloških razloga nije odobrena. Postojeća pak veza 220 kV preopterećena je i nužno traži saniranje. Zbog toga u vrijeme obilnih voda na Dunavu nastaju viškovi električne energije koji se ne mogu prenijeti u deficitarno područje Graza, već treba držati u pogonu tamošnje termoelektrane. Problema u austrijskoj elektroprivredi ima mnogo, na što je javnost mnogo puta upozoravana, ali bez uspjeha. Uvijek se čuje isti odgovor. Neka elektroprivreda, umjesto da investira u elektrane i vodove koje ionako nitko neće, sredstva dade konzumentima za nabavu uređaja koji štede energiju. U Austriji je prije nekoliko godina organizirane akcije SAFE prilikom koje je dano 60 milijuna AUS da se isključe kućanski aparati »žderači struje« i nadomjeste modernim i štedljivim, no nisu postignuti vidljiviji rezultati. Porast potrošnje neće se moći spriječiti ni sljedećih godina. Mogućnosti štednje postoje još u području grijanja prostorija, a nikako u ostaloj potrošnji. Ako se već ne grade nove elektrane, morat će se graditi vodovi za povezivanje sa susjedima da bi se tim putem dobavljala energija.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 4

Mrk.

ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ UKRAJINE U AUSTRIJI

Nedavno je u Kijevu potpisan ugovor o dobavi električne energije Austriji u trajanju od 15 godina. Prodajom struje Ukrajina će financirati modernizaciju postojećih termoelektrana. Modernizacija će se provoditi u dva smjera: postizanju ekološke podnošljivosti rada i povećanju korisnosti. Uvoz energije ograničen je na zimske mjesece. Započet će u studenom 1992. a trajat će do ožujka 2007. Prve će zime Austrija uvesti 220 GWh. Ta će se količina povećati, pa će sredinom devedesetih iznositi 780 GWh. Takvo povećanje bit će moguće ako se završi visokonaponska istosmjerna veza u transformatorskoj stanici Beč — jug. Računa se da bi Austrija za cijelo trajanje ugovora uvezla iz Ukrajine ukupno 10 800 GWh.

Energija bi dolazila putem dviju veza. Preko Češko-Slovačke kroz postojeću istosmjernu stanicu Dürnrohr i preko Mađarske i nove istosmjerne stanice kraj Beča.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 4

Mrk.

GODIŠNJICE SMRTI LJUDI ZASLUŽNIH ZA ELEKTROTEHNIKU

Jean Baptist (1774 – 1862) rodio se u Parizu gdje je i umro. Bio je fizičar, matematičar i astronom. Radio je kao profesor na College de France i bio autor mnogih radova iz fizike, astronomije, geometrije, optike i akustike (širenje zraka).

S Gay-Lussaconijem izveo je znanstveni let na aerostatu radi proučavanja svojstva zraka na različitim visinama. Bavio se i polarizacijom svjetlosti. Električarima je poznat po Biot-Savartovom zakonu koji je definirao 1820. sa 17 godina mladim Feliksom Savartom. Pošto je Danac Christian Oersted otkrio elektromagnetizam 1815, spomenuta dva Francuza postavili su kvalitativni odnos između struje koja protječe vodičem i nastalog magnetskog polja oko vodiča.

Samuel Morse Finley Breese (1791 – 1872) rođen je u Charlestownu (Massachusetts, SAD). Bio je fizičar i slikar, profesor prirodnih znanosti na Yale koledžu u New-Havenu. Osniva Nacional Academy of Design. Godine 1836. napušta slikanje i nastoji ostvariti svoju ideju da elektricitet koji se širi brzinom svjetlosti upotrijebi za odašiljanje signala. Nakon mnogih pokušaja 1840. konstruirao je aparat upotrebljiv u praksi, a 1843. sastavio je danas poznatu Morseovu abecedu, koja se sastoji od kombinacija točaka i crtica. Prvu javnu brzjavnu vezu uspostavio je 1845. između Washingtona i Baltimora.

Kad je 1872. umro u New Yorku, već je radilo 4 000 brzjavnih postaja, što mu je donosilo obilna financijska sredstva od licencija.

Georges Leclanché (1839 – 1882) rodio se u mjestu Parmainu u Francuskoj. Premda su mu se roditelji morali zbog političkih razloga preseliti u Englesku, Leclanché je 1860. u Francuskoj završio Ecole Centrale des Arts et Manufactures. Namjestio se na željeznici, gdje je radio na prijenosu vremenskih signala, pa se počeo baviti elektrokemijom. Preselio je zatim u Belgiju, gdje je u Bruxellesu osnovao mali laboratorij. Razvio je bakreno-karbonatni (1866) i manganski element (1867) te ih patentirao. Iste je godine na pariškoj izložbi prikazao svoje izume. Oni su se najprije počeli upotrebljavati na pošti u Belgiji i na željeznici u Nizozemskoj. Nakon uspostave republike 1870. vratio se u Francusku, gdje su također prihvatili njegove izume. Zbog zdravlja prepustio je industrijsku proizvodnju svojih članaka svom suradniku. Umro je 1882. u dobi od 43 godine. Već

početkom stoljeća Leclanchéovi su se članci proširili u cijelom svijetu, što je njegovoj obitelji donijelo značajan prihod.

Ernst Werner Siemens (1816 – 1892) rodio se kao četvrti od ukupno četrnaestero djece. Htio je u građevinare, ali mu je studij bio preskup. Primljen je u artiljerijsku školu u Magdenburgu, zatim je u Wittenburgu, kod profesora Jakolija radio na galvanoplastici i pronašao način pozlate. Problem mjerenja brzine zrna pobudio je kod njega interes za elektrotehniku. Za potrebe vojske počeo se baviti signalnim uređajima, posebno problemima telegrafije (telegraf s kazaljkom). Radi lakše realizacije svojih ideja udružio se sa stručnjakom za mehaniku J. C. Halskeom, pa su 1847. osnovali poduzeće Siemens i Halske, koje se s vremenom razvilo u velik elektrotehnički koncern. Poduzeće je izgradilo (1848 – 1849) prvu telegrafsku liniju Berlin – Frankfurt na Majni. Godine 1866. otkrio je način izoliranja telegrafskih vodova gutaperkom. Bavio se konstrukcijom električnih generatora, pa je 1866. razvio dinamo-stroj sa samouzbudom. O tome je 1867. održao predavanje u Akademiji u Berlinu, a svoj je pronalazak izložio na izložbi u Parizu. U Berlinu je 1881. Siemens izgradio prvi tramvaj u svijetu. Njegov pronalazak dinamoelektričnog principa bio je vrlo značajan za daljnji razvoj električnih strojeva.

Antonio Pacinotti (1841 – 1912) je samo godinu dana nakon položenog dokotrata na sveučilištu u Pisi (1859) konstruirao magnetoelektrični istosmjerni stroj s prstenastim rotorom i odvojcima do komutatora. Godine 1865. publicirao je svoj pronalazak i mali je stroj bio prikazan na nekoliko tadašnjih elektrotehničkih izložbi (1873. u Beču, 1881. u Parizu i 1884. u Torinu). Premda je pronalazač primio mnoge nagrade i diplome, uspjeh mu nije bio suden. On je bio znanstvenik, a praktična ga je upotreba manje zanimala. Naprotiv, belgijski praktičar Zenobe-Theophile Gramme (1826 – 1901), koji je nekako u isto vrijeme sagradio prstenasti rotor, našao je financijera i uspio konstruirati prvi industrijski upotrebljiv istosmjerni električni stroj (gramme-ov kolut).

Međutim Pistoia, čiji je Pacinotti bio građanin, i Pisa, gdje je najduže živio, veoma su ga cijenili, pa je 1911. svečano proslavljena 50-godišnjica njegova pronalaska, a 1905. imenovan je senatorom. Talijanska poštanska uprava izdala je dvije marke (1934) u povodu 75. godišnjice njegova izuma.

Mrk.

O G L A S I

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II	METAL — ELEKTRO (Obavijesti potrošača)	242
KONČAR	omotna str. III	BRODOMATERIJAL	245
TEP	omotna str. IV	ELKA	246
SYSEN — ISKRA	198	ELEKTROPROMET	247
PINIJA COMMERCE	205	MASINOIMPEX	248
ELEKTROMATERIJAL	206	TEP	249
IGM SAVA KRŠKO	226	MONTING — ENERGETIKA	250
IMPREGNACIJA	241		

»IMPREGNACIJA—TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

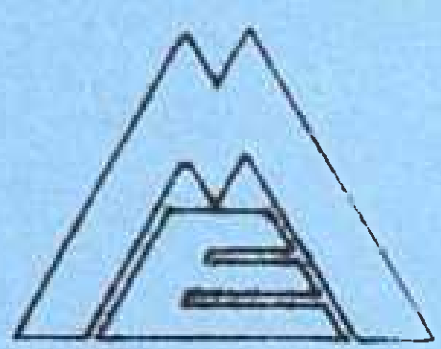
DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



**Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosjেকে,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.**

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.



METAL-ELEKTRO

Rastavljači serije SR-k

ZA VANJSKU

MONTAŽU

tip: SR-k-24-630/3-5/HZ

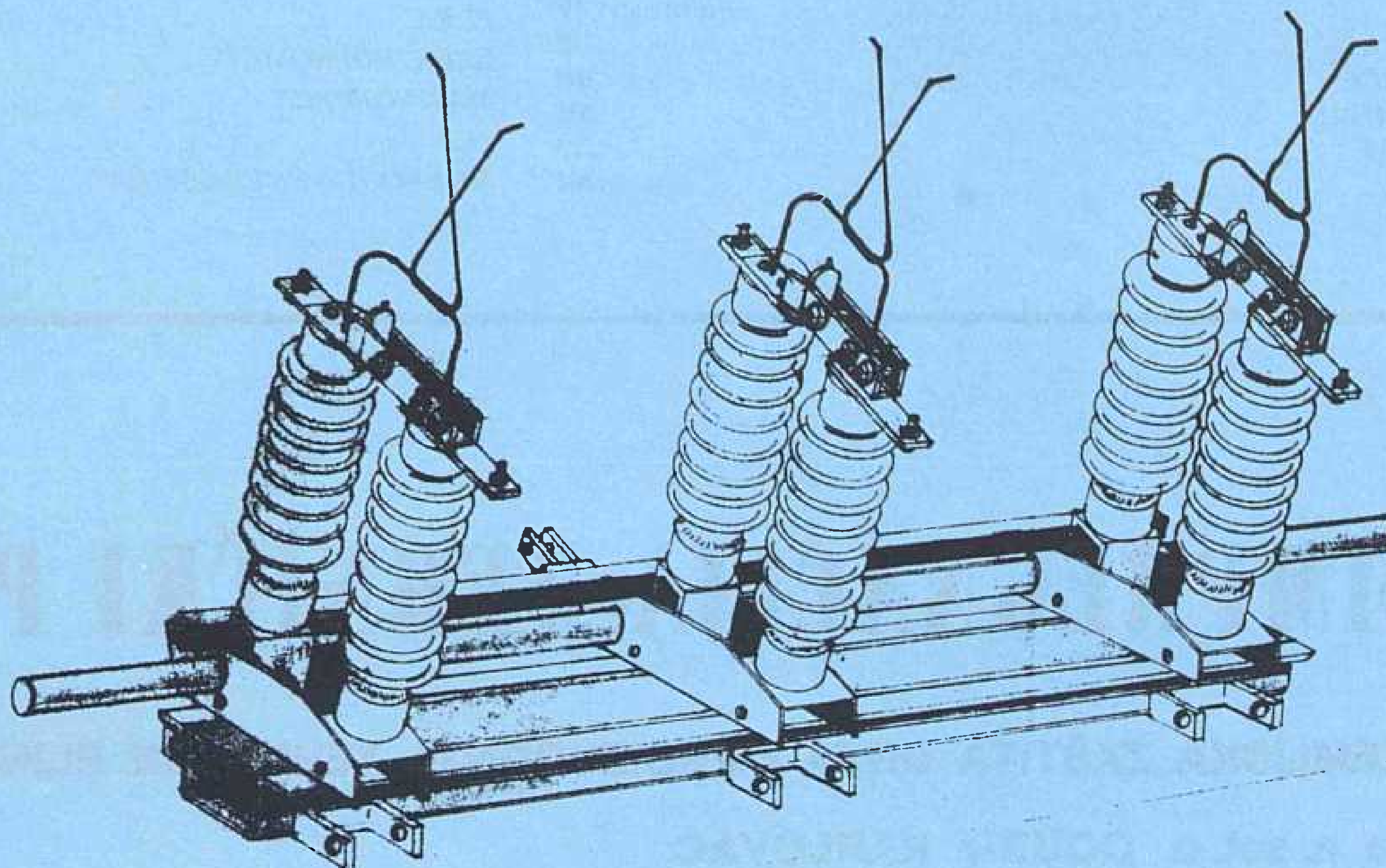
02. Tropolni linijski rastavljač i rastavne sklopke srednje naponskih (12/24 kV) zračnih vodova na stupu u vanjskoj montaži s tipnom oznakom:

SR-k-24-400/3-500 s komorama Drišerovim.

Koristi se za vidljivo odvajanje voda u beznaponskom stanju od dijela voda pod naponom.

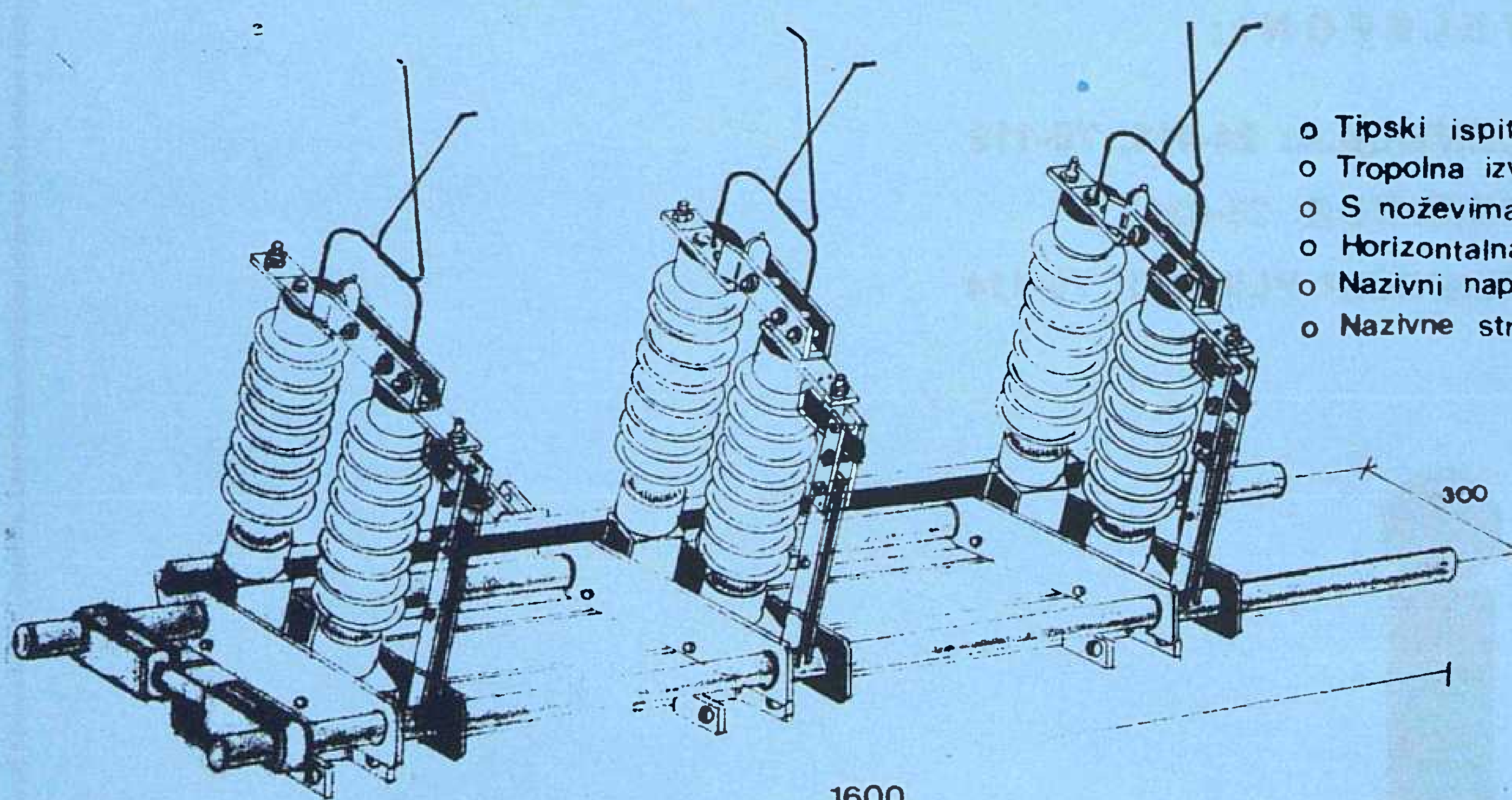
Rastavne sklopke služe za uklapanje, trajno vođenje i prekidanje struje normalnog pogona i mogućih preopterećenja, i trenutno mogu voditi struje kratkog spoja.

Za napon od 24 kV, nazivne struje 400 A ugradnja horizontalna na betonski, drveni i rešetkasti stup.



1600

tip: SR-k-24-630/3-5/H



1600

- o Tipski ispitani i atestirani
- o Tropolna izvedba s min. razmakom pola $a = 500$ mm.
- o S noževima kratkog spoja na osovini s uzemljenjem.
- o Horizontalna montaža na drveni i betonski stup.
- o Nazivni napon do 24 kV
- o Nazivne struje 630 A

TIPNO OZNAČAVANJE RASTAVLJAČA SERIJE SR

SR								
12	100	1	H	O	Z	B		5
24	200	3	V			D		6
36	400					M		7
	630							8
								9

Polni razmak

TIP STUPA: B—betonski; D—drveni; M—metalni.

Z—S prigradenim zemljospojnikom i (—) bez

O—Sa prigradenim osiguračima i (—) bez

Način montaže: H—horizontalna; V—vertikalna

Polnost: 1—jednopolni; 3—tropolni

Nazivna struja u (A)

Nazivni napon u (kV)

Oznaka serije

»METAL ELEKTRO«
Poduzeće za proizvodnju
metaloprerađivačkih i
elektrotehničkih proizvoda
41264 Donja Zelina 10
Tel.: 041/860-728; 860-051;
860-052. Telefax: 860-053.

PRIMJER: Rastavljač serije SR, nazivnog napona 12 kV, nazivna struja 400 A, tropolni, za vertikalnu montažu, sa prigradenim osiguračima, bez noževa za uzemljenje, za montažu na metalni rešetkasti stup sa polnim razmakom $a = 600$ mm.

Tipna oznaka: SR 12-400 3 VOM/6

Rastavljači serije

SR ZA VANJSKU MONTAŽU

Tehnički opis:

Rastavljači za vanjsku montažu namijenjeni su za vidljivo odvajanje dijela voda u beznaponskom stanju od dijela voda pod naponom. Prvenstvenu primjenu rastavljači nalaze u zračnim mrežama srednjeg napona, samostalno montirani na drvene ili betonske stupove ili u sastavu stupnih transformatorskih stanica TS x/O,4.

Rastavljači serije SR proizvedeni su i ispitani u skladu sa IEC standardima 694 i 129. Izvode se za nazivne napone do 36 kV i nazivne struje do 630 A.

Obzirom na izvedbe razlikuju se rastavljači:

- a) Za horizontalnu ili vertikalnu montažu,
- b) Sa ili bez prigradenih noževa za uzemljenje,
- c) Sa ili bez prigradenih osigurača,
- d) Za montažu na betonski, drveni ili metalni rešetkasti stup,
- e) Sa standardnim polnim razmakom min. 500 mm, a veći polni razmaci na zahtjev.

Postoje rastavljači izvedeni od vruće pocinčanih čeličnih profila, kao i elementi za učvršćivanje rastavljača na stup, koji su sastavni dijelovi isporuke. Svi vodljivi dijelovi su od elektrolitskog bakra s posebnim kontaktnim dijelovima, koji su učvršćeni na glaziranim porculanskim visokonaponskim izolatorima.

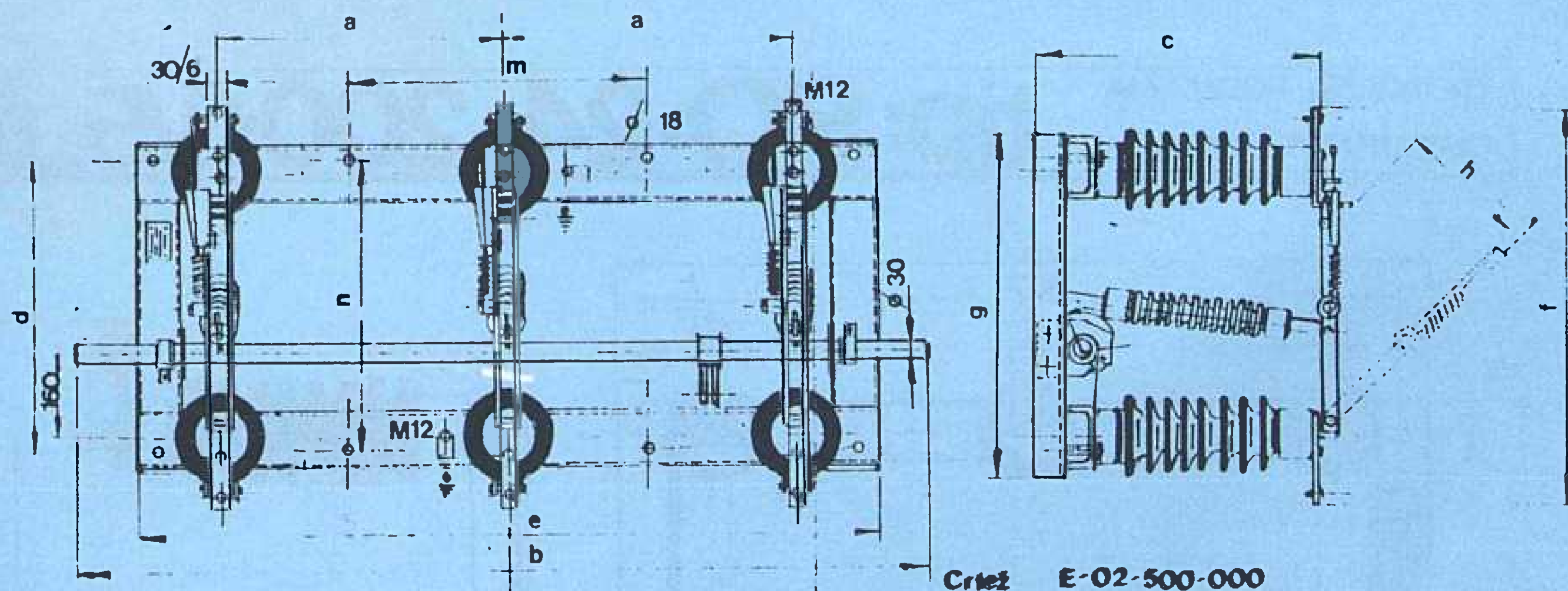
Rastavljači serije SR izvode se za nazivne podnosive vršne vrijednosti struja do 40 kA, te za nazivne kratkotrajno podnosive struje do 16 kA/1s.

Upravljanje rastavljačima serije SR vrši se posredstvom polužnog pogona izvedenog od čeličnih vruće pocinčanih elemenata, standardne dužine do 15 m max. ili na poseban zahtjev.

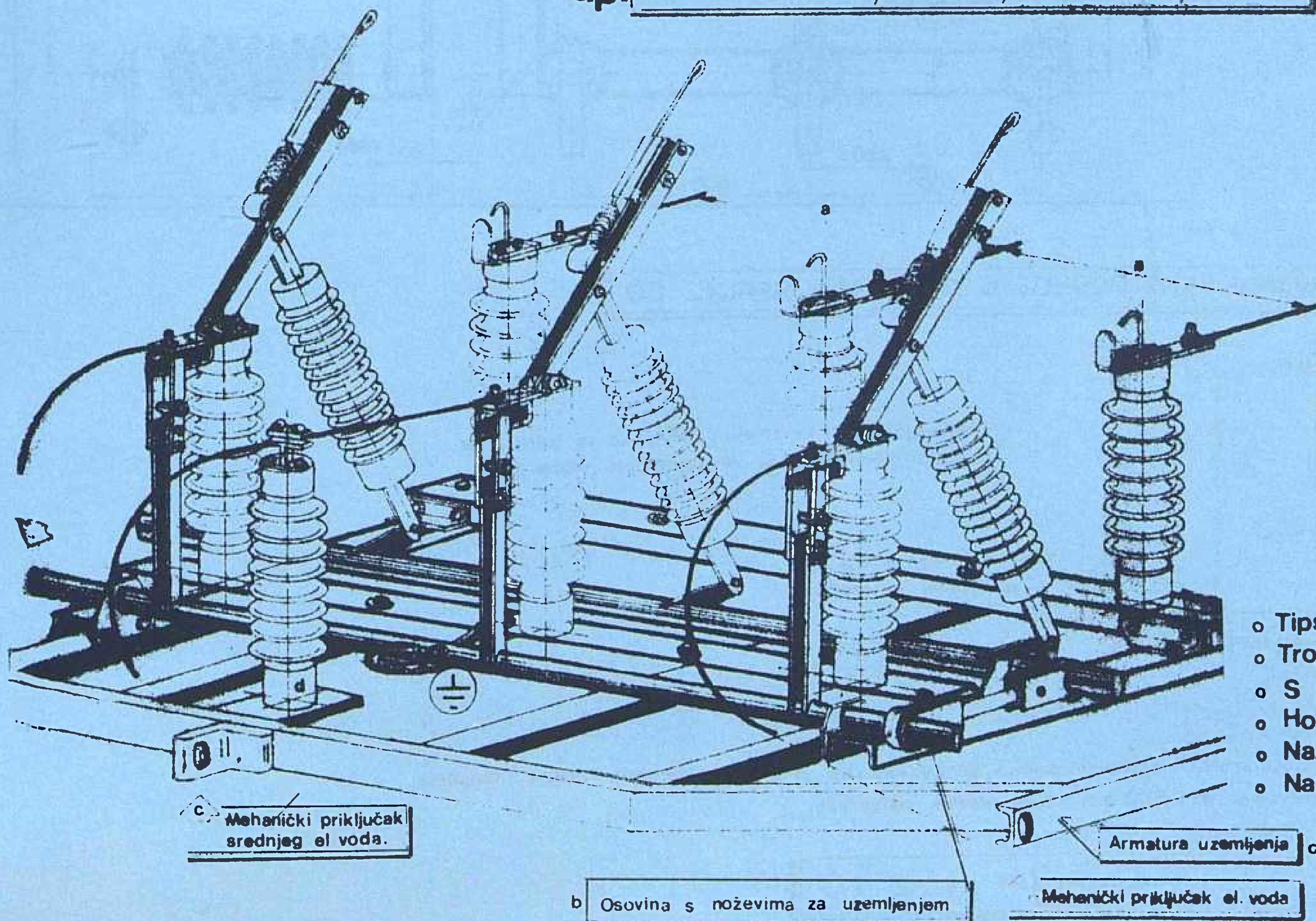
- Tipiski ispitani i atestirani
- Jednopolna i trolna izvedba
- Sa ili bez noževa za uzemljenje
- Horizontalna ili vertikalna montaža
- Nazivni naponi do 36 kV
- Nazivne struje do 630 A
- Sa ili bez prigradenih osigurača

SR 24-630 - 3	
Oznaka	mm

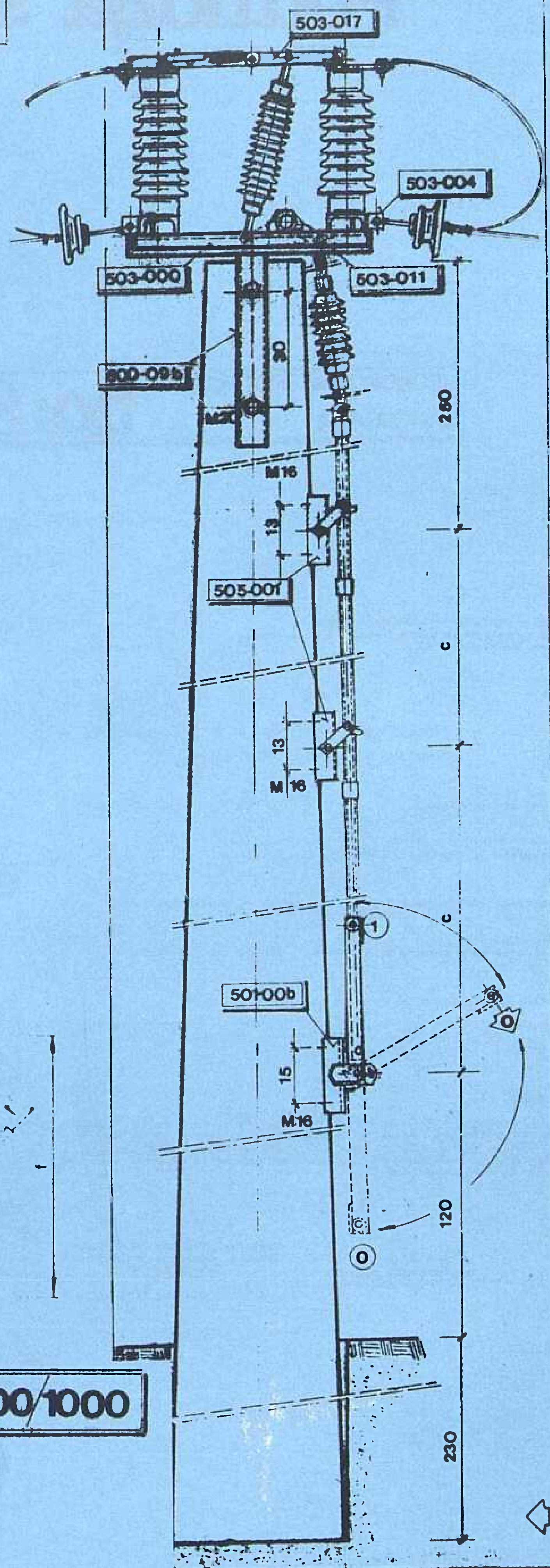
a	500
b	1600
c	468
d	485
e	1250
f	690
g	555
h	275
m	500
n	465
Masa	125 kg
Atest	br 1950



tip: SR-24-630/3-H-Z/B-D-500/1000



RASTAVLJAČ SR 24-630-3H
na betonskom stupu



BETONSKI STUPOVI

TIP STUPA	Dužina L (m)	Razmak c (m)
ZSLR	10	2 x 2,0
	11	2 x 2,5
1531	12	3 x 2,0
ILI	13	3 x 2,3
2961	14	4 x 2,0
	15	4 x 2,25

Zagorje - Varaždin

- Tipiski ispitani i atestirani.
- Trolna izvedba s min. razmakom a=500mm.
- S noževima za uzemljivanje na osovini.
- Horizontalna montaža dr. i betonski stup.
- Nazivni napon do 36 kV.
- Nazivne struje 630 A.

Podnožja serije SO ZA VANJSKU MONTAŽU

- o Tipiski ispitani i atestirani
- o Jednopolna i trolpolna izvedba
- o Nazivni napon do 36 kV
- o Nazivna struja 200 A

Tehnički opis:

- Podnožja osigurača za vanjsku montažu ugrađuju se na mjestima za zaštitu srenjenaponskih vodova, na sklopnih uređajima i transformatorskih stanicama TS od slučajnih struja kratkog spoja.
- Konstrukcija postolja serije SO izvedeno je od vruće pocinčanih profila, kao i elementi za učvršćivanje. Vodljivi dijelovi su iz elektrolitskog opružnog bakra CuF30 za spoj voda i glave patrone osigurača.

JEDNOPOLNA PODNOŽJA
OSIGURAČA

tip: SO-24-200-1

ATEST BR
1952

KONČAR - INSTITUT ZA ELEKTROTEHNIKU
Zavod za sklopne aparate i sklopna postrojenja
Zagreb, Bastijanova bb.

Br. 1951
Stranica 1/1

ATEST

Proizvod: TROPOLNO PODNOŽJE OSIGURAČA ZA VANJSKU MONTAŽU
Tip: SO-24-200-3/5 (nacrt br. E-02-601-000)

Nazivni napon: 24 kV
Nazivna struja podnožja: 200 A

Proizvođač: "METAL - ELEKTRO" - Donja Zelina

Ispitivanja je proveo: "KONČAR - Institut za elektrotehniku"
Zagreb

Ispitivanja su provedena u skladu s: IEC 282-1 i JUS N.E5.505

Izvršena su slijedeća ispitivanja:

1. Naponska ispitivanja (Ispitni list IET-VNL br. 035791/11.12.91.)
2. Ispitivanje zagrijavanja (Izveštaj o ispitivanju IET-LA br. 21534-91/1387/18.12.91.)

ZAKLJUČAK

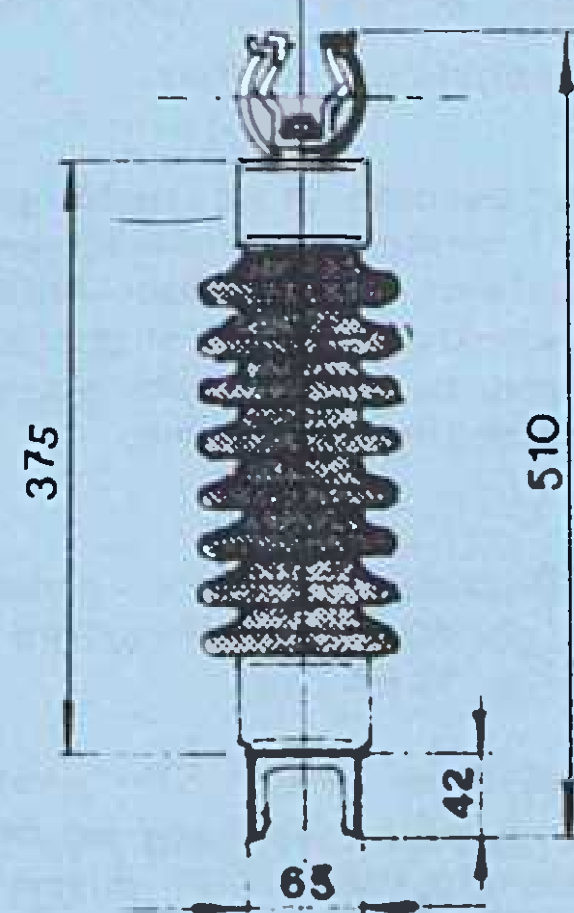
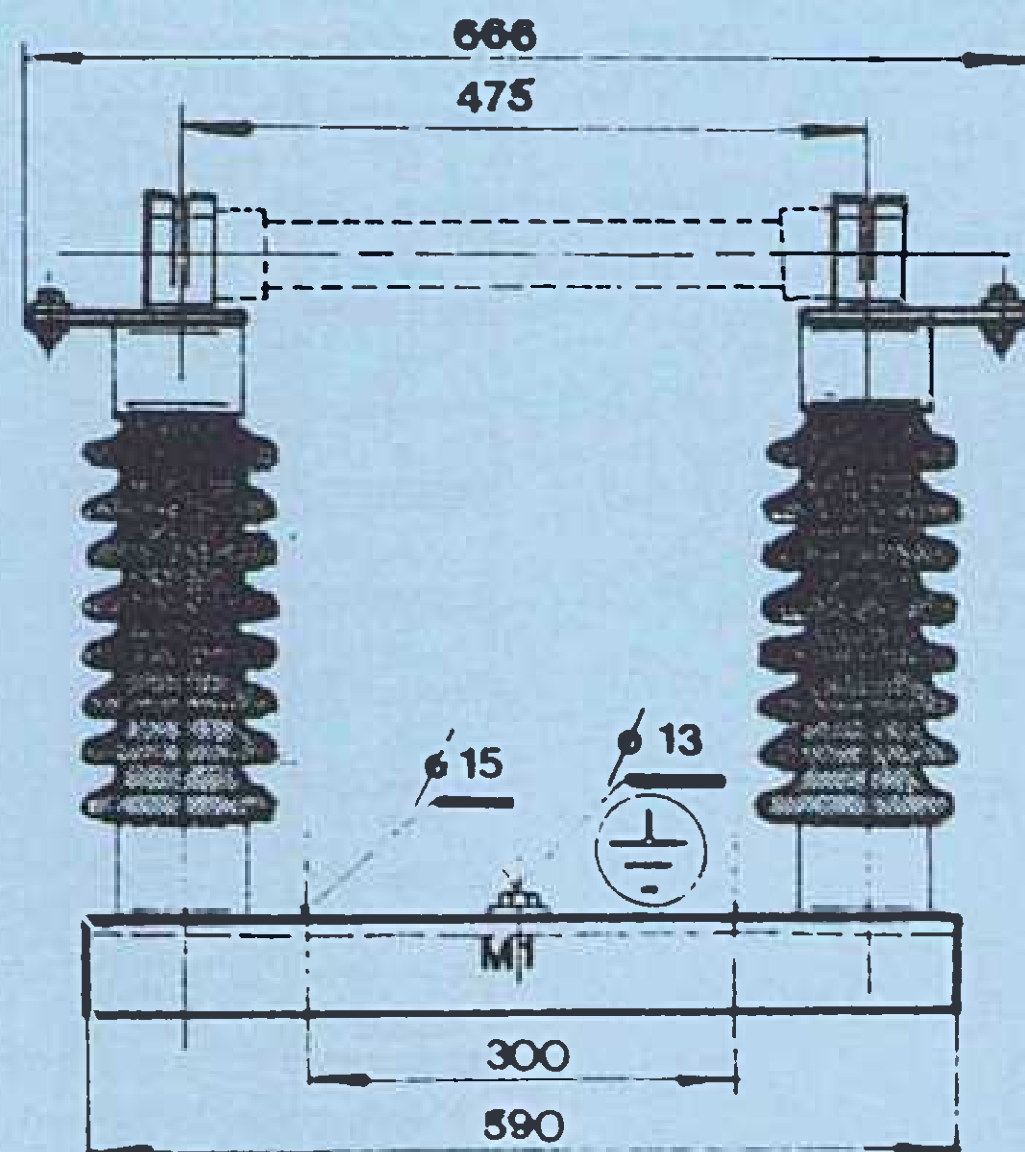
Na osnovu provedenih ispitivanja zaključuje se da su TROPOLNA PODNOŽJA OSIGURAČA ZA VANJSKU MONTAŽU tipne oznake SO-24-200-3/5, proizvodnje "METAL-ELEKTRO", sa posebnim elastičnim spojnica, u skladu s gore navedenim standardima i da odgovaraju za gore navedene nazivne karakteristike.

Zagreb, 18.12.1991.

KONČAR - INSTITUT ZA
ELEKTROTEHNIKU d.o.o.
ZAGREB - Bastijanova b.b.

Upravitelj Zavoda za sklopne
aparate i sklopna postrojenja:
Aleksej Šaduna, dipl. inž.

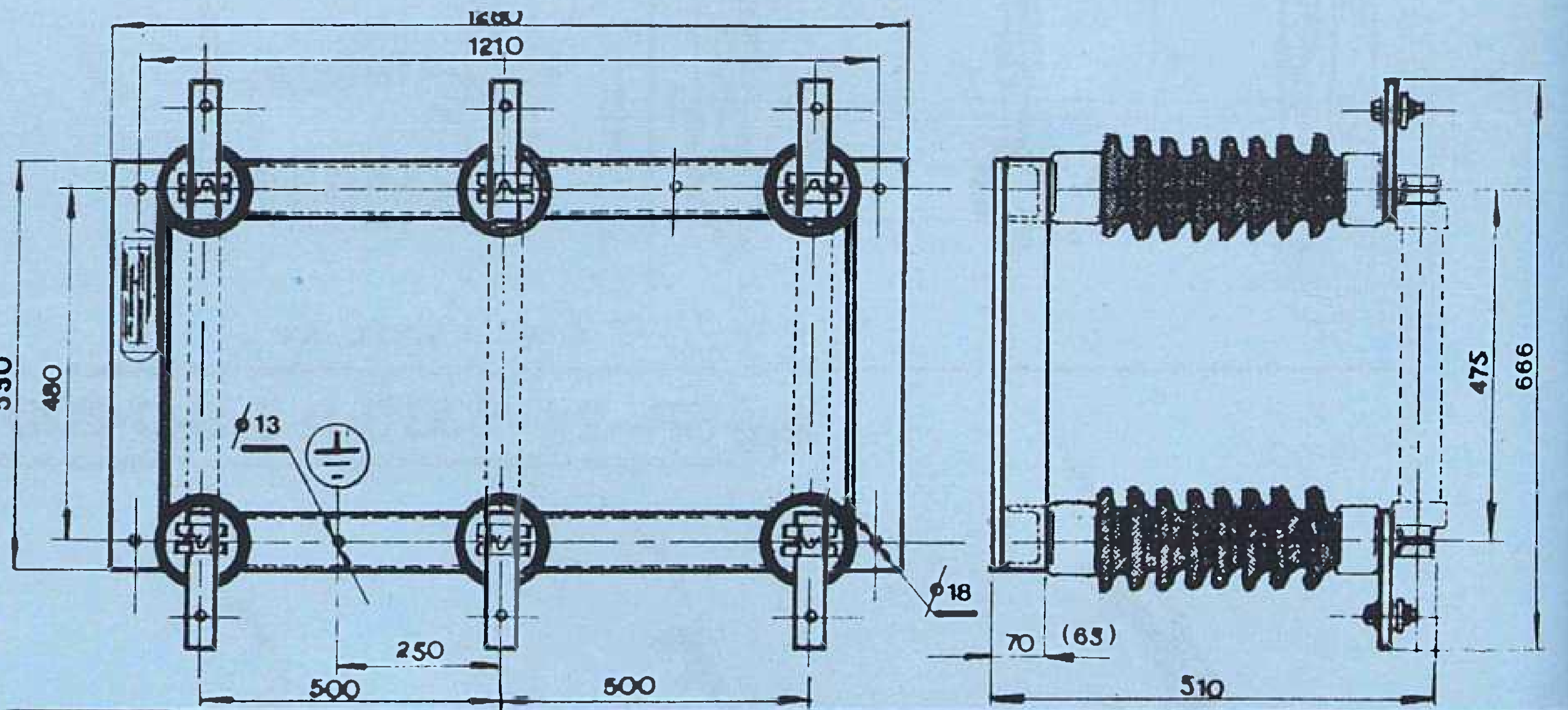
Reg. 28-3/87



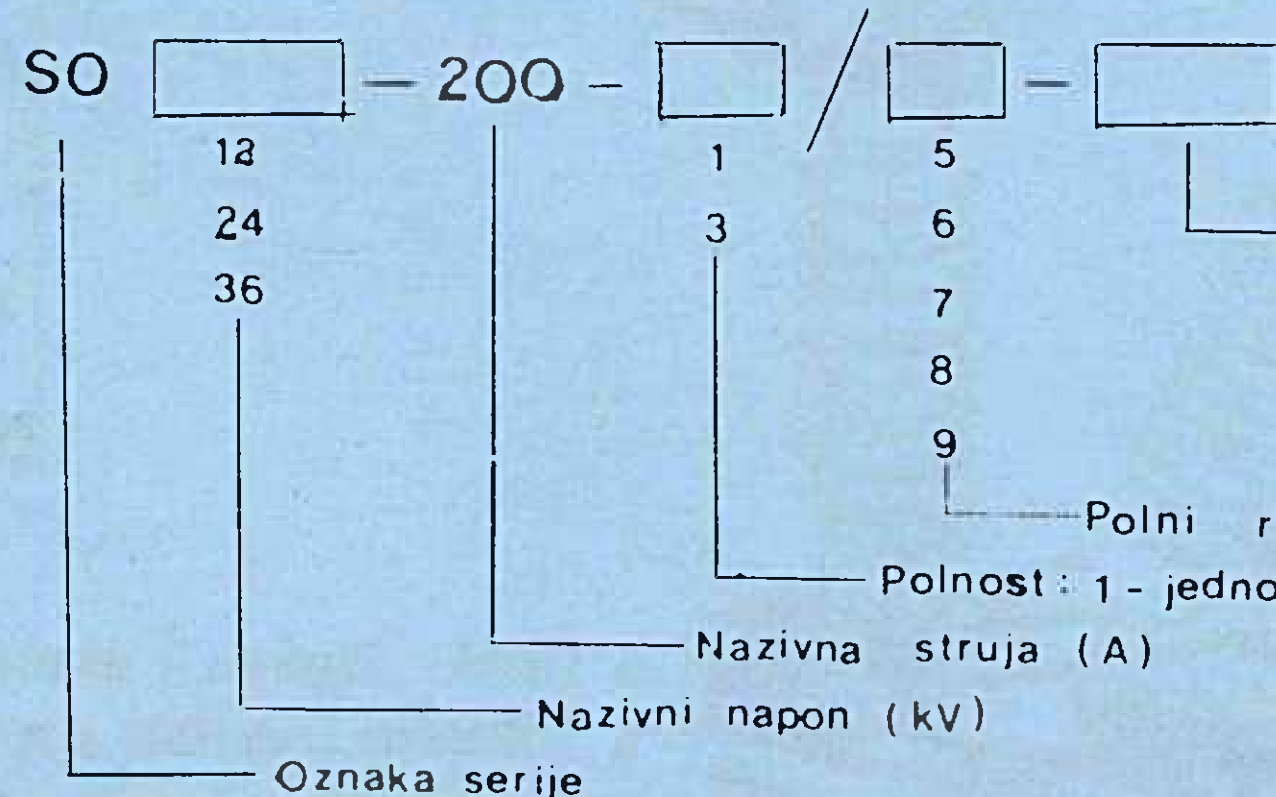
TROPOLNA PODNOŽJA
OSIGURAČA

tip: SO-24-200-3/5

ATEST BR
1951



TIPNO OZNAČAVANJE (VN) PODNOŽJA OSIGURAČA SERIJE SO



Navesti nazivnu struju uložka, ako se isporučuje.
(bez oznaka ako se ne isporučuje uložak.)

PRIMJER

Podnožje osigurača SO, nazivnog napona 24 kV, nazivne struje (standardno) 200 A, trolpolno, polnog razmaka $a = 500$ mm, bez uložka osigurača.

Tipna oznaka: SO 24-200-3/5



brodomaterijal — poduzeće za unutarnju i vanjsku trgovinu i usluge, p.o.
tehničke robe d.o.o. rijeka

51000 rijeka, j. kraša 12 • p.p. 396 • telefoni: © 211-211 • telegram: brodma rijeka
telex: 24205 brodma yu • telefax 32882 • žiro račun: 33800-601-11971

»Brodomaterijal« je u okviru svog širokog polja djelatnosti stekao ugled obavljajući i mnoge poslove za Elektroprivredu.

Postao je priznata firma na području građenja trafostanica 110/20 kV i 110/35 kV po sistemu inženjeringa i isporukom opreme za DV 110 kV i DV 400 KV.

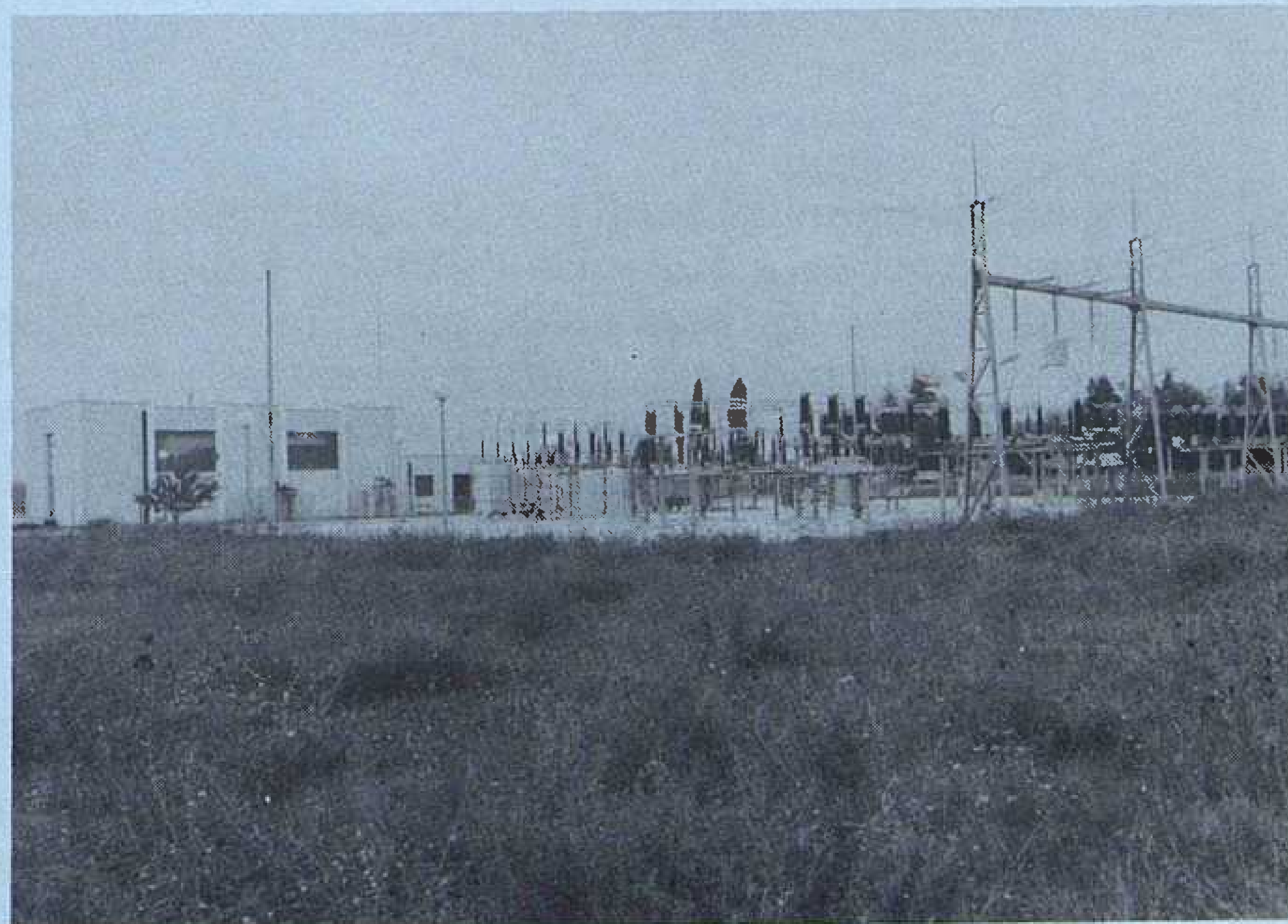
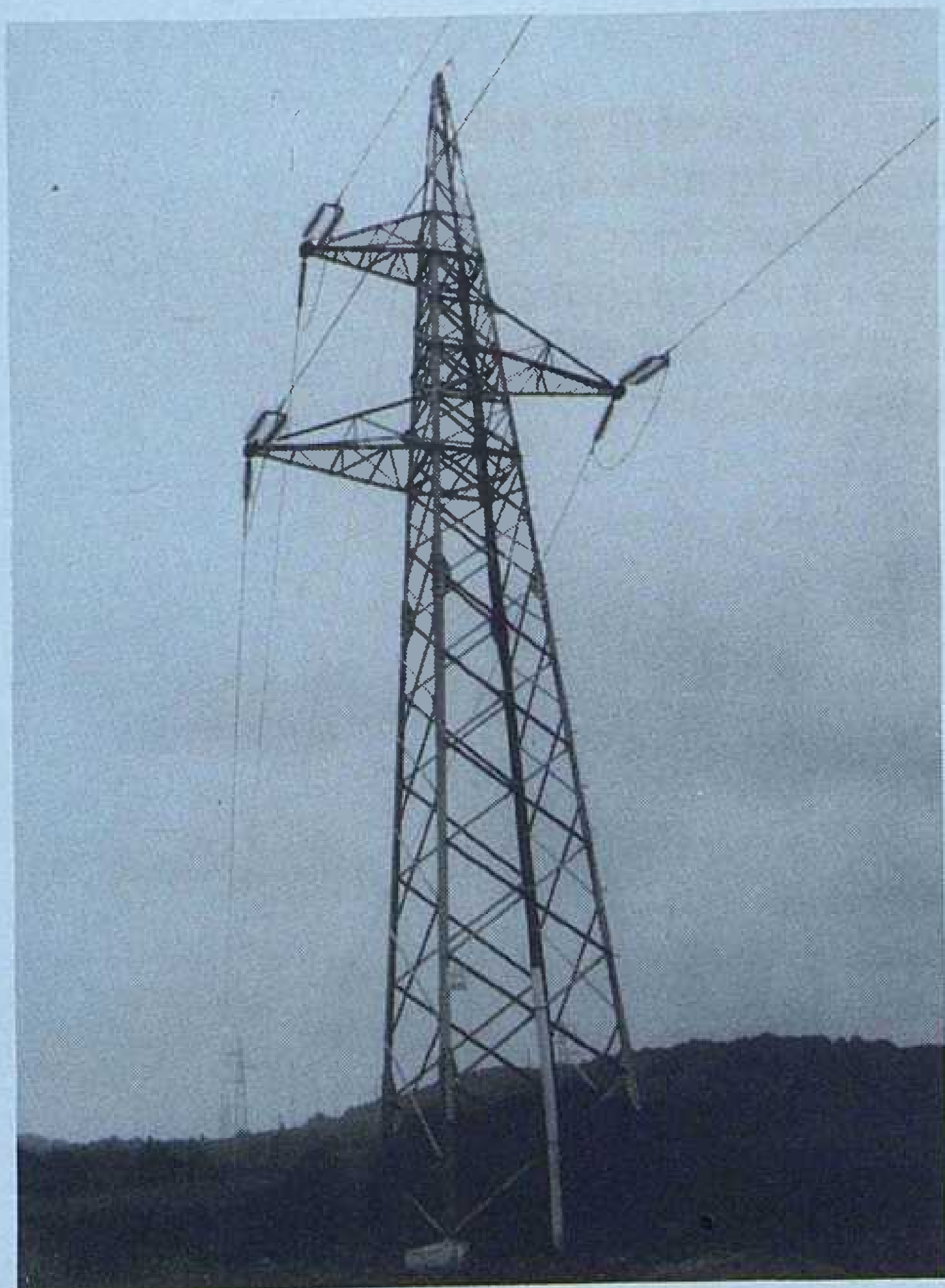
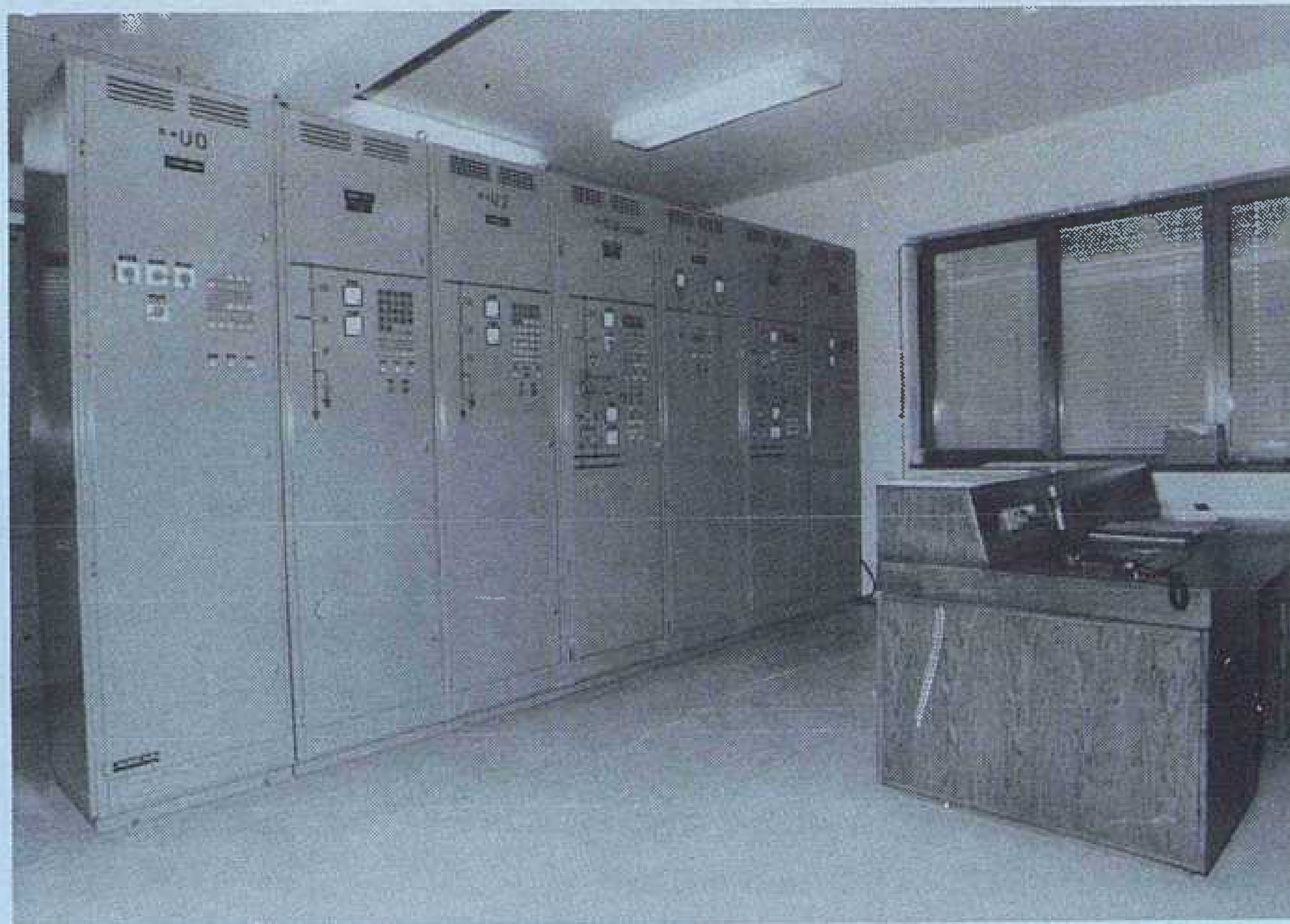
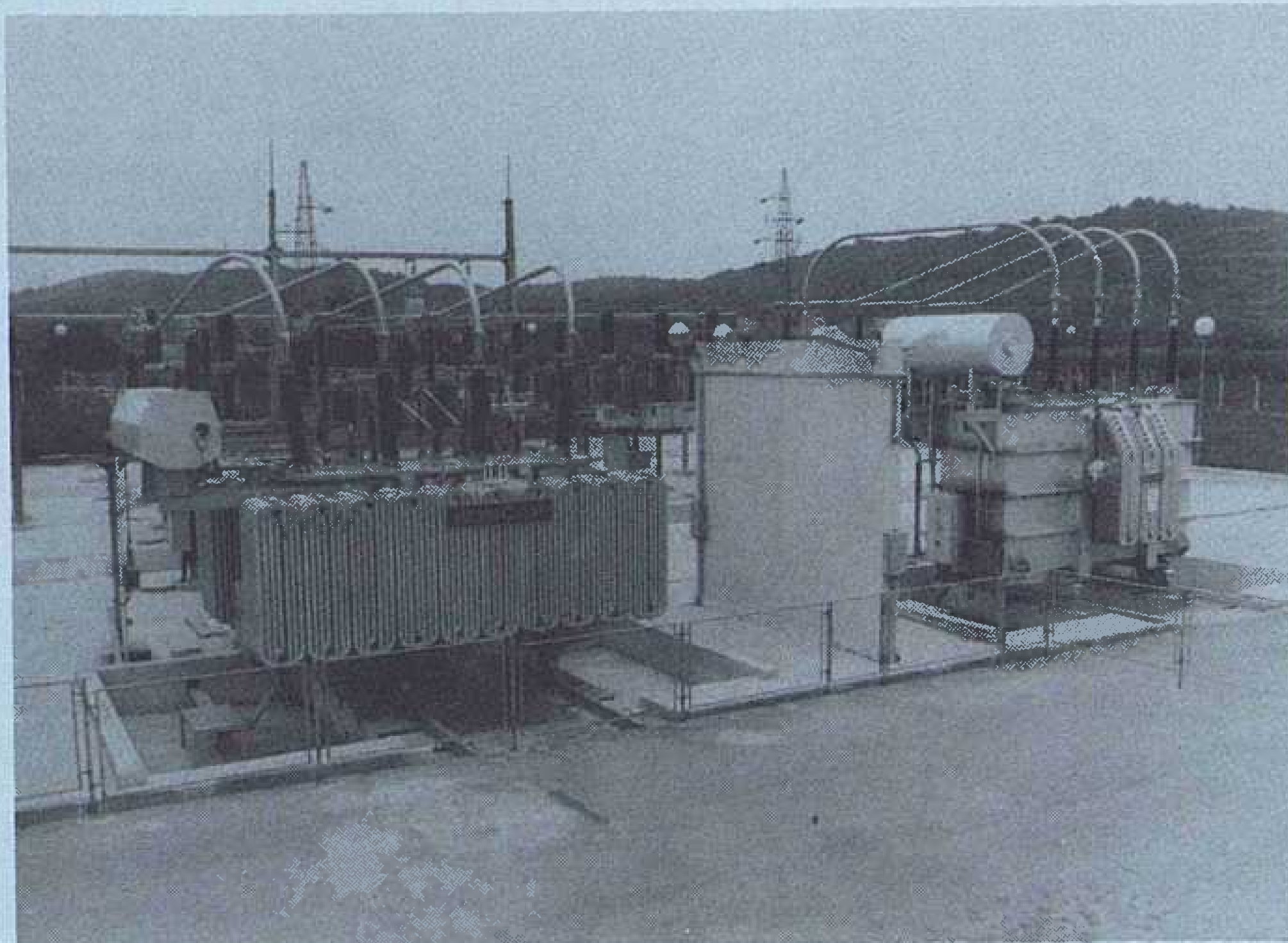
Na regiji Hrvatskog primorja i Istre obavio je sljedeće poslove za Hrvatsku elektroprivredu:

- uvoz podmorskih kabela za Krk — Rab 110 kV,
- isporuka kompletne opreme za TS 110 kV Rovinj — Lošinj — Šijana,
- DV 110 kV Rovinj — Vodnjan — Pula
- isporuka opreme za DV 400 kV TS Melina — TS Tumbri
- isporuka opreme i izgradnja objekta po sistemu ključ u ruke za TS Matulji 110/20 kV.

Za sve informacije izvolite se obratiti na poslovnicu Elektromaterijal 146, na telefone:

051/211-211 kućni: 206, 207 i 211

051/213-541, (telefax br. 32-882 ili 213-541, telex br. 24205).





PROIZVODNI PROGRAM

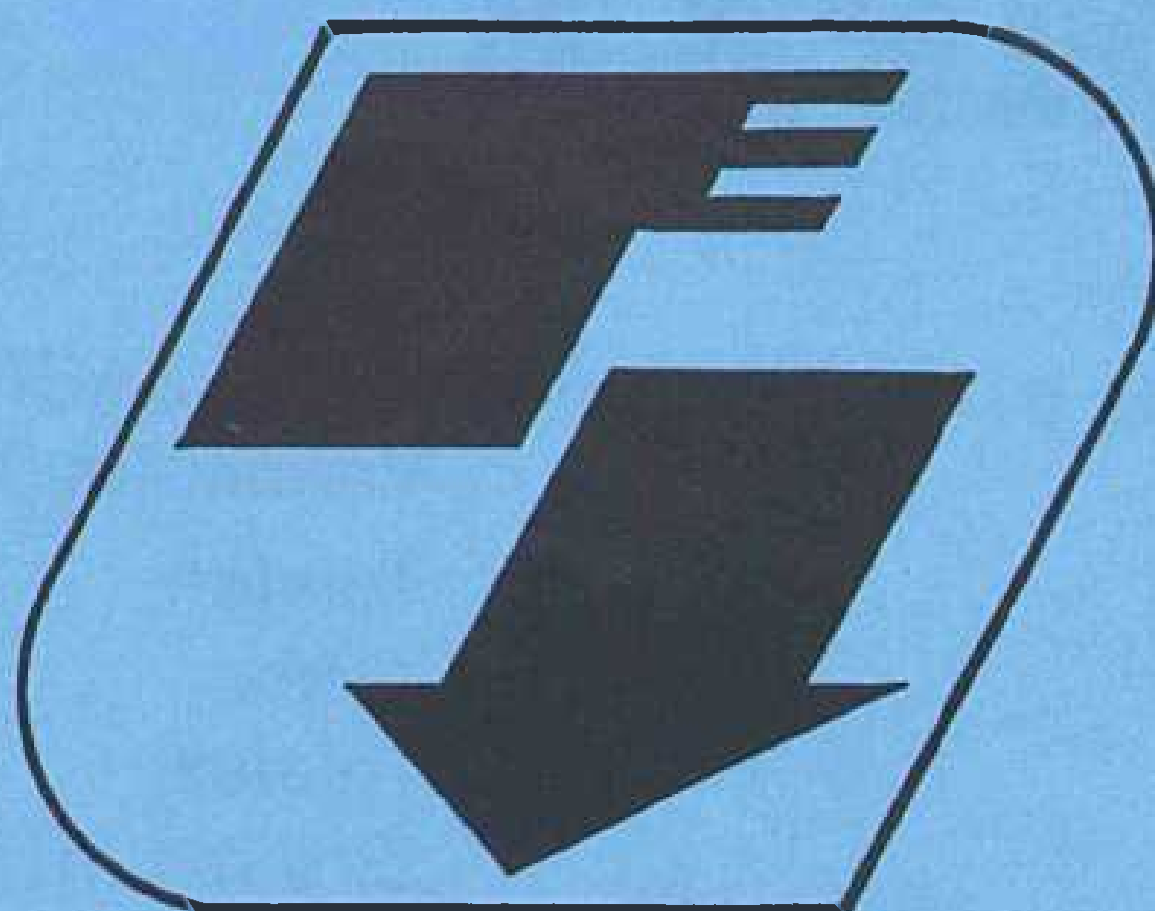
Energetski kabele za napone:

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





ELEKTROPROMET

ZAGREB

PODUZEĆE ZA UNUTARNJU I VANJSKU TRGOVINU
S P.O. ZAGREB, ILICA 10

Unutarnja trgovina

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13

Telex 21131 YU ELPROM

Fax. 041/520-821

Tel. 041/529-211

Inženjering

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13

Telex 21131 YU ELPROM

Fax. 041/520-821

Tel. 041/529-211

Vanjska trgovina

Zagreb, Ilica 10.

Telex 21311 YU ELPROM

Fax. 041/423-714

Tel. 041/433-653

Dugogodišnje iskustvo u energetici, elektroprivredi, opremanju objekata, izvozu i uvozu, zastupanju, maloprodaji elektrotehničkih aparata, kućanske tehnike i elektronike.

MAŠINOIMPEX

Poduzeće za vanjsku trgovinu p. o.

41000 ZAGREB

Varšavska 9

Telefon: 041/457-111

Telex: 21-177, 21-254 MAEX

Telefax: 041/424-090, 426-296

Žiro račun: 30105-601-6894

Djelatnosti na vanjskom tržištu

- Izvoz i uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije
- Izvoz i uvoz svih vrsta repromaterijala
- Izvoz i uvoz brodova i aviona
- Izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda
- Međunarodno trgovinsko posredovanje
- Međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava
- Zastupanje inozemnih firmi

MAŠINOIMPEX

41000 ZAGREB

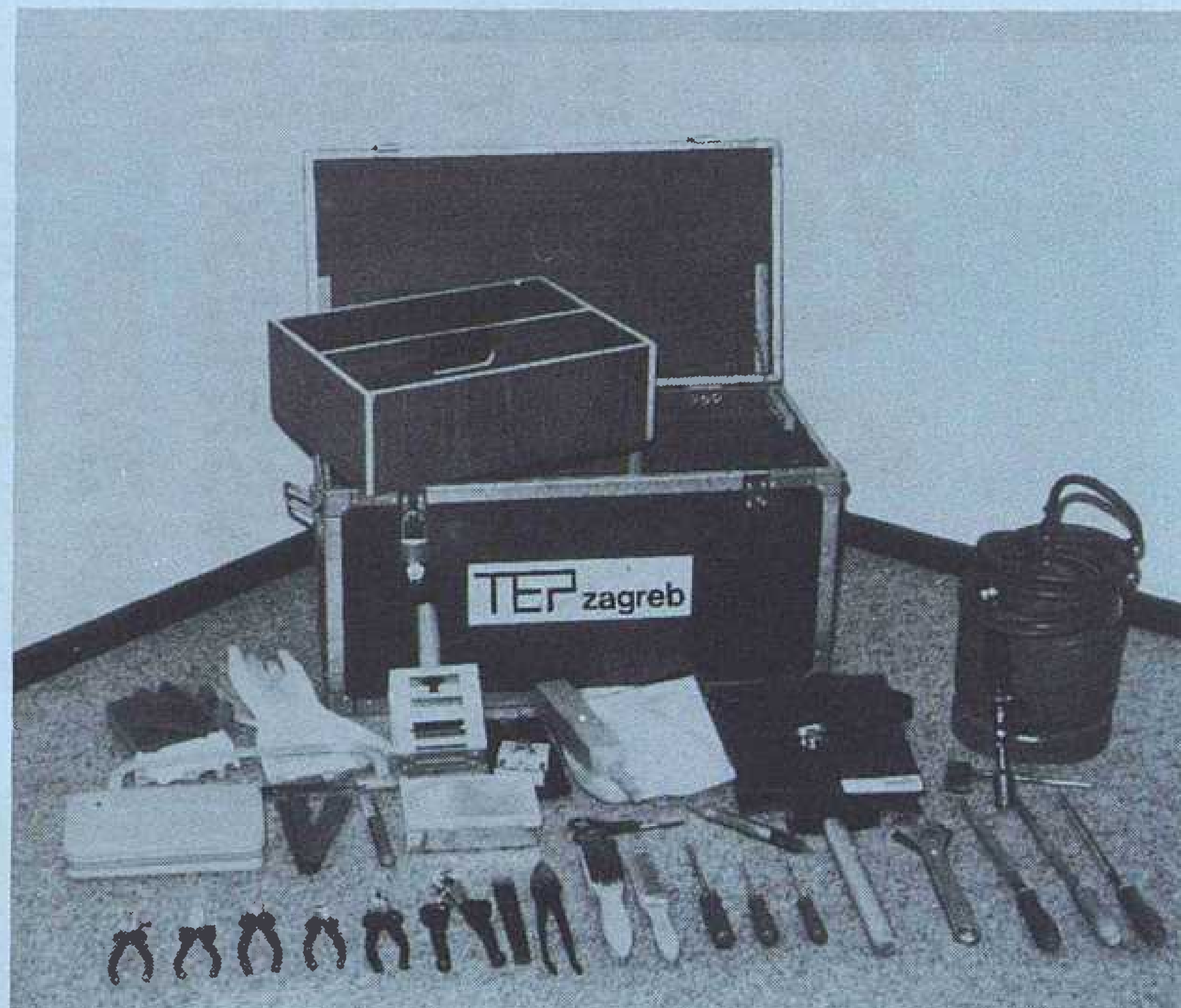
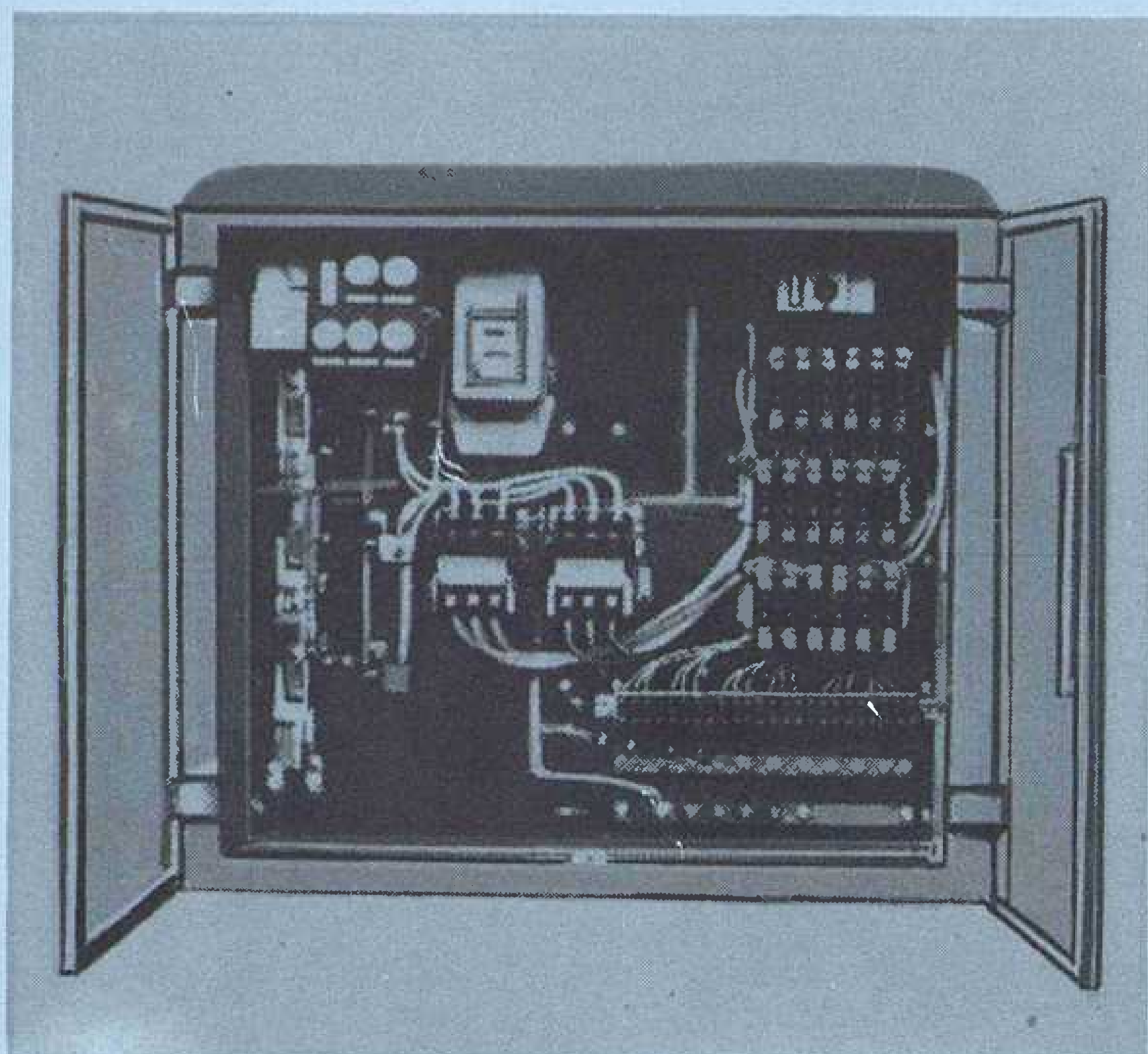
VARŠAVSKA 9

TELEFON: (041) 457-111 — TELEX 21-177, 21-254 MAEX

TELEFAX: (041) 424-090, 426-296 — ŽIRO RAČUN: 30105-601-6894

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 *

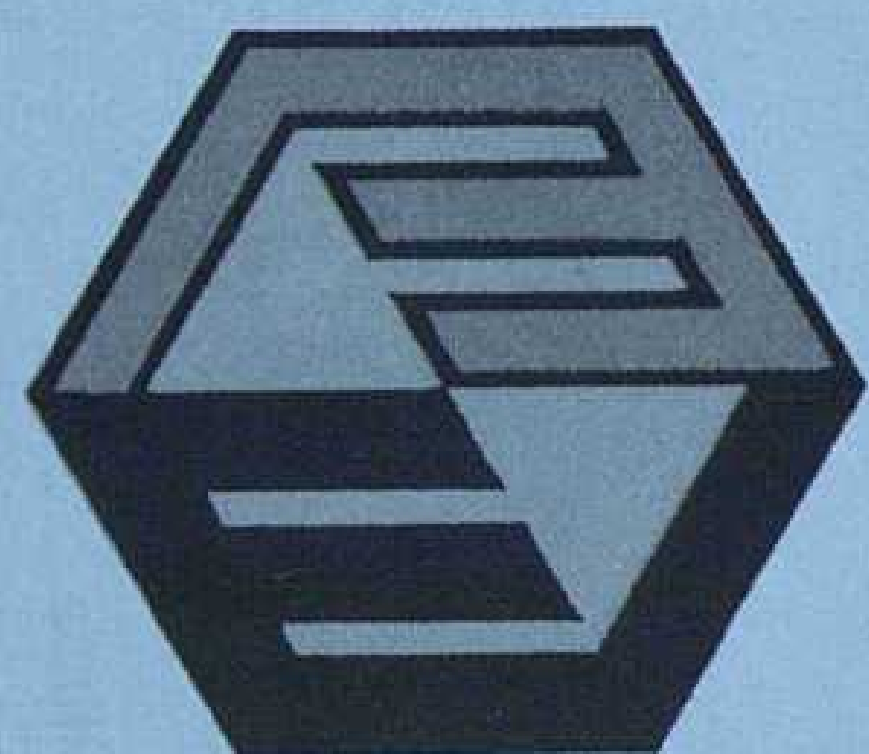
* ormari i ormarići su opremljeni stezaljkama za direktno spajanje Al i Cu vodiča

VANJSKA RASVJETA

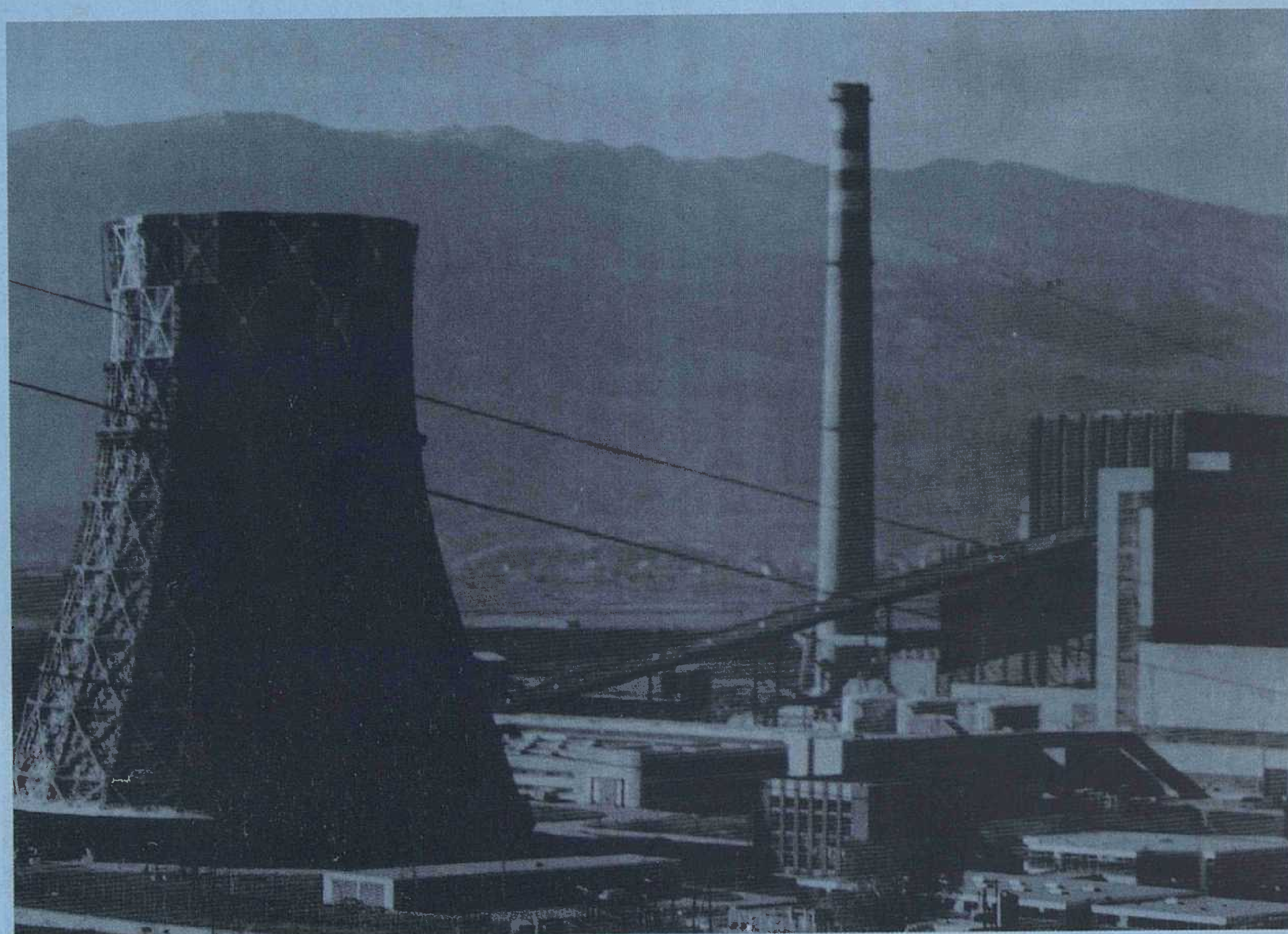
- svjetiljke za saobraćajnice
- svjetiljke za parkove
- elektronički regulatori rasvjete

SISTEM ZA OGRANIČAVANJE SNAGE

- potrošački prekidači
- sklopnici za upravljanje trošilima



MONTING ENERGETIKA ZAGREB



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

**41000 ZAGREB
Kesterčankova 1**

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 yu mont
Telefax	235-560

TE »GACKO« – Gacko: Kompletna montaža bloka 1 instalirane snage 1×300 mW, 1982. godine.
Rekonstrukcija kotla kapaciteta 990 t/h pare i kapitalni remont turbogeneratora 300 MW, 1989. godine.

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Godište 41 (1992)

Zagreb 1992

Br. 5

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i
informatike

SADRŽAJ

<i>Vedriš N. — Bruketa N.</i> : Nova organizacija Hrvatske elektroprivrede (Pregledni članak)	253
<i>Granić G. — Jelavić B.</i> : Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede (Izvorni znanstveni članak) . . .	265
<i>Tonković Z.</i> : Puštanje u pogon voda 380 kV Melina — Tumbri i njegova uloga u SUDEL-u (Pregledni članak)	287
<i>Poljak M. — Katunarić N. — Bojanić B.</i> : Uređaj za zaštitu mjernih transformatora od eksplozije (Pregledni članak)	295
<i>Godec Z.</i> : Zaštita uljnih distributivnih transformatora od preopterećenja (Pregledni članak)	303
<i>Bem M.</i> : 10 kV samonosivi kabelski snop nakon tri godine rada (Stručni članak)	311
Vijesti iz elektroprivrede	317
Iz strane stručne literature	319
Savjetovanja i konferencije	323
Nove knjige i časopisi	325
Oglasi	327

IZDAVAČKI SAVJET — THE PUBLISHING COUNCIL

Đuro *Stanković*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Slavica *Barta*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za razvoj i inženjering, Zagreb — Bruno *Šaina*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje Opatija — Marijan *Kovač*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, PP Primorskog sliva, Tribalj — mr. Damir *Subašić*, dipl. inž., Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada, Zagreb — mr. Zdravko Mužek, dipl. inž., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR — EDITORIAL BOARD

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

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

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 2400 HRD, a za poduzeća i ustanove 6000 HRD (za studente 2000 HRD).
Cijena pojedinog broja u prodaji 500 HRD.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišei — Print: TIZ »Zrinski« d. d, Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Redakcija završena 1992 — 09 — 11

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

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

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno saopštenje, prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju 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, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć 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

NOVA ORGANIZACIJA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Nino Vedriš — Nikola Bruketa, Zagreb

UDK 621.31
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazan je prijelaz iz državnog — samoupravnog na tržišno privređivanje, uključujući nužnost stalnih promjena u organizaciji u skladu s potrebama potrošača. Zato aktualna reorganizacija treba prije svega uspostaviti takvu organizacijsku strukturu koja će biti okosnica i temelj sposoban za trajnu nadogradnju novim detaljima.

Ključne riječi: Hrvatska elektroprivreda, organizacija.

1. RAZLOZI I CILJEVI PROMJENE ORGANIZACIJE

Budući da je organizacijska promjena HEP-a višegodišnji proces, treba je ostvariti u planiranim fazama od kojih bi svaka trebala biti cjeloviti korak napretka prema željenoj, ciljnoj organizaciji. Optimalizacija organizacijskog modela HEP-a mora također predvidjeti i »prilagođenja u hodu« za sva predložena rješenja koja u praksi pokazuju ozbiljne nedostatke.

U težnji za uspostavom optimalne organizacije i za profesionalnim pristupom angažiran je iskusni američki konzultant »Management Analysis Company« (MAC). Njihova je dijagnoza da se mnoge funkcije ne obavljaju na racionalan način, i to iz ovih razloga:

- HEP je nova organizacija i potrebne komunikacije-organizacijske međuveze su još u razvoju
- HEP je osnovana objedinjavanjem mnogih relativno nezavisnih poduzeća zbog čega su mnoge funkcije udvostručene, a jednoznačna razgraničenja i odgovornosti nisu uspostavljene
- HEP nije izradila jasne definicije svoje temeljne zadaće i svoje politike poslovanja i odnosa s potrošačima, a rezultat toga je da se odluke donose ad hoc
- HEP nema centralne baze podataka, niti integriranog informacijskog sustava koji bi bio zajednički okvir za odluke i akcije rukovodstva
- mnoge HEP-ove funkcije mogle bi se znatno unaprijediti većom centralizacijom, a to su planiranje, upravljanje informacijama, nabava (kupnja), upravljanje gorivom, inženjering, obuka, održavanje/modifikacije i planiranje budžeta
- neke funkcije potrebne za ekonomično, tržišno orijentirano poslovanje bile su ili nerazvijene ili nisu postojale, a to su potrošački servis, upravljanje ljudskim resursima, odnosi s državom, mjerenje rezultata i program stimulacija
- HEP nije izradila dosljednu hijerarhiju vodećih politika i postupke za njihovu provedbu kojima bi

se rukovodstvo i radnici rukovodili radi uspješnog obavljanja svojih dužnosti,

- nije bilo sustavne procjene sposobnosti i osobnih karakteristika kandidata za rukovodne položaje koja pomaže da se izabere odgovarajući direktor za odgovarajući položaj.

Spomenuti razlozi dovoljno su uvjerljivi da jednostavno prisiljavaju na stanovite promjene ili, bolje rečeno, modifikacije postojećega unutrašnjeg ustroja HEP-a. Najveće zahvate treba poduzeti na području dosad nerazvijenih infrastrukturnih funkcija potpore, koje moraju jačati integraciju i djelotvornost okrupjelog elektroprivrednog sustava u cjelini.

Iz samih razloga za promjenu proističu i ciljevi promjena. To su:

- učiniti organizaciju sposobnijom za obavljanje temeljne zadaće
- ostvariti efikasnije poslovanje i rukovođenje integracijom informacijskog sustava, te uspostavljanjem troškovnih odnosno profitnih centara
- naglasiti potrošačku orijentaciju unutar i izvan HEP-a
- centraliziranjem nabave povećati konkurentsku sposobnost HEP-a kao potrošača
- potaknuti i ostvariti jedinstveno i kvalitetno kratkoročno i dugoročno planiranje
- pridati najveću važnost ljudskim potencijalima, unaprijediti personalne službe i stručno osposobljavanje, posebno menedžersko
- smanjiti broj stupnjeva rukovođenja i broj organizacijskih jedinica kako bi se maksimalno ubrzao i skratio put od mjesta donošenja odluke do mjesta njezine provedbe
- ujednačiti procedure i organizacijsku strukturu, a osobito jedinica infrastrukturne potpore
- privatizirati one dijelove HEP-a za koje nije nužno da budu u sastavu javnog poduzeća i koji bi tada efikasnije obavljali poslove izloženi djelovanju tržišta.

Svakako najznačajniji cilj HEP-a jest ostvarenje profitnih centara, koji povećavaju i produktivnost i pro-

fitabilnost. To nije nimalo jednostavna zadaća, pa je treba ostvariti u nekoliko planiranih etapa. Oportuno bi bilo započeti s podjelom poduzeća na troškovne centre (npr. temeljne direkcije) kao prijelaznim oblikom u kome bi se prema standardnom obrascu na svim razinama počeli pratiti odgovarajući troškovi, te pokušala procijeniti vrijednost vlastitih usluga odnosno proizvoda. Pritom je važno postići da se putem odgovarajuće motivacije potiče na smanjenje troškova u odnosu na plan ili povećanje profita. Sljedeća faza u razvoju HEP-a jest početak privatizacije dijelova poduzeća s mogućnošću uključivanja i inozemnih partnera i investitora.

2. TEMELJNE ELEKTROPRIVREDNE FUNKCIJE

Funkcije proizvodnja, upravljanje i prijenos, te distribucija u tehnološkom pogledu imaju svoju unutarnju logiku organizacije koja je pretežno teritorijalno-lokalno orijentirana i tu ne treba biti posebnih promjena.

Međutim, taj tehnološki stup treba maksimalno osloboditi svih infrastrukturnih funkcija za koje nije ni nužno ni racionalno da se obavljaju na toj lokalnoj razini, (npr. politika plaća, obuka, financijski poslovi, nabava i sl.).

Temeljne elektroprivredne funkcije — direkcije imaju izvornu i nedjeljivu odgovornost za funkcioniranje pripadnog segmenta posla u opskrbi potrošača električnom energijom. Tu zadaću trebaju ostvarivati vlastitim radom, te korištenjem usluga organizacijskih jedinica za poslove infrastrukturne potpore i jednim dijelom ustanova i poduzeća izvan HEP-a. Za uspostavu takvog poslovanja na razini direkcija organizira se ured potpore (iznimno u distribuciji tri ureda), putem kojeg se ostvaruje povezivanje direkcije s infrastrukturnim funkcijama potpore na razini HEP-a i koordinira operativno obavljanje tih poslova u teritorijalnim organizacijskim jedinicama pojedine direkcije.

Na taj način, uz stalnu brigu za poslovnu efikasnost HEP-a u cjelini kroz rad rukovodstva HEP-a i infrastrukturnih funkcija potpore, osnivanjem ureda potpore u temeljnim direkcijama dobiva se organizacijska jedinica koja uz rukovodstvo direkcija brine o poslovnoj integraciji i unutrašnjoj poslovnoj uspješnosti pojedine direkcije.

To je bitna pretpostavka za funkcioniranje tih direkcija kao troškovnih, a u perspektivi i profitnih centara.

2.1. Direkcija za proizvodnju

Direkcija za proizvodnju nadležna je za ukupnu problematiku proizvodnje električne energije u elektranama povezanim na prijenosnu mrežu HEP-a, elektrana građenih za potrebe HEP-a izvan Republike Hrvatske, kao i male hidroelektrane u vlasništvu HEP-a. Tu ulogu Direkcija ostvaruje radom organizacijskih jedinica na razini direkcije, sektora, proizvodnih područja hidroelektrana i pogona, te korište-

njem infrastrukturnih funkcija potpore organiziranih na razini HEP-a. U okviru ukupne odgovornosti za funkciju proizvodnje, samostalnim radom obavljaju se poslovi eksploatacije, održavanja, zamjena i dijela rekonstrukcija objekata i postrojenja za proizvodnju električne energije.

Promjenom organizacije želi se poslovanje direkcije organizirati kao jedan troškovni centar, a u sljedećoj fazi, kada se ostvare svi preduvjeti, kao profitni centar. Pogonima treba propisati normative rada (specifični učinci po jedinici proizvoda) i na osnovi toga odrediti potrebne količine goriva za proizvodnju. Potrebno je uspostaviti jedinstveni sustav za određivanje troškova tekućeg i investicijskog održavanja za sve pogone, te sustav stimuliranja za ostvarivanje normativa rada i troškova.

Funkcija Direkcije ostvarit će se kroz:

- Ured potpore
- Sektor za termoelektrane
- Sektor za toplinsku djelatnost
- Proizvodno područje HE dravskog sliva
- Proizvodno područje HE primorskog sliva
- Proizvodno područje HE dalmatinskog sliva.

Jedna od predloženih novih organizacijskih formi je Ured potpore u Direkciji. Taj ured će svoju funkciju obavljati koordinacijom poslova i zadaća, te kontrolom izvršenja. U Uredu potpore će se nalaziti stručni radnici svih profila zanimanja vezanih za vrste poslova u Direkciji. U Uredu bi se nalazio pravnik, kadrovik, ekonomist, inženjer zaštite na radu i stručnjaci potrebni za tehničko-tehnološku potporu (tipizacija, standardi, normativi), osiguranje kvalitete, koordinacija specijalističkih službi itd.

Centraliziranjem infrastrukturne funkcije ekonomsko-financijskih poslova smanjuje se opseg poslova u Direkciji za proizvodnju. Centralno obavljanje komercijalnih poslova smanjit će broj radnika za ove poslove na svim organizacijskim razinama na minimum. Preduvjet je ovakvog načina poslovanja:

- da svi pogoni imaju skladišta organizirana prema jedinstvenom informatičkom programu (jedinstvene nomenklature, usporedivost artikala, određivanje skladišnog minimuma po jedinstvenim kriterijima)
- da centralna komercijalna služba ugovori s dvije — tri velike trgovačke kuće poslovnu suradnju
- da se odredi kriterij određivanja minimuma dnevnih specijalnih narudžba po pogonima koje bi oni sami obavljali
- da se odredi bonitet tvrtki s kojima sve strukture HEP-a mogu poslovati.

Načinu nabave energenata također treba posvetiti punu pozornost. Uz Direkciju za ekonomsko-financijske poslove u nabavu mora biti uključena i Direkcija za proizvodnju i Direkcija za upravljanje i prijenos, dakako, svaka zastupljena svojim interesima i zahtjevima.

Opravdano je uspostaviti jedinstveni sustav održavanja postrojenja, i to u području realizacije održavanja. Primjer funkcioniranja ovakvog načina jedinstvenog održavanja postignut je u održavanju pogo-

na u Proizvodnom području HE dravskog sliva. Uspostavljeni sustav pokazao se dobar i treba ga primijeniti i na ostala područja. S obzirom na raznolikost opreme u pogonima i primjene različitih sustava održavanja, u Sektoru za termoelektrane i Sektoru za toplinsku djelatnost centralizirani sustav održavanja ostvarit će se postupno.

Potrebno je uspostaviti funkciju sustav inženjera prema bitnim tehnološkim sustavima i problematici. Sustav inženjer bio bi odgovoran za jedan ili nekoliko glavnih sustava. On bi bio »vlasnik« svog sustava. Nadgledao bi sve poslove održavanja i modifikacije na svojim sustavima, te kontrolirao provođenje odgovarajućih postupaka i usklađenost dokumentacije sa postojećim stanjem. Organizacijski, sustav-inženjer mora biti u Sektoru za termoelektrane, Sektoru za toplinsku djelatnost i u proizvodnim područjima hidroelektrana.

2.2. Direkcija za upravljanje i prijenos

Direkcija za upravljanje i prijenos osigurava električnu energiju potrošačima u potrebnoj količini, kvaliteti i sigurnosti isporuke, optimalnim rasporedom proizvodnje električne energije u elektranama, razmjenom energije s drugim elektroenergetskim sustavima i osiguranjem prijenosa energije do distribucijskih područja i velikih potrošača. Istovremeno obavlja i tranzit električne energije za potrebe drugih elektroenergetskih sustava.

Temeljni zahtjev koji se postavlja ovoj Direkciji jest optimalna raspodjela proizvodnje i nabave električne energije, pa je osim tehničko-tehnološkog aspekta ove djelatnosti vrlo bitan i financijski aspekt. Svaka-ko, ova direkcija mora sudjelovati u planovima, odlukama i realizaciji kupnje električne energije iz drugih elektroenergetskih sustava, kao i kupnji goriva za potrebe proizvodnje.

Direkcija je zadužena za planiranje i izvršavanje tekućeg i investicijskog održavanja prijenosnih vodova i transformatorskih stanica 110 kV, 220 kV i 400 kV, sustava daljinskog vođenja (SDV) i telekomunikacija. Ova direkcija je isto tako zadužena za razvoj i inženjering SDV-a i telekomunikacija u prijenosnoj mreži i elektranama, te ostvaruje potrebnu koordinaciju s Direkcijom za distribuciju. U Direkciji se izvode zamjene komponenti i dio rekonstrukcija.

Poslovi i zadaci Direkcije za upravljanje i prijenos organizirati će se u:

- Uredu potpore
- Sektoru za upravljanje elektroenergetskim sustavom (EES-om)
- Prijenosnom području Zagreb
- Prijenosnom području Split
- Prijenosnom području Opatija
- Prijenosnom području Osijek.

U Uredu potpore ostvaruje se infrastrukturna potpora i objedinjavanje poslova svih organizacijskih jedinica Direkcije za upravljanje i prijenos. U Uredu se izvode koordinacijski i kontrolni poslovi svih tehničko-tehnoloških funkcija, kao i administrativni i ekonomsko-financijski poslovi nužni na razini Direkcije.

Zadatak je Sektora za upravljanje EES-om da prema tehničko-tehnološkim uvjetima u elektroenergetskom sustavu HEP-a i uvjetima na tržištu električne energije i energenata osigura optimalnu proizvodnju, kupnju i prodaju električne energije radi uredne i sigurne opskrbe potrošača kvalitetnom električnom energijom. Ovaj sektor nadležan je za razvoj i inženjering procesne informatike i telekomunikacija.

Poslovi i zadaci pojedinih prijenosnih područja obavljaju se u koordinaciji s Uredom potpore u organizacijskim jedinicama za vođenje pogona, održavanje, procesni sustav, mjerenje, relejnu zaštitu, izvođenje radova na zamjenama i rekonstrukcijama, te u nužnom opsegu za ekonomsko-financijske, pravne i opće poslove.

U predstojećem organizacijskom i poslovnom restrukturiranju glavnu pozornost treba obratiti novom konceptu optimalizacije rada elektroenergetskog sustava Republike Hrvatske, koji će se ubuduće pojavljivati kao samostalni subjekt u objedinjenom elektroenergetskom sustavu Europe (UCPTE), te objedinjavanju i racionalnijem organiziranju poslova pogona, održavanja i drugih opisanih poslova.

2.3. Direkcija za distribuciju

Ispunjavanjem ciljeva dorade organizacije stvorit će se pretpostavka za poboljšanje ostvarenja glavnih zadataka distributivne djelatnosti koji se svode na zadovoljenje potreba za električnom energijom, pouzdanost opskrbe potrošača električnom energijom, smanjenje troškova distribucije električne energije i racionalna potrošnja.

Poslovi distribucije imaju takav karakter da će se funkcionalna nadležnost u pravilu realizirati kroz odluke generalnog direktora Hrvatske elektroprivrede i direktora Direkcije za distribuciju, te kroz planove, standarde, normative, upute, koordinaciju i nadzor. Poslove u distribucijskim područjima organizirat će i za njih odgovarati direktori distribucijskih područja, vodeći brigu o jedinstvenim osnovama funkcioniranja i aktima Hrvatske elektroprivrede.

U Direkciji za distribuciju u početku će biti 19 teritorijalnih jedinica (distribucijskih područja), a uz direktora Direkcije predviđena su tri ureda: Ured potpore, Ured za odnose s potrošačima i Ured za tipizaciju. Definitivna organizacijska struktura ureda bit će utvrđena nakon detaljnije razrade razina ostvarivanja infrastrukturnih poslova, o čemu će ovisiti grupiranja tih poslova i broj ljudi koji će ih obavljati u Direkciji za distribuciju. Organizacija u djelatnosti distribucije doradivati će se u kontinuitetu, posebno u pogledu optimalnog broja distribucijskih područja, unapređenja odnosa s potrošačima i formiranja profitnih centara.

U Uredu potpore Direkcije za distribuciju obavljat će se poslovi opće i tehničke koordinacije slično kao u Direkciji za proizvodnju i Direkciji za upravljanje i prijenos.

U sklopu Ureda za odnose s potrošačima organizirat će se i koordinirati poslovi za priključivanje novih potrošača i povećanje snage postojećih potrošača,

naplatu električne energije, te informiranje i savjetovanje potrošača, posebno u pogledu racionalnog korištenja električne energije. Ova nova organizacijska jedinica ključna je za unapređenje odnosa HEP-a s potrošačima.

Ured za tipizaciju organizira se u djelatnosti distribucije jer su tu mogućnosti unifikacije najveće. Zadaća je Ureda da tipizacijom opreme, postrojenja i objekata u suradnji s proizvođačima i dobavljačima osigura standardni asortiman opreme i tehničkih rješenja radi unapređenja rada i sniženja troškova. Prema radnoj verziji jedinstvene tipske sheme organizacije distribucijskog područja, uz direktora područja predviđena je objedinjena informatička funkcija i statistika, interna kontrola, obrana i zaštita, te zaštita na radu i pet organizacijskih jedinica:

- Služba za tehničke poslove
- Služba za ekonomske poslove
- Služba za odnose s potrošačima
- Služba za opće, pravne i personalne poslove
- Služba za pomoćne djelatnosti.

Shema također predviđa niže teritorijalne organizacijske forme pogon i pogonski ured. U pogonu bi se obavljao dio tehničkih poslova vezan za odnose s potrošačima i dio općih i administrativnih poslova. Pogonski uredi mogli bi se uspostavljati u manjim općinskim sredinama radi efikasnijeg obavljanja dijela poslova održavanja i odnosa s potrošačima.

Organizacijska unapređenja u djelatnosti distribucije u kojoj radi čak dvije trećine od ukupnog broja radnika HEP-a bitno će utjecati na povećanje produktivnosti HEP-a u cjelini, što je jedan od ključnih ciljeva aktualne promjene organizacije.

3. INFRASTRUKTURNE FUNKCIJE POTPORE

Budući da HEP sačinjavaju tri temeljne funkcije — direkcije (proizvodnja, upravljanje i prijenos, distribucija), te velik broj različitih i dislociranih djelatnosti potpore, osobito je značajno sve te dijelove trajno i efikasno povezivati i integrirati u jedinstven poslovni sustav. Tu integrativnu funkciju u poslovanju HEP-a imaju infrastrukturne funkcije potpore, koje bi se trebale obavljati na razini HEP-a, direkcija i područja.

Za potrebe sustava u cjelini i generalnog direktora opću i tehničku potporu trebaju pružati Direkcija za administracijske poslove, Direkcija za ekonomsko-financijske poslove, Direkcija za razvoj i inženjering, Sektor za poslovnu informatiku i Ured generalnog direktora. Primarna zadaća svih tih organizacijskih jedinica ima instruktivni i koordinirajući značaj (kreiranje stanovite poslovne politike, planova, analiza i standardizacije procedura i opreme, unutarnje povezanosti, ali i nadzor nad funkcioniranjem sustava).

Dnevno-operativni konkretni predmeti iz područja opće potpore trebali bi se rješavati u sklopu svake temeljne direkcije. Takva decentralizacija je nužna da bi se stručne službe u sjedištu HEP-a više posvetile svojim primarnim zadaćama.

Dakako da bi se i ubuduće glavnina svih operativnih poslova opće potpore trebala obavljati u postojećim službama na razini područja. Ako su dosadašnji organizacijski modeli bili uspješni, ne bi ih trebalo bitno mijenjati, ali bi ipak trebalo uskladiti nazive jedinica, kvalifikacijsku strukturu, plaće i potreban broj zaposlenog osoblja.

Operativnu i stručnu koordinaciju unutar svake temeljne direkcije trebali bi obavljati uredi opće i tehničke potpore (Ured potpore).

Ta bitna novost treba ublažiti stanovitu centralizaciju tamo gdje to nije korisno, a ujedno utjecati na direkcije da počnu samostalno voditi brigu o svojim potrebama, posebice s obzirom na pretvorbu u buduće profitne centre.

Budući da takva funkcija do sada nije postojala, teško je unaprijed dimenzionirati potreban broj vrsnih stručnjaka. Sigurno je da se poslovi i opće i tehničke potpore razlikuju ne samo zbog karaktera djelatnosti nego i zbog ukupnog broja uposlenih pojedine direkcije. U svakom slučaju treba startati s minimalnim brojem stručnjaka (koordinatora) i prema potrebama ih povećavati. Predstojnik ureda potpore trebao bi ujedno biti i zamjenik direktora direkcije. Međutim, potpuno je jasno koje bi vrste poslova ova »prištapska funkcija« trebala obavljati u potpori direktora direkcije. To je provedba i ostvarenje svih poslova koji se kreiraju u infrastrukturnim funkcijama na razini sustava kao što su ekonomski, planski, financijski, pravni, personalni, zaštite na radu, informatički, administrativni, tehnički i dr. Stoga se može reći da bi uredi potpore trebali biti sastavljeni na resornom principu i uz dvostruku odgovornost, u kojoj bi svaki koordinator ureda vertikalno bio odgovoran po stručnoj liniji jednom od direktora ili rukovoditelja organizacijskih jedinica na razini sustava, a horizontalno bi bio vezan za predstojnika ureda, odnosno svog direktora direkcije. Vertikalno prema dolje svaki bi koordinator ureda potpore bio u stručnom pogledu nadređeni voditelju odgovarajuće službe u području (a ovaj bi radno bio još vezan i za svog direktora područja).

Uspješna realizacija ovakve matrične organizacije, koja već prevladava u razvijenom svijetu kakvom i mi težimo, zahtijeva da se prihvate još i neki nužni preduvjeti. To je prije svega poštivanje hijerarhije ovlaštenja unutar strukture, ali i uspostavljanje povjerenja među svim čimbenicima tog procesa, počevši od imenovanja, suradnje, vrednovanja pa do razrješenja. Praktično to znači da generalni direktor svoje prve suradnike (direktore direkcija, sektora i svog ureda), koji osim stručnih moraju imati provjereni i visoke kvalitete menedžera, bira u suradnji s direktorom Direkcije za administracijske poslove, koja je kompetentna osoba za personalne poslove. Izabrani direktori direkcija opet biraju svoje prve suradnike uz konzultiranje personalne funkcije. No, glede izbora koordinatora u uredu potpore direktori temeljnih direkcija ili predstojnici tih ureda moraju pri izboru konzultirati odgovarajućeg direktora infrastrukturnih direkcija i sektora na razini sustava. Poistom načelu direktori područja imenuju vodite-

lje stručnih službi uz konzultaciju odgovarajućih koordinatora iz ureda potpore na razini direkcije.

3.1. Direkcija za administracijske poslove

Prije svega treba prihvatiti u svijetu uobičajen i praktičan naziv Direkcija za administracijske poslove (Administration Department), što najbolje naglašava zajedničku značajku većine poslova koji će se u njoj obavljati.

Promjena naziva treba ujedno simbolizirati pretvorbu usko začahurenog aparata u nove stručne službe otvorene za potrebe sustava u cjelini. Ta integrativna funkcija najviše bi trebala doći do izražaja u razvoju ljudskih potencijala, standardizaciji postupaka (procedura) i informatičkom povezivanju, čemu se dosad nije pridavala gotovo nikakva pozornost. Izobrazba i praktično osposobljavanje za primjenu najnovijih znanja ne samo radnika i namještenika nego osobito rukovodećeg osoblja treba biti temelj uspješne transformacije HEP-a u nacionalni poslovni gigant.

Takav položaj i prestiž mora se planski i promišljeno izgrađivati, jer se ne može dobiti, a ponajmanje u kratkom roku. Novu poslovnu filozofiju, odnos prema radu, imovini i dobiti, optimalnu organizaciju i međuveze treba uporno stvarati angažiranjem, ali i adekvatnim nagrađivanjem (!) najkompetentnijeg osoblja unutar HEP-a te svih zaposlenih. Maksimalna mobilnost i prilagođavanje svakog radnika prema zahtjevima posla, uvođenje timskog rada za određeni projekt tijekom određenog vremena, klizno radno vrijeme i selektivno nagrađivanje prema radnim efektima ili uštedama moraju postati dio stvarnosti HEP-a.

Struktura Direkcije za administracijske poslove koja bi mogla odgovoriti na postavljene zadaće mora imati sljedeće organizacijske jedinice:

- Sektor za personalne poslove
- Sektor za pravne poslove
- Sektor za opće poslove.

Sektor za personalne poslove obavljat će četiri osnovne grupe poslova:

- kreiranje politike zapošljavanja
- kreiranje politike izobrazbe
- radno-pravne odnose
- razvoj motivacije politikom plaća i sustavom nagrađivanja.

U tom sektoru obavljali bi se poslovi vezani za kolektivni ugovor i menedžerske ugovore za rukovodno osoblje.

U Sektoru za pravne poslove bi se obavljale ove grupe poslova:

- normativna djelatnost
- statusne promjene, a posebno registracije kod sudskih i upravnih organa
- stručna pomoć i tumačenje propisa za potrebe Upravnog odbora, generalnog direktora i drugih organizacijskih jedinica
- suradnja pri sklapanju ugovora
- imovinskopравни poslovi
- osiguranje imovine i ljudi, te ostvarivanja prava na odštetu.

Za razliku od dosadašnje prakse, ovaj sektor trebao bi dobiti vrlo važnu ulogu u zaštiti poslovnih interesa HEP-a putem kvalitetnijeg ugovaranja i brige o imovini.

Sektor za opće poslove, osim usluga neposredno vezanih za zaposlene u sjedištu HEP-a, trebao bi se baviti organizacijom i koordinacijom poslova od zajedničkog interesa za sustav u cjelini kao što su:

- uredsko poslovanje
- upravljanje imovinom
- zaštita i čuvanje
- standard radnika.

S obzirom na velik broj radnika i veliku vrijednost imovine u sklopu općih poslova (zgrade, stambeni fond, odmarališta, vojni park i sl.), funkcionalno organizacijsko objedinjavanje ovih poslova trebalo bi dati znatne poslovne efekte.

3.2. Direkcija za ekonomsko-financijske poslove

Unapređenjem organizacije Direkcije ekonomsko-financijskih poslova HEP-a žele se postići sljedeći ciljevi:

- efikasnije rukovođenje i korištenje radnih potencijala HEP-a
- ostvarivanje jedinstvenog i kvalitetnog planiranja iz ekonomsko-financijskog područja
- racionalnije upravljanje materijalima u HEP-u
- unapređenje na suvremeni način odnosa s potrošačima električne energije, poslovnim bankama, dobavljačima i drugim institucijama izvan HEP-a
- uspostavljanje troškovnih, a zatim i profitnih centara HEP-a
- unapređenje elektroničke obrade informacija u svim sektorima Direkcije za ekonomsko-financijske poslove od izvora do centra i natrag.

Uspostavljanje profitabilnog poslovanja temeljna je pretpostavka za bitnu promjenu ponašanja Hrvatske elektroprivrede. Ostvarivanju ovog cilja treba pristupiti odlučno i uporno se za njega zalagati, premda postoji niz objektivnih ograničenja. Prije svega to su ratna razaranja i štete koje će neko vrijeme bitno određivati poslovanje HEP-a. Osim toga, značajno će utjecati neadekvatna regulativa za poslovanje javnih poduzeća i opći uvjeti poslovanja koji su daleko od prilika u kojima posluju elektroprivrede zapadnih zemalja (npr. prisutna stroga kontrola plaća, nemogućnost nabave reproduksijskih materijala na slobodnom tržištu i sl.).

Tijekom 1992. godine započelo bi se, ako to prilike dopuste, s pripremnom fazom za profitne centre — uvođenjem troškovnih centara. Budući da će u početku status profitnih centara imati samo tri temeljne elektroprivredne djelatnosti — proizvodnja, upravljanje i prijenos i distribucija — već u fazi uspostavljanja troškovnih centara odredit će se interna cijena proizvodnje, upravljanja i prijenosa, te distribucije, a za infrastrukturne funkcije potpore utvrdit će se troškovi i raspodjela tih troškova na navedene tri organizacijske jedinice. Interna cijena za 1992. godinu definirat će se prema ostvarenim prosječnim troškovima u razdoblju posljednjih pet godina. Za kvalitet-

nije rješenje ovog pitanja odmah će se organizirati ekspertni tim HEP-a i stručnjaka izvan elektroprivrede, koji će predložiti argumentirana rješenja na razini standarda poslovanja uspješnih stranih elektroprivreda, uz nužno uvažavanje okruženja u kojem HEP posluje.

Paralelno će se definirati standardi pogonske spremnosti i stimulacija za uspješno poslovanje. Stimulacija će ovisiti o razini ostvarenih ušteda u odnosu prema utvrđenoj razini troškova u internoj cijeni i ostvarenju pogonske spremnosti na razini organizacijske jedinice i HEP-a u cjelini.

Sukcesivno sa stjecanjem prvih vlastitih iskustava, te promjenom i stabiliziranjem općih uvjeta poslovanja prešlo bi se na profitne centre na razini tri temeljne elektroprivredne funkcije-direkcije, uz postupno povećanje njihova broja i na nižim organizacijskim razinama.

Broj profitnih centara povećao bi se prije svega u djelatnosti proizvodnje i distribucije.

Direkcija za ekonomsko-financijske poslove bila bi organizirana na funkcionalnom načelu tako da njezini dijelovi budu organizirani u svim organizacijskim jedinicama HEP-a. Međusobna povezanost dijelova i cjelina treba se temeljiti na stručnom obavljanju poslova i zadataka uz suvremenu obradu informacija putem jedinstvenog informacijskog sustava HEP-a. Koordinacija ekonomsko-financijskih poslova s drugim organizacijskim dijelovima HEP-a, uz ostalo, treba se temeljiti i na jedinstvenim organizacijskim uputama.

Direkcija za ekonomsko-financijske poslove sastojat će se od sljedećih organizacijskih jedinica:

- Sektor za financije
- Sektor za prodaju
- Sektor za nabavu i upravljanje materijalima
- Sektor za računovodstvo.

U Sektoru za financije obavljat će se ovi poslovi:

- financijsko planiranje, analize poslovanja i izvješćivanje
- pribavljanje financijskih sredstava za poslovanje i investicije
- upravljanje svim financijskim sredstvima HEP-a
- poslovi platnog prometa na razini HEP-a
- utvrđivanje normativa troškova i internih cijena za troškovne odnosno profitne centre
- politika osobnih dohodaka.

U Sektoru za prodaju obavljat će se ovi poslovi:

- vođenje tarifne politike
- izrada planova, analiza i izvješća o ostvarenju prodaje po količini i vrijednosti, po teritorijalnim jedinicama, po strukturi i razdobljima
- praćenje naplate električne energije po područjima
- unificiranje odnosa i postupaka s potrošačima
- koordinacija rada poslova prodaje u dijelovima poduzeća.

Na razini javnog poduzeća obavlja se relativno manji opseg poslova prodaje. S obzirom na prirodu posla tako treba biti i ubuduće. Višim stupnjem kompjutorizacije ovih poslova, vođenje globalne politike, a na-

ročito pri naplati električne energije, trebat će biti s razine javnog poduzeća, a u cilju što boljih efekata naplate i radi podjednakog tretmana svih potrošača električne energije. Operativni poslovi prodaje obavljat će se pretežno u Direkciji za distribuciju.

Poslovi nabave i upravljanja materijalima obavljaju se u svim dijelovima javnog poduzeća. Na tim poslovima angažiran je znatan broj radnika Hrvatske elektroprivrede, a poslovi se odvijaju uz vrlo nisku razinu koordinacije. Radi zajedničkog nastupa prema dobavljačima, izvođačima radova i radi postizanja optimalnih rezultata za poduzeće kao cjelinu nužno je na razini poduzeća, putem Sektora za nabavu i upravljanje materijalima, organizirati i obavljati sljedeće poslove:

- utvrđivanje komercijalnih uvjeta za raspisivanje natječaja za izbor najpovoljnijeg izvođača i isporučioća opreme
- sudjelovanje u ugovaranju i praćenje realizacije ugovora o izgradnji
- nabavu svih materijala i inventara za jedinice na razini HEP-a
- ugovaranje i nabavljanje većih količina materijala za sve dijelove poduzeća
- nabavu materijala i opreme iz uvoza
- unificiranje i koordinacija skladišnog poslovanja.

U Sektoru za računovodstvo obavljat će se poslovi:

- vođenje analitičkog knjigovodstva: glavne knjige, pomoćnih evidencija i knjigovodstva svih dijelova HEP-a
- izrada periodičnih i godišnjih obračuna HEP-a
- primjena EOP-a na vođenje računovodstva, obradu računovodstvenih podataka i izradu obračuna i izvješća
- izrada pravilnika, uputa, smjernica i odluka za jedinstveno obavljanje računovodstvenih poslova (posebno za predstojeće uvađanje zapadnog računovodstvenog sustava)
- obračun plaća
- obavljanje ostalih računovodstvenih poslova (obračun poreza, doprinosa i drugih obveza, procjena bilančnih pozicija, analiza bilanci, revalorizacija, amortizacija, računovodstvena izvješća i sl.).

3.3. Direkcija za razvoj i inženjering

Direkcija za razvoj i inženjering relativno je nova organizacijska jedinica u dosadašnjoj praksi Hrvatske elektroprivrede, pa postoje određena lutanja i nejasnoće u njezinu poslovnom profiliranju. Prema novoj organizaciji predviđeno je da ova direkcija obavlja tri glavne grupe poslova:

- poslovnu strategiju HEP-a
- planiranje razvoja elektroenergetskog sustava
- investicijski inženjering na kompleksnim obnovama postojećih i izgradnji novih objekata proizvodnje i prijenosa.

Na razini Direkcije formiraju se ove organizacijske cjeline:

- Ured potpore
- Sektor za strategiju poslovanja

- Sektor za razvoj EES-a
- Sektor za inženjering
- Projektni biro Split
- Timovi za izgradnju.

Ured potpore daje opću i tehničku potporu u obavljanju zajedničkih poslova Direkcije za razvoj i inženjering slično kao u temeljnim direkcijama.

U Sektoru za strategiju poslovanja obavljali bi se poslovi:

- strategijskog planiranja
- upravljanja kvalitetom poslovanja
- poduzetništva u HEP-u.

Strategijsko planiranje je mjesto koordinacije svih procesa planiranja u HEP-u, te potpore rukovodstvu HEP-a i Upravnom odboru u donošenju glavnih poslovnih odluka. S obzirom na takvu ulogu, većina elaboracija koje HEP radi za potrebe Vlade i njezinih organa obavljat će se u ovoj organizacijskoj jedinici.

Upravljanje kvalitetom poslovanja bavi se unapređenjem, standardizacijom i praćenjem ukupnih poslovnih procesa u poduzeću, što uključuje tehnološki i organizacijski aspekt. Upravljanje kvalitetom poslovanja za HEP organizirat će se u sklopu ovog sektora s pretežnom zadaćom planiranja, koordinacije aktivnosti i kontrole osiguranja kvalitete, a operativni poslovi s naglaskom na tehnološkom aspektu obavljat će se u temeljnim elektroprivrednim funkcijama. Važno je naglasiti da je ova organizacijska jedinica odgovorna za predlaganje konzistentnog sustava propisa o organizaciji i poslovanju.

Aktivnosti na području poduzetništva trebalo bi usmjeriti na povećanje efikasnosti poduzeća vlasničkim restrukturiranjem. Naime, u posljednje vrijeme opće je prihvaćena teza da je vlasničko restrukturiranje javnog sektora gospodarstva najmoćnija poluga za povećanje njegove poslovne efikasnosti.

U sklopu ovog sektora osnovali bi se timovi za razvoj organizacije koji bi operacionalizirali reorganizaciju HEP-a, a direktor sektora bio bi voditelj i koordinator svih promjena organizacije (»transition manager«).

Djelatnost Sektora za razvoj ogleda se u ovim poslovima:

- praćenje znanstvenih dostignuća u svim područjima elektroenergetske djelatnosti i primjena tih dostignuća na usmjeravanje razvoja HEP-a
- izrada studija sirovinske osnove za izgradnju novih izvora električne energije
- razvoj novih i unapređenje postojećih tehnoloških procesa za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, te praćenje nuklearne tehnologije i NE Krško
- izrada podloga za utvrđivanje strategije razvoja elektroenergetskog sustava prema utvrđenim potrebama i uz kriterij najmanjih troškova u sustavu
- izrada i osiguranje podloga za dugoročne, srednjoročne i godišnje planove razvoja i izgradnje izvora električne energije, prijenosne mreže i distributivne mreže.

Glavni poslovi Sektora za inženjering, timova za izgradnju i Projektnog biroa u Splitu jesu obavljanje pripreme izgradnje i obavljanje investitorskih poslova na izgradnji novih objekata, kao i obavljanje investitorskih poslova na kompleksnim zahvatima na objektima u pogonu proizvodne i prijenosne djelatnosti.

Nakon donošenja odluke o izgradnji na osnovi provedenog postupka u HEP-u osniva se tim za izgradnju konkretnog objekta. Tim se formira od raspoloživih stručnjaka koji su pripremili izgradnju, a prema potrebi i iz drugih dijelova Sektora, Direkcije ili Poduzeća.

U poslovnom i organizacijskom pogledu tim je sastavni dio Sektora za inženjering, osim tima za TE Plomin II, koji je zbog svog značenja i prijašnjeg statusa odgovoran direktno direktoru Direkcije. Nakon završetka projekta i predaje krajnjem korisniku tim se rasformira.

3.4. Sektor za poslovnu informatiku

Dosadašnja rascjepkanost u organizaciji poslovne informatike izazivala je velike poteškoće u poslovanju HEP-a, te je nužno u ovoj fazi promjene organizacije provesti potrebno objedinjavanje informatičke djelatnosti. U Sektoru za poslovnu informatiku organizira se, obavlja i koordinira informatička potpora za sve direkcije i sektore, odnosno sve dijelove elektroenergetskog sustava. Uvažavajući funkcionalne potrebe, te teritorijalnu distribuiranost obavljanja poslova informatičke potpore procesnog upravljanja i telekomunikacija, ovi poslovi organiziraju se u Direkciji za upravljanje i prijenos i Direkciji za distribuciju. U Sektoru za poslovnu informatiku obavljat će se ovi poslovi:

- koordinacija provedbe informatičkih aktivnosti
- potpora zahtjevima korisnika
- planiranje i projektiranje razvoja poslovnog informacijskog sustava poduzeća
- organizacija i upravljanje inženjeringom poslovnih informatičkih resursa
- koordinacija eksploatacije informatičkih resursa
- koordinacija održavanja informatičkih resursa
- upravljanje radom informatičkih čvorišta u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku
- organiziranje provedbe statističkih i dokumentacijskih potreba poduzeća.

3.5. Ured generalnog direktora

U kratkom vremenskom razdoblju postojanja sve organizacijske jedinice Ured je uglavnom ispunio svoju zadaću, a praksa upućuje na nužnost davanja većeg značenja pojedinim poslovima koji se ovdje obavljaju ili se trebaju obavljati. To se u prvom redu odnosi na pružanje pomoći generalnom direktoru u poslovima koordinacije radom organizacijskih jedinica HEP-a i unapređenje odnosa s javnošću.

Ured generalnog direktora obuhvaća poslove:

- kabineta generalnog direktora
- interne inspekcije

- obrane
- odnosa s javnošću i internog informiranja u HEP-u.

4. PROVEDBA REORGANIZACIJE

Hrvatska elektroprivreda je u posljednje vrijeme praktički u neprekinutoj reorganizaciji. Uzrok je u činjenici da je promjena političko-gospodarskog sustava u Hrvatskoj s transformacijom grupe ključnih poduzeća u javna poduzeća, naročito utjecala na HEP zbog prijašnje organizacijske raspršenosti. Nakon što su u prethodnoj promjeni organizacije obavljeni »grubi« zahvati kojima je uspostavljeno temeljno usklađivanje poduzeća s novim zakonskim uvjetima, sadašnji je pothvat u većoj mjeri infrastrukturnog značaja.

Reorganizacija polazi od pretpostavke da HEP funkcionira zadovoljavajuće kao tehnički sustav, a kudikamo manje kao poslovni sustav. Stoga su reorganizacijom želi postići:

- podizanje ukupnog ljudskog potencijala u HEP-u, osobito potencijala rukovodstva
- unapređenje odnosa HEP-a s vladom, potrošačima i dobavljačima
- smanjenje troškova poslovanja dekompozicijom u troškovne, odnosno profitne centre i izravnim upravljanjem četirima vrstama resursa:
 - osobljem,
 - financijama,
 - materijalima,
 - informacijama
- integracija procesa u HEP-u uspostavljanjem hijerarhijski i prostorno distribuiranog, formalno organizacijski uređenog i tehnološki podržanoga komunikacijskog sustava.

Provedba ove organizacije mora se nužno ostvariti postupno u više koraka. U prvom koraku potrebno je odobriti pristup provođenju promjena organizacije HEP-a, usvojiti temeljna rješenja nove organizacijske strukture i imenovati rukovodeće ljude za ključna mjesta u novoj organizacijskoj strukturi, te ključne ljude za upravljanje procesom promjene.

4.1. Utvrđivanje temeljne zadaće, glavnih poslovnih ciljeva i uvjeta poslovanja HEP-a

Pod pojmom temeljne zadaće razumijeva se sažeta izjava o razlozima postojanja i rada HEP-a. Načelno temeljna zadaća HEP-a jest da osigura pouzdanu opskrbu potrošača potrebnim količinama kvalitetne električne energije uz najniže moguće troškove i da time pridonosi brzom napretku hrvatskoga gospodarstva.

Glavni poslovni ciljevi HEP-a u ovom trenutku poklapaju se s ciljevima promjene organizacije kako su specificirani u poglavlju 1. ovog članka.

Temeljna zadaća i glavni poslovni ciljevi vrlo su bitni za ocjenu da li su pojedinačne zamisli, inicijative i rješenja korisni za HEP, pa ih treba jasno formulira-

ti i formalno verificirati, odnosno dati im obvezujući karakter. Zbog toga je u prijedlog Odluke Upravnog odbora HEP-a uključeno utvrđivanje temeljne zadaće i glavnih poslovnih ciljeva HEP-a.

Za uspjeh predviđene promjene organizacije bitni su uvjeti poslovanja HEP-a. U definiranju uvjeta poslovanja treba procesom deregulacije kontrolni i regulatorni utjecaj države svesti samo na zaštitu bitnih interesa vezano uz opskrbu potrošača električnom energijom. Mnoga danas kruto regulirana pitanja trebaju postati predmet poslovnog odlučivanja i odgovornosti HEP-a.

Načelno bi u sklopu definiranja uvjeta poslovanja HEP-a trebalo utvrditi:

- nadležnost Vlade i njezinih organa za provođenje političkih, gospodarskih i socijalnih ciljeva u domeni električne energije
- nadležnost i odgovornost Upravnog odbora i rukovodstva HEP-a za ostvarivanje infrastrukturne uloge u opskrbi potrošača električnom energijom i uspješnost poduzeća, kao poslovnog subjekta
- način utvrđivanja i razina cijene električne energije
- fiskalnu politiku i druge odluke na razini Republike koje utječu na visini troškova poslovanja HEP-a,
- način kompenzacije smanjenog prihoda zbog zahtjeva i odluka Vlade koje se nepovoljno odražavaju na poslovnu uspješnost HEP-a (posebno popusti na cijenu električne energije za pojedine velike potrošače i sl.)
- način formiranja sredstava za proširenu reprodukciju HEP-a, ako to nije riješeno cijenom.

Potpuno je jasno da se ti uvjeti ne mogu definirati ni brzo ni jednostavno, posebno u ratnim uvjetima i gospodarskim poteškoćama s kojima se susreće Republika Hrvatska. Ova se pitanja kandidiraju kao važne teme za budućnost i rješavat će se kada za to bude uvjeta. Treba očekivati da će dio ovih pitanja biti riješen donošenjem Zakona o javnim poduzećima.

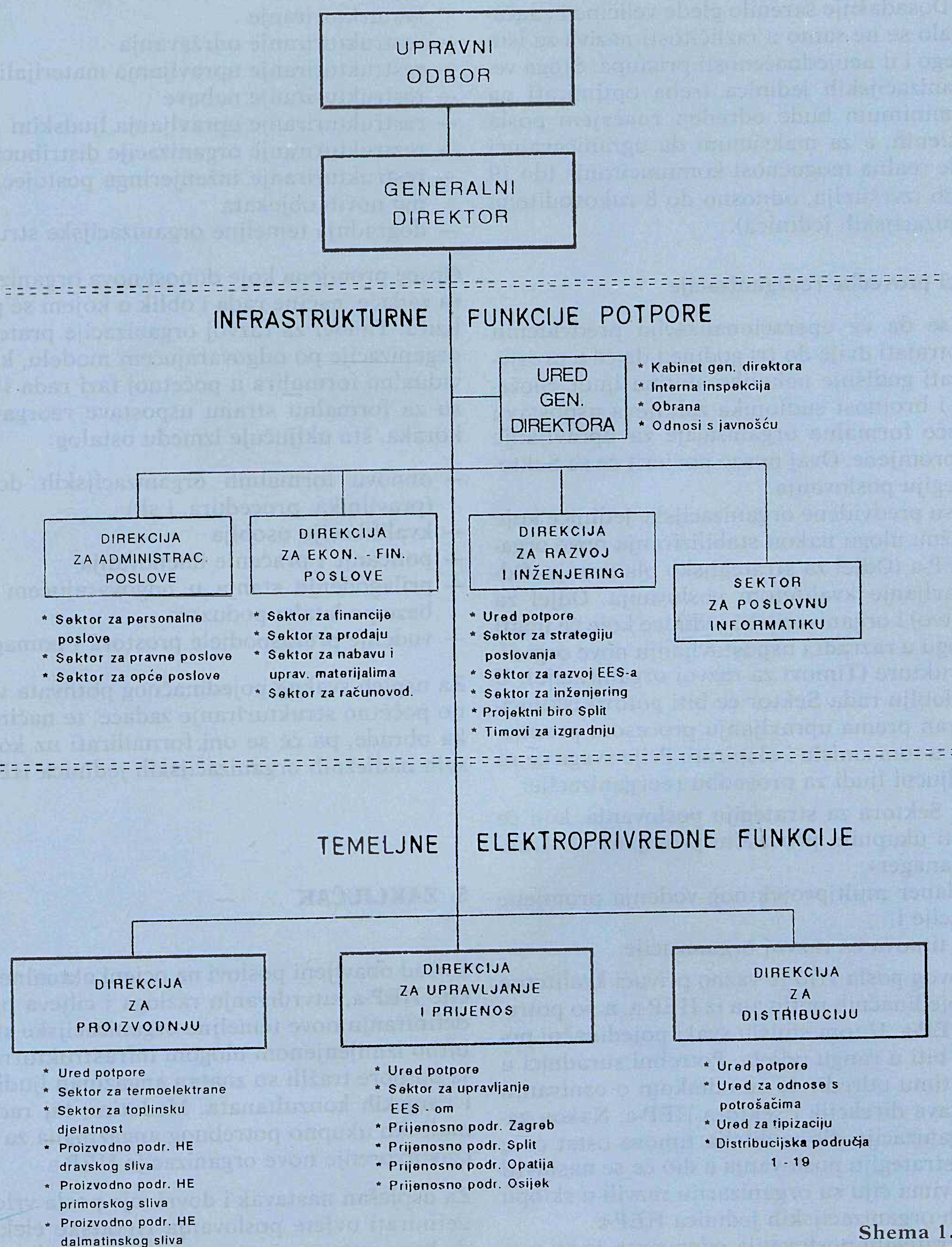
4.2. Usvajanje nove organizacijske strukture

Prethodno obrazložena nova organizacijska struktura HEP-a predložena je Upravnom odboru HEP-a, koji ju je usvojio na sjednici 27. veljače 1992. Temeljna organizacijska struktura HEP-a prikazana je na shemi 1.

Ukupno poslovanje HEP-a odvijat će se kroz temeljne funkcije organizirane u tri direkcije i kroz infrastrukturne funkcije potpore organizirane u tri direkcije, Sektoru za poslovnu informatiku i Ured generalnog direktora.

Te glavne organizacijske jedinice kao sljedeću razinu organiziranja imaju sektore, urede i odjele. Broj organizacijskih jedinica na razini direkcija, sektora i službi uz generalnog direktora do sada je bio 30, a prema prijedlogu nove organizacije 21. Broj organizacijskih razina rukovođenja smanjio se gotovo u svim segmentima za 1 do 2 razine. Može se konstatirati da nova organizacijska struktura ispunjava po-

Temeljna organizacijska shema HEP-a



Shema 1.

stavljene ciljeve smanjenja broja organizacijskih jedinica, a time i broja direktora, te efikasnijeg rukovođenja smanjenjem broja organizacijskih razina. Ova razina elaboracije organizacije bila je dovoljna za odlučivanje na Upravnom odboru, kao i početak funkcioniranja nove organizacije HEP-a. Detaljnu razradu organizacije predložit će timovi za razvoj organizacije u okviru posebnih organizacijskih propisa, uputa i procedura, koje će odobravati generalni direktor.

Brojna su područja za koje će trebati odrediti točnu nadležnost, odnosno razgraničenje poslova pojedinih organizacijskih jedinica. Međutim, posebna pozornost će se obratiti pothvatima u kojima dolazi do složene interakcije više direkcija, kao što su rekonstrukcije, revitalizacije i izgradnja objekata i postrojenja za proizvodnju i prijenos, funkcioniranje procesne i poslovne informatike, te telekomunikacija, upravljanje materijalima i sl.

Ovakav postupak ima za posljedicu da se temeljna organizacijska struktura utvrđuje samo za prve tri razine organiziranja. Temeljna organizacijska struktura dogradit će se opisanim postupkom daljnje razrade i primjene novih organizacijskih rješenja.

Posebnu pozornost u daljnjim fazama promjene treba obratiti poboljšanju efikasnosti organizacijske strukture. Dosadašnje šarenilo glede veličine i značaja odražavalo se ne samo u različitosti naziva za iste funkcije nego i u neujednačenosti pristupa. Stoga veličinu organizacijskih jedinica treba optimirati na način da minimum bude određen značajem posla (3–5 uposlenih, a za maksimum da ograničavajući faktor bude realna mogućnost komuniciranja (do 19 neposrednih izvršitelja, odnosno do 8 rukovoditelja nižih organizacijskih jedinica).

4.3. Nosioći provedbe reorganizacije

Ocjenjuje se da će operacionalizacija predviđenih rješenja potrajati dvije do tri godine i da će u prosjeku angažirati godišnje nekoliko stotina ljudi. Složenost posla i brojnost sudionika zahtijeva uspostavu odgovarajuće formalne organizacije za upravljanje procesom promjene. Ovaj posao povjerit će se Sektoru za strategiju poslovanja.

U Sektoru su predviđene organizacijske jedinice koje će imati važnu ulogu nakon stabiliziranja nove organizacije HEP-a (Odjel za strateško planiranje, Odjel za upravljanje kvalitetom poslovanja, Odjel za poduzetništvo) i organizacijske jedinice koje će imati ključnu ulogu u razradi i uspostavljanju nove organizacijske strukture (Timovi za razvoj organizacije). U prvom razdoblju rada Sektor će biti gotovo isključivo orijentiran prema upravljanju procesom promjena, pa će se u tom smislu i ekipirati. Prije svega će se osigurati ključni ljudi za provedbu reorganizacije:

- direktor Sektora za strategiju poslovanja, koji će upravljati ukupnim procesom promjene — »transition manager«
- glavni planer multiprojektnog vođenja promjene organizacije i
- voditelji timova za razvoj organizacije.

Za uspjeh ovog posla vrlo je važno privući kvalitetne voditelje pojedinačnih pothvata iz HEP-a, a po potrebi i izvan HEP-a. U tom smislu svaki pojedinačni pothvat treba biti u rangi odjela. Potrebni suradnici u pojedinom timu odredit će se odlukom o osnivanju tima iz sastava direkcija i sektora HEP-a. Nakon završne reorganizacije dio voditelja timova ostat će u Sektoru za strategiju poslovanja a dio će se nastaviti baviti poslovima čiju su organizaciju razvili u sklopu stacionarnih organizacijskih jedinica HEP-a.

Sektor za strategiju poslovanja odgovoran je za svoje poslove za vrijeme upravljanja promjenom generalnom direktoru HEP-a. Generalni direktor će ovoj organizacijskoj jedinici posebnom odlukom dati znatna ovlaštenja u vođenju ovog složenog i dugotrajnog procesa kao bitnu pretpostavku njezine efikasnosti.

Uočavaju se sljedeće teme koje će se voditi kao pojedinačni reorganizacijski pothvati, premda ne treba isključiti mogućnost da se neke teme grupiraju:

- provedba reorganizacijskih transformacija
- dogradnja sustava rukovođenja
- izrada modela poduzeća i modela poslovnih procesa

- uspostava strateškog planiranja
- uspostava sustava profitnih centara i vlasničko restrukturiranje
- restrukturiranje održavanja
- restrukturiranje upravljanja materijalima
- restrukturiranje nabave
- restrukturiranje upravljanja ljudskim resursima
- restrukturiranje organizacije distribucije
- restrukturiranje inženjeringa postojećih i izgradnje novih objekata
- dogradnja temeljne organizacijske strukture.

Opseg promjena koje donosi nova organizacija diktira zadaće, načine rada i oblik u kojem se posao finalizira. Timovi za razvoj organizacije prate stanje reorganizacije po odgovarajućem modelu, koji se individualno formulira u početnoj fazi rada i odgovorni su za formalnu stranu uspostave reorganizacijskih koraka, što uključuje između ostalog:

- obnovu formalnih organizacijskih dokumenata (pravilnika, procedura, i sl.)
- kvalifikaciju osoblja
- poticanje i praćenje imenovanja
- prilagođenje stanja u odgovarajućem segmentu baze podataka poduzeća
- vođenje preraspodjele prostora i pomagala.

Za uspjeh svakog pojedinačnog pothvata vrlo je važno početno strukturiranje zadaće, te način i dinamika obrade, pa će se oni formulirati uz konzultaciju svih nadležnih organizacijskih jedinica HEP-a.

5. ZAKLJUČAK

Dosad obavljeni poslovi na ocjeni aktualne organizacije HEP-a, utvrđivanju razloga i ciljeva promjena i definiranju nove temeljne organizacijske strukture s bitno izmijenjenom ulogom infrastrukturnih funkcija potpore tražili su znatan angažman ljudi iz HEP-a i vanjskih konzultanata. Međutim, taj rad je samo mali dio ukupno potrebnog angažmana za razradu i oživotvorenje nove organizacije HEP-a.

Za uspješan nastavak i dovršenje posla vrlo je važno definirati uvjete poslovanja Hrvatske elektroprivrede kao segmenta javnog sektora gospodarstva, koristeći najnovije strategije rješavanja ove problematike. Tu su posebno zanimljiva iskustva Španjolske, Novog Zelanda, Engleske i Walesa. U tim zemljama, bez ikakve rezerve, stvoreni su uvjeti i traži se da javna infrastrukturna poduzeća budu i uspješni poslovni subjekti.

Zaostajanje u rješavanju ovih pitanja može se pretvoriti u prednost ako se primijene najnovija rješenja za povećanja efikasnosti javnih poduzeća, a u tom kontekstu i elektroprivrede. Hrvatska elektroprivreda ima jasnu viziju o dijelu posla koji ona mora obaviti, pa uz odgovarajuću potporu na razini Republike rezultati ne bi smjeli izostati.

NEW ORGANISATION OF CROATIAN ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY

Transition from the state and self-management economy to the market economy, including the need of permanent organisational changes in accordance with the needs of consumers, is reviewed. Current reorganisation should therefore, before all, establish such an organisational structure which would be the skeleton and the base capable of permanent amelioration with new details.

DIE NEUE ORGANISATION DER KROATISCHEN ELEKTROWIRTSCHAFT

Es wurde der Übergang aus der staats und selbstverwaltenden Marktwirtschaft mit der Notwendigkeit der ständigen Wandlungen in der Organisation entsprechend den Bedürfnissen des Verbrauchers beschrieben. Deshalb sollte die aktuelle Reorganisation vor allem so eine Organisationsstruktur herstellen, welche der Grundstein für ein dauerhaftes Aufbauen mit neuen Elementen sein sollte.

Naslov pisaca:

**Nino Vedriš, dipl. pravnik
Nikola Bruketa, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1992-06-15.



Iskra

SYSEN

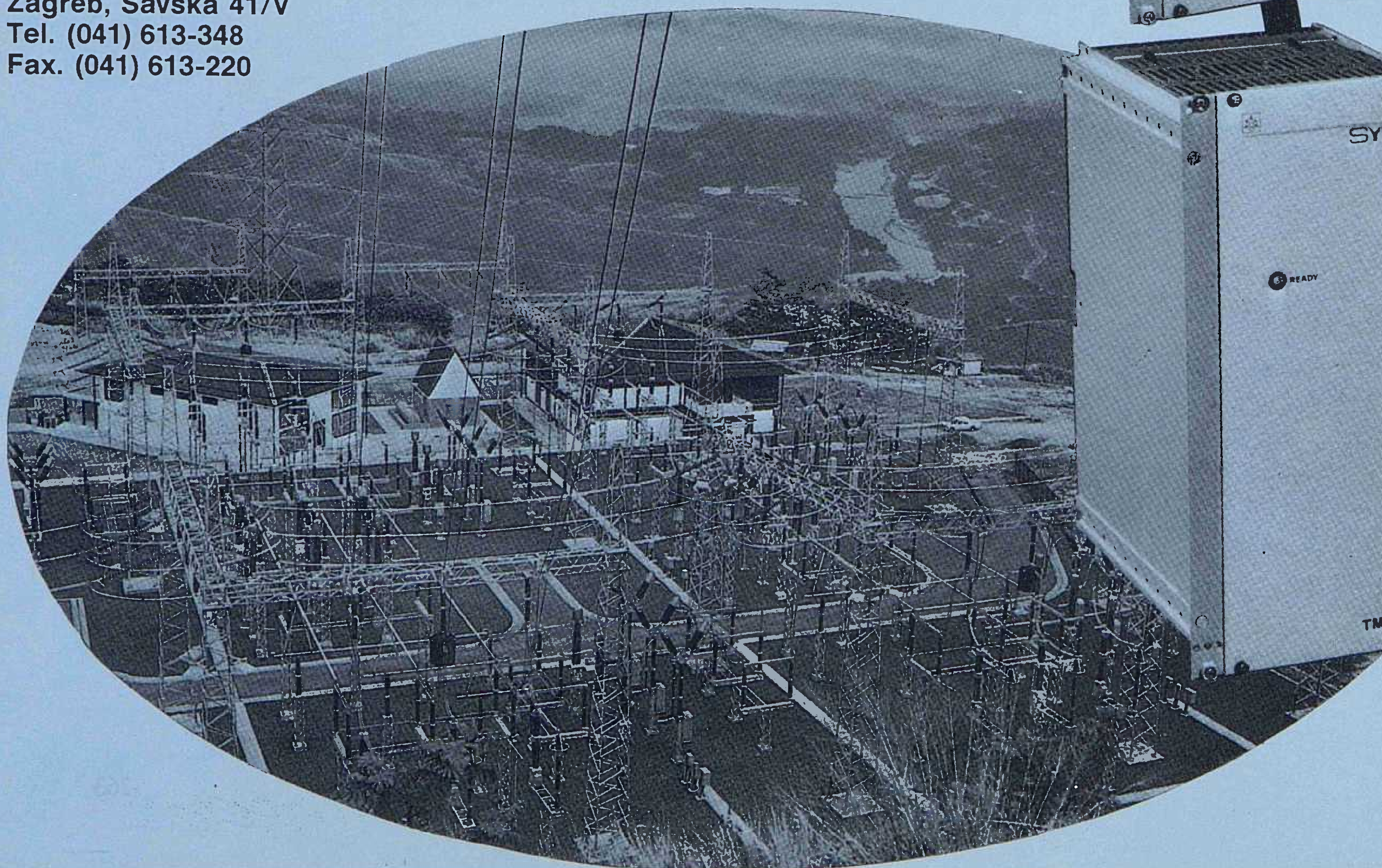
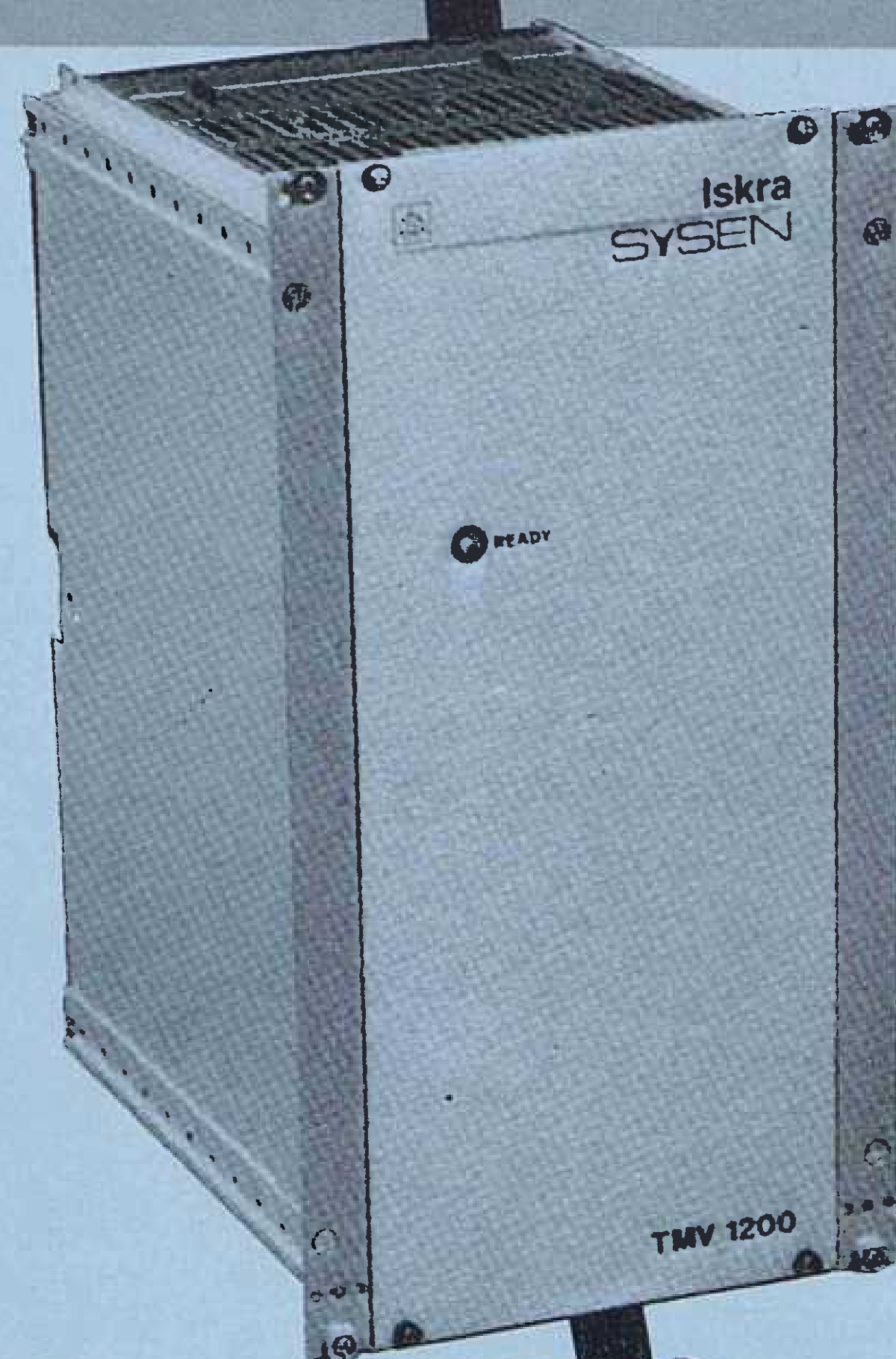
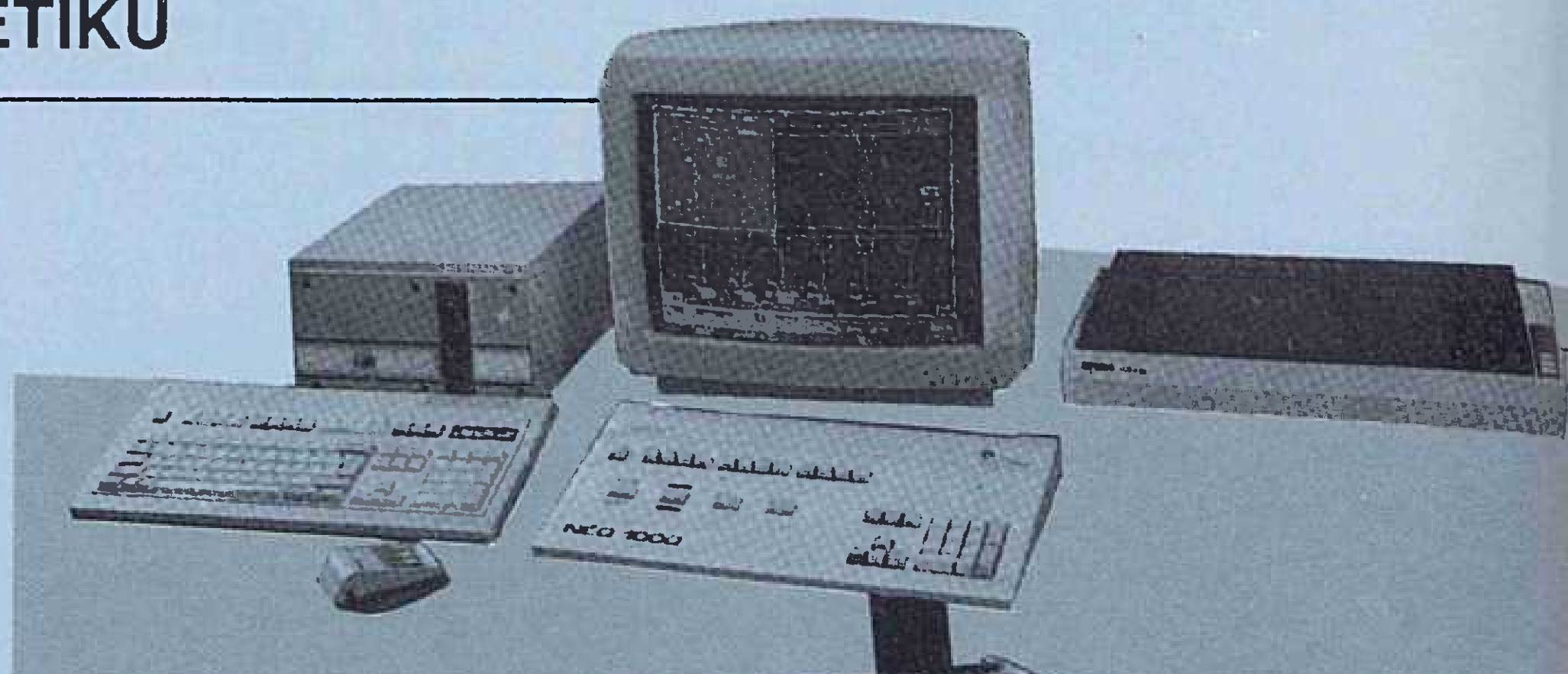
SISTEMI SEKUNDARNE OPREME ZA ENERGETIKU

**SEKUNDARNA OPREMA
ELEKTROENERGETSKIH
POSTROJENJA:**

- relejna zaštita i automatika
- nadzorno-upravljački sustavi u trafostanicama i elektranama
 - numerički zaštitni releji
 - distribuirani sustav procesnog upravljanja (daljinske stanice)
- centri daljinskog vođenja
- VF uređaji za prijenos informacija po dalekovodu
- programabilne komunikacijske centrale kapaciteta 96 odnosno 128(192) kanala

**PROJEKTIRANJE, ODRŽAVANJE,
SERVIS, INŽENJERING I CONSULTING
SUSTAVA SEKUNDARNE OPREME U
ELEKTROENERGETICI**

Iskra SYSEN d.o.o.
Zagreb, Savska 41/V
Tel. (041) 613-348
Fax. (041) 613-220



MOGUĆI SCENARIJI RAZVOJA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Glavni rezultati

Dr. Goran Granić — dr. Branka Jelavić, Zagreb

UDK 621.31

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazuju se mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede (proizvodnih, prijenosnih i distributivnih objekata) do 2010. godine, uzimajući u obzir razne razine potrošnje, postojeće stanje proizvodnih, prijenosnih i distributivnih objekata, raspoloživost i cijenu energenata na domaćem i svjetskom tržištu, mogući razvoj tehnologije proizvodnje električne energije, utjecaj na okoliš te ekonomski položaj elektroprivrede u gospodarskom razvitku Hrvatske.

Ključne riječi: scenariji razvoja HEP, izgradnja proizvodnih postrojenja, izgradnja prijenosne mreže, izgradnja distributivne mreže, ekonomski položaj HEP, zaštita okoliša.

Devedeseta godina za Hrvatsku znači u mnogo čemu prekretnicu. Raskid s političkim i gospodarskim sustavom koji je egzistirao na prostoru Jugoslavije i stvaranje novoga prema standardima Europe. Za energetiku i elektroprivredu Hrvatske raspad »energetskog prostora Jugoslavije« znači i preuzimanje odgovornosti Hrvatske za ukupno funkcioniranje energetskog sustava. Hrvatska postaje dio političkog i gospodarskog sustava Europe, kao mogući korisnik i davalac usluga, i s obvezama koje iz toga proizlaze. Posebno se to odnosi na područje zaštite okoliša.

Hrvatska elektroprivreda napravila je prvi korak prema novoj gospodarskoj filozofiji Hrvatske, pretvarajući se iz decentraliziranog samoupravnog sustava ZEOH-a u jedinstveno javno poduzeće. Daljnji proces stvaranja efikasnog poduzeća ili poslovnog sustava ovisit će o ukupnoj organizaciji energetskog sustava, energetskoj politici, razrješenju vlasničkih odnosa, organizaciji Hrvatske elektroprivrede i kvaliteti kadrova.

Republika Hrvatska je u političke i gospodarske promjene ušla s opterećenjem velike gospodarske i političke krize. Takav teški gospodarski ambijent dodatno je opterećen ratom i ratnim razaranjima čije je posljedice početkom 1992. godine teško u cijelosti sagledati. Da i nije bilo rata, dinamiku gospodarskog rasta Hrvatske teško bi bilo predvidjeti, a sam rat to čini još kompleksnijim.

Ova studija rađena je bez sagledavanja utjecaja rata, makar su određene posljedice rata indirektno sagledane. To se odnosi na stagnaciju rasta i pad potrošnje električne energije ispod razine ostvarene u 1990. godini i niske stope rasta (rast društvenog proizvoda po stopi 2,7%) u određenim scenarijima razvoja. S druge strane, promatrani su i mogući optimistički scenariji rasta gospodarstva Hrvatske koji se očituju kroz više stope rasta društvenog proizvoda (oko 4% godišnje), povećanju efikasnosti korištenja energije i

električne energije, strukturnim promjenama i tehnološkom napretku.

Hrvatska je siromašna primarnim energetske resursima i nema ni jednog oblika energije čija je proizvodnja u zemlji dovoljna za zadovoljenje sadašnjih potreba, a još manje potreba u budućnosti. Osim toga, ukupne energetske prilike u Hrvatskoj bit će pod velikim utjecajem posljedica raspada Jugoslavije, u segmentu tržišta ili zajedničkih proizvodnih postrojenja.

Jedno od temeljnih pitanja daljnjeg razvoja i funkcioniranja elektroenergetskog sustava Hrvatske jest isporuka električne energije iz zajedničkih objekata: NE Krško (332 MW), TE Obrenovac (300 MW), TE Tuzla IV (200 MW), TE Kakanj (50 MW) i TE Gacko (100 MW). Hrvatska država i Hrvatska elektroprivreda trebaju razriješiti te probleme u skladu s ugovorima, ali i unapređujući te ugovore prema poslovnim standardima Europe.

Hrvatska elektroprivreda mora svoj razvoj usmjeriti, uz iskorištenje preostalog ekonomski i ekološki iskoristivog hidroenergetskog potencijala, prema prirodnom plinu, uvoznom ugljenu i nuklearnoj energiji. Upravo je takav redosljed rješavanja problema potreban, jer on proizlazi iz gospodarskih, energetskih i ekoloških karakteristika goriva ili postrojenja. Svakom tipu postrojenja ili goriva ima svoje probleme i mogućnosti rješavanja, kao i neotklonivu dimenziju nesigurnosti kod dugoročnog osiguranja goriva, pa je nužna diverzifikacija goriva.

Potencijalna izgradnja plinskih elektrana u kombiniranom ciklusu primarno je opterećena raspoloživošću prirodnog plina za proizvodnju električne energije. S obzirom na ograničene mogućnosti domaće proizvodnje plina, realnost izgradnje plinskih elektrana ovisi o realnosti osiguranja dugoročnih aranžmana uvoza prirodnog plina.

Izgradnja termoelektrana na uvozni ugljen manje je opterećena problemom uvoza, tržište uvoznog ugljena je pristupačnije, a sustav uvoza jednostavniji, a više problemom lokacija. Na temelju urađenih istraživanja potrebno je provesti upravni postupak i osigurati određeni broj lokacija za izgradnju termoelektrana na uvozni ugljen.

Nuklearne elektrane su u ovom trenutku u trećem planu, kako zbog potreba, tako i zbog gospodarskih, političkih i ostalih razloga. Za izgradnju nuklearnih elektrana potrebno je ostvariti nužne stručne, prostorne i upravne pretpostavke. Jedno od najvažnijih pitanja je skladištenje radioaktivnog otpada i potencijalne lokacije za izgradnju nuklearnih elektrana. S obzirom na ukupnu političku i gospodarsku situaciju u Hrvatskoj, raspravu o nuklearnim elektranama potrebno je pomaknuti u vrijeme stabilnijih političkih prilika, jer nuklearne elektrane nisu u prioritetu.

Promjena gospodarskog ambijenta u Hrvatskoj za Hrvatsku elektroprivredu znači promjenu odnosa prema održavanju, revitalizaciji i poboljšanju pogona svojih postrojenja. To ujedno znači racionalnije vođenje procesa i smanjenje gubitaka po svim naponskim razinama.

Integracija u europske procese za Hrvatsku elektroprivredu predstavlja samostalno članstvo u UCPTE, ali i prihvaćanje inicijativa regionalnog povezivanja na ovom dijelu Europe. Prijenosna mreža 400 kV u budućnosti će se dograđivati prema interesima povezivanja sa susjednim elektroenergetskim sustavima i priključnim vodovima novih proizvodnih postrojenja. Mreža 110 kV jest onaj dio prijenosne mreže kome treba posvetiti u idućem vremenu najveću pozornost radi optimalnog razvoja te mreže. Samostalnost Hrvatske u smislu preuzimanja ukupne odgovornosti za razvoj i funkcioniranje energetskog sustava, a napose rat, nameću potrebu korekcije u sustavu planiranja izgradnje mreže. Pri analizi sigurnosti elektroenergetskog sustava i pojedinih potrošačkih centara mora se uzeti u obzir nova politička i državna realnost Hrvatske i ostalih država na području bivše Jugoslavije.

Posebno je teška situacija u distribucijskoj mreži. Najveći dio sredstava u idućem razdoblju utrošit će se na sanaciju prilika. Do takvih zaključaka se došlo i prije ratnih razaranja. Prioritet u sanaciji imat će područja koja su ratom razrušena.

Budući razvoj nije moguće racionalno postaviti ako se ne postavi stabilni ekonomski sustav Hrvatske elektroprivrede. Odnos država — elektroprivreda potrebno je regulirati dugoročno i stabilno kako bi se zaštitili i proizvođači i potrošači električne energije. Stabilni odnosi su preduvjet i budućih promjena vlasničkih odnosa i ostvarivanja procesa dioničarstva u elektroprivredi.

1. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ukupna potrošnja električne energije od 2 480 GWh u 1960. godini porasla je na iznos 15 751 GWh u 1990. godini. Prosječni godišnji porast ukupne potrošnje

Tablica 1. Viši scenarij razvoja

1. Gospodarstvo	
* Društveni proizvod	do 1993. godine povratak na razinu iz osamdesetih od 1993. do 2010. godine prosječni godišnji rast od 4%
* Gospodarski sektori	
Industrija	usporeniji rast društvenog proizvoda industrije, sa znatnim naglaskom na grupaciju trajnih dobara, a smanjenu zastupljenost baznih materijala
Usluge	orijentacija gospodarstva na uslužne djelatnosti
Kućanstva	nešto brži rast osobne potrošnje od rasta ukupnog društvenog proizvoda
2. Stanovništvo i stanogradnja	
* Broj stanovnika	zbog bržeg i intenzivnijeg gospodarskog razvoja potražnja radne snage do 2010. godine izaziva rast ukupnog broja stanovnika za 5% u odnosu na danas
* Stanogradnja	rast stambenog fonda za 15,5% do 2010. godine
3. Tehnologije	
* Nove tehnologije i bolja organizacija i vođenje tehnoloških procesa smanjuju potrošnju finalne energije industrije po jedinici pripadnog društvenog proizvoda za 30% do 2010. godine.	
* U novoizgrađenim stanovima do 2010. godine 30% bolja toplinska izolacija nego danas.	
* Potrošnja motornih goriva osobnih automobila manja za 35% do 2010. godine.	
* Povećanje korištenja postojećih i novih kućanskih aparata brže od tehničkih poboljšanja u smislu efikasnije potrošnje električne energije	
4. Pojedini podscenariji	
Scenarij SV40T	statički scenarij u kome su zadržani svi odnosi u gospodarstvu i potrošnji električne energije na razini ostvarenog u devedesetim godinama
Scenarij SV40	statički scenarij u kojem je pretpostavljeno zadržavanje i u budućnosti današnje strukture gospodarstva (40% uslužne djelatnosti u društvenom proizvodu)
Scenarij SV50	scenarij s realno ostvarivom strukturom gospodarstva do 2010. godine sa 50% društvenog proizvoda od uslužne djelatnosti, umjereno prestrukturiranje industrije
Scenarij SV60	scenarij s vrlo optimističkom strukturom gospodarstva, tj. sa 60% društvenog proizvoda od uslužnih djelatnosti do 2010. godine, 67% ukupno zaposlenih u uslužnim djelatnostima, postizanje visokog udjela grupacija trajna dobra u industriji

električne energije iznosio je 6,3%, vlastite potrošnje električne energije 7,6%, a gubitka u prijenosnoj i distribucijskoj mreži 5,6%.

Neto potrošnja električne energije (električna energija predana potrošačima) iznosi otprilike 89% ukupne potrošnje električne energije u Hrvatskoj. Za razinu potrošnje električne energije potkraj devedesetih godina na kućanstva otpada od 31%, a na gospodarstvo oko 69% električne energije predane potrošačima (neto-potrošnje električne energije) u Hrvatskoj. Struktura potrošnje električne energije u gospodarstvu u devedesetim godinama je: približno 1% u poljoprivredi, oko 30% u uslužnoj djelatnosti i otprilike 69% industriji.

Potrošnja električne energije u industriji Hrvatske primarno se realizira u baznoj industriji. Gotovo 50% potrošnje ostvaruje se samo u tri industrijske grane (proizvodnji obojenih metala, kemijskoj industriji i proizvodnji željeza i čelika), deset najvećih potrošača čine 44,4% ukupne potrošnje električne energije u industriji.

U vrijeme izrade ove studije još uvijek nije bilo kvantificiranog plana, niti se na njemu radilo, pa su autori studije sami odredili dinamiku i iznos osnovnih odrednica gospodarskog i socijalnog razvoja Republike Hrvatske do 2010. god. Prema analizama Commission of the European Communities, uz očekiva-

nje brzine rasta društvenog proizvoda visoko industrijaliziranih zemalja OECD-a (Europa 12, SAD, Kanada, Japan i ostali) od 2,8% do 2010. god., može se očekivati brzina rasta društvenog proizvoda u bivšem Sovjetskom Savezu, istočnoj Europi i Kini od 2,7%, a za ostale zemlje 4%. Za Hrvatsku su odabrane dvije razine rasta društvenog proizvoda: viša razina 4%, a niža razina 2,7%.

Simulacijom prilika u ukupnom energetsom i elektroenergetskom sustavu predviđena je potrošnja električne energije za sve promatrane scenarije. Prema scenarijima godišnji porast potrošnje električne energije u razdoblju do 2010. godine iznosio bi od 1,6% u scenariju SN50 do 3,6% u scenariju SV40T.

Tablica 3. Ukupna godišnja potrošnja električne energije (GWh) po scenarijima

God.	Scenarij					
	SV40T	SV40	SV50	SV60	SN40	SN50
1990.	14 732	14 732	14 732	14 732	14 732	14 732
1995.	17 635	16 884	16 355	16 159	15 837	15 837
2000.	21 574	19 755	18 976	18 485	17 844	17 127
2005.	25 545	22 839	21 702	20 348	19 821	18 691
2010.	30 127	26 309	24 596	22 520	21 954	20 439

Strukturne promjene u razvoju gospodarstva Hrvatske, tehnološki napredak i racionalizacija potrošnje energije omogućuju brži rast društvenog proizvoda od stope rasta potrošnje energije, pa tako i električne energije.

Tablica 4. Godišnje maksimalno opterećenje (MW) po scenarijima

God.	Scenarij					
	SV40T	SV40	SV50	SV60	SN40	SN50
1990.	2 482	2 482	2 482	2 482	2 482	2 482
1995.	2 917	2 802	2 726	2 709	2 631	2 631
2000.	3 570	3 291	3 194	3 139	2 982	2 890
2005.	4 222	3 802	3 664	3 487	3 314	3 175
2010.	5 091	4 488	4 306	4 040	3 776	3 617

Upravljanjem potrošnjom električne energije može se utjecati na karakteristike potrošnje (vremenski raspored i visinu maksimalnog opterećenja). Kod scenarija s višom razinom potrošnje električne energije: SV40 i SV40T moguće je poboljšati faktor opterećenja do 7,5% u industriji i 3,5% u kućanstvima i uslužnim djelatnostima u 2000 godini, i 15,0%, odnosno 7,5% u 2010. godini.

Tablica 2. Niži scenarij razvoja

1. Gospodarstvo	
* Društveni proizvod	povratak razine društvenog proizvoda iz osamdesetih tek nakon 1995. god. od 1995. do 2010. godine brzina rasta društvenog proizvoda 2,7% godišnje
* Gospodarski sektori	
Industrija	manje mogućnosti prestrukturiranja industrije
Usluge	u takvim uvjetima bi uslužne djelatnosti mogle ostvariti najviše 50% društvenog proizvoda do 2010. godine
Kućanstva	spori rast životnog standarda
2. Stanovništvo i stanogradnja	
* Broj stanovnika	ukupno povećanje broja stanovnika do 2010. godine od samo 2,6%
* Stanogradnja	rast stambenog fonda za 10,8% do 2010. godine
3. Tehnologije	
* Utjecaj uvođenja novih tehnologija, bolje organizacije i vođenja proizvodnih procesa	neznatno uspoređujući nego u grupi viših scenarija.
* Zbog manje kupovne moći stanovništva	manji utjecaj povećanja korištenja kućanskih aparata od utjecaja tehničkih poboljšanja tih uređaja u smislu efikasnije potrošnje električne energije.
4. Pojedini podscenariji	
Scenarij SN40	statički scenarij u kojem je zadržana današnja struktura gospodarstva
Scenarij SN50	scenarij s maksimalno ostvarivom granicom udjela uslužnih djelatnosti od 50% u društvenom proizvodu 2010. godine, za pretpostavljene uvjete

2. DOSADAŠNJI RAZVOJ I STANJE
ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

2.1. Proizvodna postrojenja

U 1990. godini ostvarena je potrošnja električne energije kod potrošača Hrvatske elektroprivrede u

iznosu 15 009 GWh i maksimalno opterećenje od 2 482 MW. S proizvodnim objektima koji su izgrađeni na području Hrvatske ili su za potrebe potrošača iz Hrvatske financirani i izgrađeni izvan područja Hrvatske moguće je prema prihvaćenim kriterijima sigurnosti zadovoljiti potrebe za električnom energijom od 16 700 GWh i maksimalnog opterećenja 2 800 MW, što je približno 11% više nego što je ostvareno u 1990. godini.

Ukupna instalirana snaga 17 hidroelektrana je 2032 MW. Prosječna starost hidroelektrana, bez dviju najstarijih, jest 18 godina.

U proizvodnji električne energije za potrebe potrošača u Republici Hrvatskoj sudjeluju termoelektrane sa snagom 2 259,5 MW od čega je 1 272,5 MW izgrađeno na području Republike Hrvatske. Zbog starosti postrojenja: 45 MW 6,5 godina, 793 MW 12–15 godina i 411 MW 21–29 godina, povećanog broj kretanja u pogon i obustavljanja, te dužih stajanja zbog nedostatka goriva stanje je većih postrojenja takvo da iziskuje revitalizaciju ako se želi računati s proizvodnjom električne energije u tim postrojenjima do 2010. godine.

Hrvatska elektroprivreda financirala je izgradnju termoelektrana na ugljen u drugim republikama od 1974. godine. Ugovorena je izgradnja termoelektrana ukupne snage 655 MW, te godišnja isporuka od 3 566 GWh električne energije, što pokriva 24% potrošnje električne energije u Hrvatskoj u 1990. godini.

NE Krško, snage 664,5 MW, zajednički objekt Hrvatske i Slovenije (50%/50%), postala je nuklearni elektroenergetski objekt prvim ulaganjem nuklearnog goriva tijekom svibnja 1981. godine. Elektrana je prvi put sinkronizirana na elektroenergetski sustav 2. listopada 1981. U redovnom pogonu je od početka 1983.

Osnovna politika Hrvatske elektroprivrede temelji se na kvalitetnom održavanju i revitalizaciji proizvodnih postrojenja. Prema potrebama predviđa se revitalizacija svih starijih hidroelektrana i većih termoelektrana.

2.2. Prijenosna mreža

Potkraj 1990. god. elektroenergetski sustav Hrvatske raspolagao je sa 742,9 km DV 400 kV i instaliranom snagom TS 400/x kV 3 400 MVA, 1 051,4 km DV 220 kV i instaliranom snagom TS 220/x kV 2 850 MVA, i 4 529,6 km DV 110 kV i instaliranom snagom TS 110/x kV 6 650 MVA. Oko 65% DV 220 kV (850 km), 45% DV 110 kV (2 160 km), 43% TS 220/x kV i 34% TS 110/x su stariji od dvadeset godina. Prema sagledavanjima iz 1991. godine, bez sanacije ili izgradnje ratom razrušenih objekata, trebalo bi izvesti rekonstrukciju na 9 dalekovoda i 16 transformatorskih stanica.

Elektroenergetski sustav Hrvatske povezan je sa susjednim elektroenergetskim sustavima (Slovenije, Bosne i Hercegovine, Srbije i Mađarske) preko pet dalekovoda 400 kV, sedam dalekovoda 220 kV i trinaest dalekovoda 110 kV. Veze su ostvarene i na nižim naponskim razinama (na osam međurepubličkih vo-

dova vrši se obračun razmjene i kupoprodaje električne energije).

2.3. Distribucijska mreža

Osnovnu strukturu elektrodistribucijske mreže Hrvatske danas čine: TS 110/35 kV, vodovi 35 kV, TS 35/10 kV, vodovi 10 kV, TS 10/0,4 kV, i vodovi 0,4 kV (niski napon). Osim navedene strukture, sve više se uvodi tzv. direktna transformacija sa slijedećom strukturom: TS 110/10 kV, vodovi 10 kV, TS 10/0,4 kV, vodovi 0,4 kV. U nekim distribucijskim područjima pristupilo se postupnoj zamjeni napona 10 kV sa 20 kV naponom.

Prema podacima iz 1990. godine, distribucijska mreža Hrvatske sastoji se od 4 253 km nadzemnih 35 kV vodova i 756 km 35 kV kabela (ukupno 5 009 km), 22 620 km nadzemnih 10 kV vodova i 5 533 km 10 kV kabela (ukupno 28 153 km), 48 591 km nadzemnih 0,4 kV vodova i 11 707 km kabela (ukupno 60 298 km), trafo-stanica 35/10 kV 343 komada ukupne snage 3 638 MVA, i trafostanica 10/0,4 kV 19 113 komada ukupne snage 4 633 MVA.

Potrebno je za sanaciju distribucijske mreže u Hrvatskoj izgraditi: 678 km novih 35 kV vodova (13,7% postojeće mreže), priključnih vodova TS 35/10(20) kV: 276 km 35 kV vodova i 275 km 10 kV vodova (5,6% za 35 kV i 1% za 10 kV), 26 novih stanica 35/10 (20) (povećanje 7,6%) i rekonstruirati 10 stanica (povećanje 2,9%). Sanacija niskonaponske mreže u Hrvatskoj obuhvaća: novu mrežu 0,4 kV za priključak novih TS/10/0,4 kV na postojeću mrežu: 1 589 km (povećanje 2,7%), rekonstruirana mreža 0,4 kV: 11 365 km (20% u odnosu na sadašnju dužinu vodova 0,4 kV), priključnih vodova 10 kV: 4 677 km (16,8% sadašnje dužine vodova 10 kV), i nove TS 10/0,4 kV: 9 341 kom (48% sadašnjeg broja).

2.4. Potrebna sredstva za revitalizaciju

Za potrebe revitalizacije postrojenja u elektroenergetskom sustavu Hrvatske potrebno je osigurati do 2010. godine 2 316,1 mln USD, što u prosjeku po petogodištu iznosi otprilike 579,0 mln USD (od 577,9 mln USD do 582,0 mln USD), ili prosječno 115,8 mln USD godišnje.

2.5. Mogućnost proizvodnje izgrađenih proizvodnih postrojenja

Mogućnost daljnje proizvodnje električne energije u izgrađenim proizvodnim postrojenjima, bez obzira na to da li su postrojenja izgrađena na području Hrvatske ili u drugim republikama, razlikuje se od postrojenja do postrojenja. Kod hidroelektrana se predviđa proizvodnja u svim objektima osim u HE Kraljevac i HE Manojlovac nakon 2005. godine, a u termoelektranama na području Hrvatske proizvodnja u svim većim objektima, a proizvodnja u manjim objektima dok bude ekonomski opravdano ulagati u održavanje tih objekata. Zbog proizvodnje topline predviđa se supstitucija starih blokova na lokaciji TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb.

Tablica 5. Potrebna sredstva za revitalizaciju u Hrvatskoj elektroprivredi

Objekti	1990 – 1995.		1995 – 2000.		2000 – 2005.		2005 – 2010.		Ukupno	
	mln USD	%	mln USD	%	mln USD	%	mln USD	%	mln USD	%
Proizvodnja	153,2	26,5	148,8	25,6	148,8	25,7	148,8	25,7	599,6	25,9
Prijenos	46,1	8,0	54,2	9,3	50,1	8,7	50,1	8,7	200,5	8,7
Distribucija	379,0	65,5	379,0	65,1	379,0	65,6	379,0	65,6	1 516,0	65,5
Revitalizacija	147,5	25,5	147,5	25,3	147,5	25,5	147,5	25,5	589,9	25,5
Srednji napon	60,5	10,5	60,5	10,4	60,5	10,5	60,5	10,5	241,9	10,4
Niski napon	87,0	15,0	87,0	14,9	87,0	15,1	87,0	15,1	348,0	15,0
Sanacija	231,5	40,0	231,5	39,8	231,5	40,1	231,5	40,1	926,1	40,0
Srednji napon	58,0	10,0	21,7	3,7	21,7	3,7	21,7	3,7	123,0	5,3
Niski napon	173,5	30,0	209,9	36,1	209,9	36,3	209,9	36,3	803,1	34,7
Ukupno	578,3	100,0	582,0	100,0	577,9	100,0	577,9	100,0	2 316,1	100,0
Godišnji prosjek	115,7		116,4		115,6		115,6		115,8	

Scenarij »A« polazi od mogućnosti proizvodnje hidroelektrana i termoelektrana na području Republike kako je prethodno navedeno, a za neizvjesne objekte pretpostavlja:

- isporuku električne energije iz TE Tuzla IV nakon 1. travnja 1994. u ekvivalentnom iznosu električne energije koja odgovara raspoloživoj količini ugljena od 600 000 t/god. sve do 2010. godine
- isporuku električne energije po ugovoru ZEP-ZE-OH iz 1974. godine u količinama utvrđenim ugovorom do 2004. godine
- isporuku električne energije iz TE Gacko do 2010. godine
- isporuku električne energije iz TE Kakanj do 1. svibnja 2004.
- rad NE Krško prema stanju i sigurnosti objekta, ali ne kraće od 2010. godine.

Scenarij »B« pretpostavlja da će se događaji odvijati mimo interesa Hrvatske elektroprivrede i predstavljaju »pesimističku« varijantu razgraničenja interesa. Po tom scenariju proizvodnja hidroelektrana i termoelektrana izgrađenih na području Hrvatske, kao i isporuke električne energije iz TE Gacko i TE Kakanj odvijat će se po scenariju »A«, a za ostale objekte predviđa se:

- prekid isporuke električne energije iz TE Tuzla IV nakon 1. travnja 1994.
- raskid ugovora (sporazumni) iz 1974. godine za isporuku električne energije iz elektroenergetskog sustava Elektroprivrede Srbije nakon 15. godina realizacije ugovora, tj. 1.1. 1994.
- prestanak rada NE Krško potkraj 1995. godine.

Između ta dva scenarija moguće je napraviti više podvarijanti scenarija, koji u srži znače samo određene pomake u dinamici korištenja objekata ili isporuke električne energije, a u strateškom smislu planiranja daljnjeg razvoja ne mijenjaju ništa.

3. MOGUĆI SCENARIJI RAZVOJA

3.1. Proizvodna postrojenja

3.1.1. Manjak snage u elektroenergetskom sustavu

Manjak snage odnosi se na proizvodna postrojenja, a određen je temeljem simulacije prilika u elektroenergetskom sustavu Hrvatske, kao razlika između potrebne izgradnje elektroenergetskog sustava za traženu sigurnost opskrbe potrošača i sadašnje razine izgradnje elektroenergetskog sustava. Najveći manjak snage u grupi scenarija »A« je u scenariju SV40T, u kojem se zadržava dosadašnja struktura i efikasnost potrošnje električne energije, a koji u 2010. godini iznosi 3 404,1 MW. Najmanji manjak snage je u scenariju SN50 i iznosi 1 410,0 MW. Povećanje efikasnosti korištenja električne energije i tehnološki napredak mogu smanjiti potrebnu izgradnju u 2010. godini za 802,9 MW, a promjena strukture gospodarstva na razinu ostvarenog u zemljama zapadne Europe (usluge 60%) za daljnjih 723,9 MW.

Tablica 6. Manjak snage po promatranim scenarijima rasta potrošnje električne energije za varijantu »A«

God.	Manjak snage — scenarij »A«					
	SV40T	SV40	SV50	SV60	SN40	SN50
1991.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995.	68,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996.	325,7	131,4	28,6	0,0	0,0	0,0
1997.	490,1	256,4	147,4	67,2	0,0	0,0
1998.	649,0	374,4	260,4	159,9	64,8	0,0
1999.	814,7	496,6	377,9	256,0	151,8	39,5
2000.	984,9	622,5	450,8	355,3	222,2	84,6
2001.	1 214,3	818,3	648,7	518,5	387,7	230,6
2002.	1 366,0	941,0	760,0	588,2	463,4	286,5
2003.	1 523,2	1 067,6	875,3	660,8	540,9	344,4
2004.	2 049,1	1 558,0	1 355,4	1 128,3	1 013,3	790,1
2005.	2 258,1	1 711,9	1 506,4	1 229,5	1 127,3	902,9
2006.	2 592,6	2 007,9	1 770,5	1 469,7	1 352,5	1 129,7
2007.	2 756,1	2 123,7	1 866,2	1 536,4	1 417,8	1 175,8
2008.	2 911,9	2 232,3	1 955,3	1 597,3	1 475,8	1 216,6
2009.	3 104,5	2 369,7	2 069,0	1 679,6	1 554,4	1 273,5
2010.	3 404,1	2 601,2	2 264,5	1 877,3	1 710,4	1 410,0

Scenarij »B« u odnosu na scenarij »A« razlikuje se i po iznosu i po dinamici. Po iznosu jer treba supstituirati proizvodnju TE Tuzla IV i NE Krško, a po dinamici jer se najveće smanjenje proizvodnje postojećih postrojenja događa sredinom devedesetih godina. U sva četiri viša scenarija potrošnje električne energije manjak snage se pojavljuje već 1994. godine i pored ulaska TE Plomin 2 u pogon. Kritične godine, ako bi se rasplet odnosa s partnerima na zajedničkim objektima realizirao po scenariju »B« bile bi 1994 – 1996, kada bi po najvišem scenariju trebalo izgraditi 1 125,4 MW. Manjak snage u 2010. godini iznosi od 1 867 MW u scenariju SN50 do 3 856 MW u scenariju SV40T.

Tablica 7. Manjak snage po scenarijima rasta potrošnje električne energije — scenarij »B«

MW

God.	Manjak snage — scenarij »B«					
	SV40T	SV40	SV50	SV60	SN40	SN50
1991.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1992.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1993.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994.	269,4	157,4	121,4	38,7	0,0	0,0
1995.	526,5	391,9	288,0	236,1	153,8	153,8
1996.	1 125,4	937,4	821,4	761,4	685,1	656,6
1997.	1 293,0	1 058,0	951,8	863,0	773,6	718,3
1998.	1 455,0	1 171,9	1 075,9	958,5	854,4	773,3
1999.	1 623,8	1 289,7	1 204,9	1 057,6	937,5	830,3
2000.	1 797,3	1 411,2	1 284,9	1 160,0	1 021,4	888,6
2001.	2 009,8	1 608,6	1 447,4	1 315,2	1 196,9	1 025,1
2002.	2 158,4	1 734,4	1 549,5	1 385,1	1 271,4	1 088,6
2003.	2 312,3	1 864,2	1 655,3	1 457,9	1 347,6	1 154,2
2004.	2 496,1	2 005,7	1 815,5	1 577,8	1 455,4	1 254,8
2005.	2 711,9	2 171,9	1 944,3	1 682,0	1 567,5	1 359,3
2006.	3 056,2	2 462,8	2 213,8	1 923,5	1 823,0	1 585,7
2007.	3 217,4	2 579,2	2 312,0	1 988,1	1 885,1	1 632,0
2008.	3 370,9	2 688,3	2 403,3	2 047,0	1 940,3	1 672,9
2009.	3 560,7	2 826,4	2 520,0	2 126,7	2 015,1	1 730,0
2010.	3 856,0	3 059,1	2 720,5	2 318,1	2 163,4	1 867,0

3.1.2. Resursi i elektrane kandidati za izgradnju

Potencijal vodnih snaga procjenjuje se na 20 TWh godišnje, od čega je tehnički iskoristivo otprilike 12 TWh. Uvažavanjem kriterija ekološki iskoristivog hidropotencijala pomaknut će se granica ekonomski iskoristivog potencijala na niže.

Od ukupno utvrđenih rezervi fosilnih goriva (12 787,21 PJ) na ugljen otpada 17,7%, a na naftu i plin 78%. Struktura utvrđenih rezervi ugljena je: 22,4% kameni ugljen, 27,8% mrki ugljen, 49,8% lignit.

Rudnik kamenog ugljena na području raškog bazena se zatvara, a mogućnost korištenja mrkog ugljena na nalazištu Medimurje i lignita na lokaciji Poljanica-Šušebreg nije ekonomski dokazana. Može se zaključiti, prema sadašnjoj razini obrađene dokumentacije, da na području Republike nema mogućnosti izgradnje termoelektrane na domaći ugljen.

Utvrđene rezerve nafte i plina iznose 10 517 PJ od čega na plin otpada 2 315,59 PJ ili 22%, a naftu 8 202,33 PJ ili 78%. Glavnina utvrđenih rezervi je izvanbilančna 79,9% (i to je uglavnom posljedica stanja kod na-

fte gdje su bilančne rezerve samo 11,1%). Odnos bilančnih i izvanbilančnih rezervi kod prirodnog plina je 51,7% prema 48,3%.

Potencijalne rezerve nafte i plina su veće nego utvrđene rezerve za 29,6%, i to više kod plina gdje je odnos potencijalne/utvrđene 2,904/1, a kod nafte 1,071/1.

Proizvodnja nafte u Hrvatskoj je na razini 2,5 mln tona godišnje. Očekuje se postupno smanjivanje proizvodnje na 2,0 mln t/godišnje u 2000. godini i 1,7 mln t/godišnje u 2010. godini. S proizvodnjom lož-ulja iz domaće nafte moći će se zadovoljiti u idućem razdoblju manje od 1/3 potreba lož-ulja.

Proizvodnja prirodnog plina u 1990. godini iznosila je 2 063 mln Nm³/god. Prema planovima proizvodnje plina u razdoblju 1990 – 2000. godine ne predviđa se povećanje proizvodnje prirodnog plina. Raspoložive količine plina iz proizvodnje na području Hrvatske nisu dovoljne za zadovoljenje potrošnje plina u kućanstvima i industriji, pa za proizvodnju električne energije, osim povremenih sezonskih viškova, nema domaćeg plina.

3.1.2.1. Hidroelektrane

Prema osnovnim energetske karakteristikama preostali hidroenergetski potencijal Hrvatske može se podijeliti na dvije grupe: potencijal srednjih i većih vodnih snaga sa 60 objekata na 15 vodotoka i potencijal malih vodnih snaga koji obuhvaća oko 699 lokacija ukupne instalirane snage 177 MW i moguće godišnje proizvodnje od 567,7 GWh. Prosječno po lokaciji instalirana snaga malih hidroelektrana iznosi 253 kW i 812 000 kWh. Ukupni preostali hidroenergetski potencijal »srednjih i većih vodnih snaga« vodotoka, na kojima postoje mogućnosti izgradnje 60 hidroelektrana, iznosi: u instaliranoj snazi 1 287,8 MW, prosječnoj godišnjoj proizvodnji 5 816,1 GWh.

Dio preostalog 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. Hidroenergetski potencijal Hrvatske koji je vezan na interese i planove razvoja drugih značajan je i iznosi 37,8% u instaliranoj snazi i 41,3% u mogućoj godišnjoj proizvodnji od ukupnog neiskorištenog hidropotencijala koji pripada Hrvatskoj.

Prosječni specifični investicijski troškovi preostalog hidroenergetskog potencijala iznose 3 057,2 USD/kW. Raspon specifičnih investicija je velik od 1 400 do 8 000 USD/kW (ako se izuzmu dvije elektrane na biološki minimum).

Grupa hidroelektrana, koja ima najveću vjerojatnost za izgradnju, broji 17 hidroelektrana (2 794,5 GWh moguće proizvodnje ili 59,3% ukupnog neiskorištenog potencijala). Neosporni dio ekonomski iskoristivog potencijala hidroelektrana iznosi od 1 941,9 GWh do 2 095,2 GWh. Dodatna ograničenja mogu biti iz ekoloških razloga.

3.1.2.2. Termoelektrane na prirodni plin

Prirodni plin kao gorivo dobiva značajniju ulogu u proizvodnji električne energije s izgradnjom termoelektrana kao kombiniranih postrojenja, koja ostvaruju stupanj korisnosti iznad 50%. Kako su raspoložive količine prirodnog plina iz domaće proizvodnje nedovoljne za zadovoljenje potreba ostalih potrošača, realizacija izgradnje termoelektrana na plin ovisi isključivo o mogućnosti osiguranja dugoročnog uvoza plina.

Postojeće lokacije na području Zagreba, Siska i Osijeka omogućuju izgradnju novih plinskih elektrana. Posebno su interesantne lokacije na području Zagreba za ukupnu energetske opskrbu grada (TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb). Dugoročne potrebe mogu biti i veće od onog što pružaju navedene postojeće lokacije, pa je aktualan problem osiguranja potencijalnih lokacija.

Investicijski troškovi za plinske elektrane su najniži od svih termoenergetskih postrojenja, računato je s troškovima od 757,1 USD/kW do 1 029,5 USD/kW. Analizirana je cijena prirodnog plina od 2,83 USD/GJ do 5,66 USD/GJ.

3.1.2.3. Termoelektrane na uvozni ugljen

Kod termoelektrana na uvozni ugljen promatrani su blokovi veličine 300 MW u dvije tehnologije izgaranja, odnosno zaštite okoliša: klasična tehnologija bez i sa uređajem za odsumporavanje, izgaranje u fluidizirajućem sloju s atmosferskim tlakom i pod tlakom. Proračun boniteta termoelektrana na uvozni ugljen računat je sa specifičnim investicijskim troškovima: klasična termoelektrana s odsumporavanjem — TE 300UKLO 1350 USD/kW, termoelektrana s izgaranjem u fluidizirajućem sloju pod atmosferskim tlakom — TE 300AFBC 1230 USD/kW, i termoelektrana s izgaranjem u fluidizirajućem sloju pod tlakom — TE 300PFBC 1350 USD/kW.

Cijena uvoznog ugljena uzeta je prema očekivanjima za ovo područje Sredozemlja od 50 do 70 USD/t, za ugljen toplinske vrijednosti od 25,12 MJ/kg i sadržaja sumpora do 1,5%. Za proračun cijene ugljena na pragu elektrane računato je sa: CIF cijenom ugljena, lučkim i transportnim troškovima od 8 USD/t, i ostalim troškovima koji se mogu odnositi na troškove uvoza, ali i dodatne troškove prijevoza u iznosu 9% na osnovnu cijenu i troškove luke i transporta. Ta kategorija troškova u određenoj mjeri ovisi o opredjeljenju Hrvatske prema deficitnim energentima i moguće ju je smanjiti.

3.1.2.4. Termoelektrane u BiH

Jedna od osnovnih pretpostavki je, nakon što se razriješi državna kriza i uspostavi nova politička ravnoteža, da se zakonskim i pravnim aktima osigura sigurnost ulaganja u zajedničke (ili vlastite) objekte po standardima Zapadne Europe. Za potencijalne objekte uzeta su tri objekta iz BiH u koje je Hrvatska

elektroprivreda ulagala u pripreme (TE Tuzla B1 i TE Tuzla VI) ili dio infrastrukture (TE Gacko II). Investicijski troškovi određeni su prema raspoloživoj tehničkoj dokumentaciji i usklađeni po razini s ostalim investicijskim troškovima termoelektrana. Bonitet elektrana računat je sa specifičnim investicijskim troškovima za TE Tuzla B1 od 1 135 USD/kW, za TE Gacko II 1 125 USD/kW, i za TE Tuzla VI 1 325 USD/kW.

Troškovi goriva određeni su na temelju analize cijene proizvodnje ugljena i iznose: za TE Tuzla B1 4,44 USD/GJ, za TE Gacko II 3,21 USD/GJ, i za TE Tuzla VI 2,45 USD/GJ.

3.1.2.5. Nuklearne elektrane

Kod nuklearnih elektrana računato je s novom generacijom reaktora za koju se očekuje da će ući u komercijalnu proizvodnju do kraja ovog stoljeća. Odabrana je veličina jedinice od 500 MW, ne kao tehničko rješenje, već kao granična vrijednost snage koju može prihvatiti elektroenergetski sustav Hrvatske. Investicijski troškovi od 2 680 USD/kW određeni su na temelju sagledavane razine troškova u 1991. godini, uz uvažavanje veličine jedinice. Očekuje se da će nova generacija nuklearnih elektrana biti i više od 20% jeftinija od navedenog iznosa.

Za troškove goriva uzeta je cijena prirodnog urana (U308) od 31 USD/lb ili 68 USD/kg koja je viša od sadašnje cijene za dugoročne ugovore, ali niža od cijene koja se do kraja osamdesetih godina ugovarala.

3.1.3. *Mogući scenariji izgradnje proizvodnih objekata*

Analiza mogućih scenarija izgradnje proizvodnih postrojenja do 2010. godine u Hrvatskoj obuhvatila je ukupno 29 scenarija koji se međusobno razlikuju po razini izgradnje, dinamici i strukturi proizvodnih postrojenja. Promatrani scenariji podijeljeni su u četiri osnovne grupe koje se razlikuju po razini potrošnje električne energije i mogućnosti proizvodnje postojećih postrojenja:

- SN50-A niža razina potrošnje električne energije i proizvodnja postojećih postrojenja po scenariju A
- SV50-A viša razina potrošnje električne energije i proizvodnja postojećih postrojenja po scenariju A
- SN50-B niža razina potrošnje električne energije i proizvodnja postojećih postrojenja po scenariju B i
- SV50-B viša razina potrošnje električne energije i proizvodnja postojećih postrojenja po scenariju B.

Pri postavljanju scenarija vodila se briga o povoljnosti elektrana kandidata za izbor i mogućih problema u realizaciji pojedinih projekata. Također, prednost u dinamici izgradnje dana je postojećim lokacijama, svagdje gdje se to moglo zadovoljiti.

Tablica 8. Mogući scenariji izgradnje proizvodnih postrojenja

Scenarij	Varijanta	Hidroelektrane			Plinske		TE na u. ugljen		Nuklearne	
		Broj	Snaga MW	Proiz. GWh	Broj	Snaga MW	Broj	Snaga MW	Broj	Snaga MW
SN50-A	01	2	23,5	561,7	4	1 042,5				
	02	11	401,9	2 235,4	3	864,2				
	03	10	331,8	1 875,8	3	864,2				
	04	10	331,8	1 875,8	2	597,2	1	300		
SV50-A	01	2	23,5	561,7	6	1 756,5				
	02	11	401,9	2 235,4	6	1 756,5				
	03	10	331,8	1 875,8	6	1 756,5				
	04	10	331,8	1 875,8	5	1 399,5	1	300		
	05	10	331,8	1 875,8	4	1 042,5	2	600		
	06	10	331,8	1 875,8	3	864,2	3	900		
	07	10	331,8	1 875,8	2	507,2	5	1 500		
	08	10	331,8	1 875,8		507,2	3	900	1	500
SN50-B	01	2	23,5	561,7	5	1 399,5				
	02	11	401,9	2 235,4	5	1 399,5				
	03	10	331,8	1 875,8	5	1 399,5				
	04	10	331,8	1 875,8	4	1 042,5	1	300		
	05	10	331,8	1 875,8	3	864,2	2	600		
	06	10	331,8	1 875,8	2	507,2	3	900		
	07	10	331,8	1 875,8	2	507,2	2	600	1	500
SV50-B	01	2	23,5	561,7	7	2 113,5				
	02	11	401,9	2 235,4	7	2 113,5				
	03	10	331,8	1 875,8	7	2 113,5				
	04	10	331,8	1 875,8	6	1 756,5	1	300		
	05	10	331,8	1 875,8	5	1 399,5	2	600		
	06	10	331,8	1 875,8	4	1 042,5	4	1 200		
	07	10	331,8	1 875,8	3	864,2	5	1 500		
	08	10	331,8	1 875,8	2	507,2	6	1 800		
	09	10	331,8	1 875,8	2	507,2	4	1 200	1	500
	10	10	331,8	1 875,8	2	507,2	2	600	2	1 000

Navedeni scenariji opisuju i moguća ograničenja u izgradnji svakog tipa postrojenja bez obzira na to da li su posljedica lokacija, goriva ili ekoloških problema. Oni pokazuju minimum i maksimum izgradnje pojedinog tipa postrojenja, a njihova realnost je proporcionalna s realnosti osiguranja pretpostavki za njihovu izgradnju.

3.1.4. Strateška opredjeljenja

Za strateško opredjeljivanje strukture i razine izgradnje elektroenergetskog sustava analizirani su scenariji izgradnje proizvodnih postrojenja za dvije razine potrošnje električne energije i dva scenarija mogućnosti proizvodnje postojećih elektrana. Zajedničko za sve scenarije je iskorištenje hidroenergetskog potencijala na razini 1 875,8 GWh (10 hidroelektrana: AK i HE Kosinj, AK Čaprazlije, HE Novo Virje, HE Brodarci, HE Krčić d, HE Lešće, HE Manojlovac 2, HE Drenje, HE Podsused, HE Tisne Stine), po dinamici koja odgovara prioritetu proizašlom iz

proračuna energetske-ekonomske vrijednosti elektrana kandidata za izgradnju, potrebama elektroenergetskog sustava i utjecaju ostalih elektrana koje se grade u promatranom planskom razdoblju. Drugo načelo u postavljanju scenarija odnosilo se na podjednaku zastupljenost u proizvodnji uvoznog ugljena i prirodnog plina. Ovo načelo osigurava veću sigurnost opskrbe potrošača jer se eventualni poremećaji u dobavi jednog energenta mogu djelomično kompenzirati povećanjem proizvodnje u termoelekttranama koje koriste drugi energent. Treće načelo odnosi se na rizik u proizvodnji električne energije kada ukupna proizvodnja iz uvoznog ugljena i plina bude veća od 50 %, ili više od 1/3 od jednog energenta. S obzirom na ograničenost hidroenergetskog potencijala moguće je tu nesigurnost kompenzirati izgradnjom nuklearne elektrane. Potrebe uvoznog ugljena kreću se od 780 000 t/god. do 2 009 000 t/god., prirodnog plina od 246 mln m³/god. do 1 398 mln m³/god. i lož-ulja 218 000 t/god. do 606 000 t/god. ovisno o pojedinom scenariju i

Tablica 9. Scenariji izgradnje proizvodnih postrojenja prema strateškim opredjeljenjima

Scenarij	Hidroelektrane			Plinske		TE na u. ugljen		Nuklearne	
	Broj	Snaga MW	Proiz. GWh	Broj	Snaga MW	Broj	Snaga MW	Broj	Snaga MW
SN50-A-O	10	331,8	1 875,8	3	864,2	1	300		
SV50-A-O	10	331,8	1 875,8	4	1 042,5	2	600		
SN50-B-O	10	331,8	1 875,8	3	864,2	2	600		
SV50-B-O	10	331,8	1 875,8	4	1 042,5	3	900	1	500

Tablica 10. Godišnje potrebe uvoznog ugljena, prirodnog plina i lož-ulja

Scenarij	Uvozni ugljen		Prirodni plin		Lož-ulje	
	Min. 000 t	Max. 000 t	Min. mln m ³	Max. mln m ³	Min. 000 t	Max. 000 t
SN50-A-O	780	780	246	593	382	537
SV50-A-O	747	780	318	1 267	495	606
SN50-B-O	747	1 707	742	1 225	323	574
SV50-B-O	1 157	2 009	1 026	1 398	218	475

strukturi izvora. Za kompenzaciju neostvarene proizvodnje hidroelektrana u sušnim razdobljima mogu se pojaviti dodatne potrebe goriva: do 200 mln m³/god. prirodnog plina i do 300 000 t/god. lož-ulja. Potrebne količine goriva određivane su za prosječna stanja u elektroenergetskom sustavu. Po pojedinom objektu, osim u slučajevima velikih havarija, potrebe goriva mogu oscilirati do 10%.

3.2. Izgradnja prijenosne mreže

S obzirom na političke i gospodarske promjene i novo ustrojstvo republika (država) na prostoru Jugoslavije, Republika Hrvatska preuzela je potpunu odgovornost za funkcioniranje energetskog sustava, a u sklopu njega i kvalitetnu opskrbu potrošača električnom energijom. Nova politička stvarnost postavlja Hrvatsku u poziciju direktnog činioca elektroener-

getskog sustava nove Europe sa svim pravima i obvezama. Potrebna izgradnja prijenosne mreže 400 kV odnosi se na izgradnju priključnih vodova novih izvora, manje zahvate u postojećoj mreži i izgradnju vodova prema susjednim državama: Sloveniji, Mađarskoj i BiH (dinamika i prioriteti ovisit će o interesima partnera). Prema temeljnim načelima razvoja prijenosne mreže u Hrvatskoj nije predviđen razvoj 220 kV mreže osim u slučajevima na područjima u kojima nema 400 kV mreže ili se za duže vrijeme ne predviđa njena izgradnja. Mogući zahvati u mreži odnose se na pojačanja mreže (izgradnja 1 TS 220/110 kV i povećanje snage u dvije TS), te eventualnu izgradnju priključnih vodova kod izgradnje novih proizvodnih postrojenja.

Tablica 11. Potrebna izgradnja 110 kV mreže — SV50

	Nove TS 100/X kV		Postojeće TS 110/X kV		Izgradnja vodova		
	broj	MVA	broj	MVA	1 × DV km	2 × DV km	Kabel km
do 1995.	7	320	12	344	45,0	26,0	26,5
1995 – 2000.	13	460	1	36	154,0	73,0	12,0
2000 – 2005.	14	460	7	228	179,0	43,0	37,0
2005 – 2010.	13	440	16	536	233,0	7,0	22,0
Ukupno	47	1 680	36	1 143	611,0	149,0	97,5

Potrebna izgradnja 110 kV mreže određena je na temelju analize tokova snage i energije u prijenosnoj mreži (pri čemu je potrošnja na područjima koja gravitiraju jednom čvoru 110 kV skoncentrirana u taj čvor) i analize stanja izgrađenosti distribucijske mre-

že (potrebe izgradnje ocijenjene s naslova sigurnosti i kvalitete opskrbe potrošača na nižim naponskim razinama). Uvažavanjem jednih i drugih potreba određena je potrebna dogradnja prijenosne 110 kV mreže.

Tablica 12. Potrebna izgradnja 110 kV mreže — SN50

	Nove TS 100/X kV		Postojeće TS 110/X kV		Izgradnja vodova		
	broj	MVA	broj	MVA	1 × DV km	2 × DV km	Kabel km
do 1995.	6	280	12	344	45,0	16,0	26,5
1995 – 2000.	11	360	1	36	158,0	71,0	9,0
2000 – 2005.	5	200	7	228	122,0	35,0	21,0
2005 – 2010.	13	460	16	536	237,0	7,0	15,0
Ukupno	35	1 300	36	1 143	562,0	129,0	71,5

U odnosu na višu razinu potrošnje potrebna izgradnja mreže 110 kV u nižoj razini potrošnje manja je za 25,5 % u broju novih trafo-stanica 110/x kV i za 11,1 % dužine vodova i kabela 110 kV.

3.3. Izgradnja distribucijske mreže

Za cijelo područje Hrvatske za višu razinu potrošnje električne energije — SV50D potrebno je izgraditi do 2010. godine distribucijskih objekata od 10 kV i višeg napona: 34 trafo-stanice napona 110/35, 20, 10 kV, 58

trafo-stanica napona 35/10 kV, 361 km vodova napona 110 kV, 712 km vodova napona 35 kV, i 735 km vodova napona 10 kV.

Tablica 13. Ukupna izgradnja distribucijskih objekata od 10 kV i višeg napona — SV50D

Godina	Trafostanice				Vodovi					
	110/10,20 kV		35/10 kV		110 kV		35 kV		10 kV	
	broj	%	broj	%	km	%	km	%	km	%
1995.	6	17,6	21	36,2	51	14,1	283	39,7	205	27,9
2000.	7	20,6	22	37,9	89	24,7	239	33,6	190	25,9
2005.	13	38,2	12	20,7	135	37,4	160	22,5	235	32,0
2010	8	23,5	3	5,2	86	23,8	30	4,2	105	14,3
Ukupno	34	100,0	58	100,0	361	100,0	712	100,0	735	100,0

Iskazana potrebna izgradnja trafo-stanica 110/x kV i vodovi 110 kV je dio ukupne izgradnje mreže 110 kV, kao dio potreba zbog razvoja i problema distribucije električne energije.

Tablica 14. Ukupna izgradnja distribucijskih objekata od 10 kV i višeg napona — SN50D

Godina	Trafostanice				Vodovi					
	110/10,20 kV		35/10 kV		110 kV		35 kV		10 kV	
	broj	%	broj	%	km	%	km	%	km	%
1995.	5	20,8	21	39,6	41	16,7	283	44,1	190	32,5
2000.	7	29,2	10	18,9	79	32,2	89	13,9	130	22,2
2005.	4	16,7	12	22,6	35	14,3	161	25,6	115	19,7
2010.	8	33,3	10	19,9	90	36,7	108	16,9	150	25,9
Ukupno	24	100,0	53	100,0	245	100,0	641	100,0	580	100,0

Osim novih objekata, za energetske potrebe planira se i rekonstrukcija postojećih: povećanje kapaciteta kod trafostanica 35/10 kV i rekonstrukcija trafostanica 110/35 kV na transformaciju 110/20 kV. Ukupno je potrebno rekonstruirati 35 objekata za višu razinu potrošnje električne energije, i 30 objekata za nižu razinu potrošnje električne energije.

Tablica 15. Ukupne potrebe izgradnje mreže 0,4 kV — SV50D

Godina	Nove TS 10/0,4 kV kom	Rekonstrukcija mreže 0,4 kV km	P. mreža 10 kV km	N.mreža 0,4 kV km
1995.	2 285	505	1 143	1 982
2000.	2 089	570	1 045	1 811
2005.	2 188	750	1 094	1 892
2010.	2 341	988	1 170	2 025
Ukupno	8 903	2 805	4 452	7 710

Kod 0,4 kV mreže predviđena projekcija razvoja polazi od urađene sanacije distribucijske mreže. Ukupno je potrebno do 2010. godine izgraditi: nove 0,4 kV mreže 4 710 km, rekonstruirati mreže 0,4 kV 2 379 km, priključne mreže 10 kV 2 710 km, i trafo-stanica 10/0,4 kV 5 422 komada. Povećanje u odnosu na postojeće stanje izgradnje niskonaponske mreže iznosi 28,4% u trafostanicama 10/0,4 kV, i 12,2% u vodovima 0,4 kV.

Tablica 16. Ukupne potrebe izgradnje mreže 0,4 kV — SN50D

Godina	Nove TS 10/0,4 kV kom	Rekonstrukcija mreže 0,4 kV km	P. mreža 10 kV km	N.mreža 0,4 kV km
1995.	1 459	580	729	1 266
2000.	1 270	569	635	1 102
2005.	1 342	625	671	1 167
2010.	1 351	605	675	1 175
Ukupno	5 422	2 379	2 710	4 710

3.4. Potrebna sredstva za saniranje stanja, rekonstrukciju, revitalizaciju i izgradnju novih postrojenja

Ukupni troškovi sanacije, revitalizacije, rekonstrukcije i izgradnje novih elektroenergetskih postrojenja iskazani su kroz pet grupa troškova: proizvodnja, prijenos, distribucija, ostali troškovi (infrastruktura elektroenergetskog sustava) i troškovi istraživanja i razvoja elektroenergetskog sustava. Za prve četiri grupe troškovi su proračunati na temelju stanja postrojenja i utvrđenih potreba razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2010. godine, a troškovi istraživanja i razvoja su procijenjeni u iznosu od 1,5% troškova prve četiri grupe.

Prosječni troškovi određeni su prema pretpostavci: jednaka vjerojatnost ostvarenja više i niže razine potrošnje električne energije (50%), vjerojatnosti isporuke električne energije iz zajedničkih objekata po

scenariju A u iznosu 70%, i po scenariju B u iznosu 30%.

Tablica 17. Prosjek ukupnih troškova izgradnje elektroenergetskih postrojenja do 2010. godine

	Troškovi	
	mln USD	%
Proizvodnja	3 344	51,0
Prijenos	608	9,3
Distribucija	2 194	33,5
Ostalo	312	4,8
Istraživanje / razvoj	97	1,5
Ukupno	6 555	100,0

U strukturi prosječnih troškova najveći dio se odnosi na troškove proizvodnih postrojenja, 51,0% ukupnih troškova, zatim troškova distribucije oko 33,5% i troškova prijenosa 9,3%.

Tablica 18. Ukupni troškovi sanacije, revitalizacije, rekonstrukcije i izgradnje elektroenergetskih postrojenja do 2010. godine

		mln USD			
		Investicijski troškovi			
		SN50-A-O	SV50-A-O	SN50-B-O	SV50-B-O
do 1995.	Proizvodnja	361,3	627,1	1097,3	1172,2
	Prijenos	145,3	147,9	145,3	147,9
	Distribucija	503,7	566,0	503,7	566,0
	Ostalo	65,5	65,5	65,5	65,5
	Istraživanje / razvoj	16,1	21,1	27,2	29,3
	Ukupno	1 091,9	1 427,7	1 839,0	1 980,9
1995 – 2000.	Proizvodnja	740,7	963,6	789,5	1 192,4
	Prijenos	135,6	137,5	135,6	137,5
	Distribucija	501,6	592,0	501,6	592,0
	Ostalo	88,9	88,9	88,9	88,9
	Istraživanje / razvoj	22,0	26,7	22,7	30,2
	Ukupno	1 488,8	1 808,7	1 538,4	2 040,9
2000 – 2005.	Proizvodnja	1 134,9	1 375,3	690,5	1 536,0
	Prijenos	142,9	159,9	142,9	159,9
	Distribucija	517,9	598,9	517,9	598,9
	Ostalo	73,7	73,7	73,7	73,7
	Istraživanje / razvoj	28,0	33,1	21,4	35,5
	Ukupno	1 897,4	2 240,8	1 446,4	2 404,0
2005 – 2010.	Proizvodnja	503,4	337,1	567,9	1 147,6
	Prijenos	167,0	180,0	167,0	180,0
	Distribucija	517,2	589,7	517,2	589,7
	Ostalo	84,0	84,0	84,0	84,0
	Istraživanje / razvoj	19,1	17,9	20,0	30,0
	Ukupno	1 290,7	1 208,7	1 356,1	2 031,3
1991 – 2010.	Proizvodnja	2 740,2	3 303,2	3 145,2	5 048,2
	Prijenos	590,8	625,3	590,8	625,3
	Distribucija	2 040,4	2 346,6	2 040,4	2 346,6
	Ostalo	312,1	312,1	312,1	312,1
	Istraživanje / razvoj	85,3	98,8	91,3	125,0
	Ukupno	5 768,8	6 685,9	6 179,9	8 457,1

3.5. Sigurnost opskrbe potrošača

Metodama planiranja razvoja elektroenergetskog sustava, proizvodnog i prijenosnog dijela, ublažavaju se velikim dijelom potencijalne nesigurnosti u funkcioniranju elektroenergetskog sustava (proizvodnih

postrojenja i prijenosne mreže), a svakom distribucijskom području osiguravaju se podjednaki uvjeti isporuke električne energije. Kvaliteta isporuke električne energije kod konačnog potrošača ovisi o kvaliteti i stanju distribucijske mreže, koja je u takvom

stanju da na određenim područjima zahtijeva značajnije zahvate na sanaciji. Temeljni problem sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom u Hrvatskoj jest osiguranje dovoljnih količina goriva za proizvodnju električne energije. Strategija izgradnje i proizvodnje električne energije temelji se na većoj proizvodnji električne energije u Hrvatskoj. S obzirom na raspoloživost primarnih oblika energije u Hrvatskoj uvoz goriva je nužan, a sigurnost dugoročne opskrbe gorivom je direktno i sigurnost opskrbe potrošača električnom energijom u Hrvatskoj. Osim hidroelektrana, svi ostali proizvodni objekti koriste ili će koristiti gorivo iz uvoza. To se odnosi i na lož-ulje i prirodni plin jer su ukupne potrebe goriva veće od proizvodnje nafte i plina na području Hrvatske. Međunarodno tržište goriva nije jednako za sve tipove goriva. Iako postoji određena povezanost, prije svega u reakciji na kretanje cijena, ponuda i potražnja svakog goriva kratkoročno i dugoročno određuje stabilnost tržišta.

3.5.1. Nuklearno gorivo

Prilike na tržištu nuklearnog goriva ovisit će o opredjeljenjima o budućoj strategiji izgradnje nuklearnih elektrana. Iako su neke zemlje donijele odluke o zaustavljanju programa izgradnje nuklearnih elektrana a neke o privremenom moratoriju na izgradnju i korištenje nuklearnih elektrana, ukupno stanje u nuklearnom programu može se ocijeniti kao razdoblje istraživanja i predaha u odlučivanju. Ponuda goriva veća je od potražnje, što je utjecalo na stalan pad cijena goriva na spot tržištu, a također i kod dugoročnih ugovora. Početkom 1979. godine cijene prirodnog urana na spot tržištu bile su od 42,2 USD/1b U303 do 43,5 USD/1b U303, a u 1991. godini ispod 10 USD/1b U303. Ovakav trend promjena cijena prirodnog urana ne može se uzeti kao konstanta, a najmanje kao dugoročna opcija. Međutim, vjerojatnost ekstremnog rasta cijena nije velika, jer također nije velika vjerojatnost da će doći do ekspanzije u novoj izgradnji nuklearnih elektrana.

Tablica 20. Potrebe lož-ulja u Hrvatskoj

Potrebe lož-ulja		SN50-A-O		SN50-B-O		SV50-A-O		SV50-B-O	
		000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%
1995.	Termoelektrane	382,0	30,7	457,0	34,7	463,0	4,3	537,0	37,7
	Toplane	281,7	22,7	281,7	21,4	286,6	21,2	286,6	20,1
	Finalna potrošnja	579,7	46,6	579,7	44,0	599,2	44,4	599,2	42,1
	Ukupno	1 243,4	100,0	1 318,4	100,0	1 348,8	100,0	1 422,8	100,0
2000.	Termoelektrane	495,0	36,6	606,0	41,4	509,0	34,9	593,0	38,5
	Toplane	303,8	22,4	303,8	20,7	335,4	23,0	335,4	21,8
	Finalna potrošnja	554,9	41,0	554,9	37,9	612,3	42,0	612,3	39,7
	Ukupno	1 353,7	100,0	1 464,7	100,0	1 456,7	100,0	1 540,7	100,0
2010.	Termoelektrane	218,0	20,9	355,0	30,1	474,0	32,0	225,0	18,2
	Toplane	343,6	32,9	343,6	29,1	435,4	29,4	435,4	35,3
	Finalna potrošnja	481,7	46,2	481,7	40,8	573,8	38,7	573,8	46,5
	Ukupno	1 043,7	100,0	1 180,3	100,0	1 483,2	100,0	1 234,2	100,0

3.5.2. Ugljen

Izgradnja termoelektrana na uvozni ugljen jedna je od mogućih opcija razvoja, po karakteru sigurnosti opskrbe potrošača jednako tako važna kao i izgradnja termoelektrana na prirodni plin. Prema mogućim scenarijima potrebe uvoznog ugljena do 2000. godine ovise samo o potrebama TE Plomin 1 i TE Plomin 2, a nakon toga ovisno o scenarijima razvoja iznose i iznad 2 mln tona.

Tablica 19. Potrebe uvoznog ugljena za proizvodnju električne energije

Potrebe uvoznog ugljena	000 t			
	SN50-A-O	SN50-B-O	SV50-A-O	SV50-B-O
1995. god.	780,0	780,0	780,0	780,0
2000. god.	780,0	780,0	780,0	747,0
2010. god.	1 157,0	1 741,0	1 717,0	2 009,0

3.5.3. Lož-ulje

Od postojećih termoelektrana oko 1 000 MW koristi lož-ulje kao primarno gorivo. Ove elektrane u elektroenergetskom sustavu Hrvatske imaju i ulogu kompenzatora neostvarene proizvodnje hidroelektrana u sušnim razdobljima (i do 300 000 t/god.). Raspoloživost lož-ulja je bitni element sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom. Primarni preradbeni kapaciteti u Hrvatskoj iznose 14,7 mln tona te su višestruko veći od potreba za hrvatsko tržište. Maksimalne potrebe sirove nafte prema analiziranim scenarijima razvoja iznose 6 138 900 tona godišnje u 2010. godini. S obzirom na raspoložive kapacitete za preradu količina potrebnih energetskom sustavu efikasnost korištenja preradbenih kapaciteta iznosila bi samo 41,8%. Proizvodnja sirove nafte iz vlastitih nalazišta u Hrvatskoj u 1990. godini iznosi oko 2,5 mln tona. Najnovija predviđanja INE su znatno pesimističnija, te se prema njima očekuje proizvodnja otprilike 1,7 mln tona u 2010 godini. Razliku do ukupnih potreba

Hrvatska će osigurati uvozom. Vlastita proizvodnja sirove nafte dovoljna je za zadovoljenje približno 30% potreba u energetsom sustavu Hrvatske. U odnosu na procjenu prerade u rafinerijama udio vlastite proizvodnje nafte iznosi otprilike 20%.

3.5.4. Prirodni plin

Najmanje količine prirodnog plina potrebne su po scenariju SN50-A-O i u 2010. godini iznose 4 452,0 mln m³, a najveće po scenariju SV50-A-O i iznose 5 328 mln m³. Razlika u potrebnim količinama je oko 20%. Procjene proizvodnje prirodnog plina znatno su reducirane u posljednje vrijeme. Prema najnovijim

spoznajama očekuje se u 1995. godini proizvodnja iz otkrivenih i potencijalnih rezervi u iznosu od 2 350 mln m³, u 2000. godini 2 640 mln m³, a u 2010. godini 1 335 mln m³.

U proračun je uzet uvoz prirodnog plina iz ZND (SSSR) u iznosu od 1 080 mln m³ u 1995. godini, 1 430 mln m³ u 2000. i 2010. godini.

Mogućnosti većeg uvoza postoje iz ZND (SSSR), i kroz projekt LNG, koji se sastoji od uvoza ukapljenog plina brodovima iz Alžira do terminala na Jadranu (otok Krk — terminal Omišalj) i daljnjim transportom plinovodom do potencijalnih potrošača u Hrvatskoj, Sloveniji i nekim srednjoeuropskim zemljama.

Tablica 21. Raspoložive i potrebne količine plina u Hrvatskoj

Raspoložive i potrebne količine plina		otkrivene rezerve mln m ³	Proizvodnja poten. rezerve mln m ³	Ukupno mln m ³	Uvoz SSSR mln m ³	Rasp. mln m ³	Potrebe mln m ³	Manjak / višak mln m ³	%
1995.	SN50-A-O	2 350	0	2 350	1 080	3 430	3 055	375	12,3
	SN50-B-O	2 350	0	2 350	1 080	3 430	3 351	79	2,4
	SV50-A-O	2 350	0	2 350	1 080	3 430	3 123	307	9,8
	SV50-B-O	2 350	0	2 350	1 080	3 430	3 428	2	0,1
2000.	SN50-A-O	2 240	400	2 640	1 430	4 070	3 302	768	23,3
	SN50-B-O	2 240	400	2 640	1 430	4 070	3 825	245	6,4
	SV50-A-O	2 240	400	2 640	1 430	4 070	3 746	324	8,6
	SV50-B-O	2 240	400	2 640	1 430	4 070	4 437	-367	-8,3
2010.	SN50-A-O	125	1 210	1 335	1 430	2 765	4 452	-1 687	-37,9
	SN50-B-O	125	1 210	1 335	1 430	2 765	4 540	-1 775	-39,1
	SV50-A-O	125	1 210	1 335	1 430	2 765	5 328	-2 563	-48,1
	SV50-B-O	125	1 210	1 335	1 430	2 765	5 168	-2 403	-46,5

Realnost realizacije analiziranih scenarija izgradnje elektroenergetskog sustava Hrvatske ovisi u najvećoj mjeri o mogućnosti osiguranja potrebnih količina prirodnog plina iz uvoza. Iznad količina ugovorenih sa ZND (SSSR) potrebno je do 2010. godine minimalno osigurati približno 1 700 mln m³. Većim dijelom dodatni uvoz odnosi se na supstituciju smanjene vlastite proizvodnje prirodnog plina (otprilike 1 305 mln m³), a manjim dijelom na povećanje potrošnje prirodnog plina. Viša razina potrošnje zahtijeva dodatno povećanje uvoza za 860 mln m³, najvećim dijelom zbog povećane izgradnje termoelektrana na prirodni plin.

4. ASPEKTI UTJECAJA MOGUĆIH SCENARIJA NA OKOLIŠ

Svaki scenarij energetskeg razvoja kompromis je između energetske-gospodarskih činilaca i zahtjeva u vezi s utjecajem na okoliš. Cilj koji se želi postići jest sigurna opskrba potrošača, jeftina električna energija i zdrav okoliš. Spektar mogućih utjecaja na okoliš je vrlo velik. Općenito, može se govoriti o utjecaju na prirodnu i sociološku okolinu. Utjecaj na prirodnu okolinu očituje se u korištenju prirodnih resursa i njihovom onečišćenju (zrak, voda, tlo), a utjecaj na sociološku okolinu očituje se elementima kao što su zapošljavanje,

regionalni razvoj, lokalni utjecaj, način i stil života, distribucija rizika i koristi, sociološka prihvatljivost i slično.

Doprinos energetskeg sektora onečišćenju je znatan, pri čemu za neke polutante proizvodnja električne energije ima dominantnu ulogu. U Europi 60 % emisije u 1985. godini (i 30% NO_x emisije) je zbog proizvodnje električne energije.

U Hrvatskoj lokalni utjecaji termoelektrana na onečišćenje zraka jače su izraženi u okolini TE Plomin. Relativno visoko zagađenje zraka prisutno je u Rijeci i u Zagrebu, pa iako utjecaj termoelektrana u tim područjima nije dominantan, ima određeni udio.

Šume u Hrvatskoj ugrožene su zbog transporta onečišćenja iz drugih zemalja i zbog vlastite emisije. Stupanj oštećenosti hrvatskih šuma pokazuje trend propadanja koji treba spriječiti. Posebno su oštećene šume u predjelu Gorskog kotara, gdje su i taloženja sulfata i nitrata najveća, a puferske sposobnosti tla za revitalizaciju štetnog djelovanja kiselih kiša postaju sve manje. Na ovom području približno 50% površine zauzimaju kisela tla maloga puferskog kapaciteta. Prema nekim ocjenama, da bi se na ovom području potpuno eliminiralo djelovanje propadanja šume, bilo bi potrebno smanjiti opterećenje više od 60%.

U Hrvatskoj udio drveća koje se više neće oporaviti je u porastu i danas iznosi pet puta više od godišnjeg prirasta svih naših šuma. Značajno su oštećeni: obič-

na jela (43,3%), hrast lužnjak (15%) i hrast kitnjak (10,3%). Efekti daljinskog prijenosa onečišćenja očituju se i na zakiseljavanju voda i oštećenjima na ljudski stvorenim vrijednostima. U Hrvatskoj su podaci o tim oštećenjima vrlo oskudni i ne mogu za sada poslužiti kao podloge za analize.

4.1. Politika zaštite okoliša s naglaskom na zagađenje zraka

U posljednjih nekoliko godina bilo je pokušaja da se izradi strategija zaštite čovjekova okoliša u Hrvatskoj. U strategiji zaštite čovjekova okoliša u Hrvatskoj može se očekivati da će se ugraditi načela:

- 1) Emisija SO_2 na novim termoelektranama na ugljen propisat će se vjerojatno na razini 400 mg/m^3 (EZ preporuka), izuzetno ako se upotrebljava ugljen s malim sadržajem sumpora i osobito u kombinaciji s plinom kao gorivom dozvolit će se i više emisije, ali ne više od 1000 mg/m^3 .
U termoelektranama na tekuće gorivo dozvolit će se emisija SO_2 koja odgovara sadržaju sumpora u gorivu od 1,0 do 1,5% s adekvatnom kontrolom emisije na granici propisane od WHO.
Neće se dozvoliti spaljivanje plina sa sadržajem sumpora.
- 2) Emisija NO_x se neće ograničavati, ali će se stimulirati primarna tehnološka rješenja za maksimalno moguće smanjenje dušikovih oksida u proizvodima izgaranja (intervencije na goračima i u ložištu).
- 3) Emisija krutih čestica ograničit će se na novim objektima na ugljen na $50 - 100 \text{ mg/m}^3$, a na objektima na tekuće gorivo na 200 mg/m^3 .
- 4) Propisat će se kontinuirana kontrola emisije SO_2 , NO_x i krutih čestica na svim većim termoelektranama.
- 5) Emisija CO_2 se neće ograničavati do daljnjega iako će se uzimati u obzir pri vrednovanju mogućih alternativa.
- 6) U gradskim sredinama i u posebno zaštićenim područjima stimulirat će se upotreba plina i izgradnja centralnih objekata za opskrbu energijom za grijanje i industriju. Nastojat će se smanjiti izgaranje ugljena u malim kotlovnica i kućnim ložištima.
- 7) Propisat će se Zakon o čistom zraku i granične vrijednosti kvalitete zraka u skladu s trostupnjevanom podjelom preporučenom od WHO (granična razina, rizična razina, kritična razina) kao snaga granične vrijednosti za zaštitu bilja u predjelima velikog oštećenja šuma i osjetljivih vrsta.
- 8) Stimulirat će se izgradnja inherentno čistih tehnologija, visoke efikasnosti konverzije energije goriva u električnu energiju.
- 9) Očekuje se da će Vlada stimulirati mjere štednje energije, te izgradnju obnovljivih izvora (male hidroelektrane, solarni i geotermalni objekti i elektrane na vjetar) u sklopu ekonomskih mogućnosti.

- 10) Toplinsko opterećenje rijeka ograničit će se na 2°C na većini vodotoka, te izuzetno na 3°C , s tim da prosječna temperatura vode ne smije prelaziti 28°C .
- 11) Regulativa za područje nuklearnih objekata osnivat će se kao i do sada na standardima i smjernicama IAEA i ICRP, te na standardima zemlje isporučitelja opreme. Nuklearni rizik je zakonski ograničen na 10^{-5} Sv/god. za najugroženijeg pojedinca.
- 12) Osobita će se pozornost pokloniti izboru lokacije energetske izvora (posebno ako se radi o termoelektranama i nuklearnim objektima). U izboru lokacije najbitniji parametri će biti sigurnost objekta, sigurnost ljudi u okolini i zaštita okoliša.

4.2. Pregled utjecaja na okoliš u mogućim scenarijima razvoja

Emisija SO_2 kreće se od 1875 t/god. do 5611 t/god. u 2010. godini. Tako mala emisija posljedica je korištenja PFBC tehnologije za ugljen i zbog velikog udjela prirodnog plina u potrošnji. Moguće je primjenom odgovarajućih mjera u 2010. postići redukciju i za 60 do 75% u odnosu prema 1980. godini.

Emisija NO_x iz novih postrojenja veća je od emisije SO_2 zbog toga što do emisije NO_x dolazi i zbog izgaranja prirodnog plina. U 2010. godini povećanje emisije NO_x u odnosu na današnje stanje bit će za 11088 t/god. do 19275 t/god. Emisija predviđenih novih termoelektrana bit će u skladu sa standardima emisija koje se preporučuju u sklopu EZ-a. Dodatno smanjenje zahtijevalo bi primjenu skupih tehnologija za pročišćavanje dimnih plinova (SCR). Ovdje treba imati na umu da je ukupna emisija NO_x iz termoelektrana relativno malena.

Emisija čestica tek će se neznatno povećati jer PFBC ima malu emisiju, a iz plina je emisija gotovo zanemariva. Ukupna emisija čestica bit će vrlo mala i u tom smislu potrebno se samo koristiti standardnom opremom koja se danas ugrađuje u termoelektranu na ugljen. Primjenom teškog lož-ulja s nižim sadržajem sumpora smanjit će se emisija čestica.

Teški metali u tragovima nalaze se u letećem pepelu termoelektrana na ugljen. Primjenom efikasnih filtera emisija letećeg pepela je minimalna, a time i teških metala.

Emisija CO_2 nije nigdje obuhvaćena regulativom. Zbog efekta staklenika i globalnog zagrijavanja potaknute su mnoge inicijative za smanjenje emisije CO_2 . Mnoge od tih inicijativa preporučile su redukciju emisije CO_2 do 2005. godine u odnosu na 1988. godinu (Montreal, 20%). Hrvatska elektroprivreda neće biti u mogućnosti smanjiti emisiju CO_2 , ali će svoj doprinos dati primjenom tehnologije koja daje najmanje specificirane emisije CO_2 u odnosu na ostvarenu proizvodnju.

Današnja tehnologija za pročišćavanje otpadnih voda omogućava i zadovoljenje mnogo oštrijih propisa od onih koji su trenutno na snazi. Veći potencijalni utjecaj postoji kod scenarija s većim udjelom termoelektrana na ugljen zbog deponija ugljena i šljake i u

procesu odsumporavanja. Odvod otpadne vode treba biti adekvatno riješen kako se ne bi uklanjanjem problema emisija SO_2 otvorio novi problem.

Ispuštanja radionuklida iz termoelektrana nastaju zbog radioaktivnih sastojaka u ugljenu. Istraživanja pokazuju da ugljeni prosječno sadrže 1 do 2 ppm urana (preko 99% U^{238} i 0,8% U^{235}) i 3 do 4 ppm torija. Kod suvremenih elektrana opasnost od zagađivanja ove vrste je malena jer elektrostatski filtri vrlo djelotvorno reduciraju emisiju (i do 99,8%).

Mogućnost ovog utjecaja ograničena je propisom o dopuštenom porastu temperature recipijenta. Za sada i vjerojatno u razdoblju planirane izgradnje poštivat će se $\Delta T 2^\circ\text{C}$. Znatna prednost postojećih lokacija u urbanim sredinama, s kojima se osobito računa u planiranoj izgradnji, jest mogućnost proizvodnje električne i toplinske energije u kombiniranom procesu. Na taj način ukupni stupanj djelovanja povećava se i do 65%.

Utjecaj buke lokalnog je karaktera. Ni jedna potencijalna lokacija novih postrojenja nije predviđena unutar stambenog područja. Na postojećim lokacijama u Zagrebu (TE-TO), Sisku i Osijeku postoji odgovarajuća razdvojna zona.

Najnepovoljniji scenarij s gledišta krutog otpada je SV50-B-O. Tim scenarijem do 2010. godine generiralo bi se 5,8 mln t otpada (šljaka, pepeo, ostatak ODS-a). Za najpovoljniji scenarij (SN50-A-O) generiralo bi se 3,7 mln t otpada. Leteći pepeo može se koristiti kao dodatak u proizvodnji građevinskog materijala. Za kruti ostatak iz PFBC-postrojenja koji je mješavina pepela i istrošenog sorbenta, trebat će zbog nešto drugačijeg sastava vjerojatno i sigurniji i djelotvorniji sustav drenaže na deponijama.

Za odlaganje niskoaktivnog i srednjoaktivnog otpada po bilo kojem od scenarija bit će dovoljno jedno odlagalište ili eventualno dva (pola otpada Hrvatskoj, a pola Sloveniji). To odlagalište, zbog NE Krško, trebat će biti u funkciji u idućih 5 do 10 godina. Otpad eventualno nove nuklearne elektrane trebalo bi odlagati u isto odlagalište s otpadom NE Krško (NEK). U postojećoj NEK producira se godišnje 15 t visokoaktivnog istrošenog goriva. Otpad se čuva u bazenima na elektrani koji mogu prihvatiti sav otpad za životnog vijeka NEK.

Najveće zauzeće zemljišta imaju hidroelektrane. Zajedničko svim poželjnim scenarijima jest jednako učešće proizvodnje iz hidroelektrana, odnosno isti scenarij izgradnje hidroelektrana. Predviđena je izgradnja 10 hidroelektrana. Najveće zauzeće zemljišta zbog potapanja traži izgradnja AK i HE Kosinj (1324 ha) i HE Brodarci (372 ha). Za gotovo sve planirane HE već su izrađene studije utjecaja na okoliš.

Od termoelektrana, plinske termoelektrane imaju najmanje zauzeće, i to je jedan od razloga što je pretpostavljeno da njihova izgradnja bude na postojećim lokacijama u Zagrebu, Sisku i Osijeku. Naravno, to će trebati ispitati detaljnim analizama. Nije zanemariv ni prostor koji je potreban za plinovode do termoelektrana sa sigurnim koridorima.

Za termoelektrane na kruta goriva treba osigurati prostor za deponij ugljena, šljake i krutog otpada

pročišćavanja dimnih plinova. Za površinske deponije s nasipom od 10 m visine zauzeće površine 2010. god. iznosi: u scenariju SN50-A-O 36 ha, u scenariju SV50-A-O 49 ha, u scenariju SN50-B-O 49 ha, i u scenariju SV50-B-O 58 ha.

Nove termoelektrane na ugljen bit će najvjerojatnije na novim lokacijama. Problem lociranja može postati jedan od ključnih faktora u realizaciji pojedinih scenarija, pa možda i utjecati na promjene glede proizvodnih jedinica. Osnovnu poteškoću lociranju čini prihvatljivost od lokalne javnosti, tzv. NIMBY efekt (Not in My Back Yard). Za dosljednu realizaciju predviđenih scenarija bit će potreban sustavan pristup utemeljen na poznatim iskustvima u svijetu, čija će realizacija znatno ovisiti o stupnju gospodarsko-tržnih odnosa koji će se razviti u skoro vrijeme.

5. EKONOMSKI POLOŽAJ HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE U MOGUĆIM SCENARIJIMA RAZVOJA

5.1. Ekonomski položaj u 1990. i 1991. godini

Hrvatska elektroprivreda, kao uostalom i cijelo gospodarstvo Hrvatske, nalazi se u fazi prelaska sa sustava upravljanja i poslovanja na načelima dogovorne ekonomije na sustav tržišnog gospodarstva. Sve te promjene događaju se u vrijeme nestabilnih političkih i gospodarskih prilika i nametnutog rata, koje direktno i indirektno utječu na poslovanje i poslovne rezultate poduzeća.

Posebno značajan događaj u 1990. godini je obavljen statusna promjena Hrvatske elektroprivrede iz Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske u Javno poduzeće Hrvatska elektroprivreda. Ostale važne značajke 1990. godine koje su utjecale na poslovne rezultate gospodarstva Hrvatske jesu fiksni tečaj dinara u odnosu na DEM (1 DEM = 7 Din), visok rast cijena bez obzira na to što je dinar bio fiksiran, visoke cijene kapitala, posebno na »crnom tržištu«, neodgovarajuća razina cijena električne energije, suša koja je u kontinuitetu trajala od listopada 1988. godine pa do listopada 1990. godine itd.

Opća gospodarska kretanja u 1990. godini u Republici Hrvatskoj u mnogim su sektorima gospodarenja bila nepovoljnija od ostvarenih u 1989. godini, a trendovi su nastavljeni još izraženije i u 1991. godini. Nakon 1989. godine Hrvatska elektroprivreda je 1990. godinu završila s gubitkom 1 597 mln dinara, a 1991. godinu s gubitkom 2 167 mln dinara.

Prihod od prodaje električne energije potrošačima, prema tarifnom sustavu koji je vrijedio na području Hrvatske, iznosi u 1989. godini 80,7%, a u 1990. godini 90,3% od ukupno ostvarenog prihoda. Prihod od prodaje električne energije najvećim dijelom se odnosi na potrošače u distribucijskoj mreži, koji su u potrošnji zastupljeni sa 80% a stvaraju 86% prihoda. Direktni i specijalni potrošači čine približno 20% ukupne potrošnje, a ostvaruju 13% prihoda od pro-

daje električne energije. U strukturi prihoda u distribucijskoj mreži najveći dio prihoda od prodaje električne energije realizira se od kategorije kućanstava (37%), zatim na 10 kV naponu (22%), od I. tarifne grupe (10%) i od ostalih potrošača na naponu 110 kV 10%.

Promjenljivi troškovi u 1990. godini iznosili su 44,2% ukupnih troškova, od čega 29,2% (od ukupnih troškova) otpada na troškove nabave, a 15% na troškove goriva. Od promjenljivih troškova u iznosu od 44,2% posljedica je primarno hidroloških prilika u 1990. godini i znatno manje proizvodnje hidroelektrana od očekivane.

Od stalnih troškova u Hrvatskoj elektroprivredi u 1990. godini najveći dio otpada na distribuciju električne energije: 29,5% od ukupnih troškova poslovanja. Proizvodnja sudjeluje u ukupnim troškovima s 14,3%, a prijenos s 5,7%. Ako se izuzmu kamate na kredite troškovi distribucije električne energije čine glavninu stalnih troškova 59,4%, troškovi proizvodnje 28,8%, a troškovi prijenosa 11,5%.

Troškovi kamata iznosili su 6,1% ukupnih troškova i primarno su bili vezani za praćenje troškova nabave i proizvodnje električne energije. Za ilustraciju troškovi kamata od 6,1% znače da su se prosječni dvomjesečni troškovi financirali sa stopom 36,5% godišnje, ili da je 6,1 mjesecni trošak financiran s kamatom stopom 12% godišnje.

Tijekom 1990. godine postojala su dva financijska sustava u elektroprivredi (ZEOH): do osnivanja Hrvatske elektroprivrede i nakon osnivanja Hrvatske elektroprivrede. U razdoblju do 8. kolovoza 1990. nije postojao jedinstveni financijski sustav, nego veći broj manjih sustava: zajednički za proizvodnju i prijenos i pojedinačni po distribucijskim radnim organizacijama ili OOUR-ima. Takvo stanje najnepovoljnije se odrazilo na financiranje proizvodnje i nabave električne energije, jer se nije koristio ukupni financijski potencijal elektroprivrede, a glavnina troškova je u proizvodnom segmentu elektroprivrede.

Osim prihoda od prodaje električne energije za financiranje poslovanja Hrvatska elektroprivreda je koristila kreditna sredstva, skupa sredstva s »crnog tržišta« novca, sredstva razvoja i sredstva isporučio- ca goriva i električne energije. Tijekom 1990. godine mijenjala se struktura korištenih vanjskih sredstava. Početkom godine uglavnom izvori su bili kreditna sredstva banaka i s »crnog« tržišta novca. Pogoršanje financijske situacije tijekom 1990. godine u Hrvatskoj elektroprivredi, a u isto vrijeme pogoršanje likvidnosti banaka, težište obveza Hrvatske elektroprivrede prenijelo je na dobavljače goriva i električne energije.

Ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede ovisi o velikom broju utjecajnih faktora, koji se razlikuju po intenzitetu i subjektu koji proizvodi utjecaj. Analiza troškova i svih utjecajnih faktora na ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede otkriva kolika je osjetljivost ekonomskog položaja na promjene pojedinih utjecajnih faktora. Analizom osjetljivosti, također, mogu se prepoznati mjere globalne politike (Vlade) i mjere poslovne politike (Hrvatske elektropriv-

rede) u stvaranju stabilnoga ekonomskog položaja Hrvatske elektroprivrede.

Grupa globalnih utjecajnih faktora obuhvaća ne samo globalnu gospodarsku politiku nego i ukupne odnose u gospodarstvu, od zakonodavstva do stanja u gospodarstvu. Promjena vlasničkih odnosa može utjecati na efikasnost funkcioniranja Hrvatske elektroprivrede (na 24,2% ukupnih troškova), funkcioniranje financijskog sustava Republike (oko 3,2%) i obvezni i namjenski troškovi (oko 5%). Direktno i indirektno kroz globalnu politiku može se utjecati na približno 30,6% ukupnih troškova.

Pitanje cijene električne energije je dvostruko interesantno za Hrvatsku elektroprivredu. Prvo, jer se razinom cijene primarno određuje ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede, a drugo jer se razinom cijene utječe i na troškove nabave električne energije iz zajedničkih objekata kod kojih je ugovoreno da se obračun isporučene električne energije radi na temelju tarifnih stavova republika iz kojih se isporuka realizira (TE Obrenovac i TE Kakanj).

Drugo važno pitanje je odnos cijena pojedinih energenata. To se direktno odnosi na troškove goriva termoelektrana izgrađenih na području Hrvatske, a indirektno na troškove nabave. Troškovi goriva i nabave električne energije u ukupnim troškovima iznose 40,0% ukupnih troškova, pa sama razina određuje i interes da se s jedne strane uspostavi kontrola tih troškova (nabave), a s druge strane da se oni učine što manjim putem primjerne politike cijena u energetici.

U grupi utjecajnih faktora koji su posljedica nepredviđenih događaja od najvećeg utjecaja je proizvodnja hidroelektrana. U razdoblju od 1988. do 1990. godine najdirektnije je pokazan mogući utjecaj hidrologije na ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede. Nestvarena proizvodnja hidroelektrana nadoknađuje se dijelom povećanjem nabave, a dijelom povećanjem proizvodnje vlastitih elektrana što povećava troškove za 2,4% za smanjenu proizvodnju hidroelektrana od 500 GWh, a za smanjenje proizvodnje hidroelektrana od 2 191 GWh za 10,7%. Ako se uzme u obzir i potrebno povećanje mase obrtnih sredstava, moguće je da samo podbačaj proizvodnje hidroelektrana u sušnoj godini izazove veće troškove poslovanja za 11–12%.

U nepredviđene događaje mogu se ubrojiti događaji na međunarodnom energetskom tržištu koji su u dosadašnjem razdoblju uvijek negativno utjecali na cijene goriva. Međunarodno tržište će postajati sve veći faktor utjecaja na cijene goriva, jer je u svojim planovima razvoja Hrvatska elektroprivreda upućena na međunarodno tržište.

5.2. Ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede u različitim scenarijima razvoja

Ekonomski položaj Hrvatske elektroprivrede analiziran je za četiri scenarija razvoja koji opisuju granične mogućnosti razvoja potrošnje električne energije i događanja u elektroenergetskom sustavu Hrvatske. Porast potrošnje, a također i promjena strukture

proizvodnje u smislu smanjenja isporuka električne energije iz zajedničkih objekata, te povećavanje proizvodnje u vlastitim objektima, utječu na razinu izgradnje, a posljedično i na troškove prijenosa električne energije.

Specifični troškovi ili prosječna specifična cijena kod krajnjeg potrošača ima zakonitost opadanja od 1995. godine prema 2010. godini. U svim godinama je približno 10 USc/kWh s trendom smanjenja prema 2010. godini. Sud o razini povoljnosti vlastite proizvodnje u odnosu na troškove nabave nije konačan, jer je sporna razina cijene nabave koja je izračunata preračunavanjem dinarske vrijednosti u USD.

Prosječna struktura troškova poslovanja iznosi: troškovi proizvodnje 57,5%, troškovi prijenosa 7,0%, troškovi distribucije 21,4%, ostali troškovi 9,0%, i namjenski i obvezni troškovi 5,1%.

Prosječna struktura troškova po funkcionalnoj podjeli bila bi sljedeća: amortizacija i kamata 35%, troš-

kovi nabave i goriva 30,2%, troškovi funkcioniranja poduzeća 23,7% i ostali troškovi 11,1%.

Proračun troškova poslovanja u dijelu troškova novih proizvodnih postrojenja ostvaren je temeljem objektivizirane investicijske vrijednosti troškova. Međutim za kategoriju troškova postojećih objekata, u dijelu troškova kapitala i troškova pogona i održavanja, pretpostavljena razina troškova nije optimalna razina troškova. Revalorizacijom vrijednosti osnovnih sredstava povećali bi se troškovi kapitala, a racionalizacijom poslovanja smanjili bi se troškovi funkcioniranja poduzeća.

Prosječni specifični troškovi poslovanja Hrvatske elektroprivrede iznose:

- troškovi proizvodnje 5,82 USc/kWh
- troškovi proizvodnje s ostalim i namjenskim troškovima i troškovima prijenosa (0,71 USc/kWh) ukupno 7,95 USc/kWh
- ukupni specifični troškovi 10,16 USc/kWh u čemu troškovi distribucije iznose 2,21 USc/kWh.

Tablica 22. Prosječni troškovi i struktura troškova poslovanja Hrvatske elektroprivrede

		1995.			2000.			2005.			2010.		
		mln USD	%	%	mln USD	%	%	mln USD	%	%	mln USD	%	%
Proizvodnja i nabava	Amortizacija	186,1	12,2	23,2	220,0	13,4	24,2	293,5	15,7	26,5	363,9	18,0	29,1
	Kamata	83,0	5,4	10,3	95,4	5,8	10,5	146,8	7,9	13,2	154,2	7,6	12,3
	Ukupno amort. i kamata	269,1	17,6	33,5	315,3	19,2	34,8	440,3	23,6	39,7	518,1	25,6	41,5
	Pogon i održavanje	81,2	5,3	10,1	88,9	5,4	9,8	109,5	5,9	9,9	129,8	6,4	10,4
	Gorivo	165,5	10,8	20,6	245,1	14,9	27,0	418,2	22,4	37,7	461,8	22,8	37,0
	Nabava	286,7	18,8	35,7	258,0	15,7	28,4	140,0	7,5	12,6	140,0	6,9	11,2
Ukupno		802,4	52,6	100,0	907,3	55,2	100,0	1108,0	59,3	100,0	1249,7	61,7	100,0
Prijenos	Amortizacija	67,3	4,4	53,3	67,3	4,1	54,1	64,0	3,4	53,3	64,0	3,2	53,3
	Kamata	14,0	0,9	11,1	12,2	0,7	9,8	11,2	0,6	9,3	11,2	0,6	9,3
	Ukupno amort. i kamata	81,3	5,3	64,4	79,5	4,8	63,9	75,2	4,0	62,6	75,2	3,7	62,6
	Pogon i održavanje	44,9	2,9	35,6	44,9	2,7	36,1	44,9	2,4	37,4	44,9	2,2	37,4
Ukupno		126,2	8,3	100,0	124,4	7,6	100,0	120,1	6,4	100,0	120,1	5,9	100,0
Distribucija	Ukupno amort. i kamata	161,0	10,5	42,4	161,0	9,8	42,4	161,0	8,6	42,4	161,0	7,9	42,4
	Pogon i održavanje	156,2	10,2	41,1	156,2	9,5	41,1	156,2	8,4	41,1	156,2	7,7	41,1
	Prodaja el. energije	62,5	4,1	16,5	62,5	3,8	16,5	62,5	3,3	16,5	62,5	3,1	16,5
Ukupno		379,6	24,9	100,0	379,6	23,1	100,0	379,6	20,3	100,0	379,6	18,7	100,0
Ostalo	Rukovođenje	49,5	3,2	35,1	50,2	3,1	33,8	52,5	2,8	31,6	53,5	2,6	30,6
	Obrtna sredstva-kamata	19,5	1,3	13,8	21,9	1,3	14,8	25,2	1,3	15,1	27,6	1,4	15,8
	Osiguranje	72,0	4,7	51,0	76,2	4,6	51,4	88,6	4,7	53,3	93,8	4,6	53,6
Ukupno		141,0	9,2	100,0	148,3	9,0	100,0	166,3	8,9	100,0	174,9	8,6	100,0
Namjenski i obvezni	Vodoprivredna naknada	6,4	0,4	8,4	7,8	0,5	9,4	10,2	0,5	10,7	11,3	0,6	11,2
	Naknada za prostor	21,0	1,4	27,5	25,7	1,6	30,9	33,6	1,8	35,3	37,3	1,8	37,0
	Porezi i doprinosi	39,2	2,6	51,3	39,7	2,4	47,7	41,2	2,2	43,2	41,8	2,1	41,4
	Obvezni fondovi	9,8	0,6	12,8	9,9	0,6	11,9	10,3	0,6	10,8	10,4	0,5	10,4
Ukupno		76,5	5,0	100,0	83,1	5,1	100,0	95,2	5,1	100,0	100,8	5,0	100,0
Ukupno		1 525,8	100,0		1 642,8	100,0		1 869,3	100,0		2 025,2	100,0	
Specifični troškovi USc/kWh		10,54			10,08			10,23			9,88		

5.3. Moguća rješenja financiranja razvoja

U velikim političkim i gospodarskim promjenama u Hrvatskoj mijenjaju se temeljna načela gospodarskog sustava. Nevlasnički karakter društva, na temelju kojeg je postavljena ukupna organizacija gospo-

darstva, zamjenjuje vlasnički karakter društva. Za Hrvatsku elektroprivredu nastavak promjena u vezi je s ukupnim promjenama u gospodarstvu Hrvatske, a daljnja pretvorba vlasništva i reguliranje ekonomskih odnosa država-elektroprivreda u svjetlu već provednih, ali i očekivanih promjena.

5.3.1. *Financiranje razvoja u razdoblju do 1990. godine*

Zakonom o elektroprivredi (NN SRH 52/74, 3/75, 12/75, 55/76) utvrđeno je da su, radi trajne i kontinuirane opskrbe potrošača električnom energijom, elektroprivredne organizacije dužne proširivati materijalnu osnovu svoga rada i rada elektroenergetskih objekata i postrojenja. Sredstva za financiranje izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja osiguravala su se iz dohotka i amortizacije ZEOH-a, sredstva RSIZ-a i OSIZ-a (naknade za priključivanje novih potrošača, udruživanjem sredstava društvene reprodukcije, posebnih doprinosa) i kredita banaka. Prodajna cijena električne energije nije bila instrument formiranja sredstava za financiranje razvoja elektroprivrede (osim u dijelu koliko je sadržavala amortizacije i obveze prema kreditima).

Tablica 23. Struktura izvora financiranja — prosječno za razdoblje 1980 — 1990.

Djelatnost	Amort. i naknade	RSIZ OSIZ	Kredit i ostalo
1. Proizvodnja	8	86	6
2. Prijenos	17	60	23
3. Distribucija	72	11	17

Najveći dio investicija otpada na proizvodnu djelatnost u iznosu 50 — 66%. Na investicije prijenosa otpadalo je 9 — 25% ukupnih investicija elektroprivrede, a investicije djelatnosti distribucije su zastupljene od 19 do 31% ukupnih investicija elektroprivrede.

5.3.2. *Financiranje razvoja u europskim zemljama*

Svaka zemlja ima svoje osobitosti vezane za financiranje razvoja elektroprivrede. Ipak, osim međusobnih razlika, moguće je istaknuti i neke zajedničke značajke. Podudarnost se očituje u tome da se mogu sintetizirati tri osnovna izvora financiranja: dionički (akcijski) kapital, krediti i obveznice, te ostali izvori. Dionički kapital, osim svoje funkcije kao izvora financiranja, karakterizira i vlasnički odnos u dotičnim elektroprivredama. Radi se o dioničkim društvima kao obliku organizacijske forme. Prikupljanje kapitala putem dionica dosta je naglašeno te iznosi 16 — 40% ukupnih izvora.

Kredit i obveznice, kao eksterni kapital, predstavljaju sljedeći značajan izvor imovine elektroprivrednih poduzeća. Posuđivanje novca je vrlo naglašeni oblik financiranja poduzetničke aktivnosti. U zapadnoeuropskim zemljama zauzimaju približno 40 — 50% ukupnih izvora elektroprivrednih poduzeća.

Kao ostali izvori, obuhvaćeni su svi tzv. ostali izvori, a odnose se na razne kratkoročne obveze bilo koje vrste. Tu postoje velike razlike u strukturi ovog izvora, a ovdje su svrstani izvori koji imaju i dugoročan karakter (doprinos za izgradnju).

U sklopu ostalih izvora za elektroprivredu su mnogo značajniji razni doprinosi i porezi za financiranje razvoja elektroprivrede, a utemeljeni su zakonom.

Ovaj izvor, tamo gdje postoji, sudjeluje sa 5 — 15% ukupnih izvora, a, što je značajno, to je dugoročni neprestani izvor kapitala.

Tablica 24. Struktura izvora financiranja

Izvori	Zastupljenost (%)
Dionice	16 — 40
Krediti	40 — 65
Ostalo	10 — 20

Značajni izvor financiranja su tzv. dugoročne rezerve (SR Njemačka) koje su predviđene za zbrinjavanje otpada i dekomisiju nuklearnih elektrana. Taj izvor se ne ubraja u vlastiti kapital, nego se posebno iskazuje.

5.4. *Politika cijene električne energije*

Cijena energije kao temeljna odrednica energetske, ali i ekonomske politike svakog društva treba biti prihvatljiva za proizvođača (kroz razne olakšice i subvencije), za potrošača (kroz sistem oporezivanja i taksa) i konačno za državu koja takvu politiku provodi. Sustav cijena električne energije uglavnom se svodi na jedan od oblika: 1. država utvrđuje cijene električne energije ili 2. elektroprivredna poduzeća izrađuju i podnose državi svoj tarifni sustav. U Austriji kontrolu cijena provodi nadležno Ministarstvo u zajednici s Komisijom za cijene; u Belgiji, iako se cijene na mreži prijenosa ugovaraju, podliježu kontroli Komiteta za električnu energiju i plin; u Grčkoj razina cijena električne energije podložna je odobrenju nadležnog Ministarstva. Elektroprivreda Italije je zadržala i poslije nacionalizacije jedinstvenu cijenu električne energije koju utvrđuje Komitet za cijene Savjeta ministara.

Tarife su sastavni dio cijena energije. Tarifama se želi ostvariti racionalnost u potrošnji energije. Uloga tarifa je omogućavanje izbora, načina i vremena potrošnje, tako da svaki potrošač određuje samostalno razinu racionalnosti koja njemu odgovara.

Cijena električne energije u razdoblju kontrole od savezne vlade i nakon 1. kolovoza 1990. kad kontrolu preuzima Vlada Hrvatske, redovito je bila ispod razine jednostrane reprodukcije. Dostignuta razina u proteklih desetak godina kretala se od 40% do 78% razine cijene za koju se savezna vlada odlučila u okviru svoje gospodarske politike. Takav odnos prema cijeni električne energije, osim što je rezultirao gubicima poslovanju u elektroprivredi, izazivao je i negativne efekte i u sferi potrošnje električne energije jer je stimulirao povećanje potrošnje električne energije i destimulirao racionalizaciju potrošnje električne energije.

Za stabilno funkcioniranje elektroenergetskog sustava važno je uspostaviti i održavati ekonomsko-financijsku ravnotežu u financiranju izgradnje i pogona elektroenergetskog sustava vlastitim i vanjskim sredstvima. Osnovni ciljevi ekonomsko-financijskog

sustava jesu: ekonomska razina cijene električne energije koja omogućava povrat sredstava tijekom njihova vijeka korištenja, ekonomski prihvatljiva cijena za potrošača i poticanje racionalnosti u izgradnji i eksploataciji elektroenergetskog sustava. Rješenje je u postavljanju stabilnog sustava određivanja cijene električne energije i tarifnog sustava za prodaju električne energije koji bi izrazio sve karakteristike elektroenergetskog sustava, omogućio stabilne uvjete financiranja, a u isto vrijeme poticao racionalnost poslovanja globalno i po nižim organizacijskim cjelinama.

5.4.1. Osnove modela za utvrđivanje cijene električne energije

Cijena električne energije utvrđuje se primjenom sustava standardnih troškova, odnosno objektiviziranih troškova:

- troškova kapitala u proizvodnji električne energije
- stalnih troškova pogona i održavanja u proizvodnji električne energije
- troškova goriva i dobave električne energije
- troškova prijenosa električne energije
- troškova distribucije električne energije
- ostalih troškova

- kontinuiranih troškova globalnog interesa
- povremenih troškova.

Prvih pet kategorija troškova ubraja se u kategoriju osnovnih troškova elektroenergetskog sustava, a posljednje dvije kategorije u namjenske troškove, bilo za aktivnosti koje su vezane za elektroprivredu a služe globalnim interesima elektroprivrede ili Republike, odnosno troškove koji ne proizlaze iz usluga koje pruža elektroprivreda a u svezi su s odlukama Vlade ili Sabora. Kroz model za utvrđivanje cijene električne energije potrebno je prepoznati efikasnost rada svakog dijela elektroprivrede, što potiče poduzetništvo u svakom dijelu elektroprivrede, a što je i osnovna pretpostavka za povećanje efikasnosti elektroprivrede u cijelosti.

5.4.2. Korekcija cijene električne energije

Modelom standardnih troškova obuhvaćeni su svi troškovi koji nastaju u stabilnim uvjetima poslovanja ili proizvodnje električne energije. S obzirom na dinamiku ukupnoga gospodarskog sustava ili na moguće događaje u energetsom ili elektroenergetskom sustavu izvan očekivanja, postoji niz utjecajnih faktora izvan elektroprivrede koji utječu na troškove poslovanja, pa prema tome i na cijenu električne energije. U utjecajne faktore mogu se ubrojiti porast

Tablica 25. Troškovi i struktura troškova poslovanja Hrvatske elektroprivrede u 1991. godini

		Nova metoda			Postojeća metoda			Razlika	
		mln USD	%	%	mln USD	%	%	mln USD	%
Proizvodnja i nabava	Amortizacija	121,4	7,2	11,5	92,4	6,4	11,2	– 29,0	31,4
	Naknada	256,6	15,2	24,2	24,7	1,7	3,0	– 231,9	937,4
	Ukupno amort. i naknada	378,0	22,4	35,7	117,1	8,1	14,3	– 260,9	222,7
	Pogon i održavanje	48,3	2,9	4,6	72,6	5,0	8,8	24,3	– 33,5
	Gorivo	227,1	13,4	21,4	227,1	15,8	27,6	0,0	0,0
	Nabava	404,9	24,0	38,2	404,9	28,1	49,3	0,0	0,0
	Troškovi zaliha	1,3	0,1	0,1		0,0	0,0		0,0
	Ukupno gorivo i nabava	633,2	37,5	59,8	632,0	43,9	76,9	0,0	0,0
Ukupno		1059,5	62,7	100,0	821,7	57,1	100,0	– 236,5	28,8
Prijenos	Amortizacija	30,1	1,8	24,6	38,5	2,7	40,8	8,4	– 21,8
	Naknada	71,6	4,2	58,5	11,2	0,8	11,9	– 60,3	538,3
	Ukupno amort. i naknada	101,6	6,0	83,2	49,7	3,5	52,7	– 52,0	104,6
	Pogon i održavanje	13,6	0,8	11,1	44,5	3,1	47,3	30,9	– 69,4
	Upravljanje	7,0	0,4	5,7		0,0	0,0	– 7,0	
Ukupno		122,2	7,2	100,0	94,2	6,5	100,0	– 28,0	29,8
Distribucija	Ukupno amort. i naknada	157,4	9,3	49,3	69,7	4,8	24,2	– 87,7	125,9
	Pogon i održavanje	102,6	6,1	32,2	155,8	10,8	54,1	53,2	– 34,1
	Prodaja el. energije	59,2	3,5	18,5	62,4	4,3	21,7	3,3	– 5,2
	Ukupno	319,2	18,9	100,0	287,9	20,0	100,0	– 31,3	10,9
Ostalo	Rukovođenje	30,9	1,8	26,4	48,8	3,4	30,0	18,0	– 36,8
	Obrtna sredstva-kamata	18,7	1,1	15,9	46,5	3,2	28,5	27,8	– 59,9
	Osiguranje	67,5	4,0	57,7	67,5	4,7	41,5	0,0	0,0
	Ukupno	117,0	6,9	100,0	162,8	11,3	100,0	45,8	– 28,1
Globalni interesi	Vodoprivredna naknada	5,6	0,3	7,7	5,6	0,4	7,7	0,0	0,0
	Naknada za prostor	18,2	1,1	25,2	18,2	1,3	25,2	0,0	0,0
	Porezi i doprinosi	39,0	2,3	53,7	39,0	2,7	53,7	0,0	0,0
	Obvezni fondovi	9,7	0,6	13,4	9,7	0,7	13,4	0,0	0,0
	Ukupno	72,6	4,3	100,0	72,6	5,0	100,0	0,0	0,0
Priv. troškovi			0,0			0,0			0,0
Ukupno		1 690,5	100,0		1 439,2	100,0		– 250,1	17,4

cijena, visina kamate na tržištu novca, promjene cijena goriva, promjene u elektroenergetskom sustavu i nepredviđeni događaji.

Intenzitet utjecaja pojedinog faktora je različit po visini i dinamici. Promjena odnosa u troškovima poslovanja, bez obzira na to čime je izazvana, traži korekciju cijena električne energije. Za stabilne uvjete poslovanja elektroprivrede potrebno je ustanoviti mehanizam korekcije cijene.

5.4.3. *Troškovi poslovanja po novom modelu*

Prema novoj metodi proračuna troškova poslovanja obuhvaćena je glavina troškova koji se ostvaruju u elektroprivredi, a vezani su za karakter djelatnosti, vrijednosti opreme i ostale specifičnosti elektroprivredne djelatnosti. U tabl. 5.5.1. navedeni su podaci o troškovima poslovanja za 1991. godinu, za plansku elektroenergetsku bilancu, izračunatu prema novoj metodi i troškovima poslovanja za 1991. godinu prema dosadašnjem sustavu utvrđivanja troškova.

Primjenom nove metode utvrđivanja troškova poslovanja Hrvatske elektroprivrede troškovi poslovanja povećali bi se u odnosu na razinu troškova iz predviđenog plana poslovanja za 1991. godinu za 17,4%. Povećanje je različito za pojedine kategorije troškova, pa analiza svake kategorije troškova ukazuje na moguće pravce djelovanja radi postizanja stabilnijih uvjeta poslovanja Hrvatske elektroprivrede.

Troškovi proizvodnje, nabave goriva i električne energije prema novoj metodi iznosili bi 1 059,5 mln USD ili 62,7% ukupnih troškova poslovanja, i povećali bi se za 28,8%. Glavnina troškova odnosi se na troškove kapitala.

Troškovi prijenosa električne energije po novoj metodi iznosili bi 122,2 mln USD, ili 7,2% ukupnih troškova poslovanja Hrvatske elektroprivrede. Glavnina troškova odnosi se na troškove kapitala (amortizacija i naknada) 101,6 mln USD, a manji dio na troškove pogona, održavanja i upravljanja u iznosu od 20,6 mln USD.

Troškovi distribucije električne energije prema novoj metodi iznosili bi 319,2 mln USD ili 18,9% ukupnih troškova poslovanja. U strukturi troškova najveći dio otpada na troškove kapitala u iznosu od 157,4 mln USD ili 49,3% troškova distribucije električne energije. Na troškove pogona i održavanja otpada 102,6 mln USD (32,2%), a na troškove prodaje i upravljanja 59,2 mln USD (18,5%).

Ostali troškovi prema novoj metodi iznose 117,0 mln USD ili 6,9% ukupnih troškova. Za tri kategorije troškova: rukovođenje, obrtna sredstva i osiguranje važno je napomenuti: da se troškovi rukovođenja trebaju smanjiti za 36,7%, da troškovi obrtnih sredstava ovise o ukupnom rješenju ekonomskog položaja Hrvatske elektroprivrede i mogu biti značajno manji od planiranih za 1991. godinu, da je potrebno postaviti strategiju osiguranja koja bi omogućila istu razinu sigurnosti, uz manje troškove osiguranja.

Troškovi globalnog interesa iznose 72,6 mln USD ili 4,3% ukupnih troškova. Iznosi troškova preuzeti su iz plana za 1991. godinu. Svi troškovi globalnog interesa ovise o politici i odlukama Republike, pa je moguće njihovo smanjenje.

5.4.4. *Komentar primjene nove metode*

Prema karakteristikama utjecaja troškovi poslovanja Hrvatske elektroprivrede mogu se podijeliti u četiri grupe: troškovi kapitala, troškovi funkcioniranja poduzeća, troškovi nabave goriva i električne energije i ostali troškovi.

Ukupni troškovi kapitala (amortizacija i naknada), prema novoj metodi, iznosili bi 637,0 mln USD ili 37,2% ukupnih troškova poslovanja. Glavnina troškova kapitala odnosi se na proizvodnju električne energije 378,0 mln USD ili 59,3% ukupnih troškova kapitala, na prijenos električne energije 101,6 mln USD ili 15,9%, i na distribuciju električne energije 157,4 mln USD ili 24,7% ukupnih troškova kapitala. Primjenom nove metode troškovi kapitala povećali bi se od 236,5 mln USD na 637,0 mln USD.

U kategoriju troškova funkcioniranja poduzeća uključeni su troškovi pogona i održavanja, troškovi upravljanja i prodaje električne energije i troškovi rukovođenja. Prema planu za 1991. godinu predviđeni su troškovi od 384,1 mln USD, a prema novom modelu troškova iznos od 261,6 mln USD, ili 15,5% ukupnih troškova poslovanja. Ova kategorija troškova direktno iskazuje efikasnost poslovanja elektroprivrede, jer se radi o troškovima na koje elektroprivreda može utjecati. Za ostvariti troškove pogona i održavanja u iznosu koji predviđa novi model troškova funkcioniranja potrebno je smanjiti troškove za 31,9% od predviđenih troškova za 1991. godinu. Po grupama troškova trebalo bi smanjiti troškove: u proizvodnji za 33,5%, u prijenosu za 53,7%, u distribuciji za 25,8%, u rukovođenju za 36,7%.

Troškovi nabave goriva i električne energije iznose 633,2 mln USD i čine 37,5% ukupnih troškova poslovanja. Njihova visina nije primjerena ostalim troškovima i ovi troškovi su znatno viši nego ostali troškovi. Smanjenje troškova moguće je: postavljanjem politike cijena u energetici koja odgovara potrebama i mogućnostima Hrvatske, i izmjenom ugovornih odnosa kod zajedničkih objekata radi uspostavljanja poslovnih odnosa na razini standarda europskih zemalja.

LITERATURA

- [1] G. GRANIĆ i suradnici: »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede« Knjiga 1–6, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991.

POSSIBLE DEVELOPMENT SCENARIOS OF THE CROATIAN ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY (HEP)**Main Results**

Possible development scenarios of Croatian electric power supply company (production, transmission and distribution facilities) until the year 2010 are reviewed, taking into account different consumption levels, current state of production, transmission and distribution facilities, availability and prices of fuel types at domestic and world-wide markets, possible development trends in the technology of electric power production, influence on the environment and the financial state of the electric power supply company in the whole economic development of Croatia.

MÖGLICHES SZENARIUM DER ENTWICKLUNG DER KROATISCHEN ELEKTROWIRTSCHAFT**Wichtige ergebnisse**

Man schildert hier die möglichen Szenarien der Entwicklung der kroatischen Elektrowirtschaft (der Herstellungs —, Übertragungs und Verteilungsobjekte) bis zum Jahr 2010, bezüglich verschiedener Verbrauchsniveaus, des gegenwärtigen Zustands der Herstellungs, Übertragungs und Verteilungsobjekte, die Verfügbarkeit und den Preis der Energieerzeuger auf dem heimischen sowie dem Weltmarkt, die mögliche Entwicklung der Technologie der Herstellung der elektrischen Energie, den Einfluss auf die Umgebung, sowie die wirtschaftliche Lage der Elektrowirtschaft in der wirtschaftlichen Entwicklung Kroatiens.

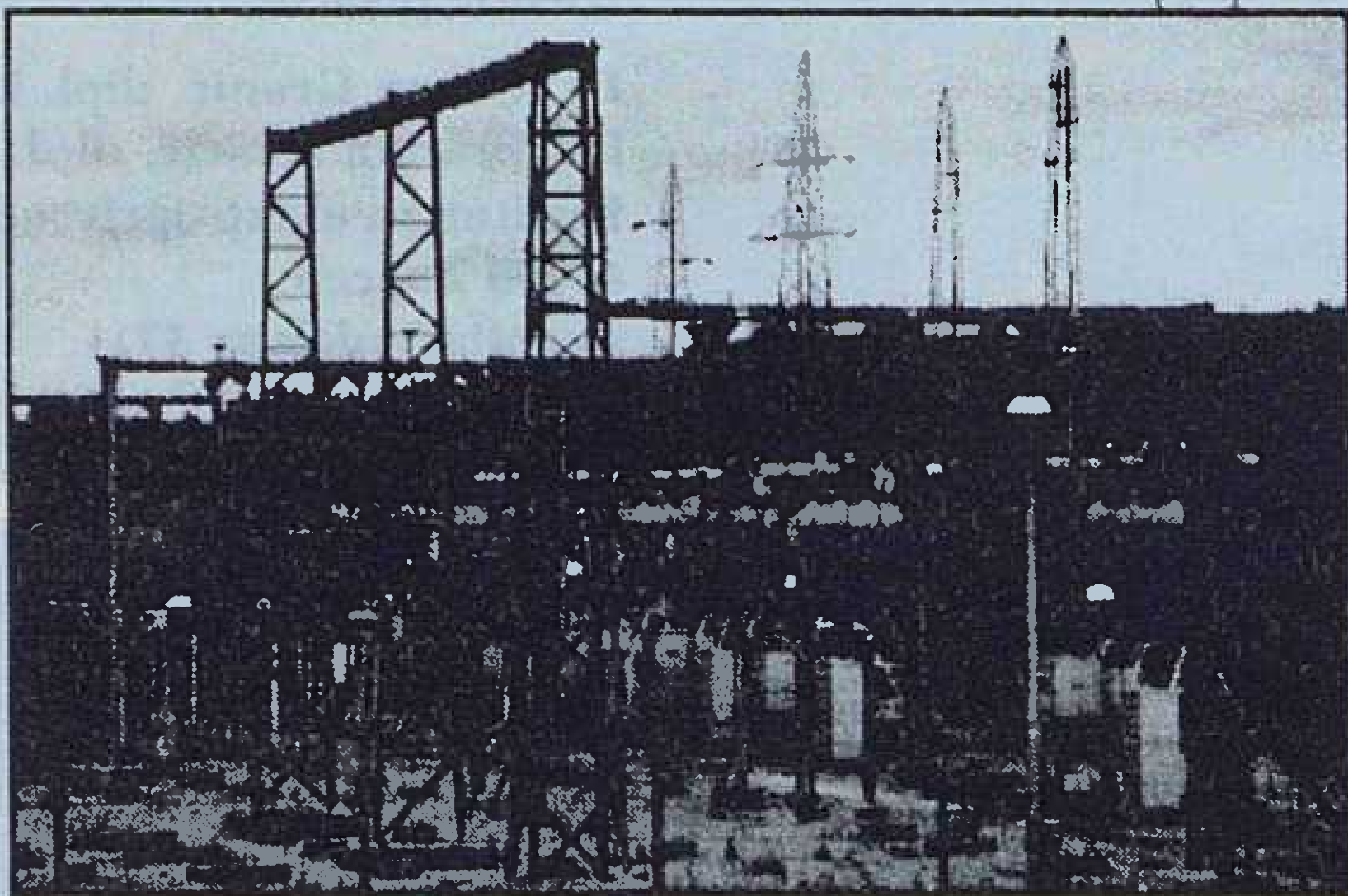
Naslov pisaca:

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

Uredništvo primilo rukopis:
1992 — 05 — 29.

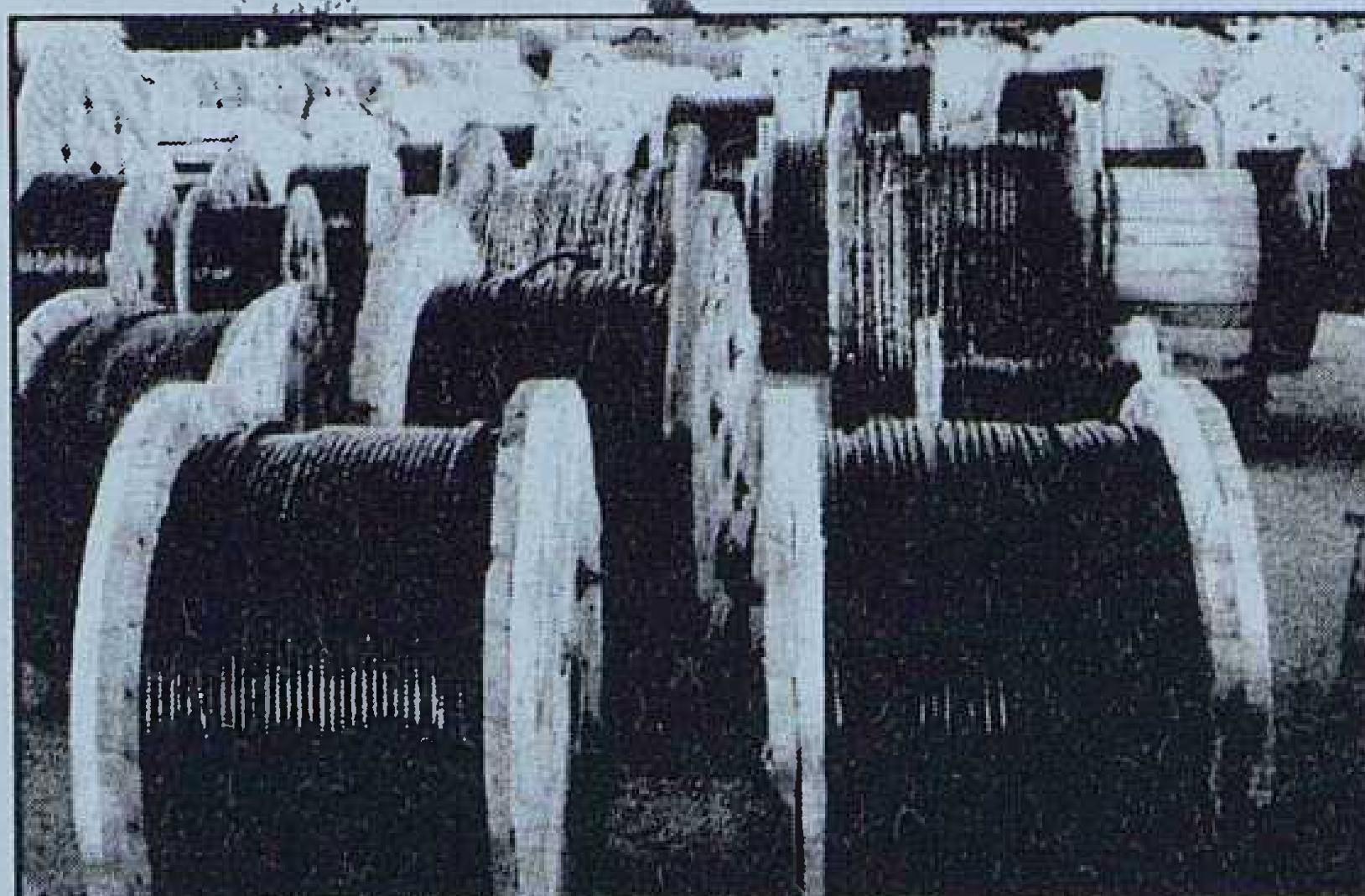
Elektromaterijal

TRGOVINA I USLUGE p.o.
Rijeka, D. Tucovića 13
tel.: 051/ 37-777
fax: 213-670, 212-699
telex: 24671



ISKUSTVOM DO POVJERENJA POSLOVNIH PARTNERA

- Specijalizacija u poslovima za elektroprivredu uz reference na svim važnijim energetske postrojenjima u Hrvatskoj;
- Oprema energetske i rasklopne postrojenja visokog i niskog napona;
- Opremanje dalekovoda;
- Oprema za brodogradnju;
- Telefonske centrale i sva PTT oprema;
- Specijalizacija odjela i poslovnica prema zahtjevima tržišta.



PUŠTANJE U POGON VODA 380 kV MELINA — TUMBRI I NJEGOVA ULOGA U SUDEL-U

Mr. Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.315.1
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se izlaže uloga DV 380 kV Melina-Tumbri u elektroenergetskom sistemu, daju njegove karakteristike, te istraživanja i način puštanja u pogon.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, prijenosa mreža, jalove snage.

1. UVOD

Na X. stručnom savjetovanju elektroenergetičara tadašnje Jugoslavije u listopadu 1970. u Dubrovniku predložena je i prihvaćena koncepcija razvoja »Osnovne 380 kV mreže Jugoslavije«. U ožujku sljedeće godine izrađen je program razvoja te mreže kojim je predviđena njezina etapna izgradnja u tri faze. Prva faza izgradnje obuhvaćala je onu mrežu koja će kasnije, nakon realizacije, praktički u sada već bivšem jugoslavenskom prostoru činiti prsten »Nikola Tesla«, druga je faza bila podijeljena na dvije međuetape (A i B; s nekim sagledavanjima i treće, C), koje su značile dopunu odnosno učvršćivanja i pojačavanja prve faze, a treća faza odnosila se na tehnički sistem upravljanja.

Druga faza izgradnje nije potpuno ostvarena (posebno se to odnosi na dalekovode), a među najosporavnijim objektima sigurno je bio DV 380 kV Melina — Tumbri. U centralno-zapadnom dijelu ex jugoslavenskog elektroenergetskog sistema prvotno je kompariran kroz studije i ekspertize u konkurenciji sa DV Krško — Beričevo (iz međuetape A) i Banja Luka — Prevlaka/Tumbri (iz C), a kasnije samo s ovim posljednjim — i odluka o njegovoj izgradnji stalno se odgađala (iako u nadležnosti republike). Vezan za NE Prevlaku i njeno otklizavanje, nije se pokazivao prijenosno eksponiranim u »normalnim« pogonskim stanjima.

Međutim, u situaciji s (ne)sigurnošću napajanja sjeverozapadne Hrvatske osamdesetih godina i kvalitetom njezine interkonekcije sa superponiranom mrežom kao sve važnijeg izvora s jedne strane, a s druge strane pred perspektivom ozbiljnog elektroprivrednog opredjeljenja na male hidroelektrane (»Program 1200 GWh«), osjetila se potreba preispitivanja cijele problematike. Jer praksa je bila resorski odijeljeno planirati izvore i prijenosnu mrežu, a u tendenciji sve većeg limitiranja sredstava počeli smo upozoravati na rezultantu takvoga nejedinstvenog pristupa: nezadovoljavajućega ukupnog doprinosa razvoju sis-

tema. Studijom kojom je dana nova inicijativa razvoju mreže na zagrebačkom području [1], pokazalo se da bi investicija za tada promatranu ukupnu maksimalnu izgradnju superponirane mreže koja bi adekvatno osigurala napajanje tog područja (DV 380 kV Melina-Tumbri + TS 380/110 kV Žerjavinec) bila jednaka investicijama za jednu hidroelektranu od 21,5 MW s godišnjom proizvodnjom 86 do 97 GWh.

Značenje DV 380 kV Melina — Tumbri ne samo za osiguravanje sistema kao transportne strukture za djelatne snage nego i njegove systemske podrške u jalovoj snazi prisutno je u svim analizama i mjerenjima. To je aspekt u kojem će njegova uloga prvih godina pogona biti naglašena i ne manje značajna od one kao grane u istosmjernom modelu.

Uz taj lokalni poticaj promijenila se i globalna situacija tokova snaga: ne više samo s proizvodno snažnog (jugo)istoka na deficitarni (sjevero)zapad nego sve impozantnije i uz UCPTE-a u unutrašnjost bivšega jugoslavenskog sistema.

To je imalo za posljedicu promjenu kriterija planiranja (prihvaćenih konačno na mala vrata poslije mnogo obrazlaganja specifičnosti prijenosne mreže i logike eksploatacije): ne više promatranje autarkičnog, izoliranog sistema, nego sistema integriranog u UCPTE s nekim apriornim gabaritima razmjena.

U takvoj klimi obnovljene i sazrele diskusije o razvoju superponirane mreže na sjeverozapadu Hrvatske raspadi sistema 1984. (12. VII: NE Krško izvan pogona, remont vodova, kvar u TS Mostar 4), 1986. (1. VI-II: NE Krško izvan pogona, remont vodova, ispad DV Ernestinovo — Tumbri), pa dva puta 1988. (26. IV: kvar u TS Mostar 4; 6. VII), ali i još mnogi drugi, ukazali su na potrebu i značenje te transverzalne grane. Ti potpuni ili djelomični raspadi, izabrani kao tipični između brojnih, samo su u živoj mreži potvrdili rezultate studijskih istraživanja. Kada bi se valorizirale direktne i indirektne posljedice neisporučene električne energije, sigurno bi DV Melina — Tumbri bio davno isplaćen. Za pojačavanje sistema na ovom

području — ovisnog isključivo o mreži — bio je krajnji čas.

Za rezignirane pristaše ovog voda, pomalo neočekivano, odluka o izgradnji donesena je početkom 1988, a građevinska dozvola za tehničku dokumentaciju dobivena je u rujnu 1989.

Prvi stup DV Melina — Tumbri utemeljen je 23. studenoga 1989. kod Severina na Kupi (br. 219, zagrebačka dionica), a 19. prosinca 1990. otvoreni su radovi na njegovoj riječkoj dionici. Zabilježimo još kao kuriozitet pri izgradnji da se 20. veljače 1991. kod Jastrebarskog u njegove vodiče zapetljao vojni zrakoplov, presjekavši zategnuto zaštitno uže.

Istovremeno s gradnjom toga novog voda počele su stizati vijesti o (tada još) miniranjima: prva sabotaza izvedena je na DV 380 kV Konjsko — Obrovac 19. studenoga 1990. kod Žegara.

U četvrtak 28. svibnja 1992. u 13 h 12' interpoliran je DV 380 kV Melina — Tumbri u sistem uključenjem prekidača u Tumbrima.

2. OSNOVNI TEHNIČKI PODACI

DV 380 kV Melina — Tumbri dugačak je 127,67 km. Izgrađen je kao jednosistemska na pocinčanim čeličnoredkastim sutpovima »Y«, sa po dva vodiča u snopu užetima 490/65 Al/Č (111,23 km), odnosno 490/110 Al/Č (16,27 km), i jednim zaštitnim užetom 120/70 AlMgE/Č (drugo s optičkim vlaknima, planirano je za kasniju ugradnju). Postoji jedan preplet pred Tumbrima u kojem se mijenja položaj krajnjih faza; preplat je izveden ne zbog duljine voda, nego zbog redoslijeda faza.

Računske su mu konstante u sustavu direktnih komponenti: $R = 0,03 \Omega/\text{km}$, $X = 0,327 \Omega/\text{km}$, $B = 3,52 \mu\text{S}/\text{km}$. U sustavu nultih komponenti su prosječne konstante za cijelu dužinu i za jedno zaštitno uže (postojeće): $R_0 = 0,202 \Omega/\text{km}$, $X_0 = 0,868 \Omega/\text{km}$, $B_0 = 2,31 \mu\text{S}/\text{km}$. Redukcioni faktor je $R_f = 0,65/-7,65^\circ$. Valni mu je otpor 305Ω , pa mu je prirodna snaga prijenosa 525 MW. Maksimalan prijenosni kapacitet s obzirom na termičku granicu opteretivosti iznosi otprilike 1 300 MVA (950 A po vodiču, $t_0 = 40^\circ\text{C}$).

3. STAVLJANJE U POGON

S obzirom na to

- da je elektroenergetski sustav bitno oslabljen, sveden je na mrežu Slovenije te zagrebačkog i riječkog područja (koje su u paralelnom radu sa UCPTE),
- da će biti slabo opterećen (mala potrošnja) i
- da će NE Krško biti u remontu,

zaključeno je da treba ispitati proceduru prvog stavljanja pod napon voda Melina — Tumbri i njegova uklapanja i dobiti uvid u prilike u takvom sistemu.[2].

Slične su obrade u Institutu za elektroprivredu prethodile puštanju u pogon i drugih dionica mreže 380 kV na teritoriju Hrvatske. Navodimo ih respektivno:

»Problematika stavljanja pod napon dionice voda 400 kV Maribor — Zagreb i Ernestinovo — Zagreb. Naponi i jalove snage«, 1978, i posebno

»Analiza pogonskih stanja i postupak puštanja u pogon južnog poteza 380 kV mreže na dijelu od Mostara do Divače«, 1983.

Zaključci tih studija su potpuno verificirani najmjerodavnijim sućem: mjerenjima i praksom — i na njihovu su temelju sastavljene i pogonske upute za te dionice.¹

3.1. Elektroenergetska situacija

Konzultacijama sa službama eksploatacije slovenske i hrvatske elektroprivrede zaključeno je da će se u modeliranju sistema za analizu prvog stavljanja pod napon voda Melina — Tumbri učiniti manja pogreška ako se uzme jedno snimljeno elektroenergetsko stanje nego ako se razrada temelji na očekivanjima prema elektroenergetskoj bilanci.

Tako je snimljeno stanje u srijedu 6. svibnja u 12 sati (uklapanje se očekivalo u trećem tjednu svibnja), a veličine koje su nedostajale uzete su, jer su potrajali jednako lijepi i topli dani, iz realnog vremena u četvrtak odnosno petak, i to opet u podne. Karakteristični tokovi praćeni su u dispečerskom centru i sljedećih dana.

S tim veličinama proizvodnje i potrošnje modelirana su opterećenja čvorišta mreže 110 kV i 220 kV područja Zagreba i Rijeke, dok je Slovenija uzeta samo na razini superponirane mreže 220 kV i 380 kV.

Modelirana potrošnja zagrebačkog i riječkog područja je 1 041,8 MW, 404,8 Mvar (778 MW, 344 Mvar + 263,5 MW, 60,8 Mvar), a proizvodnja 1 037 MW.

Potrošnja sjeverozapadnoga dijela Hrvatske pokrivena je sljedećom proizvodnjom:

na 220 kV: TE Rijeka	195 MW
TE Sisak	90 MW
HE Senj	68 MW
na 110 kV: TE Plomin	75 MW
TE Sisak	180 MW
HE Senj	140 MW
HE Čakovec	74 MW
HE Dubrava	76 MW
HE Rijeka	17 MW
HE Varaždin	92 MW
TETO Zagreb	17 MW
EITO Zagreb	9 MW.

U Sloveniji su na razini superponirane mreže angažirani TE Šoštanj 4 (213 MW) i 5 (239 MW).

Sistem sjeverozapada Hrvatske i Slovenije prema sl. 1 prima iz UCPTE ukupno 61 MW (prema snimljenom stanju: iz Padriciana 8 MW i iz Obersielacha 126 MW, a dalje Redipugli 73 MW).

¹ Vidjeti izvještaj Z. Tonkovića »Vod Konjsko — Obrovac — Melina pod 400 kV naponom«, u »Elektroprenosu«, Beograd, br. 172, lipanj 1984, i referat K. Ožegovića »Neka iskustva povodom stavljanja u pogon južne magistrale 400 kV mreže 'Nikola Tesla'«, u »Elektroprivredi«, Beograd, br. 5–6, svibanj-lipanj 1985. Glede stavljanje u pogon sjevernog kraka, rezultate su potvrdila nezavisna Jugelova ispitivanja na analognom modelu (na mikromreži): »Mogućnosti i uslovi stavljanja u pogon 400 kV mreže na potezu Obrovac — Ljubljana sa dionicom Ernestinovo — Tuzla«, 1977.

Saldo modeliranoga dijela Hrvatske jest, dakle, –5 MW (+gubici), a prema snimljenom stanju Slovenija daje 30 MW.

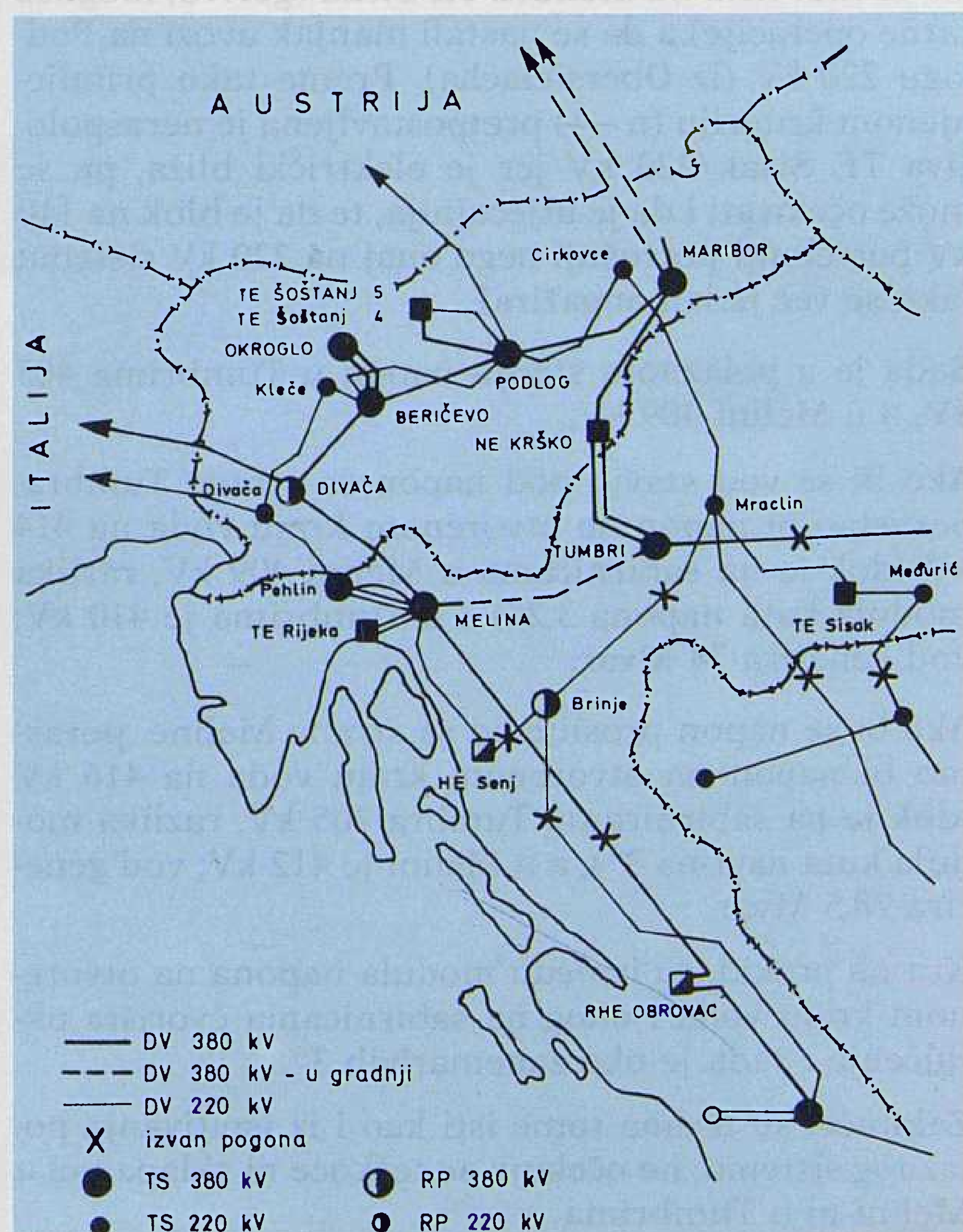
Neke od karakteristika snimljenog stanja (i pretpostavljenog prilikom uklapanja voda Melina – Tumbri):

- u mreži 380 kV: NE Krško je izvan pogona, u TE Šoštanj 5 je visoko angažirana jalova snaga, zane-mariva razmjena jalove snage sa UCPTE
- u mreži 220 kV: TE Rijeka radi duboko potpobuđeno, u TE Šoštanj 4 je visoko angažirana jalova snaga, tok kroz transformaciju u TE Sisak je minimalan, a u TE Sisak/220 kV je dosta visoko angažirana jalova snaga, Divača prima iz UCPTE pedesetak Mvar.

3.2. Mreža

Na sl. 1. prikazana je topologija superponirane mreže u koju će se interpolirati DV Melina – Tumbri. Zbog ratnih razaranja zagrebačko i riječko područje izolirani su na svim naponskim razinama od ostalog dijela ex jugoslavenskog sistema (koji je ostao u otočnom pogonu). I ukupno stanje mreže 110 kV neće se mijenjati prema snimljenom stanju, pa je uzeto sa svim pogonskim prespajanjima i neraspoloživim granama. Jednako tako modelirana su i postavljena prijenosnih omjera transformatora u sistemu.

Kasnija ispitivanja pokazuju da je dovoljno promatrati samo mrežu 380 kV: promjene uklopnih stanja se minimalno osjećaju u mreži nižih naponskih razina.



Slika 1. Superponirana mreža 380 kV i 220 kV prije uključivanja DV 380 kV Melina – Tumbri

To znači da eventualne promjene topologije u slovenskoj mreži neće znatnije utjecati na rezultate ispitivanja na modelu (remonti u mreži 220 kV).

3.3. Polazno stanje

S opterećenjima čvorišta na 110 kV iz poglavlja 3.1. i mrežom prema poglavlju 3.2 formiran je model sistema za ispitivanja načina i posljedica uklapanja voda Melina – Tumbri («model 6. svibnja»).

Rezultirajući tokovi i naponi na modelu dobro su se podudarali s onim snimljenim u superponiranoj mreži u Republičkom dispečerskom centru (RDC), to više ako se ima na umu nepouzdanost podataka o jalovoj snazi konzuma, tako da se postavljeni model mogao prihvatiti kao dobra aproksimacija reprezentativnog stanja sistema u trećem tjednu svibnja.

3.4. Uklapanje

3.4.1. Pristupno

Na sl. 2. dana je bilanca jalove snage ovog dalekovođa u ovisnosti o omjeru između snage kojom je opterećen (S) i njegove prirodne snage (P_n), prema

$$Q = P_n \cdot Z_v \cdot B \cdot [(S/P_n)^2 - 1],$$

gdje je Z_v valni otpor, a B ukupna kapacitivna susceptancija (vidjeti poglavlje 2).

U praznom hodu pod naponom 400 kV generira vod Melina – Tumbri 71,8 Mvar; za prijenos maksimalno dozvoljene snage 1 300 MVA trebao bi 377,0 Mvar.



Slika 2. Bilanca jalove snage DV 380 kV Melina – Tumbri u ovisnosti o omjeru (snaga prijenosa) (prirodna snaga)

Napon na kraju voda Melina — Tumbri u praznom hodu bit će 0,9% viši nego na početku (7,65⁰: Ferranti-jev efekt); npr., ako je u priključnom čvorištu napon 410 kV, na otvorenom kraju bit će 414 kV; za najviši dozvoljeni napon 420 kV trebao bi u priključnom čvorištu biti 416 kV.

Prije pokusa uklapanja na modelu željeli smo utvrditi naponsku karakteristiku, tj. odnos $\delta Q/\delta U$ u čvorištima Melina i Tumbri u aktualnoj mreži.

Izračunata struja trofaznog kratkog spoja I_k , odnosno snaga, za snimljenu topologiju mreže (i očekivanu prilikom uklapanja) s naponom 400 kV jest:

u Melini 8164,1 A, odnosno 5650 MVA,
u Tumbrima 4210, 1 A, odnosno 2913 MVA,

što znači da je Melina mnogo čvršće naponsko čvorište nego Tumbri.

Za promjenu modula napona za 1 kV trebat će u takvoj mreži prema naponskoj karakteristici

$$\frac{\delta Q}{\delta U} = \sqrt{3} I_k$$

u Melini 14,12 Mvar, a
u Tumbrima 7,28 Mvar.

Dakle, samo jalova snaga koju generira vod Melina — Tumbri podigla bi u aktualnom sistemu napon u Melini oko 5 kV, a u Tumbrima 10 kV (no u stvarnosti pogona treba uzeti u obzir kompletnu promjenu toкова jalovih snaga i novonastalu ravnotežu).

3.4.2. S koje strane uklopiti: u Melini ili Tumbrima

Kriteriji pri ispitivanju bili su oni uobičajeni tehnički, konkretno u ovim ispitivanjima poštovanje gornje granice napona i posebno što manji utjecaj na razmjenu jalovih snaga sa Slovenijom odnosno UC-PTE-om.

U polaznom stanju na modelu je napon u Tumbrima 401 kV, a u Melini 408 kV.

Ako bi se vod uklapao u Melini (dakle »energiziran« sa strane Tumbra), porastao bi napon na otvorenom kraju voda na 424 kV dok je na sabirnicama u Melini 410 kV (razlika kuta između modula ovih napona 2,5°), a u Tumbrima je 420 kV; vod generira 82 Mvar.

Ako bi se vod uklapao u Tumbrima (dakle »energiziran« sa strane Meline), porastao bi napon na otvorenom kraju voda na 416 kV, dok je na sabirnicama Tumbra 402 kV (razlika kuta između modula ovih napona 2,2°), a u Melini je 412 kV; vod generira 79 Mvar.

U oba slučaja prilike se mogu lako srediti smanjenjem angažiranja jalove snage u TE Šoštanj 4 i 5.

Prigušnicu 50 Mvar u Tumbrima nije potrebno angažirati (a potrebi prigušnice posvetili smo posebnu pozornost s obzirom na loša iskustva s transformatorima, kao i zbog činjenice da je raketiranjem bila oštećena).

U svim ovim pokusima kut između modula napona na otvorenom kraju voda i onog na sabirnicama priključnog čvorišta nije veći od 3°. Prema tome, kut modula napona neće izazivati dodatna naprezanja prekidača. To je logičan rezultat jer je sistem slabo

opterećen (podsjećamo: tok snage između dva čvorišta određuje razlika kutova modula napona, a tok jalove snage razlika modula).

Prema tome, zaključak je da je u postojećem sistemu svejedno s koje se strane uklapa vod — uz prethodnu provjeru modula i kuta napona u vodnim poljima Meline odnosno Tumbra, kao i tokova jalovih snaga u sistemu u RDC-u.

Iako je mreža u koju će se uklopiti vod Melina — Tumbri naponski znatno stabilnija u Melini nego u Tumbrima, pa prema tome 80-ak Mvar koliko generira vod izaziva znatno manji porast napona u Melini nego u Tumbrima, predloženo je u [2] za elektroenergetsku situaciju kao na modelu »sistema 6. svibnja« imajući na umu

- uklopno stanje sistema (sl. 1 !), u kojem promjene na južnom kraku jako djeluju na razmjenu s Italijom
- raspoložive izvore (s poželjnim voznim redom što bližim onom snimljenom) koji omogućuju lako reguliranje sjevernoga kraka (promjenama angažiranja jalove snage u TE Šoštanj),

da se vod Melina — Tumbri stavi pod napon sa strane Tumbra i uklopi u Melini. No, ponovimo, ovisno o aktualnoj situaciji i mjerenjima te praktičnosti jednako se tako može uklopiti i u Tumbrima.

Na promatranom modelu prenosi uključeni vod Melina — Tumbri 54 MW, –45 Mvar (mjereno u Melini). Ispitivana je i promjena elektroenergetskog stanja: da ne radi neki od blokova TE Sisak (gorivo; moguće ratne operacije) a da se nastali manjak uvozi na Podlogu 220 kV (iz Obersielacha). Prema tako primijenjenom kriteriju (n – 1) pretpostavljena je neraspolaživa TE Sisak/220 kV jer je električki bliža, pa se može očekivati i da je utjecajnija, te da je blok na 110 kV potrebniji potrošnji nego onaj na 220 kV sistemu (ako se već jedan angažira).

Sada je u polaznom stanju napon u Tumbrima 405 kV, a u Melini 409 kV.

Ako bi se vod stavio pod napon sa strane Tumbra, porastao bi napon na otvorenom kraju voda na 414 kV (dok je na sabirnicama u Melini 409 kV, razlika modula kuta napona 3,2°) a u Tumbrima je 410 kV; vod generira 78 Mvar.

Ako bi se napon proslijedio sa strane Meline, porastao bi napon na otvorenom kraju voda na 416 kV (dok je na sabirnicama Tumbra 405 kV, razlika modula kuta napona 3°), a u Melini je 412 kV; vod generira 78,5 Mvar.

Kut na prekidaču između modula napona na otvorenom kraju voda i onog na sabirnicama čvorišta uključanja i sada je oko zanemarivih 3°.

Zaključci su prema tome isti kao i iz ispitivanja polaznog sistema: ne očekuju se teškoće ni sklapajući u Melini ni u Tumbrima.

Interpolirani vod Melina — Tumbri prenosio bi 70 MW, –31 Mvar (mjereno u Melini).

3.5. Iz »Izvjješća o prvom stavljanju pod napon DV 400 kV Melina — Tumbri«

Citiramo dio prijepisa iz »Knjige prvog puštanja u pogon« koja se vodi u TS Melina za dan 28. V 1992. [3].

28. 05. 92.

Prvo stavljanje pod napon DV 400 kV Melina — Tumbri.

Rješenjem broj 3/22-843/92. od 16. 4. 92. imenovana je odgovorna osoba za prvo stavljanje pod napon ovog daleko-voda.

Prvo stavljanje objekta pod napon odvija se prema »Programu za prvo stavljanje pod napon DV 400 kV Melina — Tumbri od 15. 5. 92, kao i promemoriji sa sastanka u Zagrebu od 26. 5. 92. u sklopu koje je definiran »Program aktivnosti za 28. 5. 92«.

U 9,00 obaviješten je ing. Nenad Puljić u DC HEP-a i ing. Josip Dumičić iz DC HEP-a Pehlin da se počelo s aktivnostima prema »Programu aktivnosti za 28. 5. 92.«.

Konstatira se da VF veza prema Tumbrima iz Meline nije ispravna zbog greške na VF-uređaju u Tumbrima, pa se stoga neće vršiti provjera djelovanja relejne zaštite sa isključivanjem prekidača preko VF-veze, a što je u navedenom programu navedeno u točki 3, koja se kompletno izostavlja iz aktivnosti za 28. 5. 92. godine. Aktivnosti se odvijaju:

1. U 09:05 isključeni su noževi za uzemljenje u sve tri faze u Tumbrima.
2. U 09:16 isključeni su noževi za uzemljenje u sve tri faze u Melini.
3. U 09:45 ispitan je napon 12 V = vod u sve tri faze i utvrđeno je da je »čist«.
4. U 10:03 uzemljena faza »0« u TS Tumbri.
5. U 10:12 uzemljena faza »4« u TS Tumbri.
6. U 10:20 uzemljena faza »8« u TS Tumbri.

Ispitivanja faza »0«, »4«, »8« pokazala su da je vod od Meline do Tumbri galvanski vezan, a i oznake faze su usklađene u TS Melini i TS Tumbri.

7. U 11:23 uključen napon iz TS Tumbri.

U TS Melini su upoređeni vektori napona iz Meline i Tumbrija.

Razlika u naponu je bila 14 kV maximum (9 – 12 kV).

Pomak u kutu vektora ta dva napona je 3,5 stupnjeva.

Napon na Melini je bio 403 kV.

Napon na kraju praznog voda u Tumbrima je bio 415 kV.

Rezultati mjerenja u TS Tumbri:

Napon na sabirnicama 410 kV.

Struja koja teče u prazni vod 112 A.

Reaktivna snaga 79,3 MVar.

Aktivna snaga (odvod) 4,26 MW.

IZJAVA

odgovorne osobe za usklađenje faza i mjerenja u TS Melini ing. Krota B. kojom izjavljuje da je kut vektora napona jedne faze iz Tumbri i Meline 3,5 stupnjeva i razlika napona cca 12 kV. Uvjeti za zatvaranje petlje u Melini su ispunjeni.

Krota Branko, v. r.

8. U 12:27 uključen je prekidač u TS Melini i proslijeđen napon u TS Tumbri preko praznog voda.

Rezultati mjerenja u TS Tumbri:

Napon na sabirnicama 412 kV.

Napon na praznom vodu 420 kV.

Razlika napona 8 kV.

Rezultati mjerenja u TS Melini:

Napon na sabirnicama 417 kV.

Struja koja ide u prazni vod 120 A.

Reaktivna snaga 80 MVar.

Na osnovi rezultata mjerenja, a u skladu sa programom za prvo stavljanje DV 400 kV Melina — Tumbri pod napon, DS HEP-a je odlučila zatvoriti petlju 400 kV u TS Tumbri.

9. Paralela je zatvorena uključenjem prekidača 400 kV u VP Melina u TS 400/110 kV Tumbri 28. 5. 92. u 13:12 sati.

Ekipe PrP »Elektroprijenosa« Zagreb i Opatija provjerile su usmjerenje distantnih zaštita i sekundarnih veličina.

Usmjerenja relejnih zaštita su izvedena korektno.

Ovime se okončao »Program aktivnosti za 28. 5. 92. godine«.

Predana je depeša dispečerskoj službi HEP-a u Zagrebu, kojom se daje na raspolaganje u probnom radu dalekovod do 1. 5. 94. godine, što je u skladu s dozvolom za upotrebu izgrađenog objekta od 25. 5. 1992. godine.

3.6. Usporedba rezultata iz ispitivanja na modelu i onih »uživo« mjenjenih u sistemu

Poslije završenog stavljanja pod napon voda Melina – Tumbri i njegova uključenja proveli smo usporedbu rezultata (kao vrlo korisnu za dalji rad i uvijek intrigantnu reviziju).

Raspolagali smo:

- (A) rezultatima ispitivanja na modelu,
- (B) mjenjenjima u vodnim poljima iz »Knjige prvog puštanja u pogon« (iz prethodnog poglavlja) i
- (C) telemjenjenjima iz RDC-a

Osnovna pretpostavka za usporedbu je zadovoljena: potrošnja i mreža Hrvatske 28. V. (kada je vod ukla-

pan) bila je slična onoj 6. V. (za koju je formiran model). Slične su bile i razmjene sa Slovenijom i UC-PTE, osim u mreži 220 kV: nije angažiran TE Sisak-/220 kV i povećan je uvoz na Podlogu, no na »modelu 6. svibnja« istraživana je i takva mogućnost. U tablici 1. prikazali smo usporedbu rezultata. Vremena telemjenjenja (C) su: u polaznom stanju 11:17:51, s vodom »energiziranim« sa strane Tumbra 11:25:01, s naponom proslijeđenim sa strane Meline 12:28:05 i s uklopljenim vodom 13:13:09. Vremena mjenjenja u poljima (B) su: uključen prekidač u Tumbri i vod je pod naponom 11:23, uključen prekidač u Melini i vod je u praznom hodu 12:27, vod je energetski u sistemu 13:12.

Tablica 1/I

	Polazno stanje		Napon od Tumbra		
	(C)	(A)	(C)	(B)	(A)
Tumbri – Krško, MW/Mvar	211,0/91,3	186/106	218,9/50,4		186/106
Tumbri, kV	406,5	405	409,4	410	405
Mrclin – Cirkovci, MW/Mvar	126,5/15,2	113/57	126,5/12,8		113/57
Mraclin, kV	220,1	219	220,1		219
Melina – Divača, MW/Mvar	102,4/ – 17,9	98/ – 26	99,8/ – 17,9		98/ – 26
Melina, kV	414,4	409	414,4	403	409
Pehlin – Divača, MW/Mvar	116,2/ – 10,1	85/ – 24	114,6/ – 11,0		85/ – 24
Pehlin, kV	234,0	235	234,0		235
TE Rijeka, Mvar (Mvar) ¹	– 25,8 (36,9)	– 50	– 29,2 (36,9)		– 50
Melina – Tumbri, Mvar			– 80,0	– 79,3	– 78
Melina ₀				415	414
Tumbri ₀					
Δ Ø (U)				3,5	3,2
Tumbri – Melina, MW/Mvar					

Tablica 1/II

	Napon od Meline			Uklopljen vod	
	(C)	(B)	(A)	(C)	(A)
Tumbri – Krško, MW/Mvar	216,9/97,6		188/106	143,0/74,0	138/70
Tumbri, kV	406,4	412	405	412,3	409
Mrclin – Cirkovci, MW/Mvar	126,5/14,0		113/57	108,7/4,5	105/56
Mraclin, kV	221,1		219	225,2	221
Melina – Divača, MW/Mvar	113,9/14,1		98/26	39,7/ – 17,9	47/ – 4
Melina, kV	414,4	417	412	422,4	410
Pehlin – Divača, MW/Mvar	117,2/ – 21,5		85/ – 24	102,1/ – 20,6	76/ – 24
Pehlin, kV	234,0		235	234,0	235
TE Rijeka, Mvar (Mvar) ¹	– 78,8 (88,0)		– 75	– 63,6 (71,3)	– 59
Melina – Tumbri, Mvar		– 80	– 78,5		
Melina ₀					
Tumbri ₀		420	416		
Δ Ø (U)					
Tumbri – Melina, MW/Mvar				– 75,9/ – 47,3	– 70/ – 45

¹ Jalova snaga mjerena na vodovima Melina – TE Rijeka.

Naponi su mjereni na sabirnicama. Rezultati ispitivanja na modelu su zaokruženi.

4. DV MELINA – TUMBRI U MREŽI SUDEL-a

U slaboj meridijanskoj povezanosti 380 kV mreže SUDEL-a (SUDEL = južno krilo »Zajednice za koordinaciju proizvodnje i prijenosa« (UCPTE) što ga čine Austrija, Italija, ex-Jugel, Grčka i neformalno Albanija) DV 380 kV Melina – Tumbri znatno je poja-

čanje – posebno nakon skorog puštanja u pogon DV 2 × 380 kV Maribor – Kainachtal. U širem kontekstu to je učvršćenje istočnoga tranzitnog pravca Austrija ... Italija, pa možda i odgoda daljih pojačavanja (između te dvije zemlje postoji samo jedna interkonekcija, i to 220 kV), kao i Austrija/Italija ... Grčka. Zatvaranjem austrijske istočne petlje (DV 2 × 380 kV Wien – Südost – Kainachtal) dobit će i interkonekcija Maribor – Kainachtal svoje puno značenje. Maribor će postati potencijalno snažno injekcijsko čvorište – i svim je partnerima od interesa jedan krak

prema Hrvatskoj: DV Maribor — Žerjavinec; argumentira ga, između ostalog, i postojanje grane Melina — Tumbri.

Prvim susjedima, ponajprije slovenskom elektroenergetskom sistemu, a i bosanskohercegovačkom, osigurava 380 kV petlju i povećava dispečersku fleksibilnost pogona — jer od transverzale Mostar ... Ernestinovo do one Maribor ... Divača (razmaknute ≈ 400 km) nema poprečne grane između sjeverne i južne magistrale mreže 380 kV u jugoslavenskom prostoru.

Perspektiva ulaska Mađarske u UCPTE ponovo aktualizira moguću interkonekciju mađarska granica — Žerjavinec (zagrebačka istočna TS 380/100 kV), koja dobiva na preferenciji postojanjem DV Melina — Tumbri kao prirodnog nastavka. Vezom s Mađarskom ostvarit će se najdirektniji tranzitni put za ukrajinsku energiju u zapadnu Europu, pri čemu ima i Hrvatska svoj veliki interes (DV mađarska granica — Žerjavinec prvi put je i nominiran oko devedesete u projektu »Italija 1500 MW«: isporuci električne energije iz tadašnjeg SSSR-a u Italiju).

Aktiviranje Žerjavinca kao incidentnog čvorišta na tranzitnim putovima (bilo iz pravca Mađarske ili Austrije), te s općenitim pojačavanjem razmjena preko jugoslavenskog prostora — u čemu Hrvatska ima svoj direktni interes — upravo prejudicira i logično kanalizira novi dalekovod. Tada će doći do izražaja i njegova prijenosna uloga u osnovnoj mreži i moći ćemo samo žaliti što nije sagrađen kao dvosistemski.

LITERATURA

[1] Grupa autora: »Problematika napajanja konzumnog područja Zagreb — makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti superponirane mreže i interkonekcije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1984. (s dodatnim ispitivanjima 1985).

[2] Z. TONKOVIĆ: »Stavljanje u pogon voda 380 kV Melina — Tumbri i očekivana nova situacija u elektroenergetskom sistemu 'Zapada'«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1992.

[3] Interni dokument HEP-a »Izvješće o prvom stavljanju pod napon voda DV 400 kV Melina — Tumbri«, PrP Elektroprijenos Opatija u Sektoru prijenosa Direkcije upravljanja i prijenosa HEP-a (pripremio E. Gašparini), Opatija, 5. VI. 1992.

PUTTING INTO OPERATION OF 380 kV MELINE — TUMBRI LINE AND ITS ROLE IN SUDEL

In the paper, the role of the 380 kV Meline-Tumbri transmission line in the electric power system is described, its characteristics, as well as research and the way of putting it into operation.

IN BETRIEB — SETZUNG DER LEITUNG 380 kV MELIN — TUMBRI UND SEINE ROLLE IM SUDEL

Im Artikel spricht man über die Rolle des DV 380 kV Melin — Tumbri im elektroenergetischen System und über seine Eigenschaften, sowie die Forschungen und des In Betrieb — Setzens.

Naslov pisca:
Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-07-17.

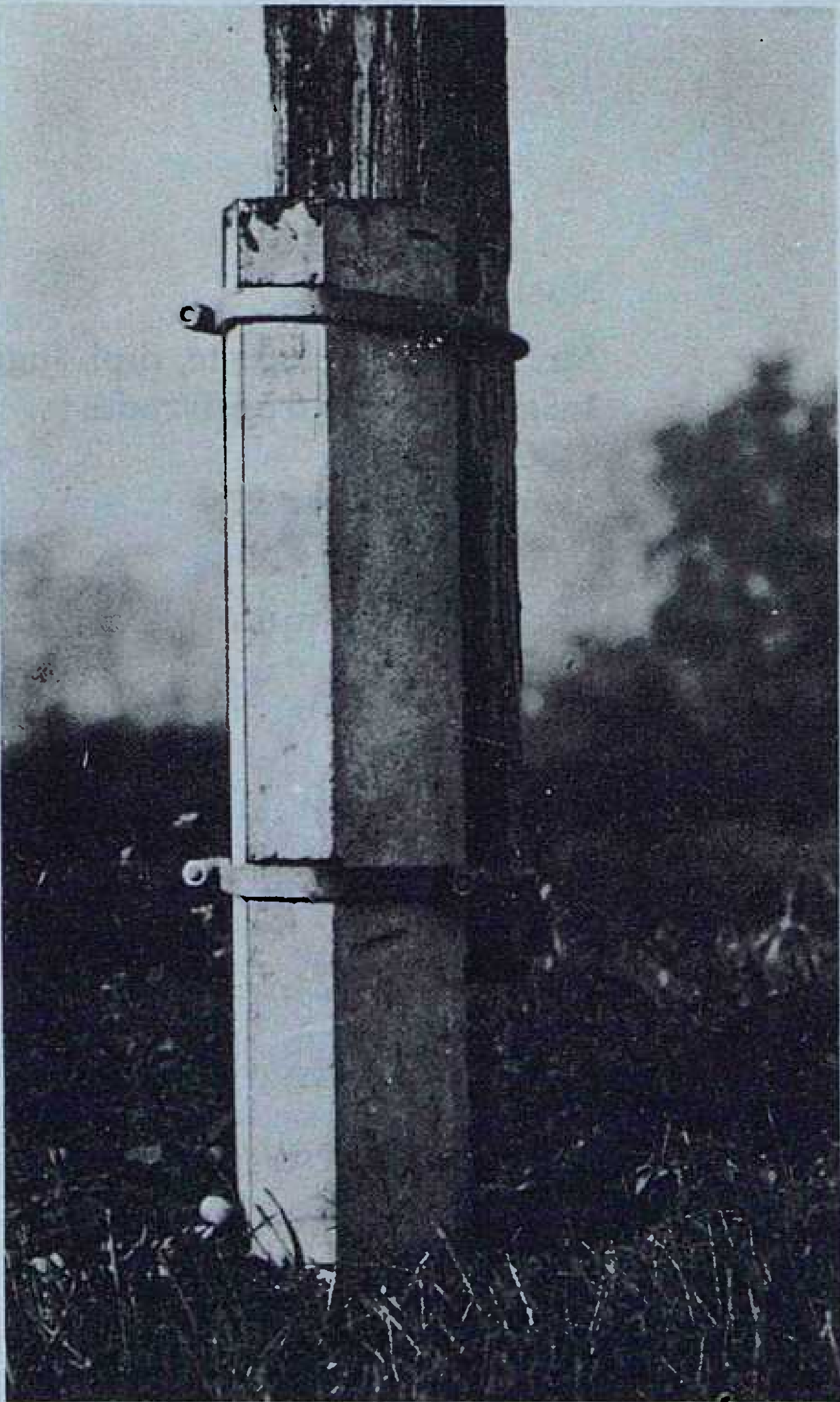


IGM
SAVA
KRŠKO

industrija gradbenega materiala p.o.
68270 KRŠKO, CKŽ 59

Industrija građevinskog materijala »Sava« iz Krškog već niz godina proizvodi betonske proizvode za potrebe elektroprivrede. Njezina namjena je da s novim materijalima pojednostavi i promijeni gradnju električnih vodova niskog, srednjeg i visokog napona.

Kao rezultat njezinih napora nastao je prije više godina prvi proizvod iz serije betonskih proizvoda za potrebe elektroprivrede i to betonski nogar »Univerzal«. Elektroprivreda je tražila nogar koji bi bio lagan, jednostavne manipulacije, sposobnosti i velike mogućnosti. Služio bi sanaciji dotrajalih drvenih mreža, kao i za nove. Iz tih razloga je poduzeće izradilo betonski nogar »Univerzal«, koji odgovara svim tim zahtjevima. Lakši je od do sada upotrebljavanih klješta, ali je još uvijek dosta jak. Kako je već rečeno, upotrebljava se kako za sanaciju dotrajalih drvenih stupova, tako i za novogradnju. Njegova prednost je i u tome, što se može upotrebljavati neovisno o vremenskim uvjetima, što se postiže sa suhim temeljenjem pomoću stabilizacionih ploča.



Nekoliko tehničkih podataka o nogarima »Univerzal«. Proizvodi se u tri tipa od V. do VII. Razlikuju se međusobno u nosivoj sposobnosti od 1000 kpm do 2000 kpm, tako da odgovaraju svim zahtjevima. Težina je promjenljiva od 180 do 190 kg ovisno o tipu.

BETONSKI NOGARI »UNIVERZAL«		
Tip	M _x /M _y (kpm)	težina (kg)
U V	1000/500	183
U VI	1500/650	186
U VII	2000/800	190

Komplet čini ovisno o tipu nogara:

Element	tip V	tip VI	tip VII
Betonski nogar	1 kom	1 kom	1 kom
Obujmica	2 kom	2 kom	2 kom
Stabilizaciona ploča 35 × 40 cm	1 kom	1 kom	1 kom
Stabilizaciona ploča 25 × 60 cm	4 kom	6 kom	6 kom

telefon

n.c. (0608) 21 515
21 220
22 012

priprema rada

22 122

šljunčara i cementara Drnovo (0608) 22 075
22 644

šljunčara i cementara Brege

21 526

strojni park

21 294

telefax

(0608) 21 247

žiro račun

51600-601-11903

UREĐAJ ZA ZAŠTITU MJERNIH TRANSFORMATORA OD EKSPLOZIJE

Mr. Miroslav Poljak — Neven Katunarić — Boris Bojanić, Zagreb

UDK 621.317.7

PREGLEDNI ČLANAK

Opisane su osnovne značajke uređaja za zaštitu mjernih transformatora od eksplozije. Uređaj radi na načelu registriranja povećanja struje kroz glavnu izolaciju mjernog transformatora, a osnovna mu je funkcija signalizacija kvara u prvom stupnju i konačno isključenje kvarnog transformatora u drugom stupnju. Također su dani rezultati ispitivanja prototipa.

Ključne riječi: mjerni transformator, strujni transformator, naponski transformator, zaštitni uređaj.

1. UVOD

Pouzdanost mjernih transformatora u pogonu jedan je od bitnih elemenata pouzdanosti elektroenergetskih postrojenja. Glede sprečavanja neželjenih direktnih i indirektnih šteta nastalih zbog kvara ili eksplozija mjernih transformatora uobičajna je njihova preventivna kontrola tijekom eksploatacije. Primjena za tu svrhu razvijenih ispitnih metoda [1], [2], i njihova učestalost ovise znatnije o vrsti i izvedbi mjernih transformatora, a manje o maksimalnom naponu za opremu mreže u kojoj se transformatori koriste. Iako se preventivna kontrola pokazala vrlo uspješnom za sprečavanje kvarova u elektroenergetskim mrežama (na području Hrvatske elektroprivrede postotak kvarova smanjen je sa 3,1% na približno 0,2%), još uvijek postoji opasnost da između dvije kontrole nastane kvar sa svim neželjenim posljedicama koji iz toga proizlaze. Zbog toga su u nekim elektroenergetskim sistemima razvijene eksperimentalne metode kontinuiranog praćenja (on line) stanja mjernih transformatora u pogonu [3]. Te metode uglavnom se zasnivaju na mjerenju kuta dielektričnih gubitaka glavne izolacije transformatora ili/i kontrole karakterističnih plinova otopljenih u transformatorskom ulju. Kako je riječ o sofisticiranim, relativno skupim metodama, koje između ostalog zahtijevaju mnogo više eksperta nego periodičke preventivne kontrole, ne očekuje se da će u dogledno vrijeme kontinuiranom kontrolom biti obuhvaćen iole značajniji broj populacije mjernih transformatora. Dapače, za područje Hrvatske elektroprivrede gotovo sa sigurnošću se može procijeniti da zbog objektivnih okolnosti izazvanim ratom na teritoriju Hrvatske uvođenje ovakvih sistema praćenja mjernih transformatora u pogonu nije realno očekivati u duljem razdoblju.

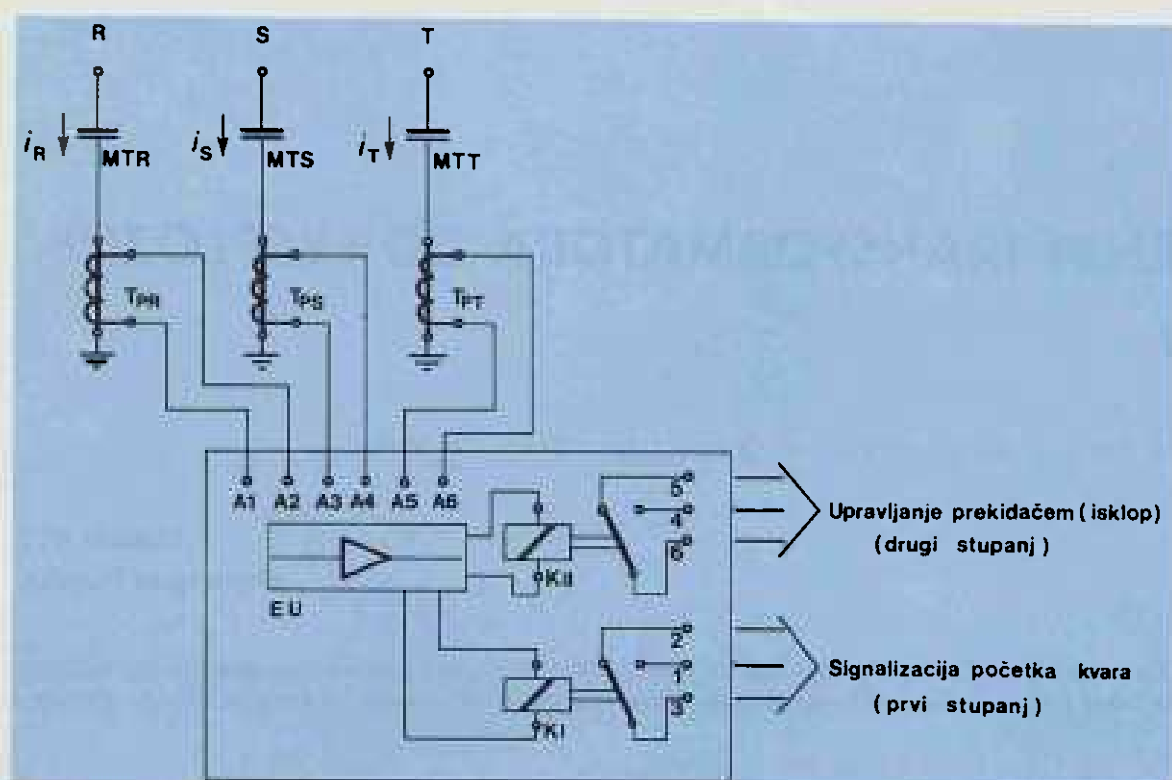
Uređaj opisan u ovom članku kompromisno je tehničko rješenje koje sadrži elemente kontinuiranog praćenja struje kroz izolaciju mjernih transformato-

ra s mogućnošću signalizacije početka kvara i isključenja transformatora u slučaju progresivnog razvoja kvara. S obzirom na cijenu mjernog transformatora uređaj je višestruko jeftiniji, kompatibilan je s postojećom zaštitom u sistemu, ne zahtijeva posebno održavanje ni specijalističko osoblje za rukovanje. Osim toga, uređaj je konstruiran da signalizira porast tlaka ulja u transformatoru ako je transformator opremljen indikatorom pretlaka (tlačnim prekidačem).

2. OPIS UREĐAJA I ISPITIVANJE UREĐAJA

2.1. Konceptija uređaja

Poznato je da u slučajevima djelomičnog proboja glavne izolacije mjernih transformatora poraste struja prema zemlji. Ta pojava je iskorištena pri izboru koncepcije zaštitnog uređaja. Naime, ulazni dio uređaja je pomoćni transformator čiji je primarni namot sastavni dio uzemljenja mjernog transformatora. Na sekundaru pomoćnog transformatora inducira se napon koji se elektroničkim sklopom obrađuje i mjeri. Kada napon postigne ili prekorači unaprijed udešene vrijednosti, prorade pomoćni releji koji dalje pobuđuju krugove za signalizaciju početka kvara, odnosno za upravljanje prekidačem (isključenje). U trofaznim mrežama ta se ideja može realizirati na više načina, npr. da se mjere i obrađuju fazne struje ili struja kroz zvjezdište, da se pomoćni transformatori spajaju paralelno ili u otvoreni trokut itd. Potanko analizirajući sve mane i prednosti pojedinih spojeva (mogućnost podešenja proračunskih vrijednosti, način montaže u pogonu, jednostavna lokacija kvara itd.), autori su se odlučili za izvedbeni spoj čija je pojednostavljena shema dana na slici 1.



Slika 1. Priključenje uređaja za zaštitu mjernih transformatora od eksplozije

- MTR, MTS, MTT — izolacija mjernih transformatora u fazama R, S, T,
- T_{PR} , T_{PS} , T_{PT} — pomoćni transformatori u fazama R, S, T
- A1.....A6 — priključci sekundarne strane pomoćnih transformatora
- 1.....6 — priključci upravljačkih krugova
- K_I , K_{II} — izvršni članovi

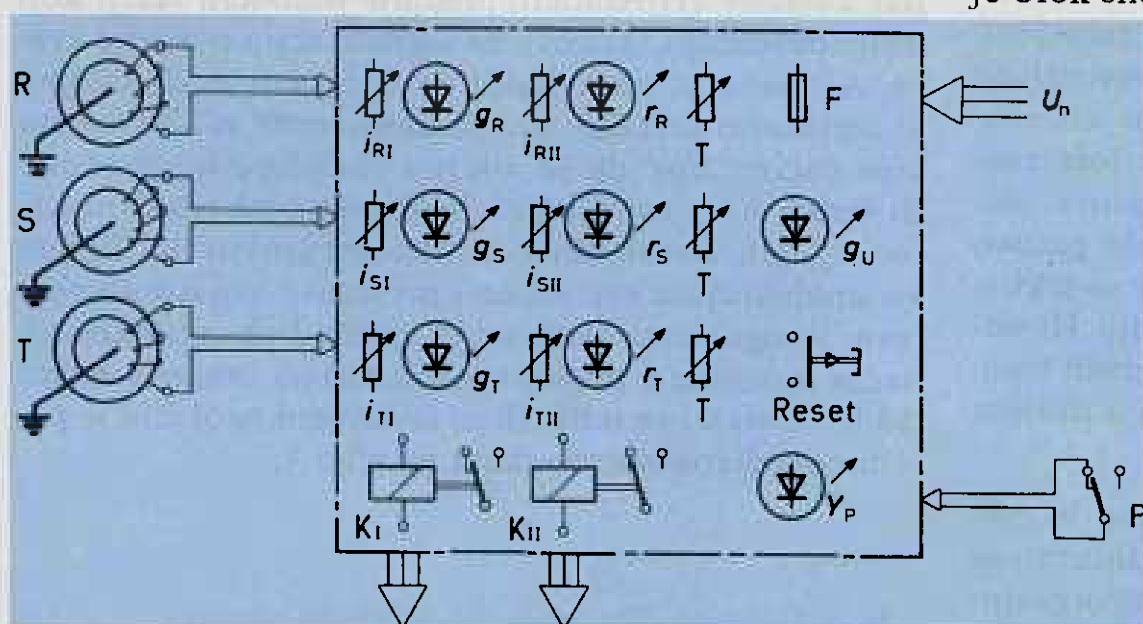
2.2. Funkcionalni opis uređaja

Elektronički zaštitni uređaj (slika 2) prima s toroidalnog transformatora naponski signal proporcionalan struji kroz njegov primarni namot (i_p), koja ujedno predstavlja struju greške štice objekta. Mjerenje se, dakako, provodi trokanalno, tj. u sve tri faze. Ako u bilo kojoj fazi trofaznog sustava struja i_p , odnosno odgovarajući naponski signal u_p , prekorači unaprijed podešenu vrijednost (i_{RI} , i_{SI} , i_{TI}) prvog stupnja prorade, aktivira se lokalna optička signalizacija (g_R , g_S , g_T) koja označava u kojoj je fazi trofaznog sustava registriran kvar. Istovremeno se aktivira izvršni član prvog stupnja prorade (K_I), neovisno o mjestu, tj. fazi nastanka kvara. U slučaju smanjenja struje kvara ili njezina naknadnog izostanka, dolazi do prestanka lokalne optičke signalizacije, kao i deaktiviranja I. stupnja prorade zaštitnog uređaja. Eventualnim daljnjim povećanjem struje kvara i_p , do veličine koja odgovara postavljenom iznosu II. stupnja prorade (i_{RII} , i_{SII} , i_{TII}), dostignut je nužan uvjet za proradu selektivne lokalne optičke signalizacije po kanalima (r_R , r_S , r_T) i izvršnog člana II. stupnja prorade (K_{II}) elektroničkog zaštitnog uređaja. Međutim, do prorade zaštitnih funkcija u II. stupnju ne dolazi trenutno, već nakon odabranog vremena blokade (T) elektroničkog uređaja.

Ovdje treba naglasiti da spomenuta funkcija vremenske blokade prorade ne znači samo vremensko zatezanje prorade već podrazumijeva i funkciju automatskog poništavanja (reseta) u dotičnom vremenskom intervalu. Na taj način se, dakako, umanjuje mogućnost eventualnih »lažnih« prorada zaštitnog uređaja. Signalizacija i izvršna funkcija II. stupnja prorade aktiviraju se preko memorijskog sklopa, što znači da ostaju uključene i nakon prestanka kvara, tj. isključenja struje kvara i_p , koja je i dovela do aktiviranja II. stupnja prorade. Takvo stanje može se, dakako, poništiti ručnim resetom, tj. brisanjem memorije uređaja pošto se kvar prethodno otkloni. Osim triju analognih mjernih ulaza, uređaj kontrolira i jedan digitalni (on-off) status-ulaz, koji je predviđen za beznaponski kontakt indikatora pretlaka (P) ili odgovarajući optički davač podataka. Promjena logičkog stanja ovog ulaza, preko memorijskog sklopa, izravno aktivira optičku signalizaciju (y_p) i izvršni član II. stupnja prorade (K_{II}). Pošto se dotičnom ulazu uspostavi početno stanje, signalizacija (y_p) i izvršni član (K_{II}) mogu se resetirati brisanjem memorijskog sklopa.

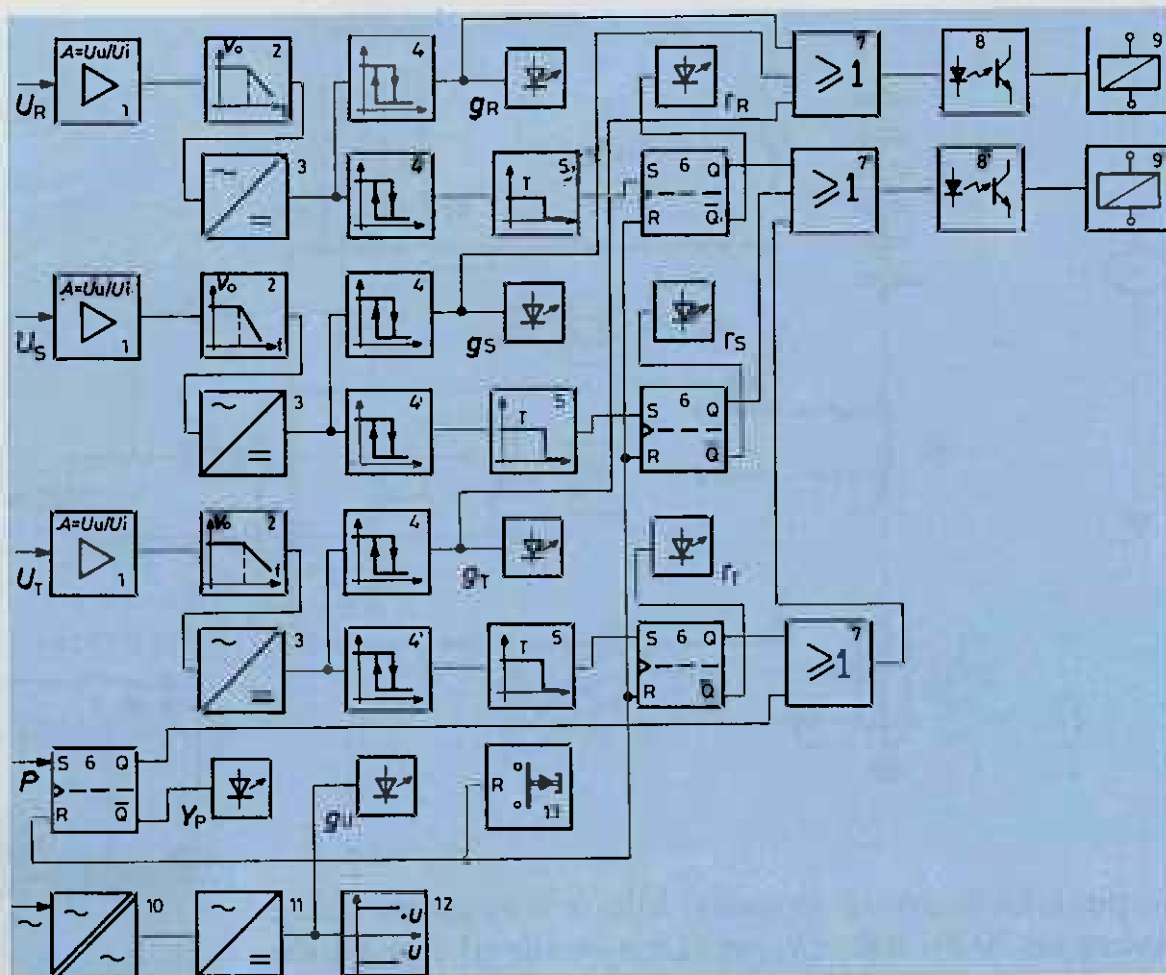
2.3. Tehničko rješenje i izvedba uređaja

Rješenje elektroničkog zaštitnog uređaja prikazano je blok-shemom na slici 3.



Slika 2. Principna shema zaštitnog uređaja

Slika 3. Izvedbena shema zaštitnog uređaja



Mjerni signali U_R , U_S , U_T s toroidalnih pomoćnih transformatora dovode se na ulaze pojačala signala (1), sa širokim izborom faktora pojačanja (1–100) ovisno o prijenosnoj funkciji pomoćnog transformatora. Tako pojačani signali dovode se na ulaze niskopropusnih RC aktivnih filtara (2), kojima se uklanjaju eventualno prisutne smetnje ili nekorisni signali viših frekvencija. Slijedi pretvorba izmjeničnih signala u istosmjerne (3), koji se zatim dovode na ulaze komparatora s histerezom (4 i 4') s promjenljivim pragom prorade. Komparatori s histerezom (4) podešavaju se u skladu s kriterijem postavljenim za I. stupanj prorade, te svaki od njih neovisno upravlja vlastitim blokom signalizacije (g_R , g_S , g_T). Isti komparatori s histerezom preko ILI sklopova (7) i optoizolatora (8) upravljaju zajedničkim izvršnim članom (9) I. stupnja prorade. Komparatori s histerezom (4') podešavaju se u skladu s kriterijem postavljenim za II. stupanj prorade uređaja. Prvi stupanj redovito naznačuje signalizaciju kvara, a II. stupanj isključuje sam uzrok kvara, tj. daje komandu za isključenje prekidača na visokonaponskoj strani štićenih objekata. Zbog toga se promjena stanja registrirana komparatorima s histerezom (4') mora zapamtiti, kako bi informacija o nastalom kvaru, kao o mjestu kvara (fazi), ostala i nakon njegova prestanka. U tom smislu su upotrijebljeni memorijski SR sklopovi (6), preko kojih se zatim selektivno uključuju pojedini blokovi lokalne signalizacije (r_R , r_S , r_T). Do prorade memorijskih sklopova (6) ne dolazi neposredno nakon promjene stanja izlaza komparatora (4'), već nakon vremena T definiranog vremenskim blokadnim sklopom (5). Ako se na ulazu dotičnog uređaja pojavi impuls trajanja kraći od T , pojava se briše i ne dolazi do aktiviranja memorijskih sklopova (6). U standardnoj izvedbi vremenski interval T može se podećavati u opsegu od 0,05 do 1,2 sekunde. U specijalnoj izvedbi, koja se eventualno može koristiti za kapacitiv-

ne naponske transformatore, vremenski interval T ugađa se na iznos ≥ 30 sekundi zbog dozvoljenog trajanja zemljospoja u mreži. Promjena stanja bilo kojeg memorijskog SR sklopa (6) dovodi se preko ILI-sklopa (7') i optoizolatora (8') na izvršni član (9') II. stupnja prorade zaštitnog uređaja. Na opisani način obrađuju se analogni mjerni signali, dok se status signal (on-off) s indikatora pretlaka dovodi, izvarno na ulaz memorijskog SR-sklopa (6). Pri promjeni njegova stanja aktivira se signalizacijski blok (y_P), te posredstvom ILI-sklopova (7 i 7'), odnosno optoizolatora (8') pobude izvršni član (9') II. stupnja prorade. Memorijski SR-sklopovi se po uklonjenom kvaru mogu resetirati tipkalom (13).

Napajanje sklopova riješeno je na sljedeći način: mrežni napon se najprije transformira mrežnim transformatorom (10), zatim se punovalno ispravlja i filtrira (11), te napokon stabilizira pozitivnim i negativnim naponskim regulatorima (12).

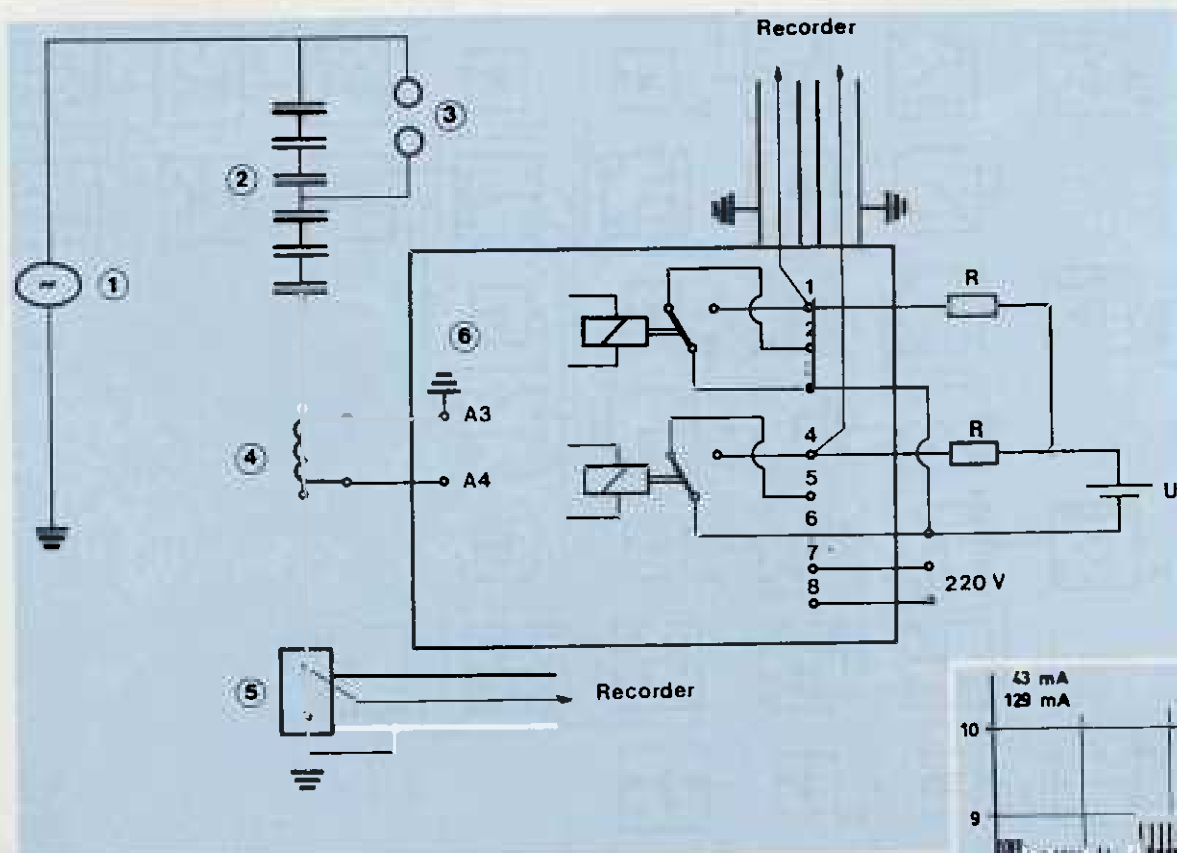
Uređaj bez pomoćnog toroidalnog transformatora realiziran je na pločici veličine 162×112 mm. Tiskana pločica s pripadajućim komponentama smješta se u kućište lijevano od aluminijske slitine, robusne izvedbe, u stupnju mehaničke zaštite minimalno IP 54.

2.4. Ispitivanje uređaja

Predloženo tehničko rješenje podvrgnuto je ovim ispitivanjima:

- provjeri podešenja prorade
- funkcionalnom ispitivanju na visokom naponu
- provjeri prorade pri graničnim temperaturama okoline.

Provjera podešenja prorade u osnovi je rutinsko ispitivanje, a provodi se stranim izvorom 50 Hz koji preko otpora za ograničenje i regulaciju struje napaja primarnu stranu pomoćnog transformatora. U konkretnom primjeru mogućnost podešenja signalizaci-



Slika 4. Nadomjesna shema funkcionalnog ispitivanja uređaja:

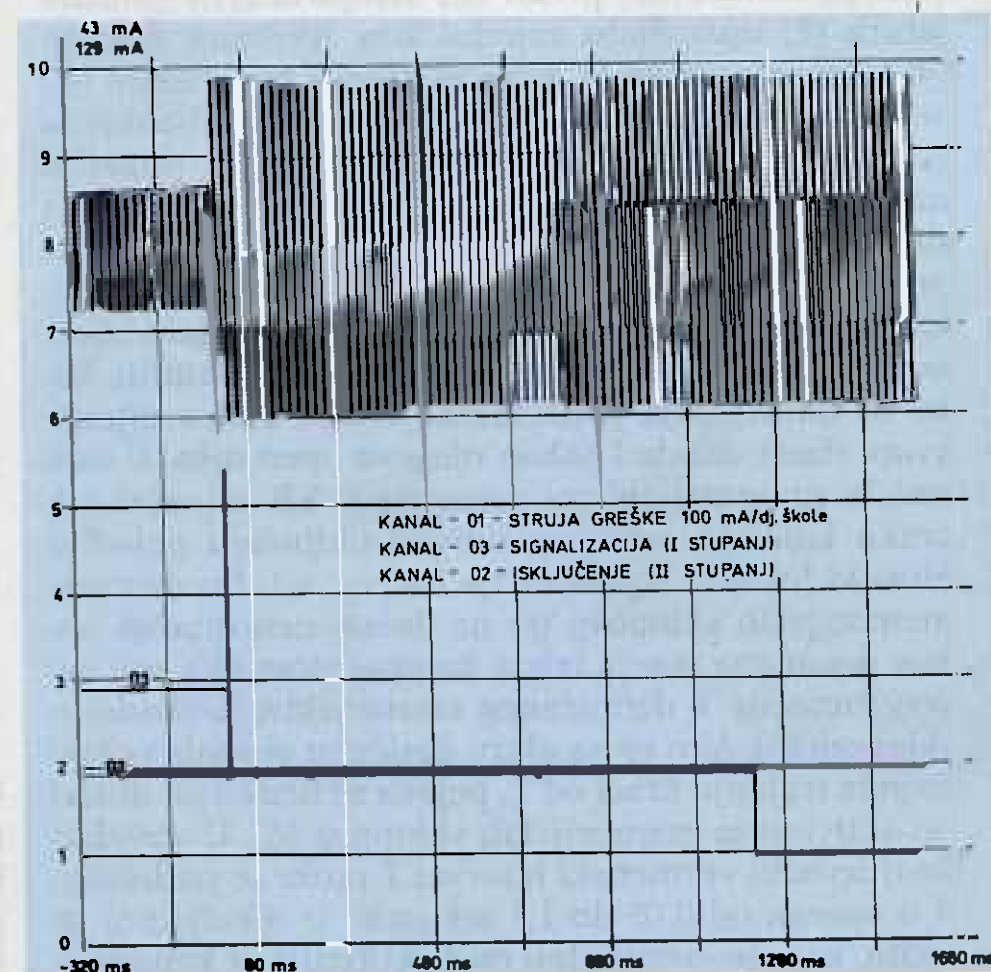
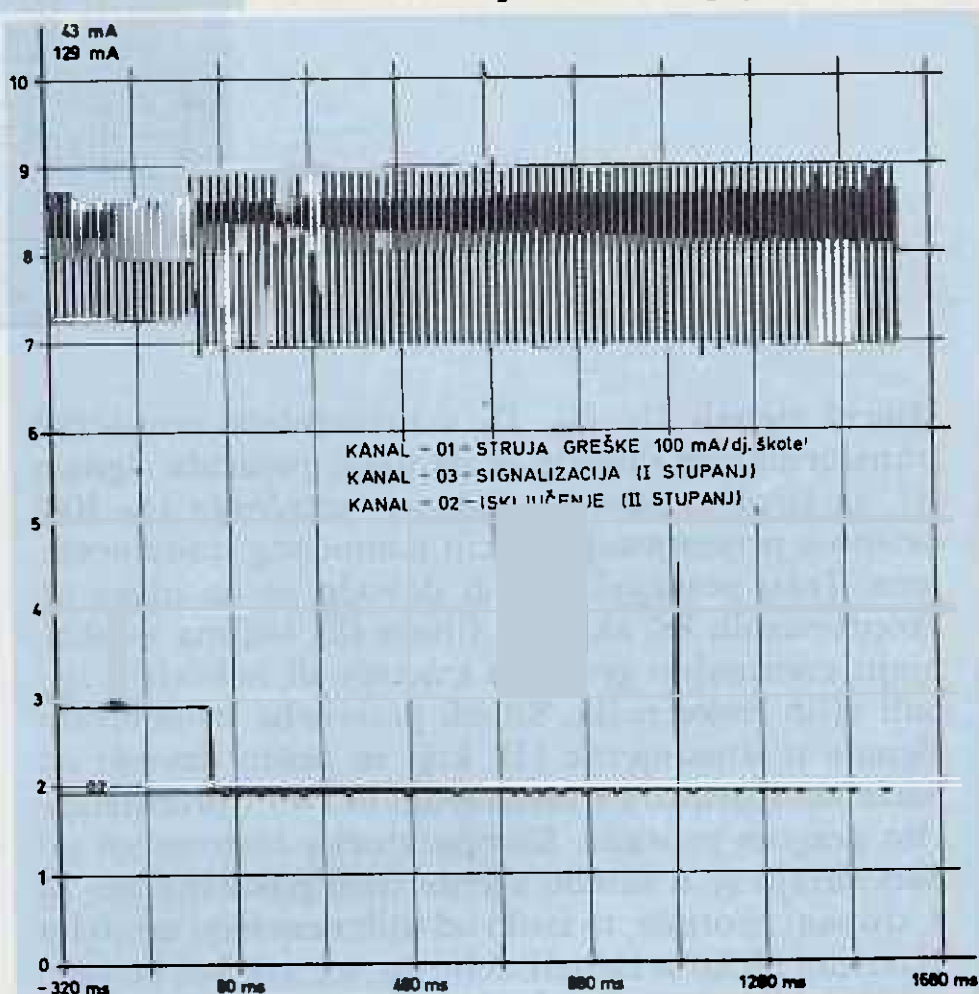
1. — visokonaponski izvor napajanja
2. — »štice«
3. — kuglasto iskrište
4. — pomoćni transformator
5. — shunt za registraciju struje
6. — elektronički uređaj

je početka kvara (I. stupanj) bila je u rasponu struje kvara od 30 do 100 mA, pri čemu se signal za isključenje (II. stupanj) dobije u rasponu od 55 do 130 mA. Dakako, odgovarajućim izborom karakteristika pomoćnog transformatora i/ili ostalih elemenata elektroničkog uređaja moguće je podesiti granice prorade u širokom i po volji odabranom opsegu. Funkcionalno, uređaj je na visokom naponu ispitan prema shemi na slici 4.

Kao model mjernog transformatora koji se štiti korištena je polovica djelatnika kapacitivnog naponskog transformatora tipa VCU-420 ukupnog kapaciteta 8 900 pF koja se sastoji od 139 serijski vezanih elemenata. Kvar je simuliran na dva načina, i to kratkim spajanje određenog broja kapacitivnih elemenata 35 kV prekidačem i priključenjem kuglastog iskrišta između istog broja kapacitivnih elemenata. Broj kratkospojenih kapacitivnih elemenata i preskočni napon iskrišta odabran je tako da u prvom slučaju proradi samo stupanj za signalizaciju početka kvara, a u drugom i stupanj za isključenje transformatora. Način i vremena prorade kontrolirana su transient-recorderom pri čemu su snimani struja na primaru pomoćnog transformatora i naponi na radnim kontaktima obaju izvršnih članova. Ispitni krug je koncipiran tako da izvršni članovi uključuju istosmjerne krugove, pa su trenuci prorade identični s gubitkom napona na njihovim kontaktima. Rezultati ispitivanja dani su na slikama 5. i 6. i odnose se na pokuse u kojima je kvar simuliran preskokom na kuglastom iskrištu.

Podešenje prorade uređaja iznosilo je 47 mA za signalizaciju i 73 mA za isključenje. Na slici 5. pokazano je da pri porastu struje u trenutku »kvara« od 43 na 68 mA proraduje samo stupanj za signalizaciju (gubitak napona na kanalu 03), i to praktično trenutno. Na slici 6, koja prikazuje rezultate simulacije proba većeg dijela izolacije, porast struje u trenutku kva-

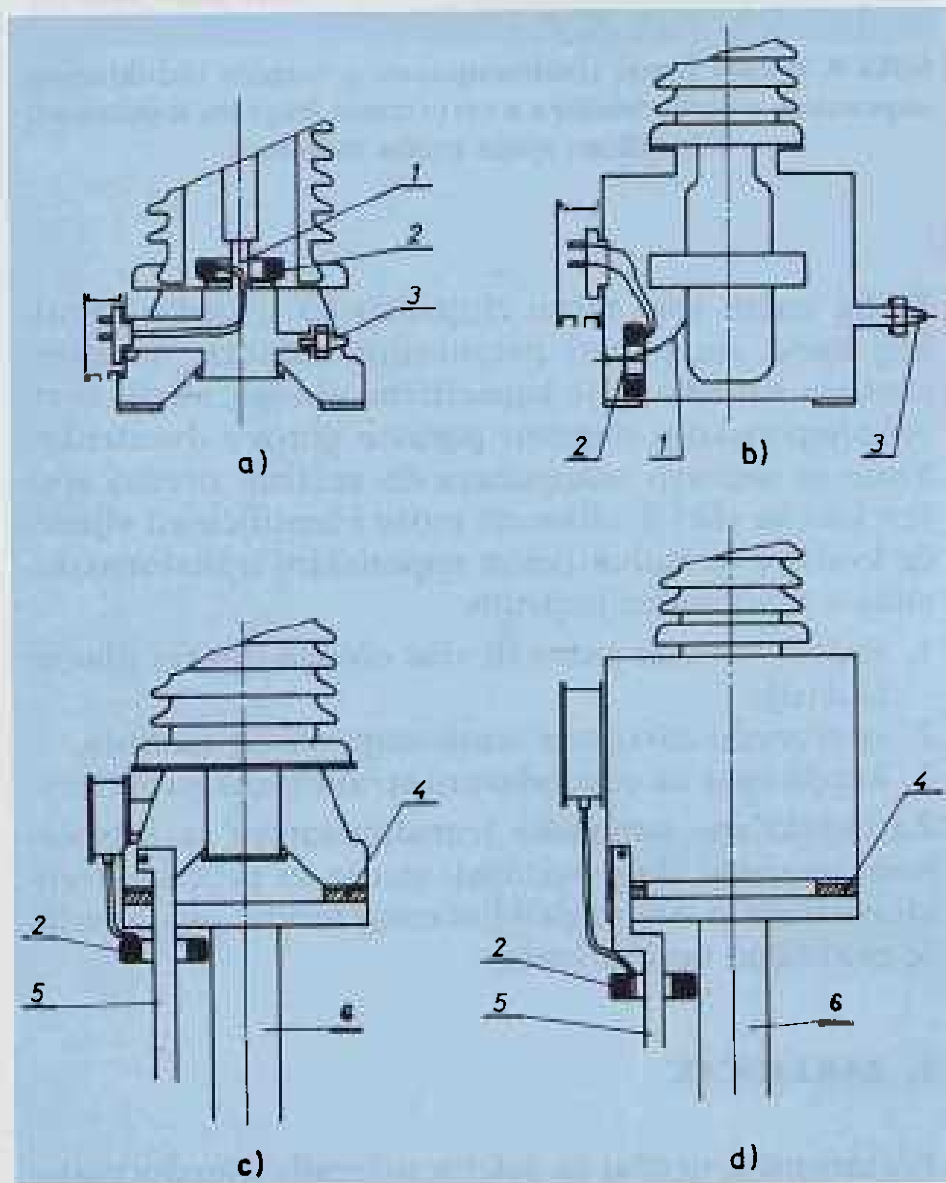
Slika 5. Rezultati ispitivanja simulacije prorade I. stupnja



Slika 6. Rezultati ispitivanja simulacije prorade II. stupnja

ra je od 43 do 129 mA, dakle iznad podešenog praga za isključenje. Vidi se da su reagirala oba stupnja, i to stupanj za signalizaciju trenutno, a stupanj za isključenje 1,2 sekunde nakon nastanka »kvara«. To zatezanje namjerno je odabrano da bi se spriječila moguća neželjena isključenja zbog prolaznih prenapona u mreži.

Prorada uređaja za oba stupnja kontrolirana je pri različitim temperaturama ambijenta u granicama od -32°C do $+80^{\circ}\text{C}$. Ako temperaturu od 20°C uzmeo kao referentnu, može se reći da se za stupanj za signalizaciju proradna struja promijeni do -3% na 80°C , odnosno $+8\%$ na temperaturi -32°C . Stupanj za isključenje ima odgovarajuće promjene od $-1,5\%$ na višim temperaturama do $+4\%$ na nižim temperaturama. Kako iznos kapaciteta mjernih transformatora raste s porastom temperature, a s njim i iznos struje kroz izolaciju, ukupne promjene treba uzeti u obzir pri podešenju uređaja u pogonskim uvjetima.



Slika 7. Smještaj i montaža pomoćnog transformatora u pogonu:

- a) novoprodukcijeni transformator s glavnom izolacijom oko sekundarnog namota,
- b) novoprodukcijeni transformator s glavnom izolacijom oko primarnog namota,
- c) prethodno instalirani transformator s glavnom izolacijom oko sekundarnog namota
- d) prethodno instalirani transformator s glavnom izolacijom oko primarnog namota
- 1 — primar pomoćnog transformatora
- 2 — jezgra i sekundar pomoćnog transformatora
- 3 — indikator pretlaka
- 4 — izolacijski umetak
- 5 — vod za uzemljenje, ujedno primar pomoćnog transformatora
- 6 — portal

3. PRIMJENA I MONTAŽA UREĐAJA

3.1. Strujni transformatori

Uređaj je ponajprije razvijen za zaštitu strujnih transformatora od probuja. Na osnovi ukupnog kapaciteta izolacije i maksimalnog napona za opremu izražena se kapacitivna struja prema zemlji za nazivne pogonske uvjete. Kapacitet izolacije ovisi o tipu transformatora i maksimalnom naponu za opremu i približno se kreće u granicama od 350 do 900 pF, pa za visokonaponske mreže od $U_m = 123\text{ kV}$ do $U_m = 420\text{ kV}$ kapacitivna struja u normalnim pogonskim uvjetima iznosi 7 do 65 mA. Podešenje djelovanja releja za signalizaciju kvara je pri vrijednostima struje za otprilike 30% veća od one u normalnim pogonskim uvjetima. Isključenje se preporučuje pri dvostrukim strujama. Uređaj je tako koncipiran da se može koristiti i na novoprodukcijeni i na već instaliranim transformatorima. Način smještaja pomoćnog transformatora prikazan je na slici 7.

Sam uređaj montira se u komandno-mjerni ormar, koji je zajednički za sve tri faze, a do kojeg dolazi ožičenje iz svakog pojedinoga pomoćnog transformatora i indikatora pretlaka. Prema relejnim i signalnim uređajima odvodi se ožičenje s kontakata obaju izvršnih članova.

Potrebno je naglasiti da korištenje uređaja na u pogonu instaliranim transformatorima zahtijeva prethodno izoliranje transformatora od portala na koji se montira (slika 7. c i d). U tom slučaju vod za uzemljenje koristi se kao primarni namot pomoćnog transformatora smještenog na prikladno mjesto u blizini kućišta strujnog transformatora. Na novoprodukcijeni transformatorima pomoćni transformator smješten je unutar njegova kućišta na način ovisan o tipu strujnog transformatora. (slika 7 a i b).

3.2. Naponski transformatori

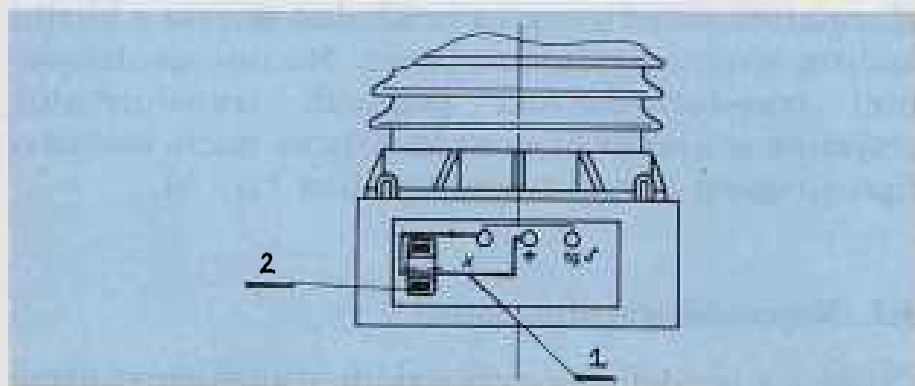
Primjena uređaja na naponskim transformatorima mnogo je složenija od primjene na strujnim transformatorima, a napose ovisi da li se radi o kapacitivnom ili induktivnom transformatoru. Za kapacitivni naponski transformator teorijski postoji mogućnost priključka uređaja na kraj visokonaponskog namota međutransformatora ili na izvod međunaponskog kondenzatora na koji se priključuje uređaj za visokofrekventnu telefoniju. Prva mogućnost praktično otpada jer struja visokonaponskog namota ponajprije ovisi o iznosu tereta kapacitivnog transformatora koji se u praksi može mijenjati od vrlo malih vrijednosti do graničnog termičkog tereta, što je približno tisuću puta. Druga mogućnost je realna, ali se mora imati na umu da u uzemljenim mrežama nazivni faktor napona iznosi 1,5/30 sek. što drugim riječima znači da je kod zemljospoja dopušteno povišenje napona 50 posto iznad nazivnog u trajanju 30 sekundi. Dakako, u tim uvjetima uređaj ne smije proraditi, što se postiže povećanjem zatezanja prorade na vrijeme veće od 30 sekundi. Specijalno kod kapa-

citivnih transformatora opisani uređaj mogao bi se višenamjenski koristiti, i to za:

1. indicaciju i isključenje pri probodu u visokonaponskom dijelu kapacitivnog djelitelja,
2. indicaciju i isključenje kratkog spoja na sekundarnom namotu,
3. isključenje zemljospoja ako traje duže od propisanog vremena.

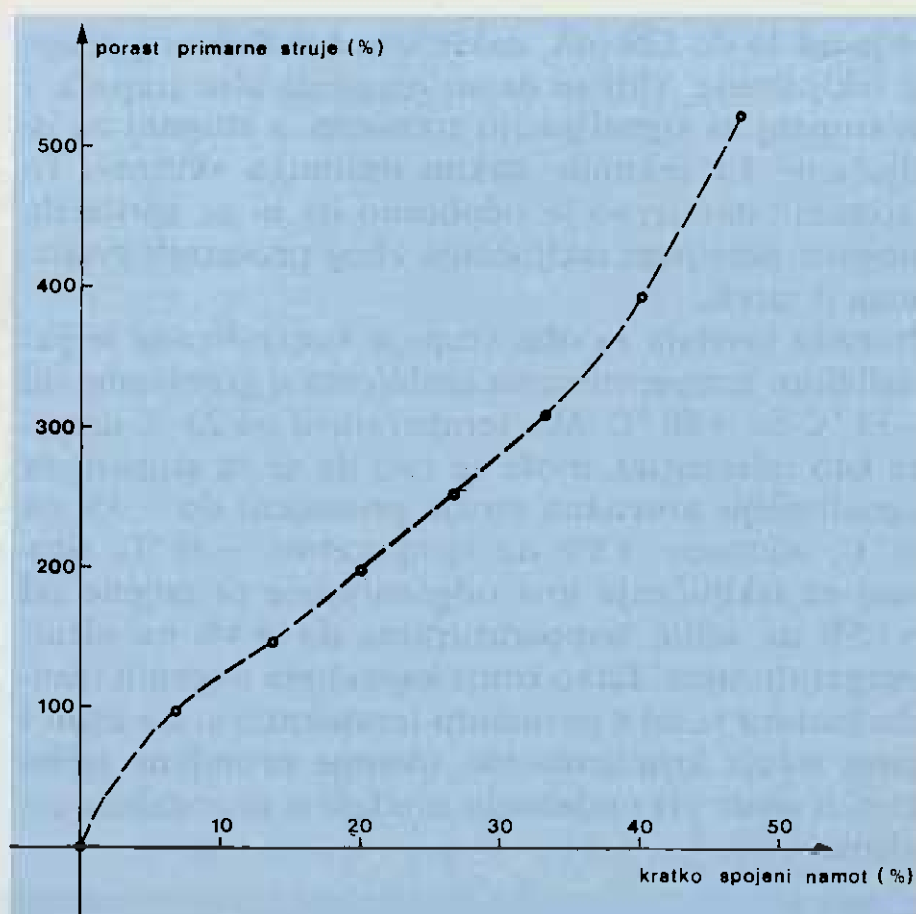
Osnovni nedostatak je da uređaj nije osjetljiv za slučaj proboda na međunaponskom dijelu kapacitivnog djelitelja. Osim toga, zaštitno iskrište, smješteno između međunaponskog priključka i zemlje, dodatno komplicira fizikalnu sliku, pa stoga predlažemo da se kapacitivni naponski transformator štiti samo onim dijelom uređaja koji radi na načelu porasta tlaka zbog kvara u transformatoru.

Za induktivne naponske transformator s otvorenom jezgrom, koji se većinom koriste u mreži Hrvatske elektroprivrede maksimalnog napona za opremu 123 kV, treba istaći da je zbog konstrukcijske izvedbe (otvorene jezgre) struja praznog hoda transformatora relativno velikog iznosa. Drugim riječima, to znači da će se primarna struja transformatora slabo mijenjati s promjenom njegova tereta. U konkretnom slučaju, pri promjeni tereta u granicama 0 do 1 000 VA primarna struja će porasti za manje od 15% u odnosu na struju magnetiziranja. Ta okolnost pruža mogućnost upotrebe elektroničkog uređaja za zaštitu transformatora ovog tipa u pogonu na način da se primar pomoćnog transformatora spoji između kraja visokonaponskog namota i zemlje (slika 8).



Slika 8. Smještaj pomoćnog transformatora kod induktivnog naponskog transformatora s otvorenom jezgrom

Interesantno je razmotriti koji sve kvarovi mogu biti identificirani ovim načinom zaštite, pri čemu treba imati na umu da se primarni namot transformatora sastoji od u seriju vezanih 15 sekcija, a njegova izolacija prema jezgri i sekundarnim namotima je papirno uljni cilindar koji zapravo tvori kapacitivni provodnik s šesnaest kapacitivnih obloga. Na taj način ukupni kapacitet transformatora čini petnaest u seriju vezanih kondenzatora čiji su krajevi spojeni s pripadajućim sekcijama primarnog namota. To znači da je električni probod između bilo koje dvije i više obloga ujedno i kratki spoj pripadajućega dijela visokonaponskog namota. Kako se mijenja struja prema zemlji visokonaponskog namota za slučaj kratkog spoja između jednog njegova dijela, pokazano je na slici 9.



Slika 9. Porast struje visokonaponskog namota induktivnog naponskog transformatora s otvorenom jezgrom u ovisnosti o kratkom spoju među zavojima

Treba uočiti vrlo bitnu činjenicu da u slučaju kratkog spoja na jednoj petanestini namota, odnosno proboda između dvije kapacitivne obloge, struja u visokonaponskom namotu poraste gotovo dvostruko. Time se zapravo omogućava da zaštitni uređaj spojen kao na slici 8. efikasno može identificirati sljedeće kvarove na induktivnim naponskim transformatorima s otvorenom jezgrom:

1. probod između jedne ili više obloga unutar glavne izolacije,
2. spoj među zavojima visokonaponskog namota,
3. kratki spoj na sekundarnoj strani transformatora.

Za induktivne naponske transformatore sa zatvorenom jezgrom, zbog ovisnosti struje na primaru transformatora o iznosu priključenog tereta, ovaj uređaj je praktično neprimjenljiv.

4. ZAKLJUČAK

Elektronički uređaj za zaštitu mjernih transformatora od eksplozije koncipiran je tako da signalizira kvar, odnosno isključuje kvarno polje elektroenergetskog sistema pri djelomičnom probodu ili preskoju unutar glavne izolacije mjernih transformatora. Uređaj djeluje na osnovi dvaju fizikalnih načela: porasta struje kroz izolaciju u slučaju njezina oštećenja i na osnovi porasta tlaka ulja zbog razvitka plinova u kvarnom transformatoru. Primjenjuje se kod strujnih i nekih tipova naponskih transformatora, pri čemu treba misliti na to da pomoćni transformator, koji je sastavni dio uređaja, treba biti odabran u ovisnosti o tipu transformatora i maksimalnom naponu za opremu mreže u koju se mjerni transformator instalira. Naime, prethodno je za strujne tran-

sformatore rečeno da struja kroz njihovu izolaciju znatno ovisi o prije spomenuta dva činitelja. Njihov utjecaj može se kompenzirati promjenom elektroničkih elemenata uređaja, drukčijim izborom pomoćnog transformatora ili njihovom kombinacijom. Mišljenje je autora da je promjena karakteristika pomoćnog transformatora lakše izvodiva i tehnološki.

Uređaj nije primjenljiv kod naponskih transformatora sa zatvorenim jezgrom. Njegova primjena kod kapacitivnih naponskih transformatora otežana je zbog relativno komplicirane konstrukcije, ali je moguća uz primjedbe dane u poglavlju 3.2. Unatoč tome, autori predlažu da se kod kapacitivnih naponskih transformatora koristi samo dio uređaja koji reagira na porast tlaka ulja u transformatoru. Specijalna konstrukcija induktivnih naponskih transformatora s otvorenim jezgrom omogućava vrlo kvalitetnu i višestruku zaštitu ovih transformatora. Evidentno je iz poglavlja 3.2 da već pri probodu vrlo maloga dijela glavne izolacije kroz visokonaponski namot poteče struja znatno veća od struje koja protječe istim namotom pri zemljospoju u mreži, tako da eventualni zahtjev za zatezanjem prorade izvršnog člana uređaja nije potreban.

LITERATURA

- [1] CIGRE Working Group 07 SC 23 »Instrument transformers technology and service behaviour — Checking and monitoring«, Elektra No. 124, pp 79 — 89
- [2] P. ŠOMOĐI, »Kontrola izolacije mjernih transformatora Si 123 u pogonu«, Končar-Informacije, No 65 — 66, pp 29 — 37, 1976.
- [3] H. B. CUMMINGS, J. R. BOYLE, B. W. ARP »Continuous, online monitoring of freestanding, oil-filled current transformers to predict imminent failure«, IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 3, No. 4, October 1988., pp 1776 — 1783

EQUIPMENT FOR MEASURING TRANSFORMER EXPLOSION PROTECTION

Basic characteristics of the equipment for measuring transformer protection from explosion are given. The equipment works on the principle of registration of the current increase through the main insulation of the measuring transformer, and its base function is the signalisation of the fault in the first degree and finally the lock-out of the faulty transformer in the second degree. Also the results of the prototype examination are given.

SCHUTZGERÄT FÜR MESSTRANSFORMATOREN

Hier werden die Grundmerkmale des Schutzgerätes gegen Explosionen für Messtransformatoren beschrieben. Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip der Aufzeichnung der Stromverstärkung durch die Hauptisolation des Messtransformators und die Hauptfunktion ist die Aufzeichnung des Schadens in der ersten Stufe und die entgültige Ausschaltung des beschädigten Transformators in der zweiten Stufe.

Es werden ebenfalls die Ergebnisse des ersten Modells aufgezeichnet.

Naslov pisaca:

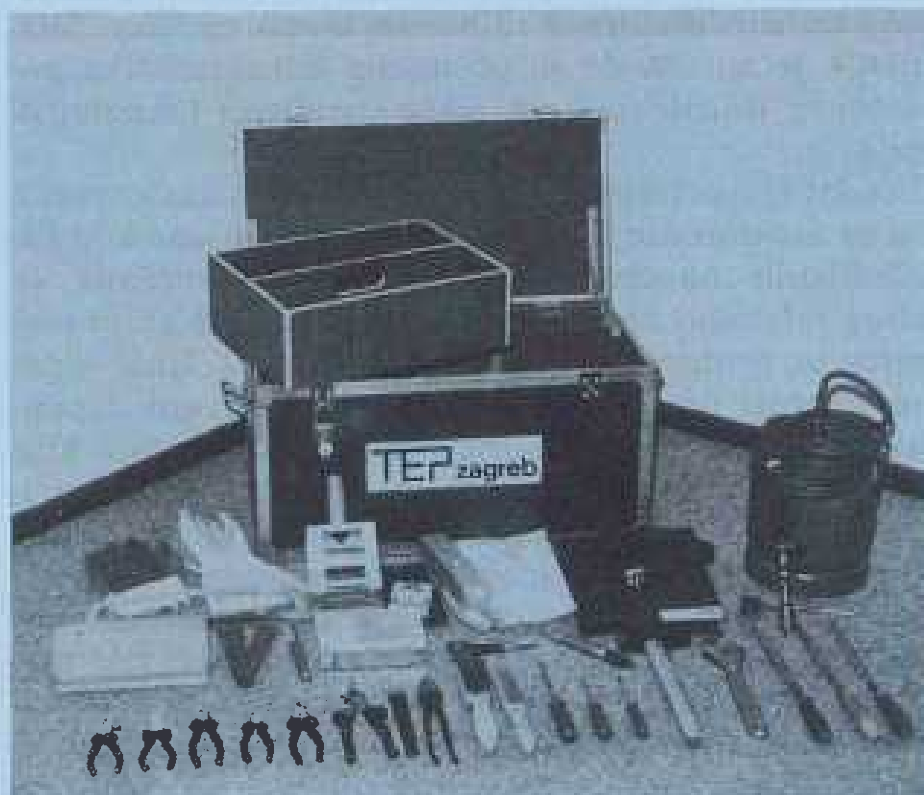
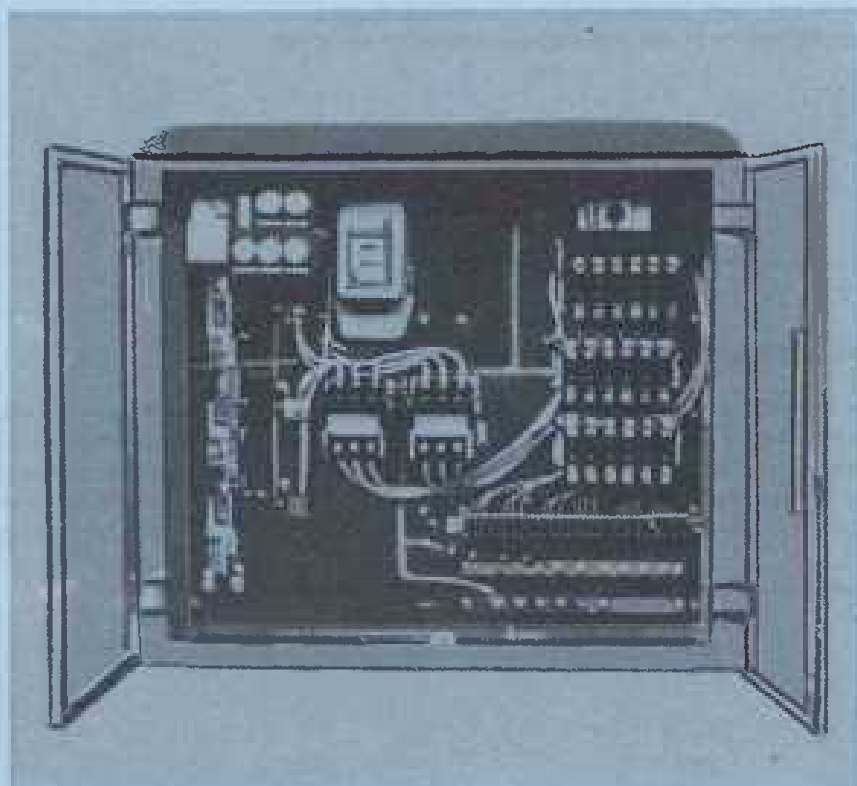
Mr. Miroslav Poljak, dipl. ing.
Končar-Institut za
elektrotehniku,
41000 Zagreb, Baštijanova b.b.
Neven Katunarić, dipl. ing.
Končar — PEX, 41000 Zagreb,
Baštijanova b.b.
Boris Bojanić, dipl. ing.
Končar-Mjerni transformatori,
41090 Zagreb, Samoborska b.b.
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1992 — 06 — 26.

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 DISTRIBUTIVNIH TRANSFORMATORA OD PREOPTEREĆENJA

Dr. Zdenko Godec, Zagreb

UDK 621.314.21
PREGLEDNI ČLANAK

Zaštita distributivnih uljnih transformatora snage do 2 500 kVA obično je vrlo skromna i svodi se na obvezatnu zaštitu od kratkog spoja (najčešće VN i NN osiguranje), a ponekad i zaštitu od preopterećenja. Zaštita od preopterećenja izvodi se nadtemperaturnim relejem kojim se ograničava temperatura ulja u najvišem sloju, ili nadstrujnim relejem kojim se ograničava struja opterećenja. U članku se dokazuje da spomenute zaštite odvojeno, svaka za sebe, ne štite transformator u svim radnim uvjetima i da se transformator može pouzdano zaštititi od preopterećenja jedino njihovim kombiniranim i usklađenim djelovanjem.

Ključne riječi: zaštita, distributivni transformatori, preopterećenje.

1. UVOD

Nazivna snaga transformatora je referentna veličina koja služi kao temelj za projektiranje, ispitivanje i jamčenje. Ona je u biti određena maksimalnim grančnim vrijednostima srednjeg zagrijanja namota i zagrijanja ulja u najvišem sloju pri propisanim uvjetima ispitivanja [1].

Optimalno iskorištenje transformatora je ono pri kojem se postiže najniža ukupna cijena distribucije električne energije, tj. pri kojem se odabir transformatora i njegovo opterećenje prilagođavaju uvjetima korištenja radi smanjenja ukupnih troškova. S tim ciljem transformator se može preopterećivati. Za opterećenja veća od nazivne snage transformatora razrađene su preporuke [2] koje se temelje na efektu utjecaja temperature na starenje izolacije, tj. ubrzanu slabljenje mehaničkih i električkih svojstava tijekom vremena pri povišenim temperaturama [3].

Glede starenja najkritičnija je izolacija u blizini najtoplije točke u namotu, pa se stanje transformatora i starenje izolacije procjenjuju pomoću temperature najtoplije točke namota. Na temelju laboratorijskih ispitivanja i iskustvenog vijeka trajanja transformatora smatra se da normalni vijek trajanja transformatora iznosi otprilike 30 godina kada je izolacija izložena efektivnoj (ekvivalentnoj) temperaturi 98 °C (vidjeti dodatak A). Kako stvarni vijek trajanja transformatora nije moguće unaprijed odrediti, jer ovisi ne samo o opterećenju i uvjetima hlađenja (tj. temperaturi) nego i o prenaponima, kratkim spojevima u mreži i drugim utjecajima, općenito je prihvaćeno da se starenje izolacije odnosno stanje transformatora procjenjuje računanjem relativne brzine trošenja vijeka trajanja zbog povišene temperature u odnosu prema normalnom trošenju pri temperaturi 98 °C [2]:

$$V = 2^{(\vartheta_h - 98)/6}. \quad (1)$$

To znači da za svakih 6 °C više temperature najtoplije točke namota izolacija stari dva puta brže, odnosno da se trajanje izolacije smanjuje za polovicu.

Ovisnost temperature najtoplije točke namota o opterećenju opisuje se matematičkim modelom [2], u kojem je temperatura najtoplije točke suma triju komponenata: temperature okoliša, zagrijanja ulja u najvišem sloju i zagrijanja najtoplije točke prema ulju (vidjeti dodatak B). Pri promjeni opterećenja pretpostavlja se trenutna promjena zagrijanja najtoplije točke namota prema ulju na novu ustaljenu vrijednost, a zatim sporija promjena temperature najtoplije točke namota prema eksponencijalnoj funkciji s vremenskom konstantom ulja.

Najbolja kontrola vijeka trajanja transformatora bila bi izravnim mjerenjem (npr. termometrom s optičkim vlaknima [4]) ili simulacijom najtoplije točke namota (npr. termoslikom [5]). Takvi uređaji su skupi i zbog toga se za zaštitu distributivnih transformatora ne koriste. Razmotrimo zato neka jeftinija rješenja zaštite i njihovu djelotvornost.

2. ZAŠTITA NADTEMPERATURNIM RELEJEM

Pod nazivom nadtemperaturni relej razumijevat ćemo kontakti termometar ili termoprotektor. Obje naprave aktiviraju kontakte pri određenoj temperaturi ulja u najvišem sloju. Ta se temperatura lako mjeri pomoću termometra smještenog u tzv. džep za mjerenje temperature ulja, koji je standardno ugrađen u poklopac svakog transformatora [6]. Kontakti termometar može imati dva ili više kontakata. Temperature kod kojih se pojedini kontakti aktiviraju mogu se po volji podesiti u širokom području temperatura (obično od 0 do 120 °C). Termoprotektori imaju jedan ili dva kontakta s tvornički podešenim temperaturama aktiviranja (najčešće 85 i 95 °C).

Kako djeluje nadtemperaturni relej u odnosu prema temperaturi najtoplije točke namota koja je mjerodavna za vijek trajanja izolacije transformatora? Budući da se temperatura ulja u najvišem sloju izravno mjeri, može se na temelju matematičkog modela (dodatak B) napisati jednostavan izraz za temperaturu najtoplije točke namota ϑ_h kao funkcije vremena:

$$\vartheta_h(t) = \vartheta_t(t) + \Theta_{ho}k^y, \tag{2}$$

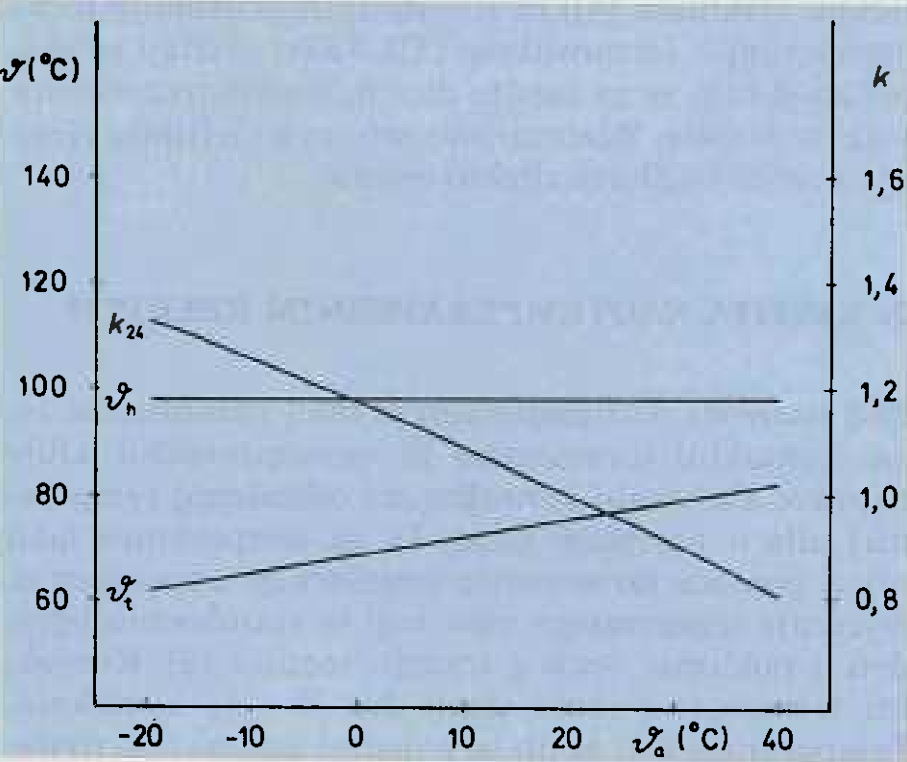
gdje je $\vartheta_t(t)$ temperatura ulja u najvišem sloju, Θ_{ho} zagrijanje najtoplije točke namota prema ulju pri nazivnom opterećenju, k omjer struje opterećenja i nazivne struje i y eksponent zagrijanja namota. Nadtemperaturni relej nema izravnu informaciju o opterećenju, te glede određivanja temperature najtoplije točke namota mjerenjem temperature ulja u najvišem sloju, drugi član u jed. (2) predstavlja pogrešku koja se mijenja ovisno o opterećenju.

Pogledajmo sada koliko se u slučaju konstantnog opterećenja tipični transformator može opteretiti pri raznim temperaturama okoliša a da temperatura najtoplije točke ne prijeđe 98°C (vidjeti tablicu 1 i sliku 1). Tipičnim distributivnim transformatorom se prema [2] smatra onaj koji ima sljedeće vrijednosti: $\Theta_{ho} = 55$ K, $d = 5$, $x = 0,8$, $\Theta_{ho} = 23$ K, $y = 1,6$ i $T_o = 3$ sata (značenje pojedinih oznaka vidjeti u dodatku C).

Ako se nadtemperaturni relej podesi na neku određenu temperaturu, npr. 75°C, onda će pri prekoračenju te temperature aktivirati alarm ili isključiti transformator. Prema tome, pri temperaturama okoline vi-

Tablica 1. Koeficijent konstantnog opterećenja (k_{24}), pri kojem izolacija transformatora normalno stari ($V = 1$), i temperature ulja u najvišem sloju (ϑ_t) — ovisno o temperaturi okoline (ϑ_a)

$\vartheta_a[^\circ\text{C}]$	-20	-10	0	10	20	30	40
k_{24}	1,33	1,25	1,17	1,09	1,00	0,91	0,81
$\vartheta_t[^\circ\text{C}]$	62	65	68	72	75	78	82



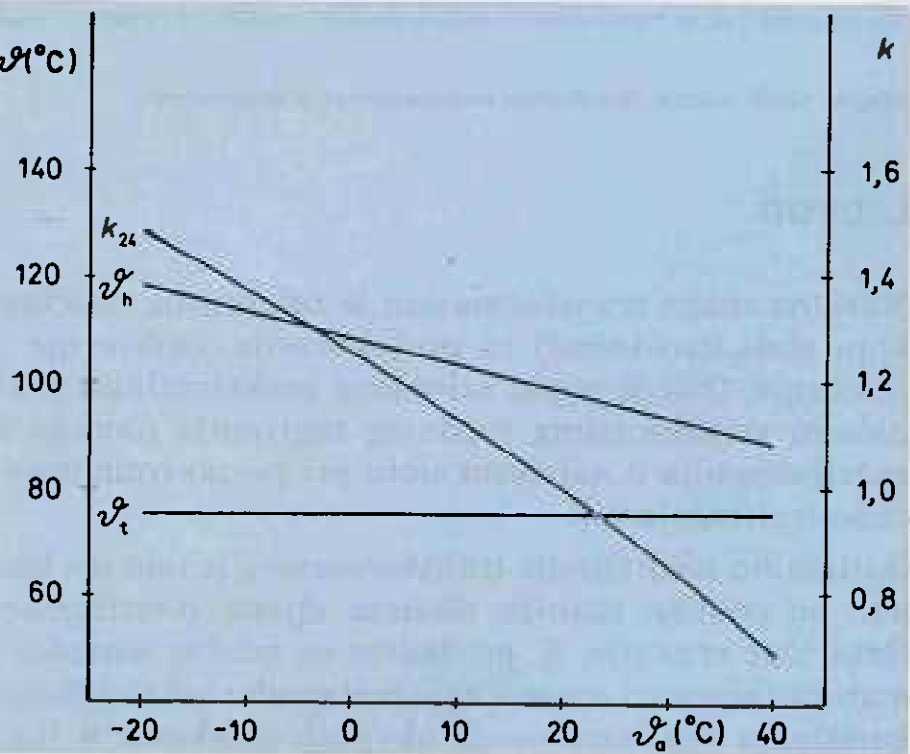
Slika 1. Koeficijent konstantnog opterećenja (k_{24}) pri kojem izolacija transformatora normalno stari ($V = 1$), i temperature ulja u najvišem sloju (ϑ_t) — ovisno o temperaturi okoline (ϑ_a)

šim od 20°C transformator će biti zaštićen od previsokih temperatura i više nego je potrebno, a na nižim će temperaturama okoliša ubrzano stariti, jer će nadtemperaturni relej dopuštati temperature najtoplije točke namota znatno iznad 98°C (vidjeti tablicu 2 i sliku 2). Pri najnižoj temperaturi okoline izolacija će stariti čak do deset puta brže, a da se nadtemperaturni relej ne aktivira.

Tablica 2. Koeficijent opterećenja, temperatura najtoplije točke i relativna brzina starenja ovisno o temperaturi okoline, kad se nadtemperaturni relej podesi na 75°C

$\vartheta_a[^\circ\text{C}]$	-20	-10	0	10	20	30	40
k_{24}	1,48	1,37	1,25	1,13	1,00	0,86	0,69
$\vartheta_h[^\circ\text{C}]$	118	113	108	103	98	93	88
V	9,9	5,6	3,2	1,8	1,0	0,6	0,3

$V = 2,1$



Slika 2. Koeficijent opterećenja, temperatura najtoplije točke namota ovisno o temperaturi okoline kad se nadtemperaturni relej podesi na 75°C

Međutim, zahvaljujući činjenici da učestalost pojedinih temperatura okoline tijekom godine nije jednaka, prosječno starenje u toku godine dana bit će dosta sporije: uz pretpostavku jednake vjerojatnosti graničnih opterećenja pri pojedinim temperaturama okoline, a zbog nejednake učestalosti pojedinih temperatura okoline granična prosječna brzina starenja izolacije transformatora tijekom jedne godine može se procijeniti ponderiranom srednjom relativnom brzinom starenja u toku jedne godine:

$$V = \sum_i V_i p_i, \tag{3}$$

gdje je » V_i « relativna brzina starenja pri središnjoj temperaturi temperaturnog intervala, a » p_i « je vjerojatnost toga temperaturnog intervala (vidjeti dodatak A).

Prosječna relativna brzina starenja izolacije transformatora tijekom godine dana, uz uvjete dane tablicom 2, približno je dvaput veća od normalne brzine. Takva brzina starenja je prihvatljiva ako je godišnji porast opterećenja otprilike 3%, jer transformator ubrzano stari samo dvije godine prije prorade

zaštite i za to vrijeme potroši oko tri i pol godine svog vijeka trajanja. Pri većim godišnjim porastima opterećenja nadtemperaturni relej se može postaviti na višu temperaturu jer je kraći interval vremena od početka ubrzanog starenja do trenutka prorade zaštite.

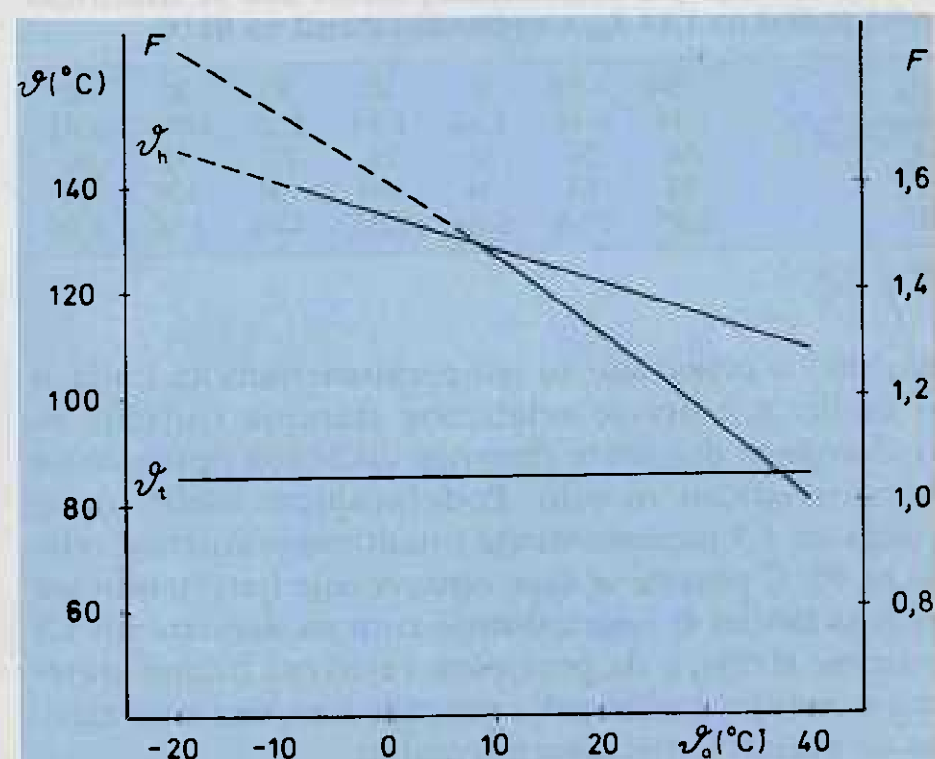
Ako se nadtemperaturni relej podesi na 85 °C, transformator će uz konstantni dnevni dijagram opterećenja u zadnjoj godini potrošiti približno čak dvanaest godina svog vijeka trajanja (vidjeti tablicu 3). Znači da je pri konstantnom opterećenju transformatora granična temperatura ulja u najvišem sloju od 85 °C previsoka, i nadtemperaturni relej podešen na tu temperaturu ne štiti transformator od prebrzog starenja.

Tablica 3. Koeficijent opterećenja, temperatura najtoplije točke i relativna brzina starenja ovisno o temperaturi okoline, kad se nadtemperaturni relej podesi na 85 °C

$\vartheta_a [^{\circ}\text{C}]$	-20	-10	0	10	20	30	40
k_{24}	1,58	1,48	1,37	1,25	1,13	1,00	0,86
$\vartheta_h [^{\circ}\text{C}]$	133	128	123	118	113	108	103
V	55,6	31,3	17,9	10,0	5,7	3,2	1,8

$$\bar{V} = 11,6$$

Konstantno opterećenje transformatora se u praksi malokad susreće. Obično je transformator tijekom nekoliko sati jako opterećen, a preostali je dio dana opterećen znatno manje. Na primjer, tipičan dnevni dijagram opterećenja transformatora na selu (vrsta konzuma A, prema [7]) može se nadomjestiti pojednostavnjenim dvodijelnim cikličkim dijagramom opterećenja s koeficijentom opterećenja k_4 kroz 4 sata, i s k_{20} u toku preostalih sati u danu (vidjeti [2]). U tablici 4. izračunate su vrijednosti višekratnika koeficijenata opterećenja F , temperature najtoplije točke namota ϑ_h i relativne brzine starenja izolacije V , ovisno o temperaturi okoline, kada je nadtemperaturni



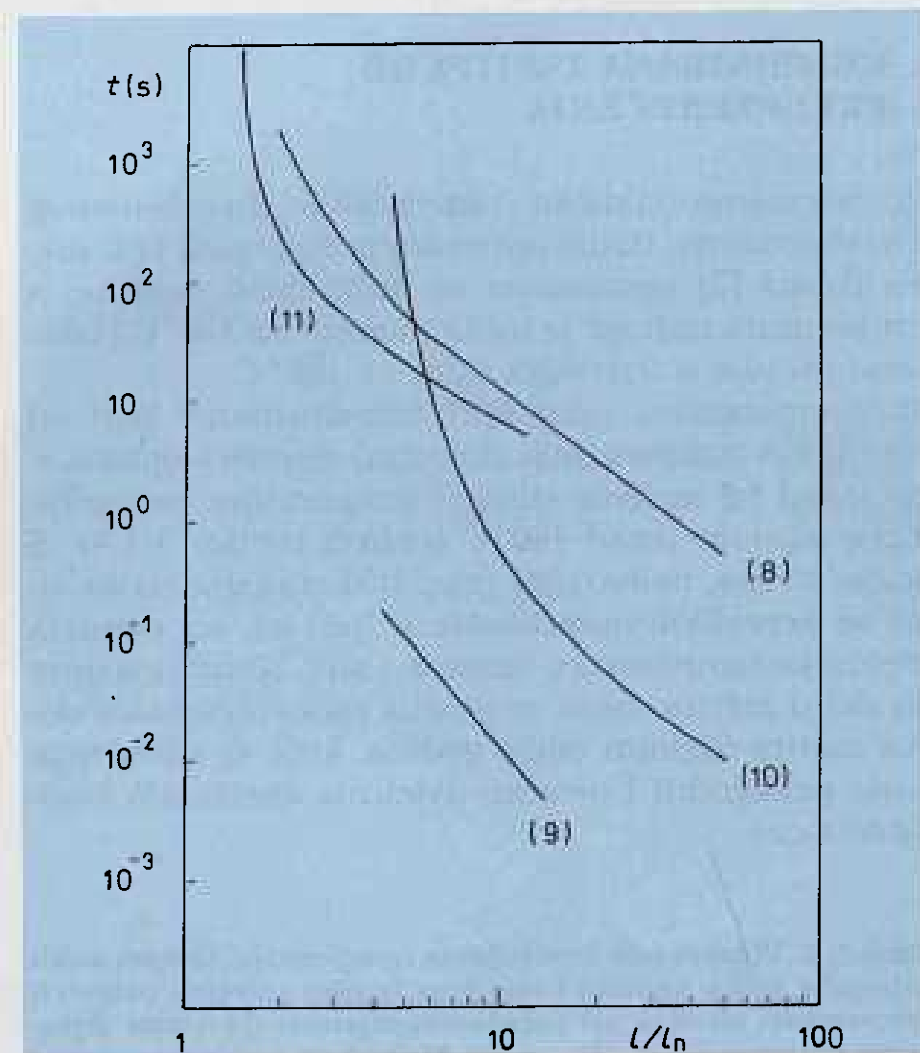
Slika 3. Višekratnik koeficijenata opterećenja i temperatura najtoplije točke namota ovisno o temperaturi okoline pri pojednostavnjenom dnevnom dijagramu opterećenja $k_4/k_{20} = 1/0,25$ kad se nadtemperaturni relej podesi na 85 °C

relej podešen na 85 °C (vidjeti sliku 3). Prosječna relativna brzina starenja je kod ovakvog dijagrama opterećenja samo 1,6 puta veća od normalne, iako je nadtemperaturni relej podešen na 85 °C. Ipak bi nadtemperaturni relej i u ovom slučaju trebalo podesiti na nešto nižu vrijednost (80 °C) kako temperatura najtoplije točke namota ne bi prelazila 140 °C ni pri najnižim temperaturama okoline.

Prema tome, nadtemperaturni relej štiti transformator od previsokih temperatura namota samo ljeti, i to na račun znatnog sniženja graničnog opterećenja. Zimi dopušta znatno veća preopterećenja ali i previsoke temperature najtoplije točke namota. Temperatura na koju treba podesiti nadtemperaturni relej ovisi o temperaturi okoline (klime), dnevnom dijagramu opterećenja, godišnjem porastu potrošnje električne energije i rezervi snage koja je ugrađena u transformator.

3. ZAŠTITA NADSTRUJNIM RELEJEM

Nadstrujni relej ograničava struju opterećenja. Zbog struja ukapčanja ne smije djelovati trenutno, nego s određenim kašnjenjem, tj. treba imati određenu vremensko-strujnu karakteristiku. Za ilustraciju su na slici 4. prikazane vremensko-strujne karakteristike dopuštenog preopterećenja transformatora [8], struja ukapčanja [9], visokonaponskog osigurača [10] i nadstrujnog releja [11].



Slika 4. Vremensko-strujne karakteristike: dopuštenog preopterećenja transformatora [8], struja ukapčanja [9], visokonaponskog osigurača [10] i nadstrujnog releja [11]

Zaštita transformatora mora djelovati u polju lijevo od vremensko-strujne karakteristike dopuštenog

preopterećenja transformatora, odnosno desno i iznad karakteristike struja ukapćanja. Naime, pri strujama kroz transformator dugotrajnijim i većim od vremensko-strujne karakteristike dopuštenog preopterećenja transformatora može doći do toplinskog ili mehaničkog oštećenja transformatora.

Ako postoji više zaštita u mreži, one moraju biti međusobno usklađene i trebaju se dopunjavati, jer u pravilu nijedna zaštita sama ne može potpuno zaštititi transformator ili mrežu. Za primjer prikazan na slici 4. vidi se da visokonaponski osigurač ne štiti transformator od preopterećenja kad su struje manje od šesterostruke vrijednosti nazivne struje. U slučaju preopterećenja niskonaponski osigurač potrošača treba djelovati prije nadstrujnog releja, a nadstrujni relej prije visokonaponskog osigurača. U slučaju kratkog spoja trebaju djelovati osigurači, a nadstrujni relej ne (osim onda kad je zaštita riješena pomoću prekidača).

Nedostatak zaštite nadstrujnim relejem jest taj što karakteristika djelovanja releja ne simulira karakteristiku dozvoljenog opterećenja transformatora ovisno o temperaturi okoline. Naime, transformator se može zimi opteretiti s većim strujama nego ljeti (vidjeti tablicu 1), pa ako se struja aktiviranja nadstrujnog releja podesi tako da se transformator ljeti ne pregrijava, on zimi neće biti dovoljno iskorišten. Obrnuto, ako se struja aktiviranja podesi na struju kojom se transformator može opteretiti zimi, on će se ljeti pregrijavati i ubrzano stariti.

4. KOMBINIRANA ZAŠTITA OD PREOPTEREĆENJA

Za normalno cikličko opterećenje distributivnog transformatora struje opterećenja su prema IEC preporukama [2] ograničene na 50% iznad nazivne, a temperatura najtoplije točke namota na 140°C i temperatura ulja u najvišem sloju na 105°C.

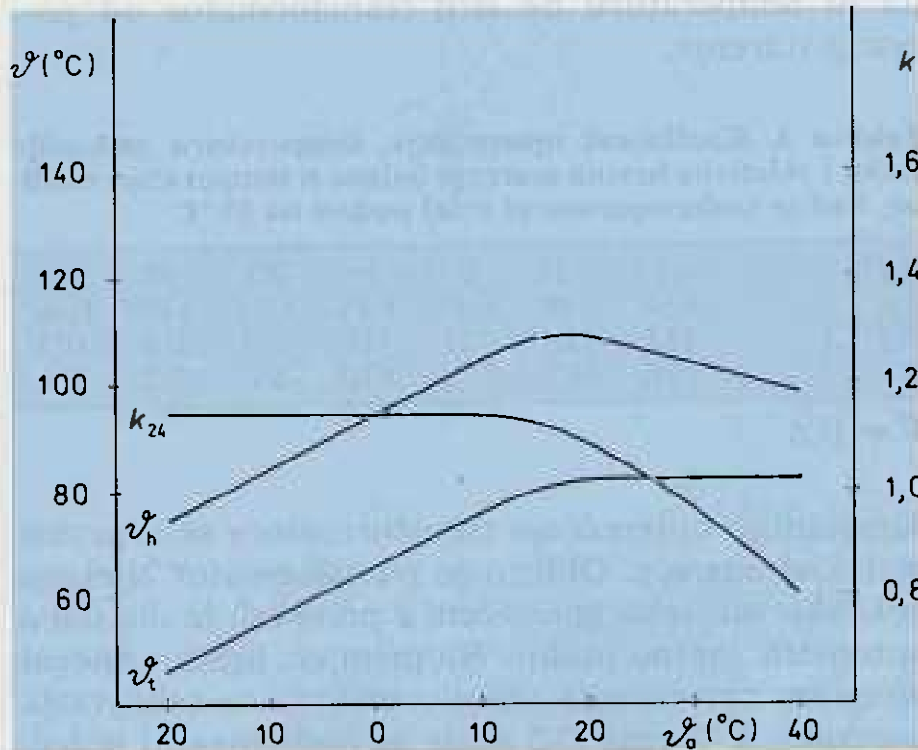
Nadtemperaturni relej štiti transformator ljeti od previsokih temperatura, dok zimi dopušta opterećenja iznad 1,5 nazivne struje i temperature najtoplije točke namota iznad 140°C (vidjeti tablice 3 i 4). S druge strane, nadstrujni relej štiti transformator zimi od prevelikih opterećenja, a ljeti ne, jer dopušta previsoke temperature namota i ulja. Kombinacijom tih dviju zaštita može se postići zadovoljavajuće dobra zaštita tijekom cijele godine, koja se osim toga može prilagoditi i ostalim uvjetima korištenja transformatora.

Tablica 4. Višekratnik koeficijenta opterećenja, temperatura najtoplije točke namota i relativna brzina starenja ovisno o temperaturi okoline pri pojednostavnjenom dnevnom dijagramu opterećenja $k_4/k_{20} = 1/0,25$, kad se nadtemperaturni relej podesi na 85°C.

$\vartheta_a [^{\circ}\text{C}]$	-20	-10	0	10	20	30	40
F	1,86	1,74	1,61	1,47	1,33	1,17	1,00
$\vartheta_h [^{\circ}\text{C}]$	147	141	134	128	122	115	108
V	8,9	4,6	2,5	1,3	0,7	0,4	0,2

$\bar{V} = 1,6$

Kao primjer podešavanja obiju zaštita u slučaju dijagrama opterećenja s konstantnim opterećenjem prikazane su na slici 5. temperature, a u tablici 5. i relativne brzine starenja izolacije. Nadstrujni relej je podešen na 1,14 nazivne struje, a nadtemperaturni relej na 82°C. Prosječna relativna brzina starenja izolacije transformatora u zadnjoj godini prije prorade kombinirane zaštite manja je od dvostruke normalne. U odnosu prema tablici 2. ovakvim podešavanjem povećava se mogućnost opterećenja ljeti do 17%, te smanjuje razlika mogućih opterećenja zimi i ljeti.



Slika 5. Koeficijent opterećenja, temperatura ulja u najvišem sloju i temperatura najtoplije točke namota pri kombiniranoj zaštiti kad se nadstrujni relej podesi na 1,14 I_n , a nadtemperaturni na 82°C

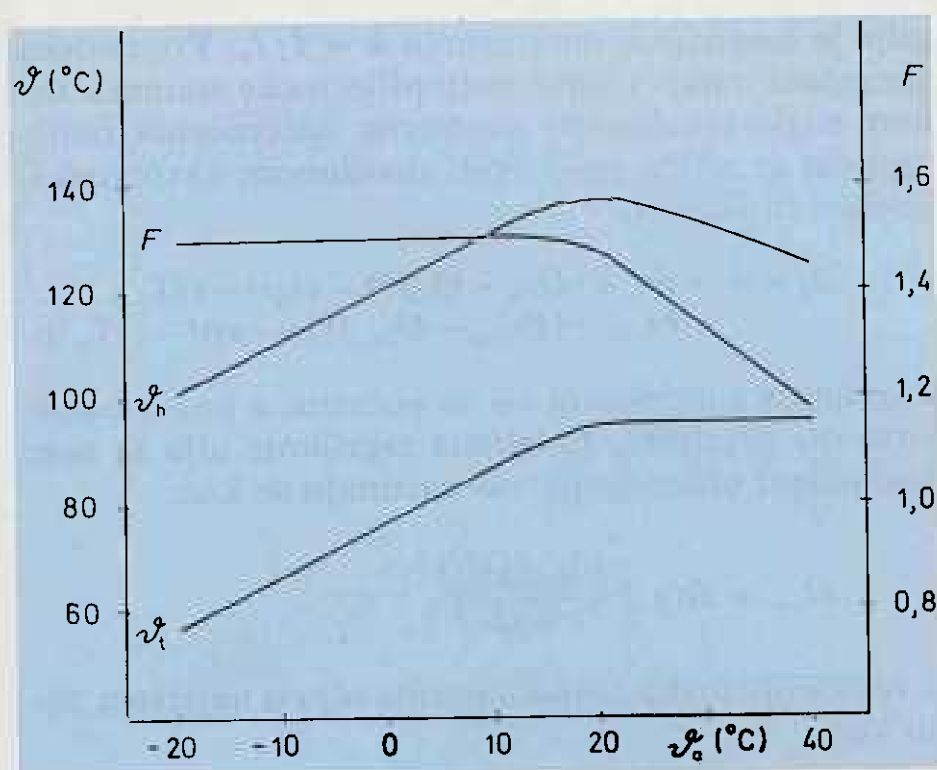
Tablica 5. Koeficijent opterećenja, temperatura ulja u najvišem sloju, temperatura najtoplije točke namota i relativna brzina starenja pri kombiniranoj zaštiti kad se nadstrujni relej podesi na 1,14 I_n , a nadtemperaturni na 82°C

ϑ_a	-20	-10	0	10	20	30	40
k_{24}	1,14	1,14	1,14	1,14	1,09	0,96	0,81
ϑ_t	46	56	66	76	82	82	82
ϑ_h	74	84	94	104	108	104	98
V	0,05	0,18	0,64	2,02	3,38	1,90	1,05

$\bar{V} = 1,9$

Na slici 6. prikazane su temperature namota i ulja, a u tablici 6. i brzine relativnog starenja izolacije za nadomjesni dijagram dnevnog cikličkog opterećenja karakterističan za selo. Podešavanjem nadstrujnog releja na 1,5 nazivne struje i nadtemperaturnog releja na 95°C postiže se veće opterećenje ljeti (u odnosu prema tablici 4) i ograničenje zimi na dopuštenih 1,5 nazivne struje, a da prosječna relativna brzina starenja u zadnjoj godini prije prorade kombinirane zaštite ne prelazi dvostruku normalnu.

Pri dugotrajnoj nuždi distributivni transformator se može opterećivati i više: do 80% iznad nazivne struje, do 150°C temperature najtoplije točke namota i temperature ulja u najvišem sloju do 115°C. Takvo opterećivanje povećava rizik kvara, jer raste vjero-



Slika 6. Višekratnik koeficijenta opterećenja, temperatura ulja u najvišem sloju i temperatura najtoplije točke namota pri kombiniranoj zaštiti kada je nadstrujni relej podešen na $1,5 I_n$ i nadtemperaturni relej na 95°C

Tablica 6. Višekratnik koeficijenta opterećenja, temperatura ulja u najvišem sloju, temperatura najtoplije točke namota i relativna brzina starenja izolacije pri kombiniranoj zaštiti kada je nadstrujni relej podešen na $1,5 I_n$ i nadtemperaturni relej na 95°C

θ_o	-20	-10	0	10	20	30	40
F	1,50	1,50	1,50	1,50	1,47	1,33	1,17
θ_h	57	67	77	87	95	95	95
θ_i	101	111	121	131	138	131	125
V	0,06	0,16	0,59	1,86	4,13	2,24	1,26

$$\bar{V} = 2,0$$

jatnost oslobađanja plinskih mjehurića koji mogu ugroziti dielektričnu čvrstoću izolacije transformatora, naročito kada je povećana količina vlage u izolaciji zbog slabog održavanja. Zato opterećivanje s povećanim rizikom kvara treba iskoristiti samo u onim malobrojnim slučajevima kada zbog ispada nekog elementa u mreži postoji potreba preopterećenja ograničenog trajanja od nekoliko tjedana ili mjeseci. Pri takvim opterećenjima treba računati s vrlo brzim starenjem izolacije transformatora. Zaštitu od preopterećenja prije toga treba prepodesiti ili isključiti.

5. ZAKLJUČAK

Radi jeftinije distribucije električne energije transformatori se mogu opterećivati snagama većim od nazivnih. Tada zaštita transformatora od preopterećenja znatno pridonosi pouzdanosti distributivne mreže. Zaštita od preopterećenja isključivo nadtemperaturnim relejem ne štiti transformator od prebrzog starenja zimi, a ljeti nepotrebno smanjuje granično opterećenje. Zaštita isključivo nadstrujnim relejem štiti transformator od preopterećenja i previsokih temperatura najtoplije točke namota samo zimi ali onemogućuje ekonomično korištenje transfor-

matora ako se struja podesi tako nisko da relej štiti transformator i ljeti. Obje vrste zaštite međusobno se nadopunjuju, pa kombinirana zaštita nadtemperaturnim i nadstrujnim relejem pouzdano štiti transformator u svim uvjetima rada i može se prilagoditi željenom načinu korištenja transformatora. Vrijednosti granične temperature i struje na koje releje treba podesiti ovise o dnevnom dijagramu opterećenja, temperaturi okoline (klimi), godišnjem porastu potrošnje i rezervi snage transformatora.

LITERATURA

- [1] IEC — Standard: »Power transformers«, Publication 76, 1976.
- [2] IEC — Standard: »Loading guide for oil-immersed transformers, Publication 354, 1991.
- [3] Mc NUTT W. J.: »Insulation thermal life considerations for transformer loading guides«, TRANS. POW. DEL. 7(1992)1, 392–401.
- [4] SCALA M.: »Das Verhalten der Hot-Spot-Temperatur von Öltransformatoren und ihre Messung«, E&I (Österreich) 107(1990)10, 479–483
- [5] KAMBER W.: »Das thermische Abbild für Öltransformatoren«, BULLETIN OERLIKON Nr. 292, Mai 1952, 13–24
- [6] DIN 42554, 1964.: »Thermometertasche für Öltransformatoren«
- [7] ŠIMATOVIĆ I., MUŽEK M., CEROVEČKI Ž.: »Mogućnosti terećenja uljnih transformatora, JUKO CIGRE, Beograd, 1981., R.12.03
- [8] ANSI/IEEE C57.109–1985.: »IEEE Guide for Transformer Through-Fault-Current Duration«
- [9] WITTEK L., ERLENHOF A., MÜLLER H. J.: »Fabrikfertige, typegeprüfte, vollisolierte Compact-Station mit Transformatoren und I_K -Unterbrecher« Elektrizitätswirtschaft 83 (1984) 7, 318–321
- [10] Visokonaponski-Visokoučinski osigurači, Prospekt MEHANIKA Industrijsko Podjetje, Trbovlje
- [11] Nadstrujni termički relej TRM, Prospekt KONČAR — Trgovina i zastupstva, Zagreb
- [12] PAVLIĆ I.: »Statistička teorija i primjena«, Panorama, Zagreb, 1965.

DODATAK A: Ekvivalentna temperatura najtoplije točke namota

U slučaju konstantnog trajnog opterećenja transformatora nazivnom snagom, temperatura najtoplije točke namota mijenjati će se ovisno o temperaturi okoline, iako zagrijanje najtoplije točke namota iznad okoline ostaje nepromijenjeno:

$$\theta_h = \theta_a + \Theta_h = \theta_a + 78.$$

Izolacija transformatora normalno stari na temperaturi 98°C , tj. pri temperaturi okoline 20°C i nazivnom opterećenju transformatora ($k = 1$). Učestalosti pojedinih temperatura okoline tijekom godine različite su i mogu se izračunati na temelju meteoroloških podataka. Za naše podneblje srednja godišnja temperatura je otprilike 10°C , a učestalost pojedinih

temperatura može se prikazati funkcijom normalne razdiobe sa standardnom devijacijom 9°C [12]. Prosječna brzina starenja izolacije transformatora tijekom jedne godine može se izračunati integriranjem umnoška koeficijent relativne brzine starenja i funkcije vjerojatnosti pojedinih temperatura:

$$\bar{V} = \int_{z_1}^z 2^{(\vartheta_h - 98)/6} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-z^2/2} dz,$$

pri čemu je » z « normirana temperatura:

$$z = (\vartheta_a - \bar{\vartheta}_a)/s = (\vartheta_a - 10)/9.$$

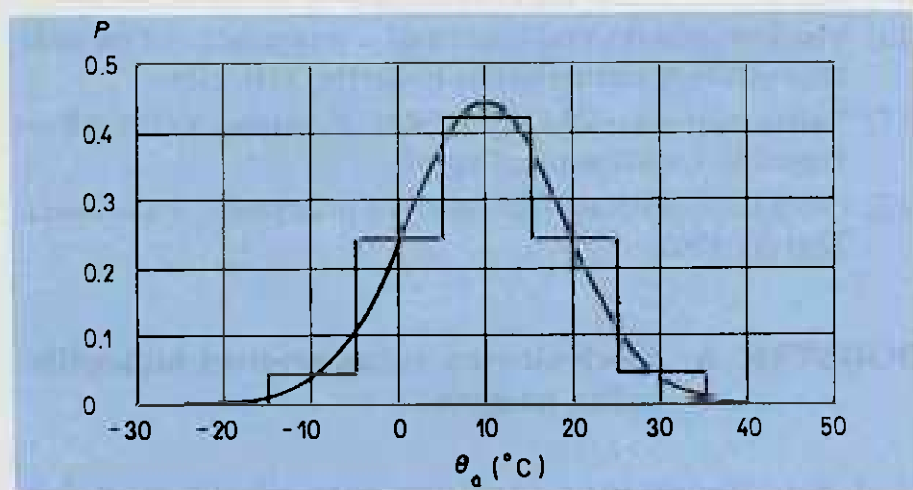
Ako se integrira kroz cijelo područje mogućih temperatura okoline (od $z_1 = -4$ do $z_2 = 4$), za naše podneblje se dobije prosječna relativna brzina starenja izolacije u toku godine dana od 0,54. Za isti koeficijent relativnu brzinu starenja može se izračunati tzv. ekvivalentna temperatura najtoplije točke:

$$\vartheta_{hE} = 6 \frac{\log \bar{V}}{\log 2} + 98 = 92,7^\circ\text{C}.$$

Za naše je podneblje ekvivalentna temperatura najtoplije točke pri konstantnom nazivnom opterećenju za $5,3^\circ\text{C}$ manja od 98°C . To znači da se normalna brzina starenja izolacije transformatora u našem podneblju postiže kod zagrijanja najtoplije točke namota $83,3\text{K}$, a to odgovara približno 5% većem opterećenju od nazivnog ($k = 1,047$).

Ponderirana prosječna relativna brzina starenja izolacije transformatora može se jednostavnije procijeniti sa zadovoljavajućom točnošću pomoću histograma vjerojatnosti temperatura okoline kojim se aproksimira normalna razdioba (vidjeti sliku 7):

$$\bar{V} = 0,01 \cdot 0,003 + 0,03 \cdot 0,045 + 0,10 \cdot 0,241 + 0,32 \cdot 0,421 + 1 \cdot 0,241 + 3,2 \cdot 0,045 + 10 \cdot 0,003 = 0,57.$$



Slika 7. Učestalost temperatura okoline u okolini Zagreba

DODATAK B: Matematički model temperature najtoplije točke namota

Ustaljena temperatura najtoplije točke namota distributivnog transformatora pri nekom opterećenju » I « različitom od nazivnog » I_n « računa se sljedećim izrazom [2]:

$$\vartheta_h = \vartheta_a + \Theta_{t,n} \left(\frac{1 + dk^2}{1 + d} \right)^x + \Theta_{ho} k^y,$$

gdje je koeficijent opterećenja $k = I/I_n$. Vremenska promjena temperature najtoplije točke namota nakon nagle (skokovite) promjene opterećenja matematički se može modelirati dvočlanom eksponencijalnom funkcijom:

$$\vartheta_h = \vartheta_a + \Theta_{t,i} + (\Theta_{t,u} - \Theta_{t,i})[1 - \exp(-t/T_o)] + \Theta_{ho,i} + (\Theta_{ho,u} - \Theta_{ho,i})[1 - \exp(-t/T_w)].$$

Zagrijanja s indeksom »i« su početna, a ona s indeksom »u« ustaljena. Ustaljena zagrijanja ulja za neki koeficijent opterećenja » k « računaju se kao:

$$\Theta_{t,u} = \Theta_{t,n} \left(\frac{1 + dk^2}{1 + d} \right)^x,$$

a najtoplije točke namota prema ulju u najvišem sloju kao:

$$\Theta_{ho,u} = \Theta_{ho} k^y.$$

Zbog relativno malene pogreške i jednostavnijeg računa u IEC preporukama [2] se vremenska konstanta namota prema ulju zanemaruje ($T_w = 0$), tj. pri promjeni opterećenja pretpostavlja se trenutna promjena zagrijanja najtoplije točke namota prema ulju na novu ustaljenu vrijednost, a zatim sporija promjena temperature najtoplije točke namota prema eksponencijalnoj funkciji s vremenskom konstantom ulja (T_o).

DODATAK C: Popis oznaka

- d — omjer gubitaka praznog hoda i gubitaka zbog tereta
- F — višekratnik koeficijenta opterećenja
- I — struja opterećenja
- I_n — nazivna struja transformatora
- k — koeficijent opterećenja (I/I_n)
- p — vjerojatnost (relativna učestalost)
- s — standardna devijacija
- t — vrijeme
- T_o — toplinska vremenska konstanta ulja transformatora
- T_w — toplinska vremenska konstanta namota prema ulju
- V — relativna brzina starenja
- z — normirana temperatura
- x — eksponent zagrijanja ulja
- y — eksponent zagrijanja namota
- ϑ_a — temperatura okoline
- ϑ_h — temperatura najtoplije točke namota
- ϑ_t — temperatura ulja u najvišem sloju
- Θ_{ho} — zagrijanje najtoplije točke namota prema ulju pri nazivnom opterećenju
- Θ_t — zagrijanje ulja u najvišem sloju prema okolini
- $\Theta_{t,n}$ — zagrijanje ulja u najvišem sloju prema okolini pri nazivnom opterećenju

OVERLOAD PROTECTION OF OIL-IMMERSED DISTRIBUTION TRANSFORMERS

Protection of oil-immersed distribution transformers with maximum rating of 2500 kVA is very modest and usually reduced to obligatory short-circuit protection (HV and LV fuses) and sometimes overload protection as well. The overload protection is realised by over-temperature relay, that limits the temperature of oil or by over-current relay that limits the load current. In the paper it is demonstrated that the above mentioned protections apart, each for itself, do not protect the transformer in all service conditions and that transformer could be reliably protected only by using their combined and harmonised operation.

SCHUTZ DER DISTRIBUTIVEN ÖLTRANSFORMATOREN VOR ÜBERBELASTUNG

Der Schutz der distributiven Öltransformatoren der Leistung bis 2500 kVA ist gewöhnlich sehr bescheiden und ist im Grunde ein Pflichtschutz vor dem Kurzschluss (VN und NN Sicherungen) und manchmal auch der Schutz vor Überbelastung. Der Schutz vor Überbelastung wird durch ein Übertemperatur Relais oder durch Überstrom Relais realisiert. Im Artikel wird bewiesen, dass die erwähnten Schutzmassnahmen, jede für sich allein getrennt, den Transformator in allen Arbeitsbedingungen nicht schützen und dass der Transformator zuverlässig vor Überbelastung nur durch ihre kombinierte und einheitliche Wirkung geschützt werden kann.

Naslov pisca:

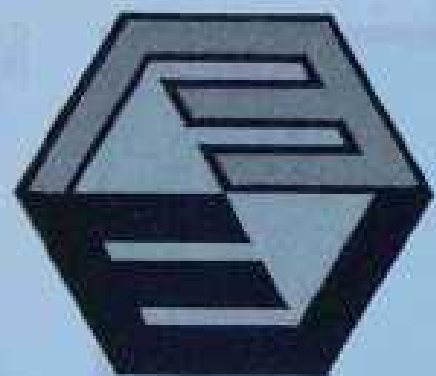
**Dr. Zdenko Godec, dipl. ing.
Končar — Institut za
elektrrotehniku d.o.o., 41000
Zagreb,
Baštijanova bb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1992-06-16.

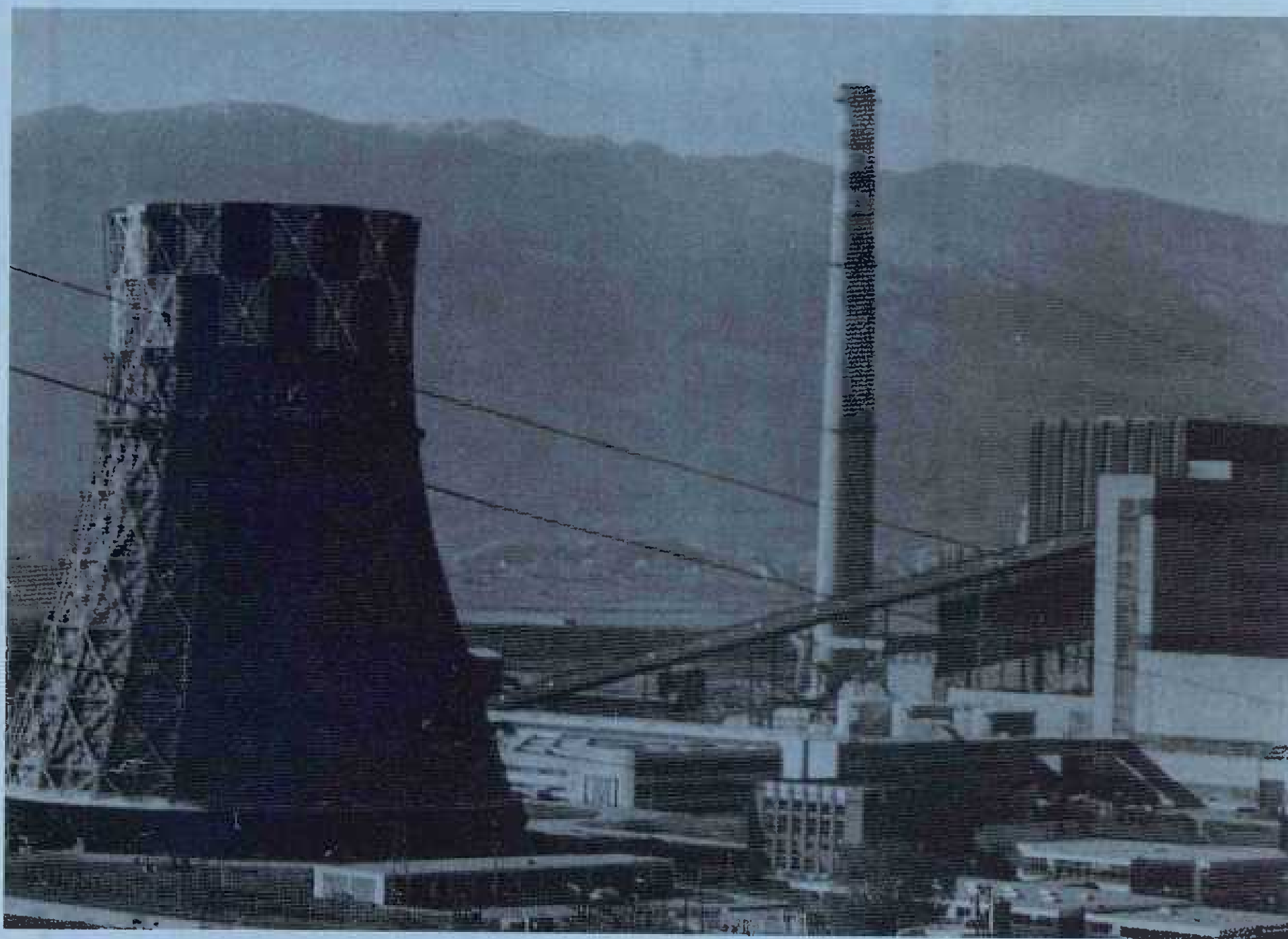
»PINIJA COMMERCE«

**PODUZEĆE ZA PROMET
I POSLOVNE USLUGE, s p. o.**

**ZAGREB, Trg sportova 11
Telefon: (041) 311-829, Fax: 327-578**



monting ENERGETIKA ZAGREB



TE »GACKO« – Gacko: Kompletna montaža bloka 1 instalirane snage 1×300 mW, 1982. godine.
Rekonstrukcija kotla kapaciteta 990 t/h pare i kapitalni remont turbogeneratorsa 300 MW, 1989. godine.

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

**41000 ZAGREB
Kesterčankova 1**

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 yu mont

Telefax 235-560

10 kV SAMONOSIVI KABELSKI SNOP NAKON TRI GODINE RADA

Miroslav Bem, Split

UDK 621.315.14
STRUČNI ČLANAK

Obradeni osnovni podaci o događajima koji su doveli do korištenja ovakvog snopa, događajima tijekom eksploatacije, iskustvima u radu, ekonomskim pokazateljima i zaključcima nakon isticanja roka PLANA PRAĆENJA ovoga samonosivoga kabelskog snopa.

Ključne riječi: 10 kV samonosivi kabelski snop, eksploatacija, primjena.

UVOD

Od 1954. godine bio je u pogonu na dionici Duhan-ka – Slatine 10 kV dalekovod presjeka 16 mm² Cu dug približno 7 km. Prolazio je kraj naselja, kroz šumu, gotovo usporedno s cestom i napajao naselja Arbanija, Žedno i Slatine.

Intenzivnom izgradnjom naselja su porasla, a izgrađena su i nova, pa je tijekom vremena rasla potrošnja. Novi objekti na više od 30 lokacija izravno su ugrozili dalekovod, približivši se na opasne udaljenosti, a dalekovod je sada prolazio kroz naselja. Dva smrtna slučaja jasno su upozoravala na opasnost koja je zaprijetila osobama i materijalnim dobrima.

Posolica je izazivala samozapaljenja stupova, požare, iskrenja kao opasnost za nove požare, a šumski koridori postali su posebno ugroženi od mogućih požara.

Česti prekidi, odnosno 50 prekida godišnje s gotovo mjesec dana bez energije u tijeku godine, predstavljali su problem za sebe.

Problem je trebalo riješiti. Zračni vod očito više nije mogao ostati, kabliranje je zahtijevalo prolaz kroz naseljena mjesta gdje se nije moglo proći zbog miniranja objekata ostale infratrukture, pa se problem činio gotovo nerješivim.

Moguće rješenje ponudili su Francuzi, Nijemci i Talijani koji su se već u ovakvim slučajevima koristili 10 kV samonosivim kabelskim snopom u kombinaciji tako da neka dionica po potrebi bude i klasično kablirana.

Pripremni radovi na dokumentaciji započeli su 1987. godine, da bi uz projektnu dokumentaciju i posebna odobrenja započela izgradnja 27. 2. 1989. Radovi su dovršeni do polovice svibnja i nakon ispitivanja dalekovod je pušten pod napon 3. 6. 1989. Tehnički pregled napravljen je 18. 10. 1989, pa je započeo eksperimentalni pogon s programom praćenja za sljedeće tri godine. Programom praćenja kontrolirala se nagutost stupova, stanje konstrukcije stupa, temelji, slijeganje tla, izgled i stanje snopa, eventualna proklizavanja, stanje rastavljača, mostova, kabel glava,

spojnica, svake godine spojevi uzemljenja i na kraju programa praćenja mjerenja otpora uzemljenja.

Kompletnu projektnu dokumentaciju, kao i samo izvođenje izveo je »Dalekovod« Zagreb.

Opterećenost starog dalekovoda bila je otprilike 2,5 MW za 2,16 MW instalirane trafo-snage, a novi dalekovod – snop omogućuje opterećenost 278 A/f ili 8,0 MW.

1. OSNOVNI TEHNIČKI PODACI

Dalekovod je izveden na čeličnim oktogonanim šupljim stupovima proizvođača »Dalekovoda« Zagreb u betonskom temelju i redovito na istim stupnim mjestima prijašnjeg dalekovoda. 76 stupova je linijskih, 20 zateznih ili rasteretnih i 5 čelično rešetkastih, u pravilu na odvojcima za odcjepne trafo-stanice. Stupovi do visine 9 metara rađeni su od jednog komada, a oni viši od 9 metara od 2 komada. Razlog je lakša obrada i montaža.

Kabel je klasične izvedbe 10 kV XHP 48 A 3 × 1 × 95 mm² + Č IV 50 mm² ovješeno na stupove ovjesnom opremom i na dionici od približno 400 metara klasično stavljen u kabel kanal, a prosječni raspon je 64 m. Proizvođač kabela bila je »Elka« Zagreb. Zaštitno uže također je zaštićeno crnim PVC-plaštem, a da se spriječi proklizavanje, korišteno je prešanje nosnih stezaljki kabela. Proklizavanje se može smanjiti izravnim nanošenjem PVC-a na uže bez papira koji redovito pospješuje proklizavanje.

Spajanje vodiča obavljeno je na stupovima klasičnim TEP-ovim spojnica SPRS 20 s termoskupljajućim cijevima. Spajanja s kabelima položenim u zemlji obavljena su klasičnim spojnica u zemlji, ovisno o vrstama kabela koji se međusobno spajaju.

Završeci kabela izvedeni su silikonskim kabel-glavama sistemom navlačenja, proizvođača »TEP« Zagreb.

Uzemljenja su izvedena pocinčanom trakom na krajevima dionica, oko stupova, međusobno su nosiva

užeta električni porezana, a zaštita je potrebna uglavnom samo od atmosferskih pražnjenja zbog nezemljene nul-točke transformatora.

Razvlačenje kabela izvedeno je klasičnim priborom i dvostrukom koloturu, a kao pomoć poslužile su ručne dizalice i posebno konstruirana IGLA postavljena na vrh stupa, te ljestve za montažu na sami stup. Ljestve služe ujedno i kao pribor za eventualne popravke.

Spajanja snopa s ostalim postojećim kabelima izvedena su također spojnicama za određene kombinacije (jednožilni-trožilni, plastika-plastika, plastika-ulje, redukcija presjeka) proizvođača TEP — Zagreb.

Kao jedini dio zračnoga voda ostala je dionica dužine približno 1 km od Arbanija do Žednoga zato što se ovdje očekuje klasično kabliranje uz interpolaciju još poneke trafo-stanice. Taj odvojak pokazao se u praksi kao slaba točka TS 10/0,4 kV, a preuzeo je na određen način funkciju gromobrana.

2. KARAKTERISTIČNI POGONSKI DOGAĐAJI

Normalno se očekuje da ovo poglavlje bude najzanimljivije jer se u njemu očituje rad ovog snopa kroz proteklo razdoblje.

- 25. 6. 1989. i 30. 6. 1989. godine došlo je do jakog grmljavinskog nevremena. U oba slučaja probili su katodni odvodnici prenapona na TS 10/0,4 kV Žedno. Ta TS je najviša točka još uvijek zračnog voda, odnosno odcjepa, pa se normalno u oba slučaja ponašala kao gromobran. Izmjenom katodnih odvodnika pogon je normalno nastavljen.
- 31. 8. 1989. orkanski jugo srušio je dva drvena stupa preostala na staroj trasi na samonosiv kabelski snop. Stupovi su se naslonili na nosivo uže, ali nije bilo oštećenja, pogon nije prekidan, a stupovi su uklonjeni tek kada je pregledom trase pronađeno da su naslonjeni na dalekovod.
- 23. 2. 1990. izvedena je akcija izdržanja stupa 53 za 4 km. Stup je bio izveden kao zatezni 10 m i na njemu je obavljeno spajanje snopa kabelskim spojnicama. Izgradnjom objekta stranka je ugrozila dalekovod, pa je bilo potrebno provesti izdizanje za 4 m kako bi se osigurala propisana visina i udaljenost. Na postojeći stup postavljen je tuljak koji ga je produžio za 4 m, zatim je izvedeno produženje nosivog užeta, ovješeno užeta, te potom podizanje spojnice na lokaciju ispod vrha stupa. Stup je postao nosni i funkcija dalekovoda nepromijenjena. Nakon zahvata pogon je normalno nastavljen. Za tu aktivnost »Dalekovod« Zagreb dao je projektno rješenje koje je odobrila Republička elektroenergetska inspekcija, a radove je ponovno izveo »Dalekovod« Zagreb.
- 29. 3. 1990. nastupilo je znatno atmosfersko pražnjenje tako da su probili ponovno katodni odvodnici kod TS 10/0,4 kV Žedno, ali zbog intenziteta pražnjenja i katodni odvodnici prenapona kod bliže TS u trasi snopa Arbanija 2 koja je udaljena otprilike 235 m od odvojka za Žedno. Na daljoj sta-

nici od ovog odvojka Arbanija 1 udaljenoj približno 780 m od mjesta odvojka nije bilo proboja.

- 26. 4. 1990. zbog kopanja privatne osobe, na dijelu gdje kabel prolazi kroz zemlju, oštećena je žila kabela. Oštećenje je sanirano spojnicom s trakama i zatim Raychem cijevi na oštećenoj žili i pogon je ponovno normalno nastavljen.
- 12. 7. 1990. šumski požar na Čiovu, koji je nošen vjetrom, prošao je ispod snopa između stupova 8–9–10. Nakon prestanka požara i pregleda utvrđeno je da nije bio oštećen vanjski crni PVC, pa je pogon ponovno nastavljen. Da tragedija bude još veća, »stručnjaci« su ocijenili da je požar nastao zbog »iskrenja na stupu 9«, što je potpun promašaj. Kako da iskri izolirani vodič? Uvidom se utvrdilo da je požar započeo približno 30 m ispod dalekovoda, nošen vjetrom prošao prema vrhu, pa se i u »Slobodnoj Dalmaciji« dao službeni demanti uz tehnička obrazloženja 4. 8. 1990.
- 24. 6. 1991. kontrolnim pregledom snopa utvrđeno je da su oštećene kabel-glave na vrhu kolčaka kod trafo-stanice 10/0,4 kV:

Slatine — Osoje	— 3 kom
Slatine 1	— 2 kom
Slatine 2	— 2 kom.
- O tom događaju odmah su obaviješteni svi nadležni i izvođači radova »Dalekovod« i zatražila se hitna intervencija i utvrđivanje razloga ovog događaja 9. 7. 1991.
- Ratnim razaranjem 17–20. 9. 1991. na Čiovu su zapaljene šume i raslinje na pozicijama stupova 15–20. Požari izazvani raketiranjem nisu se mogli odmah gasiti, no sa stajališta dalekovoda — snopa ponovilo se ono što se i prije događalo. Požar nošen vjetrom, u nekoliko navrata, nije ošteti vanjski plašt i pogon je normalno nastavljen. Iskapčanje je uslijedilo iz sigurnosnih razloga, ali problemi se nisu pojavili. Nasreću, nije bilo izravnih pogodaka u stupove ili snop.
- 11. 11. 1991, 23. 4. 1992. i 28. 4. 1992. bilo je ispada 10 kV sklopke na početnoj točki snopa u TS 10/0,4 kV Duhanka. Nakon rasterećenja sklopka se ponovno uključila, pa taj događaj treba posebno promotriti i pronaći prave razloge ispada.
- 6. 5. 1992, u dogovoru s »Dalekovodom«, izmijenjene su sve oštećene kabel-glave KGP 20/2 20 kV TEP. Glave su poslane proizvođaču da utvrdi zbog čega su nastale pogreške, a pogon je normalno nastavljen. Pretpostavlja se da je posrijedi pogreška u materijalu.

3. ANALIZA RADA U PROTEKLOM RAZDOBLJU

Promatrajući događaje i rad od dokumentacije do sadašnje faze rada, mogu se događaji i zapažanja kronološki sistematizirati:

- Dovesti do kraja rad na tehničkim propisima, granske standarde i općenito standardizirati parametre cijelog snopa.
- Pripremljeni alati i pribor mogu se koristiti višekratno, onako kako su korišteni u ovom slučaju. U

ovom trenutku sve ovakve radove može izvesti »Dalekovod« Zagreb u suradnji sa TEP-om Zagreb i ELKOM Zagreb. Što se više radova obavi, brže će se amortizirati alat.

- Osim čeličnih oktogonálnih stupova, mogu se koristiti betonski i drveni stupovi. Odnosno, zamjenom golih vodiča može se na iste stupove i postojeće raspone postavljati snop. Presjek snopa ovisi o rasponu i nosivosti pojedinih postojećih stupova. Dakle, mogu se koristiti postojeće trase. Bitno je napomenuti da se ovješeno može postaviti na obično drvo, zgrade i druge izgrađene objekte, pa čak i oštećene objekte.
- Snop se bez problema može po potrebi voditi pod zemljom u dijelu gdje je to potrebno ili moguće, a zatim opet nastaviti zrakom. Omjer tih prijelaza ovisi o situaciji na terenu.
- Izolacija čeličnog užeta mora se izvesti direktno na žicu, bez papira, jer se time smanjuje ili potpuno izbjegava mogućnost proklizavanja pri korištenju vijčanih stezaljki. S vremenom se može koristiti i stezaljka obuhvatnog tipa, ali ta primjena dolazi u obzir pri nošenju snopa bez nosivog užeta.
- Izvedba snopa bez nosivog užeta moguća je, ali uz uvjet da vodiči budu od aldreja ili sličnog materijala, da pouzdanje mora imati veći korak, a uz te uvjete potrebna je konstrukcija obuhvatnih nosnih stezaljki. Te stezaljke ne smiju oštetiti plašt kabela, ali ni dopustiti proklizavanje. Ti uvjeti su naravno stroži, ali zbog gubitka nosnog užeta i uz povećanje cijene koštanja vodiča ipak se snižuju cijene koštanja snopa.
- Zbog električnih razloga moguće je električnu zaštitu, sada presjeka 16 mm^2 , smanjiti, ali to zahtijeva tehnološke izmjene u procesu proizvodnje kabela.
- Jedini prekidi rada uslijedili su u praksi zbog atmosferskih pražnjenja, pa je logično pretpostaviti da ne bi bilo ni prekida da nema zračnog odvojka. Atmosferska pražnjenja nisu zapažena na dijelu izoliranoga zaštitnog užeta i vodiča, a zbog uzemljenja stupova eventualna pražnjenja bila bi određena stupom odnosno galvanskim vezama između dionica.
- Čelično nosivo uže poskupljuje izvedbu, ali pruža dodatnu mehaničku zaštitu snopa, te omogućuje sigurno nošenje, a zbog rasterećenja vodiča i mogućnost da se spojnice rade i u rasponima.
- Pucanje nosne stezaljke ne prekida pogon, a popravak se može izvesti pod naponom i snop ponovno objesiti na svoje mjesto. Sama stezaljka u prekidu može biti s vijcima, a ako dolazi do proklizavanja — kompresiona.
- Oštećenja faze manje naravi mogu se sanirati Raychem-cijevima i trakama, ako je oštećenje veće kvar se može rješavati zbog pouzdanja samo jednom spojnicom, i to na stupu ili u rasponu. Radovi se mogu obavljati u zraku ili spuštanjem vodiča na zemlju.
- Izvedbom vanjskog plašta od materijala koji ne podržava gorenje (PVC, omreženi polietilen sa

aditivima) omogućava se i adekvatna otpornost na požare oko dalekovoda, a posve se eliminira mogućnost da snop bude uzrokom iskrenja ili požara.

- Potpuno se eliminira utjecaj posolice, odnosno samozapaljenja stupova i u slučajevima ako snop postavljamo na drvene stupove. Eliminirani su i ostali utjecaji raznih zračnih zagađenja.
- Posebnu pozornost treba obratiti izvedbi vanjskoga plašta s obzirom na vanjske utjecaje na njega. Ne smije se dopustiti da se zbog nepodržavanja gorenja prakticira izvedba koja bi mogla zbog visokih temperatura, vjetra, snijega ili niskih temperatura dovesti do pucanja vanjskog plašta.
- Uz manje modifikacije i do određenih presjeka može se koristiti oprema niskonaponskog samonosivog snopa. Ta mogućnost mora se provjeriti i proračunati za svaki primjer zasebno.
- U postojećim trasama može se računati s rasponima od 60 do 80 m za drvene stupove, 80 do 100 m za betonske stupove, a 80 do 120 m za metalne stupove. Rasponi ovise o presjecima faznih vodiča, dopuštenim provjesima i dozvoljenim silama na vrhu stupa. Taj detalj upućuje da se postojeći stupovi i rasponi u ovoj trasi mogu koristiti za presjeke od približno 50 mm^2 .
- Treba razmisliti o presjeku samonosivog užeta jer presjek od 50 mm postaje prevelik za presjeke faznih vodiča od 50 mm ili manje. Tom prilikom korak pouzdanja usvojen u propisima dobio bi do rasplitanja i otežanog rada sa snopom.
- Pri izvođenju žila valja osigurati oznake faza, što je vrlo bitno kod zahvata i popravaka jer se izbjegava pogrešno spajanje faza, pa je potrebna samo kontrola. Znajući koliko to usklađivanje može biti teško i problematično u praksi, označavanje je u praksi korisno, pri čemu treba napomenuti da donekle otežava rad proizvođaču.
- Očekivalo se da bi snop mogao imati i estetske manjkavosti. Nakon montaže u zraku gotovo je isti efekt kao i pri postavljanju niskonaponskoga kabelskog snopa, što je i normalno za ovakve presjeke.
- Utjecaj šume praktično ne postoji odnosno koridori su nepotrebni. Potrebno je samo osiguranje od eventualnih mehaničkih oštećenja snopa, recimo zbog njihanja i udaraca o drvo ili nešto slično.
- Nosač snopa može biti i kraći, a ovisi o veličini nosne stezaljke i snopa. Mora se osigurati da eventualno njihanje ne stvori mogućnost da snop udara o stup. Smanjenjem nosne stezaljke i snopa smanjuje se i potrebni krak nosača uz uvjet pronalaženja maksimalnog kuta otklona.
- Pri naručivanju kabela treba paziti da naručeni kabel odgovara dužini koja je potrebna za neku dionicu, ali valja nastojati da bude približno 500 m zato što je to i približno tvornička dužina isporuke.

Zanimljivo je napomenuti i neke reakcije nastale zbog potrebe interpolacije jedne skupne TS 10/0,4 kV u snop.

Problem se proglasio gotovo nerješivim, dalekovod nepodobnim, pa gotovo i promašenim, a da se nitko nije potanko pozabavio problematikom.

Rješenja postoje, i tu nema problema, no kod ovakvih slučajeva vrlo je bitno lociranje stanice. Energetski gledano, ništa se bitno ne događa ako se lokacija TS po osi snopa pomiče nekoliko metara na jednu ili drugu stranu, odnosno približava jednom od postojećih stupova.

Ako je već, ne razmišljajući o problemima, striktno definirana lokacija, problem je ponovno rješiv sistemom ulaz-izlaz, izradom, po potrebi, 2 spojnice po fazi na stupu itd.

4. DOSADAŠNJE RASPRAVE

O 10 kV samonosivom kabelskom snopu vođeno je već više rasprava. Rasprave sa referatima vođene su i na sastancima CIGRE. Zainteresirani mogu pronaći i ostale ovdje neiznesene podatke o referatima:

24–28. listopada 1988. — Svetozarevo

8–13. svibanj 1989. — Bled

15–20. listopada 1990. — Vrdnik

22–26. travanj 1991. — Neum.

Naravno da se svi ostali detalji mogu dobiti i kod autora referata, te proizvođača kabela, opreme i pribora.

5. TEHNIČKI PROPISI

Aktivnosti glede propisa i standardizacije započele su još 1989. godine. Napravljen je nacrt granskog standarda, pa se očekuje i nastavak odnosno završetak radova. Do potpunog dovršetka propisa mogu se primjenjivati preporuke državnih organa koji se u osnovi svode na dva kriterija:

- Sigurnosna visina kao kod zračnih vodova
- Sigurnosna udaljenost po potrebi ili otprilike 30–40 cm.

Jasno je da ovaj dio zahtijeva mnogo dublju i studijsku analizu, no to je i zaseban dio ovoga problema.

Praksa pokazuje da je potrebna samozaštita od mogućih mehaničkih oštećenja, pa prema tome i uvjeti izvođenja.

6. EKONOMSKI POKAZATELJI

Potpuna analiza može se dati samo za točno definiranu trasu i uvjete. Radi orijentacije dajem podatke priredene za cijene koštanja kabela i dalekovoda za savjetovanje u Zagrebu 26. i 27. svibnja 1992.

Za kabel 10 kV $3 \times 1 \times 95 \text{ mm}^2$ dana je cijena 120 000 DEM/km.

Za zračni vod 10 kV za presjek 95 mm^2 dana je cijena 60 000 DEM/km.

U klasičnom zračnom vodu u cijenu ulaze:

stup s radovima	61 %
vodiči	15 %
ovjesni pribor	8 %
transportni troškovi	16 %

Prema analizama izgradnje 10 kV samonosivog snopa troškovi se raspoređuju:

kabel	46 %
pribor i ovjesni pribor	11 %
stup s radovima	16 %

Usporedbom vidimo: uz iste troškove stupova i transporta, kabel s priborom sudjelovao je sa 57 % u ukupnoj cijeni, a kod zračnog voda vodiči i ovjesni pribor sudjelovali su sa 23 %.

Grubom usporedbom, bez detalja (npr. stup bez glave stupa), može se dobiti orijentacijski podatak da je izvedba samonosivim snopom:

- skuplja od zračnog voda za 34 %
- jeftinija od klasičnog kabliranja za 33 %.

Usporedba je proizašla iz uvjeta da je cijena kabliranja po km dvostruko skuplja od zračnog voda, a ta usporedba je samo orijentacijski podatak.

Uzimajući u obzir da za tri godine nije bilo prekida pogona zbog dalekovoda, jasno je kakve su uštede ili zarade ostvarene zbog kontinuirane isporuke. Budući da su na starom dalekovodu prekidi od približno 100 h godišnje i snagu od 2,16 MVA, proizlazi da se godišnje može osigurati za 216 MVAh više energije. Posebno je važno napraviti ekonomsku analizu izvedbe snopa sa zaštitnim užetom i bez njega, kao i mogućnosti postavljanja više snopova na iste stupove po količini i naponskom nivou (0,4 10 kV).

7. ZAKLJUČAK

Poslije svih razmatranja prednosti i mana mogu se dati i predviđanja za eventualnu primjenu ovakvog snopa.

Sigurno je da se upotreba ne može očekivati masovno, kao recimo niskonaponskog snopa, no činjenica je da i ovi, iako postupno, i kod nas nalaze primjenu. Budući da se 10 kV snop koristi i u inozemstvu, sigurno je da se može primijeniti i u nas. Koristi se uglavnom:

- na područjima gdje se zbog posolice pojavljuju požari koji se mogu prenijeti na šume i bliske objekte
- na područja guste naseljenosti, gdje je nemoguće proći kabelom zbog guste infrastrukture ispod zemlje, objekata izgrađenih bez pravnih uvjeta i osiguranje koridora sigurnosne udaljenosti od objekata
- u šumskim područjima ako je otežano ili nemoguće stalno osigurati koridor za prolaz dalekovoda, a posebno na zaštićenim šumskim područjima (posebne vrste drveća i drugog raslinja)
- na područjima gdje se ne mogu riješiti imovinsko-pravni odnosi jer se mogu koristiti postojeća stupna mjesta pa čak i stupom ili ako je rješava-

- nje ovih odnosa skuplje od izvedbe snopom; to u praksi može biti, pogotovo danas, vrlo često
- na gradilištima, skijalištima i slično, gdje su česta aerozagađenja pa i smetnje u prijenosu ili gdje se zbog visine snijega može smanjiti sigurnosna visina i udaljenost ili postojati neposredna opasnost za život i objekte
 - na mjestima gdje je smještena posebno »prljava« industrija radi sprečavanja posljedica čestih i neugodnih aerozagađenja
 - na prijelazima preko gradskih kanala ili sličnih ispusta gdje se zbog izbetoniranih eksterijera ne može izvoditi klasično kabliranje
 - na močvarnim terenima gdje je nemoguće ili vrlo otežano ostvarivanje kabelskih kanala ili općenito iskopa; ova varijanta može ponekad dokazati da se jeftinije rješava problem podvodnim kabelima; dakako da svaki slučaj predstavlja poseban problem
 - za vrlo teške kamenite terene, gdje analize pokazuju da je varijanta snopa jeftinija, ali treba istražiti mogućnost i izvedbe klasičnim zračnim vođom.

Treba imati na umu da se rješenja zračnog voda mogu naći i zamjenom golih vodiča izoliranim vodičima, što je također već u upotrebi.

Posebno treba uzeti u obzir da se kod novih trasa može na istim stupovima koristiti 10 kV, 0,4 kV samonosivi kabelski snop s javnom rasvjetom, što otvara još jednu široku mogućnost primjene. Ako bi se isti stupovi koristili i za 35 kV kao što je to slučaj u drugim dionicama, vrijedno je ozbiljno razmišljati o svim ovim varijantama i mogućnostima.

Zahvaljujući mogućnosti da se može postavljati na objekte, drveće i slično, moguće područje primjene je na provizornim odnosno privremenim priključcima, pa se može koristiti na sanaciji mreža oštećenih neprijateljskim razaranjem.

U odabiranju golih i izoliranih vodiča posebno treba imati na umu atmosferske promjene. Dosadašnja iskustva i ovdje daju nedvojbenu prednost samonosivom snopu.

LITERATURA

Podaci naših proizvođača kabela, opreme i spojnog materijala: ELKE, TEPA i DALEKOVODA kao izvodača.

Razni podaci iz inozemne literature.

10 kV SELF-CARRYING CABLE BUNDLE AFTER THREE YEARS OF OPERATION

In the paper basic data that led to the usage of such a bundle are worked out, as well as the events during exploitation, operation experiences, economic parameters and conclusions after the expire date of the observation plan of this self-carrying cable bundle.

10 kV SELBSTTRAGENDES KABELWERK NACH DREIJÄHRIGER ARBEIT

Im Artikel werden die Grundangaben über Ereignisse die zur Nutzung eines solchen Kabelwerkes führten, die Ereignisse im Laufe der Verwendung desselben, die Arbeitserfahrungen, der wirtschaftliche Anzeiger und die Beschlüsse nach der Nennung der Frist des Beobachtungsplanes dieses selbsttragenden Kabelwerks beschrieben.

Naslov pisca:

Miroslav Bem, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda,
D.P. »Elektrodalmacija« Split
58000 Split,
Radničko šetalište 42, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-06-26.



PROIZVODNI PROGRAM

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



PLAN REVITALIZACIJE I SANACIJE ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA

Planom revitalizacije i sanacije u razdoblju od 1992. do 1995. godine obuhvaćen je niz elektroprivrednih postrojenja u Hrvatskoj. Na temelju prikupljene dokumentacije predviđa se veći ili manji opseg radova na revitalizaciji i sanaciji sljedećih postrojenja:

Proizvodna postrojenja

- HE Kraljevac je druga hidroelektrana po starosti u Republici Hrvatskoj, a građena je u dvije etape — 1912 (2×16 MVA) i 1932. (2×32 MVA). Izgradnja HE Zakučac izmijenila je ulogu HE Kraljevac u elektroenergetskom sustavu, jer se voda primarno koristi u HE Zakučac. Ugradnjom agregata na biološki minimum od 4,8 MW umjesto jednog od postojećih agregata omogućeno je kvalitetno iskorištenje biološkog minimuma. Revitalizacija HE Kraljevac predviđa zamjenu tlačnog cjevovoda na potpuno novom agregatu za biološki minimum.
- HE Tribalj je u pogonu od 1952. godine. Obuhvaća akumulacije Lokvarka, Bajer i Lepenica, te crpne stanice Lič, Križ i Lokve. Potrebno je zaokružiti ciklus revitalizacije (turbinska kola). Moguće je povećati proizvodnju privođenjem voda u postojeće objekte. Ti zahvati obaviti će se u predviđenom petogodišnjem planu.
- HE Peruča je u pogonu od 1960. godine bez većih kvarova i zastoja, ali i bez većih ulaganja u zamjene, rekonstrukcije ili modernizaciju. Do ratnih razaranja stanje građevinskih objekata i hidromehaničke opreme bilo je zadovoljavajuće, a veći zahvati su potrebni na elektrostrojarskoj opremi. Nadvišenjem brane i zamjenom turbinskih kola može se povećati proizvodnja. Za HE Peruča obuhvaćena je pripremna faza za potpunu revitalizaciju koja bi trebala započeti 1993. godine.
- HE Senj, u pogonu od 1965. godine, ima najdužu derivaciju (36 km) u Hrvatskoj, od čega 32,5 km u tri tunela. Osnovni problemi: vododrživost kompenzacijskog bazena Gusić Polje i problemi s generatorima. Za siguran pogon potrebno je rješenje obaju problema. HE Senj ima pripremljenu sanaciju Gusić Polje — kompenzacijskog bazena sa znatnim gubicima vode (postoje dva rješenja pa su predviđena sredstva za skuplje).
- HE Rijeka je u pogonu od 1968. godine bez ozbiljnijih kvarova, a stanje postrojenja zadovoljava. Mogući su zahvati na elektrostrojarskoj opremi. Predviđa se premoćavanje namota na generatorima.
- RHE Obrovac je reverzibilna hidroelektrana i ubraja se među vrlo mali broj takvih hidroelektrana koje su izvedene na padu većem od 500 metara (RHE Obrovac 517 m). Nakon puštanja u pogon dogodila su se dva vrlo ozbiljna kvara na proizvodnim grupama koja su sanirana. Očekuju se radovi na dijelovima postrojenja koji su posljedica lošeg dimenzioniranja, loše izvedbe ili uopće nisu izvedeni prema projektu. Planira se izgradnja evakuacijskog organa prema ponoru Turić.
- Na lokaciji Sisak izgrađena su dva bloka, svaki po 210 MW projektne snage, loženi mazutom i plinom (uz mogućnost spaljivanja i sirova benzina na bloku 1). U TE Si-

sak 1 predviđena je revitalizacija, a u TE Sisak 2 rekonstrukcija na drugom bloku radi smanjenja tehničkog minimuma.

- U TE Plomin 1 izvest će se revitalizacija, a planirana je i izgradnja pretovarne luke radi omogućavanja uvoza ugljena.

Saniranje prijenosne mreže

- U prijenosnoj mreži, prema stručnoj procjeni koja je uređena prije ratnih razaranja, potrebno je revitalizirati i sanirati ove prijenosne objekte:

TS 110/30 kV Rakitje, DV 110 kV Imotski-Kraljevac, TS 110/35 kV Zadar, TS 110/35 kV Komolac, TS 110 kV Slavonski Brod 1, DV 110 kV Botinec — Rakitje — Samobor — Slovenija, DV 110 kV Vinodol — Delnice, TS 110/35 kV Kraljevac, DV 110 kV Delnice — Srpske Moravice, TS 110/35 kV Osijek, TS 110/30 kV Resnik, TS 110/35 kV Raša, TS 220/110 kV Đakovo, TS 110/35 Meterize, TS 110/35 kV Zabok, TS 220/110/30 kV Bilice, TS 110/30 kV Dugi Rat, TS 110/35 Ston, TS 110/35 kV Nedeljanec, TS 110/35 kV Pračno, DV 110 kV Pehlin — Matulji, DV 110 kV Plomin — Raša I, DV 110 kV Imotski — Grude, DV 110 kV Bilice — Trogir i DV 2×110 kV Pračno — Una.

Prema dosadašnjim iskustvima, znatan dio distribucijske mreže nalazi se u dotrajalom stanju koje zahtijeva revitalizaciju. Takvo stanje vodova i postrojenja uvjetovano je djelomično starošću opreme, a djelomično nedostatnim održavanjem.

Za distribuciju Hrvatske utvrđena je potreba za djelomičnom rekonstrukcijom 812 km 35 kV vodova, te izgradnja novih 459 km vodova koji će zamijeniti postojeće potpuno dotrajale vodove. Ukupno je potrebno obuhvatiti revitalizacijom TS 35/10 kV od ukupnog broja oko 40 posto i djelomična rekonstrukcija oko 30 posto postojećih TS 35/10 kV. Revitalizacijom vodova 10(20) kV potrebno je obuhvatiti: otprilike 1 736 km djelomičnom rekonstrukcijom, a 4 274 km zamjenom novim vodovima. Za čitavu distribuciju Hrvatske potrebno je provesti sljedeći opseg revitalizacije TS 10(20)/0,4 kV: djelomična rekonstrukcija 1 852 stanica, potpuna rekonstrukcija 319 stanica, zamjena dotrajalih TS 10(20)/0,4 s novih 1 027 stanica.

I. R.

IZVOZ ELEKTROINDUSTRIJE

U današnjim teškim ratnim razaranja i uništavanjima proizvodnja elektroindustrije u Hrvatskoj veliku pozornost poklanja plasmanu svojih proizvoda stranim tržištima.

Sustav »Končar d.d.«, koji je izgubio znatan dio domaćeg i stranog tržišta, pogotovo onoga u istočnoeuropskim zemljama, nastoji taj udar nadomjestiti većim izvozom vlastite opreme i uređaja u razvijene zemlje Europe. Plan izvoza »Končara d.d.« za 1992. godinu programiran je u vrijednosti 47 milijuna dolara. Analiza ostvarenja izvoznog programa pokazuje da je do kraja travnja 1992. izvezeno 57 posto od planiranog izvoza.

Tvornica telefonskih centrala »Tesla« nedavno je potpisala nov ugovor za isporuku međunarodne AXE telefonske centrale za Minsk, glavni grad Bjelorusije. Vrijednost ugovorenih poslova je otprilike četiri milijuna dolara.

Zagrebačka tvornica za proizvodnju telekomunikacijskih uređaja, RIZ-tvornica odašiljača, proizvela je nov mobilni model kratkovalnog odašiljača snage 100 kW. S obzirom na njegove tehničke značajke i prednosti, očekuje se da će i novi odašiljač naći kupce na međunarodnom tržištu. RIZ je godinama poticao proizvodno-poslovni prodor u mnoga strana tržišta. Za to vrijeme izvezeno je 550 kratkovalnih odašiljača.

I. R.

KONČAR — SURADNJA SA STRANIM PROIZVOĐAČIMA

U poduzeću »Končar — elektroindustrija d.d.« potpisan je ugovor o osnivanju novog poduzeća »Končar Corporation«, što su ga zajednički stvorili zagrebačko poduzeće elektrouređaja i kanadska tvrtka »M. M. Engineering« sa sjedištem u Calgaryju, Kanada.

Poduzeće ima status kanadskog poduzeća, a bavit će se inženjeringom na polju energetske postrojenja u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije, kao i u industriji.

Novo poduzeće djelovat će na području Kanade i SAD, te drugim zemljama od zajedničkog interesa suvlasnika.

Istovremeno, švicarska tvrtka »E. G. O. Elektrogerate AG« i poduzeće »Končar — Električni grijači elementi« u Požegi zaključili su ugovor o ulaganju kapitala i stjecanju udjela u vlasništvu toga poduzeća iz sastava »Končar — Elektroindustrija«. »E. G. O.« prema odredbama ugovora ulaže tri milijuna DEM u gotovini, čime stječe pravo na 30 posto osnovne glavnice poduzeća »Končar — Električni grijači aparati«.

Švicarskom partneru, inače, ugovor dopušta da u iduće dvije godine poveća svoj ulog u gotovini, sve do stjecanja većinskog udjela u vlasništvu.

Osnovni ulog sustava »Končar« u požeškoj tvornici može biti ponuđen na prodaju radnicima, čime se otvara i mogućnost zakonske pretvorbe tog poduzeća.

I. R.

HRVATSKOJ SU POTREBNE NUKLEARKE

Članovi Hrvatskoga nuklearnoga društva organizirali su pokraj lipnja 1992. godine javnu tribinu na kojoj je raspravljano o energetskej situaciji Hrvatske. Ekonomski iskoristivih ležišta ugljena više nemamo, pa preostaju samo termoelektrane na uvozna fosilna goriva. Zato treba maksimalno ozbiljno razmotriti potrebu gradnje novih nuklearnih elektrana koje imaju više prednosti prema ostalim elektranama.

Nuklearne elektrane troše vrlo malo goriva, koje se lako prevozi i akumulira, njihova gradnja znatno bi povećala energetske samostalnost. Osim toga, povoljni su i u ekološkom pogledu, jer znatno smanjuju ispuštanje ugljik-dioksida u atmosferu.

Stručnjaci su u iznesenim diskusijama utvrdili da je najbolje rješenje za energetske budućnost Hrvatske gradnja novih nuklearki. Treba nastaviti pripreme za njihovu gradnju, iako će konačnu odluku za početak gradnje donijeti Vlada i Sabor. Provedene analize zasnovane na statističkim podacima upućuju da se korištenjem nuklearnih postrojenja vrlo malo povećavaju rizici kojima je stanovništvo izloženo u svakodnevnom životu. Usporedba utjecaja na okoliš nuklearnih elektrana s ostalim također nedvojbeno pokazuje prednost nuklearki, posebice kod termoelektrana na ugljen.

I. R.

ZAVRŠNA FAZA »PROJEKT PODRAVINA«

Energetska realizacija programa »projekt Podravine« ulazi u završnu fazu. To je najveća republička investicija vrijedna 80 milijuna dolara. Do kraja godine povećat će se kapacitet Molvi za pet milijuna prostornih metara plina na dan i obogatiti ga novim ekološkim sustavom. Povećat će se i prerada (oplemenjivanje) prirodnog plina etilenskog postrojenja u Zagrebu sa sadašnjih 60 na 90 tisuća tona, a ugradnjom specijalne ekološke opreme potpuno će nestati svi problemi s dosadašnjim isparivanjima sumpora i žive. Značajna je i proizvodnja od 400 tona tisuća kondenzata godišnje, koji je osnovna sirovina za kemijsku industriju.

Projekt Podravina prostire se na 250 četvornih kilometara površine na području općine Koprivnica i Đurđevac s tri proizvodna polja: Molve, Kalinovac, i Stari gradac. U osnovi svega su tri centralne plinske stanice: Molve I, Molve II i Molve III, koje će moći proizvesti, odnosno preraditi približno 9,5 milijuna prostornih metara prirodnog plina na dan.

Ekološki zahvat — glavni zahvat u Molvama III vezan je za u zaštitu okoliša, odnosno uvodi se poseban proces koji je prvi put primijenjen u SAD. Dosad je svijetu bilo sedam takvih procesa, a u Europi će to biti drugi, nakon jednog u Nizozemskoj. Za pravo korištenje tih tehnoloških procesa plaćeno je približno milijun dolara tvrtki ARI iz Chigaga. Umjesto isparavanja opasnih sumpornih spojeva, oni se posebnom metodom pretvaraju u elementarni sumpor, koji se dalje može koristiti. Drugim sličnim postupkom ukloniti će se i živa i opet staviti u dalju obradu.

I. R.

ULAGANJE STRANOG KAPITALA U »ELEKTROKONTAKT«

Početkom srpnja 1992. godine predstavnici Hrvatskog fonda za razvoj i njemačkog koncerna »E.G.O.« sklopljen je ugovor o kupnji dionica zagrebačkog poduzeća »Elektrokontakt« u vrijednosti 4,5 milijuna DEM. Time je završen prvi krug pretvorbe »Elektrokontahta« u koje je »E.G.O.« uložio još 16,5 milijuna maraka u obliku prethodnog investiranja i preuzimanja obveza tog poduzeća. Tako njemački koncern, koji kontrolira 25 posto svjetske proizvodnje električnih komponenti za kućanske aparate, preuzima paket dionica u »Elektrokontaktu« od 51 posto.

Najvjerojatnije će se »E.G.O.« i u drugom krugu prodaje preostalih dionica pojaviti kao glavni kupac, kako bi postao stopostotni vlasnik »Elektrokontahta«.

S novim vlasnicima u »Elektrokontaktu« će se mnogo toga promijeniti. U novom dioničkom društvu očekuje se postavljanje novoga glavnoga direktora. Međutim, broj danas zaposlenih radnika, kojih je 1 500, neće se smanjiti.

I. R.

PROJEKT PLINOVODA HRVATSKA — EUROPSKE ZEMLJE

Razmatra se mogućnost izgradnje plinovoda kroz Hrvatsku za transport prirodnog plina za potrošače u Češkoj, Slovačkoj, Austriji i Mađarskoj. Za lokaciju plinovoda izabran je Krk uz trasu Jadranskog naftovoda. Da bi se ostvarila gradnja plinovoda za prijevoz ukapljenog plina za potrebe potrošača navedenih srednjoeuropskih zemalja, osnovan je koncer koji će raspisati javni natječaj za izradu projektne dokumentacije. Već je načinjena studija podobnosti koja je

dala zeleno svjetlo izradi projekta. Konzorcij računa na ukapljeni plin iz Alžira, ali se pregovara i s drugim proizvođačima.

Prema razvoju INE, na području riječke regije treba osigurati oko 900 milijuna dolara za cijeli projekt, a od toga bi na područje Republike Hrvatske otpalo oko 650 milijuna. Ulaganja će biti raspodijeljena prema korištenju kapaciteta plinovoda, što znači da bi INA za korištenje 20 posto njegovih kapaciteta trebala osigurati 180 milijuna dolara. Osim stranih korisnika, ovim projektom koristili bi se i slovenski »Petrol«, »Energopetrol« iz Bosne i Hercegovine i INA iz Hrvatske.

I. R.

OSNOVANO HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO

Potkraj lipnja 1992. godine u Zagrebu je osnovano Hrvatsko energetska društvo koje bi trebalo organizirati znanstveni i stručni potencijal Hrvatske. Osnovni cilj je pomoći energetskej sutrašnjici koja nije pretjerano optimistična jer nedostaje sirovina, sustav je dosta razoren ratom, a tu je i gospodarska kriza u kojoj je upravo energija značajan činilac.

Stručnjaci okupljeni u HED-u trebali bi utjecati i na kreiranje gospodarske i energetske politike Hrvatske, ali i rješavanje svih ostalih problema: od zaštite okoliša do upoznavanja potrošača sa štednjom sve skuplje energije. Riječ je o stručnoj organizaciji koja okuplja znanstvenike svih profila koji svojim radom žele pridonijeti razvoju Hrvatske. Jedan od prvih koraka bit će učlanjenje u World Energy Council, svjetsku organizaciju sličnog profila, čime će Hrvatska i na taj način krenuti samostalno u svijet.

Osnovana »Zaklada Hrvoje Požar«

Na osnivačkoj skupštini u sklopu društva HED prihvaćen je prijedlog osnivanje »Zaklade Hrvoje Požar« u čast oca hrvatske energetske škole koji je pokrenuo znanstvena istraživanja kompleksnoga energetskog sustava. Zadatak Zaklade je:

- stipendiranje mladih energetičara
- financiranje znanstvenih istraživanja mladih znanstvenika — energetičara
- nagrađivanje znanstvenih dostignuća.

Broj stipendija ovisit će o financijskim mogućnostima Zaklade. Zaklada dodjeljuje godišnju nagradu »Hrvoje Požar« za posebna dostignuća na području energetike,

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

NOVA POGONSKA BATERIJA ZA ELEKTROAUTO

Na sajmu automobila u Ženevi izložen je prototip osobnog hibridnog automobila Volkswagen Chico s novim tipom nikl-hibrid baterija, koju je razvila tvrtka Varta. Takva je baterija naročito pogodna za hibridna vozila, gdje se motor s unutarnjim izgaranjem koristi za duge vožnje, a elektromotor za kratke, npr. za dolazak iz periferije u središte grada i povratak. Ugrađena je baterija teška samo 45 kg, a dostaje za dest vožnji od 20 km. Ona je u mogućnosti da daje dovoljno struje potrebne pri ubrzanju. Ispitivanja su pokazala da svojstva baterije prelaze sva do sada poznata. Baterija u VW Chico ima napon 72 V, nazivni kapacitet od 30 Ah i gustoću snage 200 W/kg. Punjenje baterije je vrlo brzo. Oko 80% energije ona može primiti za 15 minuta. Osim toga, ne traži nikakvo održavanje, a trajnost joj je kao nikl-kadmij-skih baterija.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 7

Mrk

VODOPRIVREDNI PLANI MAROKA DO 2020.

Visoko vijeće za vodoprivredu Maroka raspravljalo je u siječnju ove godine u Rabatu o vodoprivrednom razvoju bazena rijeke Bouregreg, Sebon i Oum er Rabia, koje iz gorja Atlasa teku u Atlantski ocean. Površina obuhvaćena pla-

nom iznosi 95 000 km². Na tim je rijekama do sada podignuto 17 brana i hidroelektrana koje proizvode 1 770 GWh godišnje i natapaju površinu od 480 000 ha. Razvoj industrije i porast stanovništva tražit će sve više vode. Od 761 milijun m³ u 1990. potrošnja će u 2020. narasti na 2 520 milijuna m³, pa će trebati dovesti vodu od rijeke Sebon do Casablance. Glavni dio plana predviđa gradnju 31 brane do 2020. i prebacivanje vode sa sjevera na jug kanalom dugim 250 km te gradnju 25 hidroelektrana. Planirane elektrane će proizvoditi 3 640 GWh godišnje, a moći će natapati površinu od 856 000 ha. Predviđene investicije iznosile bi 6,88 milijardi USD.

Water Power, March 1992.

Mrk

PREDVIĐEN PAD POTROŠNJE ENERGIJE U BIVŠOJ ZAPADNOJ NJEMAČKOJ

Prema najnovijim prognozama njemačkog ESSO A.G., Njemačka će najkasnije do godine 2000. doseći svoju maksimalnu potrošnju primarne energije, unatoč predviđenom privrednom rastu. U zapadnom dijelu Njemačke, prema predviđanju, bit će već 2000. godine potrošnja energije za 2% manja od potrošnje u 1991. Od godine 1990. do 2010. bruto-proizvod imao bi se povećati za 80%, a primarna

energija pasti od 15 000 Pj na 14 300 Pj. Tada bi udio nafte iznosio 36%, ugljena 25%, a zemnog plina 24%.

ETZ, god. 113 (1992), br. 2

Mrk

POTPISANA ENERGETSKA KARTA EUROPE

U prosincu 1991. potpisan je dokument »Energetska karta Europe«, na sastanku 45 država u Haagu. Među potpisnicima je i bivši SSSR. Premda je to samo deklarativna izjava bez pravne obveze, koja sadrži načela i ciljeve europske globalne suradnje na području energetike i tržišta energije, ona predstavlja temelj novostukturiranoga europskoga energetskega gospodarstva.

ETZ, god. 1/3 (1992), br. 2

Mrk

PADA TLAK U GEOTERMALNOM POLJU U KALIFORNIJI

Na kalifornijskom geotermalnom polju »The Geysers«, oko 100 km sjeverno od San Francisca, već neko vrijeme pada tlak pare za približno 10% godišnje. Danas na tim poljima svoje termoelektrane ima 9 poduzeća. One mogu sada proizvesti snagu od 1 500 MW, prema 2 000 MW koliko su mogle prije 4 godine. Svojevremeno su ove elektrane davale 6% potrebne električne energije u Kaliforniji. Kako bi se tlak podigao odnosno stabilizirao, pokušava se ucrpljivati u bušotine površinsku vodu.

ETZ, god. 133 (1992), br. 2

Mrk

U NJEMAČKOJ SE SMANJUJE BROJ TOPLINSKIH PUMPI

U zapadnom dijelu Njemačke broj toplinskih pumpi smanjio se od 1990. na 1991. za 4%, tj. od 55 800 na 53 600. Razlog je tome povoljna cijena nafte i plina. Električna priključna snaga tih se uređaja snizila od 379 MW na 366 MW. Sa 75% navedene snage bilo je grijano oko 63 000 stanova.

ETZ, god. 113 (1992), br. 4

Mrk

SAVJET EZ ZA NENUKLEARNU ENERGIJU

Savjet Europske zajednice dao je u rujnu 1991. prijedlog o specifičnom programu za istraživanje i tehnološki razvoj u oblasti nenuklearne energije, za razdoblje 1991 – 1994. godine. Postavljeni su sljedeći ciljevi i istraživačke teme:

- strategijska analiza i razvoj modela u europskom energetskom sektoru, prije svega gledajući emisije plinova odgovornih za stvaranje efekta staklenika
- dobivanje energije iz fosilnih goriva uz nisku emisiju
- obnovljivi energetske izvori kao solarna energija i upotreba biomase
- geotermička energija
- upotreba i štednja energije u obrtu i industriji te grijanju kuća upotrebom gorivih ćelija, kao povećanje korisnosti u prometu.

Za navedeni program predviđeno je 155,43 milijuna ECU, od čega 18 milijuna za osobne i upravne troškove.

ETZ, god. 113 (1992), br. 2

Mrk

HIDROELEKTRANA CABORA BASSA PRORADIT ĆE PUNOM SNAGOM VJEROJATNO 1994.

Hidroelektrana Cabora Bassa izgrađena je u Mozambiku (jugoistočna Afrika) na rijeci Zambezi. S punom snagom (9 × 400 MW) ušla je u pogon 1979. i tada je bila po veličini četvrta hidroelektrana na svijetu. Najveći dio njezine energije namijenjen je Južnoafričkoj Republici, pa je stoga izgrađena istosmjerna veza do stanice Apollo blizu Pretorije. Istosmjerni prijenosni vod dug je 1 400 km. Uz istosmjerni napon ± 533 kV može u normalnom pogonu prenositi 2 000 MW. No kratko nakon završetka ovog velikog projekta ustanici protiv vlade u Mozambiku srušili su dio dalekovoda, pa je elektrana radila samo s 1% svoje snage za opskrbu grada Tete udaljenog 150 km. Za cijelo ovo dugo vrijeme stajanja elektrana je proizvodila samo troškove, no cijeli je sustav bio dobro održavan.

No sad, međutim, kad su se prilike sredile moći će se pristupiti obnovi dalekovoda. Računa se da treba obnoviti 1 415 stupova, a do stavljanja u pogon trebalo bi utrošiti 100 milijuna USD. Ukupni radovi trajali bi 22 mjeseca. U tijeku su pregovori da se iz elektrane dobavlja energija i u Zimbabve. Možda bi vodovi za Zimbabve bili prvi stupanj južnoafričkog povezivanja u 14 država.

ETZ, god. 113 (1992), br. 3

Mrk

POTROŠNJA PRIMARNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ 1991.

Potrošnja primarne energije u zapadnom dijelu Njemačke porasla je prema prethodnoj 1991. za 4,2% i iznosila 408,5 milijuna tona ekvivalentnog ugljena (tec). Najviše je porasla potrošnja zemnog plina, i to 7,8%, a njegov udio u potrošnji primarne energije za 18,1%. Razlog tog povećanja bila je nešto hladnija zima i povećani broj potrošača u kućanstvima i industriji. Treba primijetiti da se prošle godine dvije trećine građevinara odlučilo na grijanje stanova zemnim plinom.

Naprotiv, u istočnom (novo priključenom) dijelu Njemačke potrošnja primarne energije pala je za 26,5% tj. na 82,5 milijuna tec. Potrošnja zemnog plina pala je za 13%.

Udjel pojedinih energenata u utrošenoj primarnoj energiji u 1991. u Njemačkoj, dan je u sljedećem pregledu:

Primarna energija	100,0%
Nafta	41,2%
Kameni ugljen	18,6%
Zemni plin	18,1%
Nuklearna energija	11,6%
Smeđi ugljen	8,0%
Ostalo	2,5%

ŠTO S ODBAČENIM BATERIJAMA?

Danas je upotreba različitih baterija vrlo široka i svestrana. Znatne sur količine koje se nakon istrošenja uklanjaju, no neke od njih su opasne za okoliš. Nekontrolirano bacanje npr. u kućno smeće može izazvati trovanje tla i ljudi. Vrlo

raširene olovne akumulatorske baterija već se odavna recikliraju i olovo se ponovno koristi. Mnogo upotrebljavane baterije različitih veličina jesu one alkalijsko-manganske. Nisu opasne i mogu se bacati u ostali otpad. Nikl-kadmij-ske baterije treba pak zbog ekoloških i praktičkih razloga drugačije tretirati. Njih treba skupljati i nakon uklanjanja čeličnog plašta odijeliti nikl od kadmija. To se postiže mehaničkom, termičkom (pri 1500°C) i elektrolitskom obradom i zatim se ovi metali mogu upotrijebiti kao sirovine. Najopasnije su svakako one koje sadrže živu, a to su male dugmaste baterije. Živu treba odstraniti na taj način da se njihovo kućište mehanički razbije, a živa uz dodatak nekih primjesa destilira.

Da reciklaža bude ekonomična uvjet je da se različiti tipovi baterija skupljaju odijeljeno. Zajedničko skupljanje traži ručno sortiranje, što poskupljuje postupak.

Energie, god. 44 (1992), br. 3.

Mrk

POTEŠKOĆE U DOBIVANJU PLINA IZ NORVEŠKOG PODMORJA

Norveška danas iz svojih podmorskih bušotina dobiva dnevno 2 milijuna barela sirove nafte. Time su premašili Britance koji su bili najveći europski proizvođači nafte. Norvežani nastoje i nadalje povećati proizvodnju uvodeći novu tehniku horizontalnog bušenja. Pokusna ispitivanja ove nove tehnike, koju primjenjuje poduzeće Norsk Hydro, pokazala su da je moguće iskoristiti naftovodna polja koja stoje ispod također lukrativnog plina. Europa troši sve više plina, pa se planira da bi Norveška u 2010. godini mogla isporučivati 60 milijardi m³, a to je dvostruko više nego danas. Postavlja se, međutim, pitanje što će biti s naslagama nafte čije je vađenje ovisno o pritisku plina koji se nalazi iznad. Još od vremena otkrića plina u Norveškoj 1979. zna se da se ispod plina, na najvećem europskom plinskom nalazištu Troll, 50 km zapadno od Bergena, nalaze tanki slojevi nafte. Oni moraju biti izvučeni prije nego se iskoristi plin i padne pritisak. Postoji, naime, bojazan da se zbog velike potražnje plina i intenzivne eksploatacije onemogući dobivanje nafte. Na nalazištu Troll trebalo bi se 1996. početi s vađenjem nafte, jer će inače biti izgubljena. Prema procjeni horizontalnim bi se bušenjem na tom nalazištu moglo iskoristiti 500 do 600 milijuna barela nafte. Ukupni troškovi za uvođenje horizontalne tehnike bušenja iznosili bi približno 4 do 6 milijardi DEM, ali u svakom slučaju oni se isplate. Poduzeće Norsk Hydro računa da bi se ova nova tehnika bušenja mogla primijeniti na najmanje još tri polja u Norveškoj. Državi je u interesu da se zemaljska dobra što bolje iskoriste, pa vlasti budno prate da zainteresirana poduzeća, zbog prebrze eksploatacije plina, ne upropaste naftu.

Energie, god. 44 (1992), br. 3

Mrk

AMERIKANCI BUŠE NAFTU U SIBIRU

Američki koncern Pennzoil, sa sjedištem u Houstonu, Texas, prvi je američki petrolejski koncern aktivan u Rusiji. Već će ove godine u okviru s ruskim poduzećem Agansk Geological Enterprise započeti eksploataciju naftnih polja u blizini rijeke Ob u Sibiru, koja su otkrivena tek 1986. Ocjenuje se da će se iz ovog polja moći izvući 40 milijuna barela nafte. U početku bi dnevna proizvodnja iznosila 25 000 barela, od čega će 25% pripasti Amerikancima. Nekoliko stotina metara od bušotina nalazi se naftovod s priključkom na

transibirski naftovodni sistem. Prijevoz nafte obavljao bi se morskim putem preko crnomorskih luka. Osim naftom to je područje bogato i zemnim plinom.

Energie, god. 44 (1992), br. 3

Mrk

KOOPERACIJA ČEŠKOSLOVAČKE I NJEMAČKE ELEKTROPRIVREDE

Češkoslovačko poduzeće CEZ i njemačko RWE zaključila su u siječnju 1992. sporazum o intenziviranju i proširenju međusobne suradnje, utanačene prošle godine. Suradnja obuhvaća sva pitanja proizvodnje i razdiobe električne energije. CEZ je danas još državno poduzeće, ali će biti privatizirano u najskorije vrijeme. Pretvoreno će biti u moderno uspješno suvremeno elektroprivredno poduzeće koje će u punoj mjeri poštivati ekološke zahtjeve. U okviru predviđene suradnje oba će poduzeća raditi putem potrebnih analiza na optimizaciji i dodatnoj opremi elektrana. Stvorit će se odgovarajuća organizacija i istražiti mogućnosti modernog obračunskog poslovanja.

Energie, god. 44 (1992), br. 4

Mrk

PROSJEČNI POTROŠAK GORIVA PO OSOBNOM AUTU

Po osobnom autu godišnje prosječno najviše troši vozač u Sjedinjenim Američkim Državama. Taj potrošak iznosi 2 887 litara. Slično je i u Australiji, gdje je potrošak od 2 276 l samo nešto niži. U obje zemlje riječ je o velikim udaljenostima, ali i velikim kolima koja mnogo troše. Naprotiv, u Italiji su u upotrebi manji automobili, što znači i manji potrošak goriva.

U sljedećem pregledu dani su podaci o prosječnom godišnjem potrošku goriva po osobnom automobilu u litrama u nekoliko, uglavnom europskih zemalja (stanje 1989).

SAD	2 887 l	Danska	1 235 l
Australija	2 276 l	Austrija	1 208 l
Grčka	1 894 l	Njemačka	1 175 l
Švedska	1 663 l	Portugal	1 157 l
Švicarska	1 620 l	Belgija	1 052 l
Irska	1 504 l	Španjolska	915 l
V. Britanija	1 480 l	Nizozemska	860 l
Japan	1 275 l	Italija	674 l

Energie, god. 44 (1992), br. 5

Mrk

ELEKTRANA NA UZGON ZRAKA

Godine 1982. ušla je u Španjolskoj (Manzanares) u pogon, prva u svijetu, pokusna elektrana pokretana strujama zraka nastalima zbog razlika temperature. Na površini kao dva nogometna igrališta sunce je grijalo tlo ispod prozirnih folija ili stakla. Nastalo je ugrijavaње kao u stakleniku. U centru grijane površine bio je dimnjak visok 200 m kroz koji struji ugrijani zrak i tjera zračnu turbinu s generatorom. Unutoč glomaznosti ovog uređaja snaga elektrane bila je samo 100 kW. Treba, međutim, istaknuti da je sunčana energija ovdje samo djelomično iskorištena jer toplina zraka odlazi u nepovrat. No elektrana ima i prednosti. Ona daje energiju i nakon zalaza sunca, jer se tlo lagano hladi. Uređaj je doduše glomazan, ali relativno jednostavan i pouzdan. Elektrana je prestala s radom, no sve ocjene i vred-

novanja još nisu završena. Stručnjaci se spore oko njezine upotrebljivosti i ekonomičnosti. No jedno je sigurno: ako bi se još neka elektrana gradila na tom načelu, dimnjak bi morao biti mnogo viši.

Energie, god. 44 (1992), br. 5

Mrk

BRAZIL GRADI TERMOSOLARNU ELEKTRANU

Internacionalni konzorcij zajedno s brazilskim elektroprivrednim poduzećem CEMIG (Companhia Energetica de Minas Gerais) gradi u saveznoj državi Minas Gerais termosolarnu elektranu snage 150 MW. Završetak se predviđa 1994. To je prvi dio programa izgradnje takvih elektrana do 2000. godine, ukupne snage 500 MW. Elektranu će napajati sjeveroistočni dio Brazila za potrebe natapanja i razvoj poljoprivrede, kao nadopuna hidroelektrana u sušnom razdoblju. Projektom je predviđen tip termosolarne elektrane s paraboličnim žljebovima. Takav je tip primijenjen na 9 elektrana ukupne snage 354 MW, u Kaliforniji. To je prvo takvo solarno postrojenje izvan SAD. Osim toga će za dopunu biti izgrađen plinsko-parni turbosistem (Combined Cycle) visoke korisnosti.

Cijeli je projekt (150 MW) procijenjen na 245 milijuna USD, sa specifičnim investicijama od 1 650 USD po kW. Solarni će dio proizvesti 80 milijuna kWh godišnje, a u sušnim razdobljima kombinirani sistem još 100 milijuna kWh. Proizvedeni kWh stajao bi 5,1 cent.

Energie, god. 44 (1992), br. 5

Mrk

SOLARNI MOTORNI ČAMAC »SOLIST«

Solarni motorni čamac »Korona«, o kojemu je na ovom mjestu pisano u *Energiji* (god. 40 (1991), br. 3) neće biti dalje građen u serijama, već poboljšani tip »Solist«. Dimenzije tog brodića su sljedeće: duljina 7,2 m, širina 2,30 m. On ne izbacuje ispušne plinove ni mazivo ulje. Solarni generator ima površinu 9 m², a sastoji se od 720 solarnih ćelija, nazivne snage 1 kW. Ugrađeno je 10 olovniha baterija. Četveropolni asinkroni motor snage 2,2 kW pokretan je i upravljan preko usmjerivača. Maksimalna brzina brodića je 12 km/h, a putna 9 km/h. Bez sijanja sunca može se maksimalna brzina držati 4 sata, a pri punom sjaju 6 sati. Putna pak brzina može u prvom slučaju trajati 12 sati, a u drugom bez ograničenja.

ETZ, god. 113 (1992), br. 1

Mrk

USPORENO OTVARANJE TUNELA ISPOD KANALA

Graditelji tunela ispod La Manchea izjavili su da tunel neće moći preuzeti promet, kako je planirano, sredinom 1993, već potkraj ljeta. No i tada će biti moguć samo naizmjenični promet, a normalan tek sredinom 1994. Gradnja i opremanje triju tunelskih cijevi trajat će dulje nego što je bilo predviđeno. Poduzeće Eurotunnel u sporu je s britansko-francuskim konzorcijem koji gradi tunel zbog cijene unutarnje opreme. K tome su još usporavanja zbog dobave voznog materijala za britanske i francuske željeznice.

ETZ, god. 113 (1992), br. 5

Mrk

NOVI KERAMIČKI MATERIJALI

Keramika dobiva u strojogradnji sve više na značenju u usporedbi s uobičajenim materijalima, npr. metalima i umjetnim masama. Takva se keramika proizvodi od vrlo čistih oksida, nitrida, karbida, borida i silicida, dakle iz kemijskih spojeva elemenata kisika, dušika, ugljika, bora i silicija s metalima.

Prednosti keramike prema uobičajenim materijalima su sljedeće:

- veća tvrdoća od čelika
- temperturna postojanost do 2000 °C
- izolacija prema toplini i struji
- vođenje topline pri odgovarajućem rasporedu atoma
- stabilnost prema agresivnim tvarima
- otpor prema habanju
- mala težina u usporedbi s metalima.

Zbog navedenih osobina primjena tih materijala je mnogostruka.

Poteškoća je jedino u krhkosti keramike. Mikroskopske pogreške u proizvodnji ili nečistoće u sirovini mogu biti početne točke za stvaranje pukotina. Da se to izbjegne, primjenjuju se ispitivanja kompjutorski upravljanih laserskih i rendgenskih zraka, kao i ultrazvuka.

ETZ, god. 113 (1992), br. 5

Mrk

VEZA ZAPADNOEUROPSKOGA I ISTOČNOEUROPSKOGA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

Istosmjerna veza Dürnröhr kraj Beča za sada je jedina veza elektroenergetskog sistema UCPTE i istočnoevropskog sistema bivšeg SEV-a. Jedna se takva veza gradi između Bavorske (Etzenricht) i Češke (Hradec) i trebala bi biti završena do kraja 1992. Snaga koja će se prenositi iznositi će 600 MW, a uređaj će biti obostrano vezan na mrežu 380 kV, ukupne duljine 150 km. Cijena cijelog projekta iznositi će 300 milijuna DEM. Sljedeća se istosmjerna veza planira između Austrije i Mađarske jugoistočno od Beča. Svojedobno se takav uređaj predviđao također između nekadašnjih Zapadne i Istočne Njemačke visokonaponske mreže (Helmsted-Magdenburg), ali će sredinom 1992. istočnonjemački elektroenergetski sistem biti odvojen od istočnoevropskog i priključen na sistem UCPTE. Poteškoće se ne predviđaju jer je taj sistem, za razliku od ostalih u istočnoj Europi, potpuno autarkičan.

ETZ, god. 113 (1992), br. 5

Mrk

NA NAŠIM PROSTORIMA OPET »NOVI« GROMOBRANI

U našem tisku (»Slobodna Dalmacija«, 25. 1. 1991), a prethodno i kratka informacija u TV-dnevniku HTV, pojavila se reklamna informacija o tzv. američkom gromobranu pod naslovom »Američki gromobrani u Splitu«. Priopćava se o ekskluzivnoj promociji novog načina »osiguravanja« od udara munje — gromobrana američke tvrtke L.E.C. U prostorijama »Brodmerkura« u Splitu prezentiran je novi (dakako »sigurnosni«) protugromovni sustav što se uspješno primjenjuje u SAD, a zaštićuje od udara munje najosjetljivija postrojenja velikih industrijskih sustava, kao i zgrade za stanovanje. Gromobran koji nalikuje na kišobran, s

kemijskom sondom (uzemljivačem), moći će se nabaviti u prodajnom centru »Brodmerkura« u Splitu za zaštitu manjih privatnih kuća. Orijentacijska cijena iznositi će oko 20 tisuća dinara (početak 1991. god.). Za zaštitu velikih sustava cijena je mnogo veća. Dokumentacija se prethodno šalje u SAD, gdje se kompjutorski izrađuje projektna dokumentacija, pa je rok isporuke od 30 do 60 dana.

Toliko o tom reklamnom prikazu u tisku. Na to ima i onu »drugu stranu« — povijesno značenje. Naš poznati gromobranski djelatnik ing. Anton Simonetti u Poreču (»Laguna-Inženjering«) došao je već prije do prospekta navedene tvrtke u SAD, L.E.C., za spomenuti gromobran i kemijsku sondu, kao i do patentne prijave našeg velikana fizike *Nikole Tesle* iz 1918. god. (P-456-1, 266, 175 Patented May 14, 1918, USA) za upravo »taj« tip ili vrstu »američkog« gromobrana. Osnovni izgled obaju gromobrana potpuno je isti. Ovaj »novi, američki«, samo je malo promijenjen u detaljima »kišobranskih« krakova.

Na sredinom svibnja 1992. god. održanom »Kolokviju o atmosferskim električnim izbijanjima i zaštiti od posljedica« u Ljubljani prikazana je pak nova munjovodna hvataljka kao zamjena za RAG tvrtke »Duval-Messien« iz Francuske pod nazivom »Satelit«. Radi se o modificiranoj izvedbi Franklinove hvataljke s dodanim generatorom iona (s autonomnim izvorom električne energije). Uređaj je označen kao »aktivna hvataljka« zaštitne instalacije. S obzirom na mogućnost stvaranja neovisne ionizacije kao dopune prirodnoj ionizaciji pripisuje se toj hvataljci povišenje točke hvatanja te time povećanje radijusa zaštitne zone.

Za prvu »novost« u zaštiti od udara munja možemo se samo ponadati da neće dovesti do neke nove »euforije« u tobožnjem poboljšanju zaštite — kao što je bilo s tada gotovo proglašenom revolucijom u zaštiti s RAG-om (radioaktivnim gromobranom). Kako je dobro poznato, s njim se baš nismo proslavili ni tadašnje, danas već vrlo daleke 1968. god., niti kasnijih godina u ponekad pravoj »borbi mišljenja« u nas, a naročito ne u europskoj stručnoj i znanstvenoj javnosti zaštite od munje. Iz Splita nema nikakvih informacija o tom novom gromobranu — ili barem nisu javno poznate. Nadajmo se također da s time u svezi neće biti ni bilo kakvih »dilema« — posebice u pogledu pokušaja zamjene bivšeg RAG-a.

Za drugu novost u zaštiti od munje treba naglasiti da je bilo u razmjerno dužoj raspravi o toj »novoj« hvataljci (možda se može reći »podmetnutoj« kao zamjena za RAG) vrlo jasno rečeno da treba poći u cjelokupnoj problematici zaštite od prenapona u smjeru europskih propisa, standarda i kriterija, kao i onih od IEC-a. Svakako ne treba prihvaćati bilo kakva neprovjerena rješenja i »novosti«. Ova nova hvataljka može se eventualno upotrijebiti kao dopuna, ali nikako ne kao zamjena za nešto drugo. Dakako da bi ona trebala biti prihvaćena od IEC-a. (Možemo se još podsjetiti da je već na 12. Međunarodnoj gromobranskoj konferenciji 1973. god. u Portorožu bilo rečeno da se RAG može eventualno koristiti kao izvanstandardna hvataljka i ništa više, ali da je on za europske znanstvenike i stručnjake »pokopan«.)

Dr. Zvonimir Krulc

SAVJETOVANJA I KONFERENCIJE

DRUGA MEĐUNARODNA KONFERENCIJA — HYDROPOWER'92

U Lillehammeru (Norveška) od 16 do 18. lipnja 1992. održana je druga međunarodna konferencija pod naslovom »HYDROPOWER'92«. Lillehammer je gradić s dvadesetak tisuća stanovnika, 170 km sjeverno od Osla. Nalazi se na obalama najvećeg jezera u Norveškoj koje se zove Mjosa. Inače, u Lillehammeru će se održati 1994. godine Zimske olimpijske igre. Ovu konferenciju organizirale su sljedeće institucije:

Norwegian Institute of Technology
The Norwegian Power Pool,
Federation of Norwegian Energy Utilitis and
Water System Management Association.

Formirana je bila međunarodna savjetodavna grupa (sedam članova iz različitih zemalja Europe, Azije, Kanade i Amerike), kao i Nacionalni organizacijski komitet, te tehničko i administrativno osoblje koje se brinulo da konferencija bude što bolje organizirana i sudionici zadovoljni. Dojam je da su uspjeli u svemu.

Na konferenciji je sudjelovalo više od 270 znanstvenika i stručnjaka iz četrdeset zemalja Europe, Azije, Afrike, Kanade i Amerike (sjeverne i južne). Navest će se zemlje sudionice i broj sudionika: Norveška (132), Kina (15), Švedska (14),

Pakistan (11), SAD (11), Kanada (9), Njemačka (8), Nepal (7), Francuska (6), Velika Britanija (5), Island (5), Italija (4), Švicarska (3), Tanzanija (3), Turska (3), Indonezija (3), Hrvatska (2), Slovenija (2), Japan (2), Tajland (2), Kostarika (2), Etiopija (2), Portugal (2), Šri Lanka (2), Finska (2), Malavi (1), Nizozemska (1), Namibija (1), Indija (1), Argentina (1), Butan (1), Burma (1), Kolumbija (1), Filipini (1), Lesoto (1), Češko-Slovačka (1), Austrija (1), Luksemburg (1) i Danska (1).

Rad konferencije bio je podijeljen u 7 sekcija ili tematskih cjelina. Za prvu sekciju

Tuneli i podzemni radovi

pripremljeno je 32 referata. U njima je razmatrana problematika podzemnih radova vezanih za izgradnju hidroelektrana sa stajališta tehničko-ekonomskih aspekata, kao i utjecaja na okoliš, odnosno zaštitu okoliša.

Druga tema ili sekcija imala je naslov

Rezervoari i okolina (gospodarenje vodnim resursom)

Referati — pristiglo ih 21 — obrađivali su problem vodnog blaga s obzirom na izgradnju akumulacijskih jezera, kao i utjecaja tih jezera na okoliš. Inače kad je riječ o zaštiti oko-

liša, na ovoj konferenciji bilo je zaista mnogo riječi i diskusije na tu temu.

Za treću temu pod naslovom

Sigurnost brane

pristiglo je 12 referata. U njima su prezentirani načini i postupci za proračun sigurnosti i stabilnosti brane, te novi pristup u dizajniranju preljeva. Dakako, kroz sve tematske cjeline provlači se nit koja povezuje tehničko-ekonomske aspekte s utjecajem na okoliš, odnosno zaštitu prirodnih ljepota.

Četvrta tema imala je naslov:

Moritoring hidroenergetskih sustava

U osam referata, koliko ih je pripravljeno za ovu temu, autori su prezentirali suvremena dostignuća na području kontrole i promatranja hidroenergetskih sustava.

Za petu temu pristiglo je 19 referata, a zvala se

Optimalna proizvodnja električne energije na svim razinama (regionalni, nacionalni i internacionalni)

U referatima je prezentirana problematika optimalne proizvodnje električne energije u hidroelektranama s obzirom na njezin udio u sustavu (mješoviti hidro-termosustav). Isto tako, prezentirani su neki optimizacijski modeli korištenja akumulacijskih bazena.

Šesta tema (9 referata) s naslovom

Opskrba električnom energijom — izbor energetskeg resursa za proizvodnju električne energije

obrađivala je problematiku izbora energetskeg resursa za proizvodnju električne energije. Energetsko-ekonomskim analizama razmatrani su različiti tipovi izvora električne energije i odabirani najpovoljniji. Razmatrana su uklapanja u elektroenergetski sustav kako hidroelektrana termoelektrana, tako i solarnih elektrana.

Kao i za šestu grupu, i za sedmu je pristiglo 9 referata. Sedma nastavna cjelina imala je naslov

Plan i program hidroelektrana

U ovih 9 referata predstavljen je hidropotencijal nekih zemalja, kao i pregled nekih prvih hidroenergetskih postrojenja. Razmatrana je i problematika višenamjenskoga korištenja hidroenergetskih postrojenja te njihov utjecaj na okolišu. Inače, kako je već spomenuto, na ovoj konferenciji bilo je dosta govora o zaštiti čovjekova okoliša, te kako i na koji način u budućnosti graditi hidroenergetske objekte a da se što bolje uklapaju u prostor i da što manje zagađuju odnosno narušavaju okoliš. Svi referati su navedeni u Zborniku HYDROPOWER'92, A.A. BALKEMA/ROTTERDAM-/BROK-FIELD/1992. Zbornik se nalazi u Institutu za elektroprivredu Zagreb, Avenija Vukovar 37 (podaci u redakciji »Energije«). Svi zainteresirani koji se žele temeljitije upoznati navedenom materijom mogu to učiniti u svako doba.

Slavko Alerić

MEĐUNARODNI SPECIJALIZIRANI VELESAJAM I KONGRES ZA GEO-ZNANOSTI I GEOTEHNIKU GEOTECHNICA KÖLN 1993

Organizator priredbe **Geotechnica** je Kölnski velesajam, a njezin idejni nosilac je Zaklada »Alfred Wegener« (AWS), iz

Bonna, koja ujedno organizira međunarodni kongres geoznanosti.

Geotechnica Köln 1993 pružit će cjelokupan uvid u sisteme, postupke, uređaje, tehnologije i usluge, što će ih nuditi više od 500 izlagača na izložbenoj površini od 20 000 m² svim disciplinama geoznanosti i geotehnike. SAD, koje su već 1991. bile iza Kanade drugi po obujmu prekomorski sudionik na priredbi **Geotechnica** pridonijet će bitno daljnjem porastu međunarodnog sudjelovanja na ovoj priredbi, zahvaljujući potpori ministarstva trgovine SAD.

U skupini tema pripremanog kongresa pod motom »Korištena zemlja: ekosistemi, dobivanje sirovina, izazovi« očekuju se međunarodno priznati specijalisti kao referenti.

Ministarstvo trgovine Sjedinjenih Američkih Država (U.S. Department of Commerce), Washington, dodijelilo je »Trade Fair Certification« (svjedodžbu kvalitete) priredbi **Geotechnica** Köln 1993. — Međunarodnom specijaliziranom velesajmu i kongresu za Geoznanosti i geotehniku. Tom poveljom priznaje vlada SAD »Efikasnost i iskustvo priređivača te tržišno značenje velesajma kao promicatelja izvoza proizvoda SAD«, kako je u priopćenju za tisak navelo ministarstvo trgovine SAD.

To priznanje dokazuje uspjeh prve priredbe **Geotechnica** Köln 1991, koja se od samog početka afirmirala kao najvažnije mjesto razmjene na tržištu svih područja geoznanosti i geotehnike.

34. MEĐUNARODNI KONGRES CIGRE — PARIS

Od 30. kolovoza do 5. rujna ove godine održan je 34. međunarodni kongres CIGRE — Međunarodne konferencije za velike elektroenergetske sustave. Tom je prigodom zasjedanja Generalne skupštine 31. kolovoza primljen u punopravno članstvo Hrvatski komitet CIGRE. Uz Hrvatsku su primljeni u ovu međunarodnu organizaciju nacionalni komiteti Slovenije i Vijetnama. Tako sada u redovnom članstvu međunarodna CIGRE obuhvaća 48 nacionalnih komiteta, a naš Hrvatski komitet registriran je kao 46. član. Osnovni oblik djelovanja međunarodne CIGRE-Paris jest putem nacionalnih komiteta ili kroz individualno članstvo, pa CIGRE ima individualne članove u više od 140 država.

Hrvatski nacionalni komitet CIGRE osnovan je 18. veljače 1992. u Zagrebu. On okuplja elektroenergetičare koji rade u elektroprivrednim organizacijama proizvodnje, prijenosa, upravljanja tokovima električne energije i u distribuciji u Hrvatskoj elektroprivredi, zatim stručnjake iz znanstvenih ustanova, fakulteta i instituta, te stručnjake iz elektroindustrije. Registrirano je 70 kolektivnih i otprilike 300 individualnih članova. To su uglavnom oni koji su i prije vrlo aktivno sudjelovali u radu CIGRE.

Tijekom svibnja o. g. održano je savjetovanje o obnovi i izgradnji elektroenergetskog sustava Hrvatske oštećenog u ratu. Ovo savjetovanje bilo je prva organizirana akcija HK CIGRE i vrlo je uspjelo, te je pokazalo da hrvatski članovi mogu i ubuduće aktivno raditi na praćenju novih saznanja na planu elektroenergetike. Zato ne čudi da su u pripremi nove akcije među kojima posebno ističemo veliko Savjetovanje HK CIGRE i svih njezinih studijskih komiteta, koje je predviđeno za jesen 1993. godine.

Na kongresu u Parizu okupilo se više od 2 300 elektroenergetičara iz 74 različite zemlje svijeta, a podneseno je približno 300 referata iz 15 specijalističkih radnih grupa (studijskih komiteta) iz raznih područja elektroenergetike. U radu skupa sudjelovalo je desetak hrvatskih predstavnika (od toga 5 iz HEP-a), koji su imali i jedan referat, a sudjelovali su i u raspravama u sklopu radnih grupa.

Uz taj rad održane su i tri panel-diskusije. Teme su bile: Produljenje životne dobi opreme i postrojenja, Elektromagnetska polja i utjecaj na čovjeka i Zauzeće prostora izgradnjom nadzemnih visokonaponskih dalekovoda. Sve tri panel-diskusije bile su odlično pripremljene, odlično vođene i odlično posjećene. Zato ne čudi velika diskusija iz koje se moglo mnogo toga saznati i naučiti.

Osobito je zanimljivo bilo uvodno predavanje koje je podnio g. DAVID JEFFERIES iz THE NATIONAL GRID COMPANY pbl. iz Londona o temi *iskustva stečena restrukturiranjem i privatizacijom elektroprivrede Engleske i Walesa*. Ovo predavanje, popraćeno dijapozitivima, bilo je izvješće o pređenom putu od 1983. do 1990. u Velikoj Britaniji prigodom pretvorbe jedinstvenoga nacionalnoga elektroprivrednog poduzeća CEGS (Central Electricity Generating Board) u današnji oblik asocijacije dvadeset poduzeća (proizvodnih, prijenosnih i distribucijskih) koja rade na dohodovnom principu.

Osim toga, Kongres je bio popraćen brojnim stručnim posjetama postrojenjima ili istraživačkim laboratorijima Electricite de France, te je bilo moguće posjetiti neke od transformatorskih stanica (225/63 kV Cirolles, 400/225 kV Harcourt), regionalni dispečerski centar u St. Quentin en Yvelinesu, istraživački institut u Clamartu i laboratorije u Les Renardieresu i Seusu. Priredena je izložba *Radovi pod naponom u EDF-u* u prostorijama kongresnog centra, kao i druženje sudionika.

Hrvatski delegati pobrinuli su se da se prikupe svi materijali, referati, panel-diskusije i uvodno predavanje, i to na engleskom i francuskom jeziku. Svi ti materijali na raspolaganju su svim stručnjacima koji su za njih zainteresirani, kao i svim članovima Hrvatskog komiteta CIGRE.

Iskustva stečena prisustvovanjem međunarodnom kongresu poslužit će nam da ubuduće što bolje organiziramo i naša savjetovanja Hrvatskoga komiteta.

Josip Moser

NOVE KNJIGE I ČASOPISI

NOVI NACIONALNI ZNANSTVENO-STRUČNI ČASOPIS »CIVILNA ZAŠTITA«

Glavni stožer civilne zaštite Republike Hrvatske ocijenio je da u sustavu informiranja i unapređivanja razvoja civilne zaštite Republike Hrvatske nedostaje znanstveno-stručni časopis, u kojem bi kao autori sudjelovali djelatnici različitih profila i čiji bi publicirani radovi pridonijeli stvaranju odgovarajuće doktrine u ovom području.

Činjenica je da Republika Hrvatska nema odgovarajuće nacionalno glasilo u ovom području prema uzoru na slična glasila u drugim europskim zemljama — primjerice članicama Radne zajednice Alpe-Jadran.

Cjelokupna koncepcija civilne zaštite u Republici Hrvatskoj nalazi se pred novima definiranjem.

Jedan od nužnih elemenata u tom sklopu je i stalno znanstveno i stručno usavršavanje svih djelatnika Civilne zaštite, te informiranje građana o novim dostignućima na tom području. Glavni stožer civilne zaštite Republike Hrvatske zbog toga je pokrenuo nacionalni znanstveno-stručni časopis »Civilna zaštita«. To je prvo glasilo takvog tipa u Hrvatskoj, koje obrađuje tematiku iz svih područja obuhvaćaju mjere zaštite i spašavanja stanovništva i imovine u mirnodopskim i ratnim uvjetima.

Časopis će sadržavati izvorne znanstvene radove, prethodna priopćenja, pregledne radove, stručne radove i priopćenja, iz prakse, prijevode strane literature, propagandne i informativne priloge proizvođača sredstava i opreme civilne zaštite.

Časopis je nužan svim:

- profesionalnim djelatnicima u civilnoj zaštiti u republičkim, područnim, gradskim i ostalim stožerima Civilne zaštite
- djelatnicima civilne zaštite u poduzećima, ustanovama, mjesnim zajednicama, školama itd.
- nastavnicima i studentima Fakulteta političkih znanosti

- djelatnicima u društvenim i humanitarnim organizacijama kao što su Crveni križ, Vatrogasni savez, dobrovoljna vatrogasna društva, Caritas itd.
- proizvodnim, prometnim, trgovačkim, stručno-znanstvenim, obrazovnim, izdavačkim i drugim organizacijama od republičkog značaja za civilnu zaštitu
- zainteresiranim građanima.

U časopisu će se objavljivati prilozi sa sljedećim temama:

- organizacija Civilne zaštite
- skloništa i mjere sklanjanja
- zaštita od požara
- uzbunjivanje
- zamućivanje
- zbirnjavanje djece, nemoćnih i drugih ugroženih osoba
- organizacija i provedba evakuacije
- samopomoć i prva medicinska pomoć
- raščišćavanje ruševina
- zaštita od opasnih i otrovnih tvari
- zaštita od tehnoloških havarija i akcidenata u industriji
- zaštita i zbrinjavanje životinja
- zaštita usjeva i poljodjelskih kultura
- asanacija prostora zahvaćenih katastrofama ili ratom
- označavanje i uništavanje eksplozivnih sredstava i naprava
- organizacija opskrbe vodom, plinom, električnom energijom
- zaštita od poplava
- spašavanje na vodi
- zbrinjavanje materijalnih dobara
- informiranje, edukacija i promocija civilne zaštite.

Časopis »Civilna zaštita« izlazit će tromjesečno, na formatu A-4, opsega 70 tiskanih stranica, kao referentni časopis s međunarodnom razmjenom.

Nakladnik časopisa je Ministarstvo obrane Republike Hrvatske — Glavni stožer civilne zaštite Republike Hrvatske, a izvršni nakladnik je ZIRS — Zavod za istraživanje i

razvoj sigurnosti, Zagreb, Avenija Vukovar 68 (telefon 041/517-828, fax 041/516-012), na čiju adresu se dostavljaju rukopisi i prilozi.

Ove će godine izaći dva broja. Pretplata za godinu 1992. iznosi 1 600 HRD.

ZAŠČITA ELEKTRONSKIH APARATOV IN NAPRAV PRED PRENAPETOSTMI IN MOTILNIMI NAPETOSTMI

S. Starec

Vlastita naklada, 1990.

UDK 621316.933

314 str., 233 slike, 55 tablice, format 24 × 16,5 cm, polutvrđi (plastificirani) uvez, cijena 3 200.-SLT.

Naslov autora: SL61000 Ljubljana, Predjamska 3.

U suvremenom životu vrlo visokih dosega tehnološkog razvoja, posebice u području elektronskih uređaja i instrumenata u kojima se sve više ugrađuju vrlo osjetljivi čipovi — sve je veća potreba i odgovarajuće pouzdane zaštite. U svim tim elektronskim uređajima — od velikih računarskih (kompjutorskih) sustava pa do malih kućanskih aparata — predstavljaju sve vrste prenapona pravu »Ahilovu petu«. Stoga treba posvetiti sve veću pozornost suvremenoj prenaponskoj zaštiti.

Zbog tog razloga mora se pozdraviti svaki doprinos poznavanju te materije, posebice u obliku dobrog udžbenika i priručnika. To se odnosi na prikazanu knjigu problematike naponske zaštite od osnova tehnike zaštite do posebnih metoda i načina zaštite telekomunikacijskih i računarskih sustava.

Prikaz osnovnih poglavlja knjige daje već vrlo dobar uvid u njezin sadržaj.

1. Prenaponi kao uzrok i izvođenja zaštite elektronskih aparata i uređaja
2. Atmosferska električna izbijanja (LEMP).
3. Elektrostatska izbijanja (ESD).
4. Elektromagnetski impulsi atomske eksplozije.
5. Utjecaj elektroenergetskih sistema i mreža.
6. Pregled prenapona, dozvoljeni nivoi i mjerni postupci.
7. Pregled vrsta zaštite i smjernice za ocjenu ugroženosti mikroelektronike zbog prenapona.
8. Zaštitni elementi za ograničavanje prenapona.
9. Vanjska zaštita građevinskih objekata od udara munje.
10. Izjednačenje potencijala u zaštiti od munje.
11. Približavanja.
12. Magnetski ekrani.
13. Zaštitna izolacija.
14. Zaštita telekomunikacijskih sustava od prenapona.
15. Kombinacija iskrišta i varistora za prenaponsku zaštitu niskonaponskih uređaja napajanja.
16. Zaštita različitih međukonfiguracija u uređajima za prijenos podataka.
17. Prenaponska zaštita elektronskih sustava za prijenos visokofrekventnih signala.

Knjigu treba preporučiti posebice i projektantima i izvođačima objekata s mnoštvom vrlo osjetljivih elektronskih uređaja za najrazličitije svrhe. Svi veliki sustavi, kao što su elektroprivredne organizacije i jedinice, ptt-organizacije, željeznica, osiguravajući zavodi kao i proizvođači informacijskih uređaja, kao i zaštitne opreme trebaju pak imati dobro informirane stručnjake zbog pouzdanog pogona — posebice za nesmetani rad i što manje štete u korištenju osjetljivih elektronskih uređaja.

Dr. Zvonimir Krulc

O G L A S I

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II	MONTING — ENERGETIKA	310
KONČAR	omotna str. III	ELKA	316
TEP	omotna str. IV	IMPREGNACIJA	327
SYSEN — ISKRA	264	METAL — ELEKTRO (Obavijesti potrošača)	328
ELEKTROMATERIJAL	286	ELEKTROPROMET	331
IGM SAVA KRŠKO	294	MASINOIMPEN	332
TEP	302	BRODOMATERIJAL	333
PINIJA COMMERCE	309	EKONERG	334

»IMPREGNACIJA-TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosijeke,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.



METAL-ELEKTRO

Rastavljači serije SR-k

ZA VANJSKU

MONTAŽU

tip: SR-k-24-630/3-5/HZ

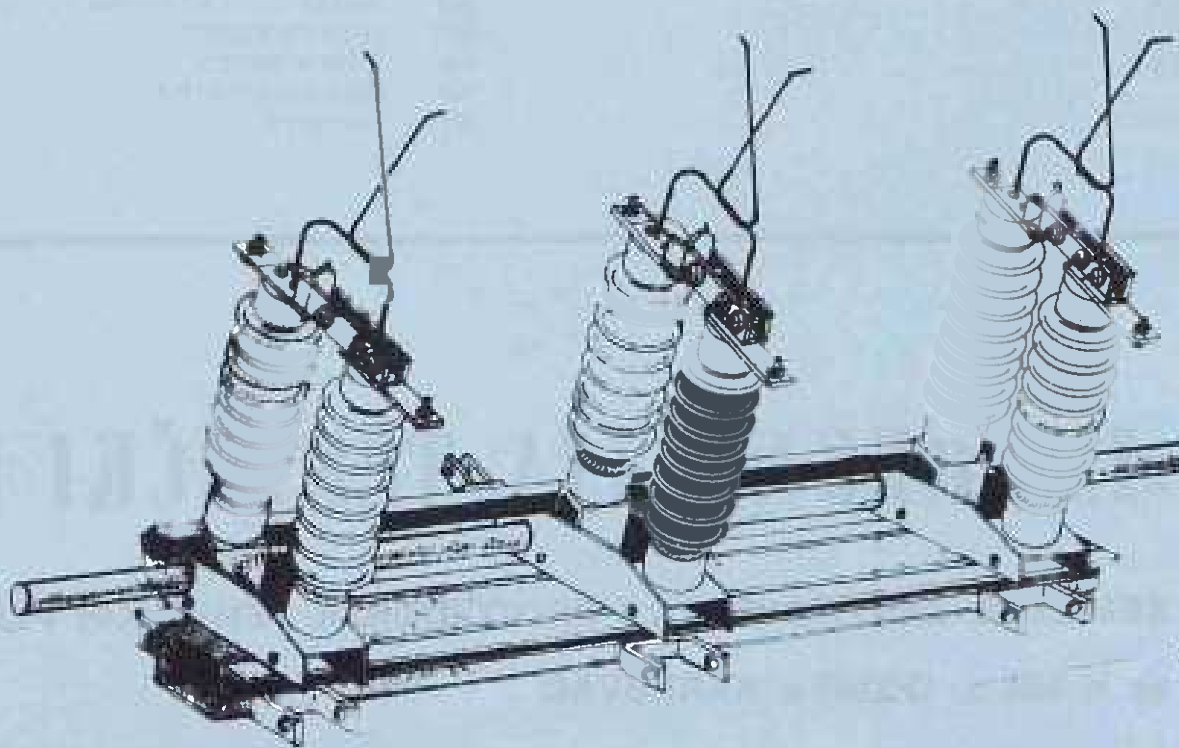
02. Tropolni linijski rastavljač i rastavne sklopke srednje naponskih (12/24 kV) zračnih vodova na stupu u vanjskoj montaži s tipnom oznakom

SR-k-24-400/3-500 s komorama Drišerovim.

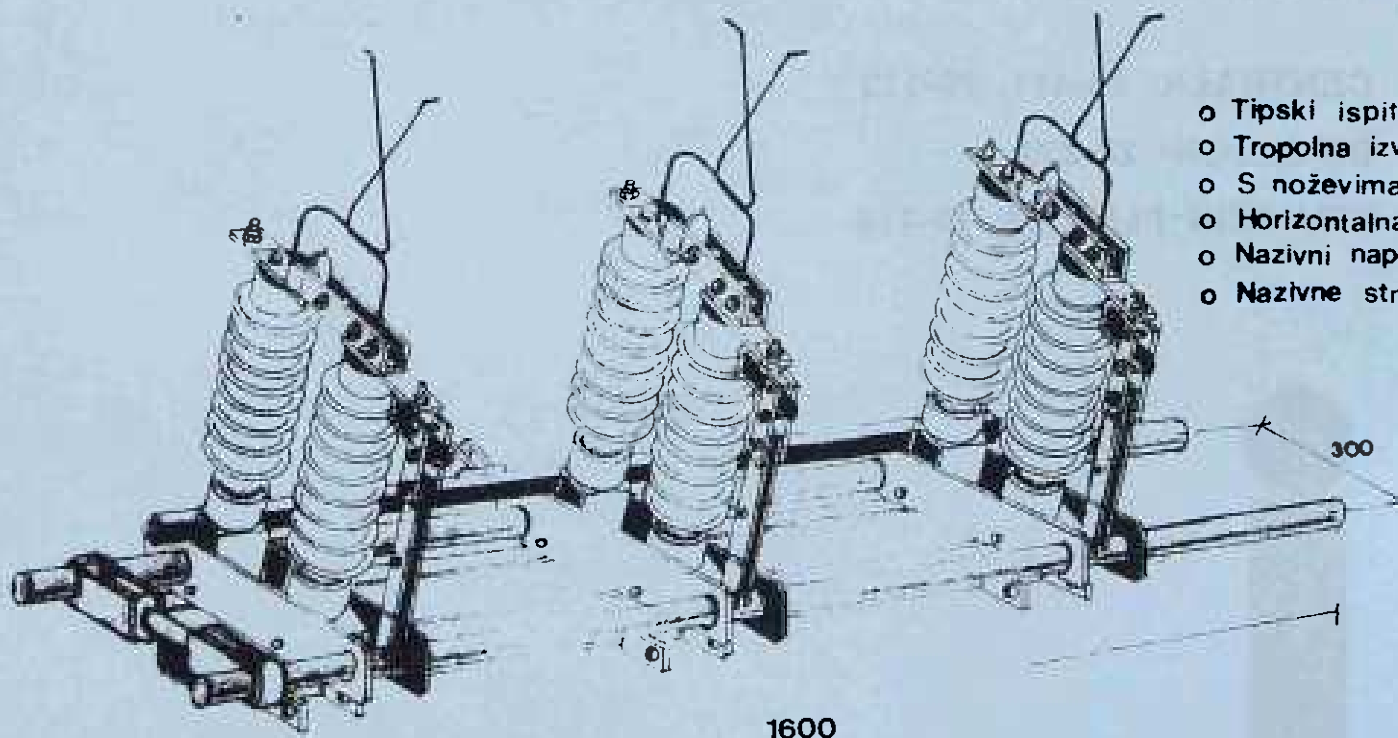
Koristi se za vidljivo odvajanje voda u beznaponskom stanju od dijela voda pod naponom.

Rastavne sklopke služe za uklapanje, trajno vođenje i prekidanje struje normalnog pogona i mogućih preopterećenja, trenutno mogu voditi struje kratkog spoja.

Za napon od 24 kV, nazivne struje 400 A ugradnja horizontalna na betonski, drveni i rešetkasti stup.



tip: SR-k-24-630/3-5/H



- o Tipski ispitan i atestiran
- o Tropolna izvedba s min. razmakom pola a 500 mm
- o S noževima kratkog spoja na osovini s uzemljenjem
- o Horizontalna montaža na drveni i betonski stup
- o Nazivni napon do 24 kV
- o Nazivne struje 630 A

TIPNO OZNAČAVANJE RASTAVLJAČA SERIJE SR

SR									
12	100	1	H	O	Z	B		5	
24	200	3	V			D		6	
36	400					M		7	
	630							8	
								9	

Polni razmak

TIP STUPA: B - betonski, D - drveni, M - metalni

Z - S prigradenim zemljospojnikom i (-) bez

O - Sa prigradenim osiguračima i (-) bez

Način montaže: H - horizontalna, V - vertikalna

Polnost: 1 - jednopolni, 3 - tropolni

Nazivna struja u (A)

Nazivni napon u (kV)

Oznaka serije

»METAL ELEKTRO«
Poduzeće za proizvodnju
metaloprerađivačkih i
elektrotehničkih proizvoda
41264 Donja Zelina 10
Tel.: 041/860-728; 860-051;
860-052. Telefax: 860-053.

PRIMJER: Rastavljač serije SR, nazivnog napona 12 kV, nazivna struja 400 A, tropolni, za vertikalnu montažu sa prigradenim osiguračima, bez nožava za uzemljenje, za montažu na metalni rešetkasti stup sa polnim razmakom a = 600 mm.

Tipna oznaka: SR 12-400 3 VOM / 5

Rastavljači serije

SR ZA VANJSKU MONTAŽU

Tehnički opis:

Rastavljači za vanjsku montažu namijenjeni su za vidljivo odvajanje dijela voda u beznaponskom stanju od dijela voda pod naponom. Prvenstvenu primjenu rastavljači nalaze u zračnim mrežama srednjeg napona, samostalno montirani na drvene ili betonske stupove ili u sastavu stupnih transformatorskih stanica TS x/O,4.

Rastavljači serije SR proizvedeni su i ispitani u skladu sa IEC standardima 694 i 129. Izvode se za nazivne napone do 36 kV i nazivne struje do 630 A.

Obzirom na izvedbe razlikuju se rastavljači:

- Za horizontalnu ili vertikalnu montažu,
- Sa ili bez prigradenih noževa za uzemljenje,
- Sa ili bez prigradenih osigurača,
- Za montažu na betonski, drveni ili metalni rešetkasti stup,
- Sa standardnim polnim razmakom min. 500 mm, a veći polni razmaci na zahtjev.

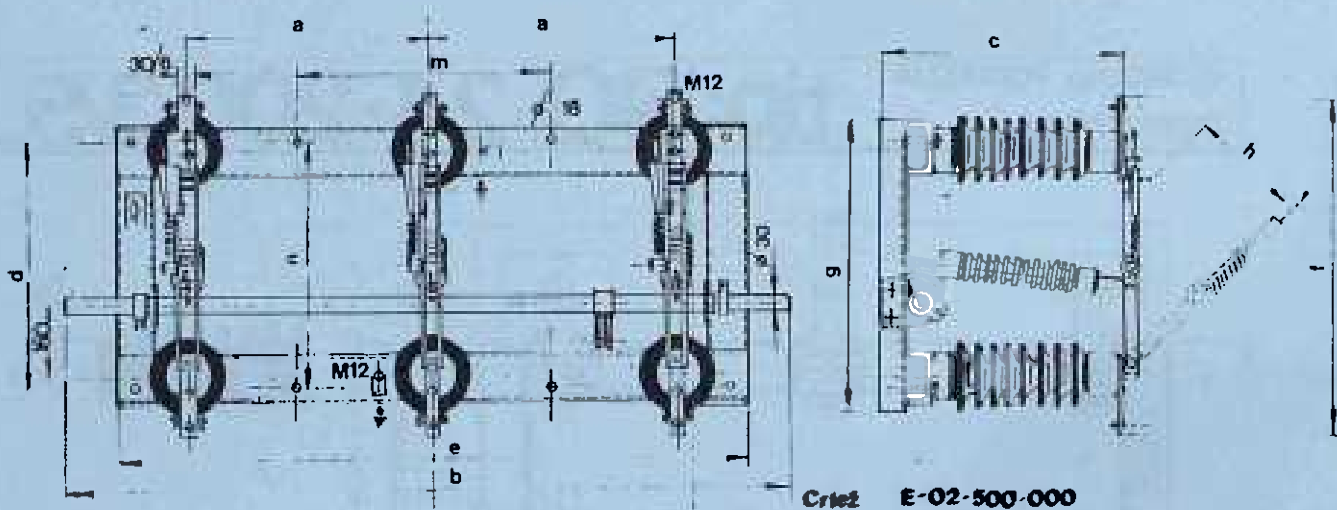
Postoje rastavljači izvedeni od vruće pocinčanih čeličnih profila, kao i elementi za učvršćivanje rastavljača na stup, koji su sastavni dijelovi isporuke. Svi vodljivi dijelovi su od elektroitičkog bakra s posrebljenim kontaktnim dijelovima, koji su učvršćeni na glaziranim porcelanskim visokonaponskim izolatorima.

Rastavljači serije SR izvode se za nazivne podnosive vršne vrijednosti struja do 40 kA, te za nazivne kratkotrajno podnosive struje do 16 kA/1s.

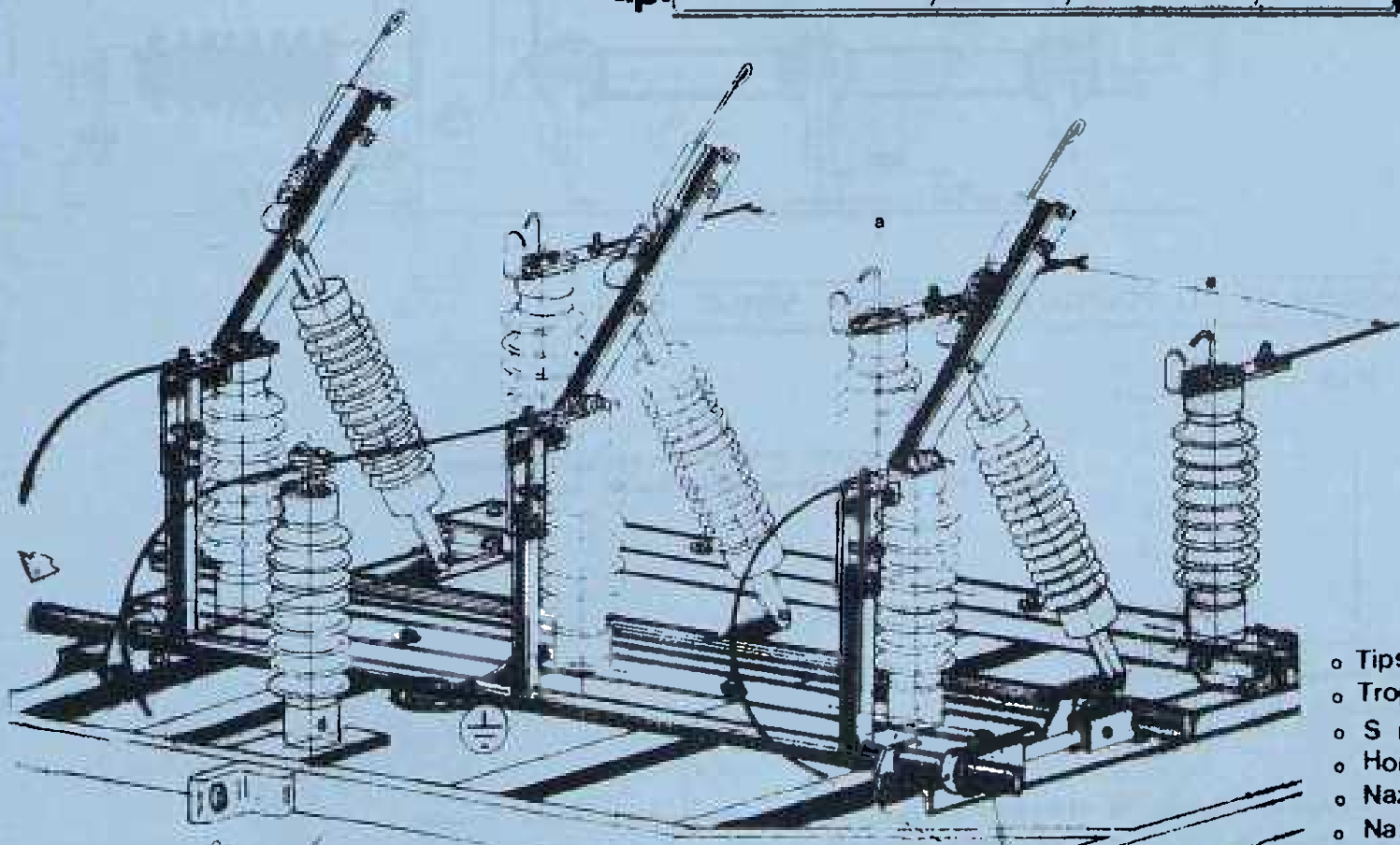
Upravljanje rastavljačima serije SR vrši se posredstvom poluznog pogona izvedenog od čeličnih vruće pocinčanih elemenata, standardne dužine do 15 m max. ili na poseban zahtjev.

- Tipski ispitani i atestirani
- Jednopolna i trolna izvedba
- Sa ili bez noževa za uzemljenje
- Horizontalna ili vertikalna montaža
- Nazivni naponi do 36 kV
- Nazivne struje do 630 A
- Sa ili bez prigradenih osigurača

SR 24-630-3	
Oznaka	mm
a	500
b	1600
c	468
d	485
e	1250
f	690
g	555
h	275
m	500
n	465
Masa	125 kg
Atest	br 1950



tip: SR-24-630/3-H-Z/B-D-500/1000



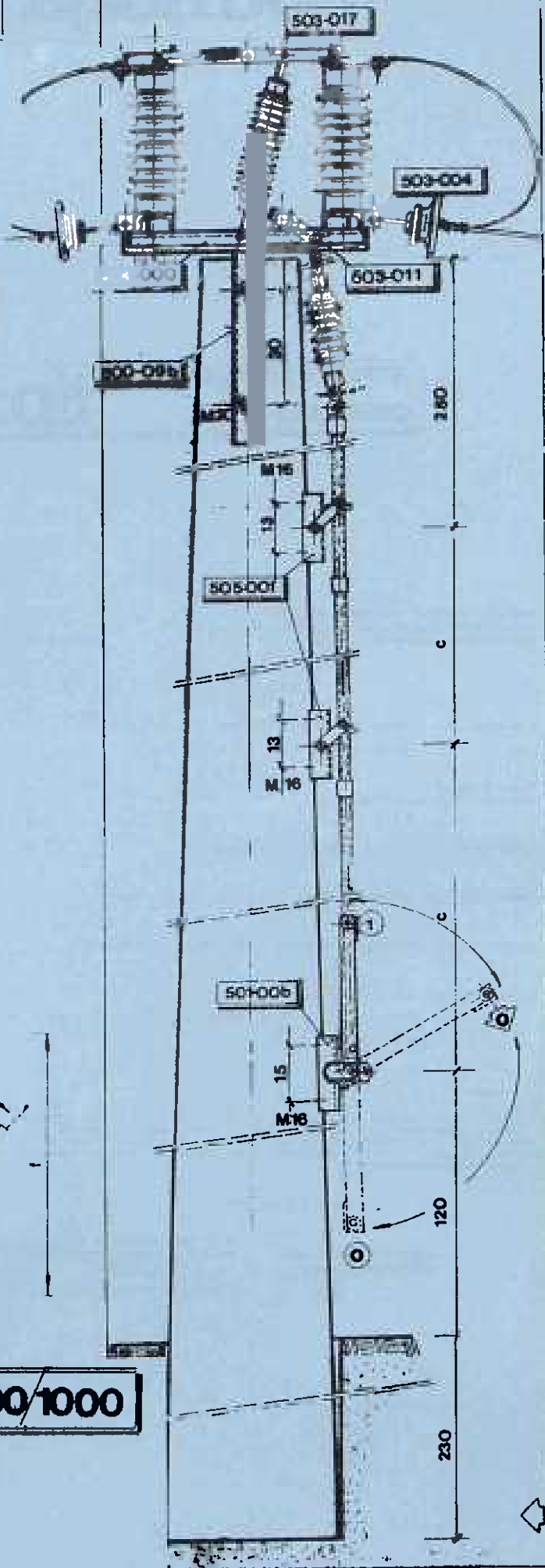
Mehanički priključak
arednjeg el. voda.

Osovina s noževima za uzemljenjem

Armatura uzemljenja

Mehanički priključak el. voda

RASTAVLJAJ SR 24-630-3H
na betonskom stupu



BETONSKI STUPOVI

TIP STUPA	Dužina L (m)	Razmak c (m)
ZSLR	10	2x2,0
1531	11	2x2,5
1531	12	3x2,0
1531	13	3x2,3
2901	14	4x2,0
2901	15	4x2,25

- Tipski ispitani i atestirani
- Trolna izvedba s min. razmakom a=500mm
- S noževima za uzemljivanje na osovini
- Horizontalna montaža drv. i betonski stup
- Nazivni napon do 36 kV.
- Nazivne struje 630 A.

Podnožja serije SO ZA VANJSKU MONTAŽU

- o Tipski ispitani i atestirani
- o Jednopolna i trolna izvedba
- o Nazivni napon do 36 kV
- o Nazivna struja 200 A

Tehnički opis:

Podnožja osigurača za vanjsku montažu ugrađuju se na mjestima za zaštitu srednaponskih vodova, ra- sklopnih uređaja i transformatorskih stanica TS x/0,4 od slučajnih struja kratkog spoja.

Konstrukcija postolja serije SO izvedeno je od čeličnih vruće pocinčanih profila, kao i elementi za učvršćivanje. Vodljivi dijelovi su iz elektrolitskog opružnog bakra CuF30 za spoj voda i glave patrone osigurača.

JEDNOPOLNA PODNOŽJA
OSIGURAČA

tip: SO-24-200-1

ATEST BR
1952

KONČAR - INSTITUT ZA ELEKTROTEHNIKU
Zavod za sklopne aparate i sklopna postrojenja
Zagreb, Bastijanov b.

Br. 1951
Stranica 1/1

ATEST

Proizvod: TROPOLNO PODNOŽJE OSIGURAČA ZA VANJSKU MONTAŽU
Tip: SO-24-200-3/5 (nacrt br. E-02-601-000)

Nazivni napon: 24 kV
Nazivna struja podnožja: 200 A

Proizvođač: "METAL - ELEKTRO" - Donja Zelina

Ispitivanja je proveo: "KONČAR" Institut za elektrotehniku
Zagreb

Ispitivanja su provedena u skladu s: IEC 282-1 i JUS N.E5.505

Izvršena su slijedeća ispitivanja:

1. Naponska ispitivanja (Ispitni list IET-VNL br. 035791/11.12.91.)
2. Ispitivanje zagrijavanja (Izveštaj o ispitivanju IET-LA br. 21534-91/1387/18.12.91.)

ZAKLJUČAK

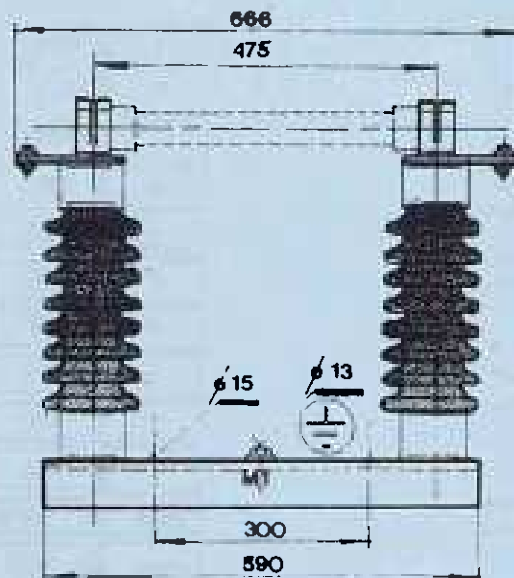
Na osnovu provedenih ispitivanja zaključuje se da su TROPOLNA PODNOŽJA OSIGURAČA ZA VANJSKU MONTAŽU tipne oznake SO-24-200-3/5, proizvođač "METAL-ELEKTRO", sa posrebovanim elastičnim spojnica, u skladu s gore navedenim standardima i da odgovaraju na gore navedene nazivne karakteristike.

Zagreb, 18.12.1991.

KONČAR - INSTITUT ZA
ELEKTROTEHNIKU, d.o.o. 1
ZAGREB - Bastijanov b. b.

Upravitelj Zavoda za sklopne
aparate i sklopna postrojenja:
Aleksij Radura, dipl. inž.

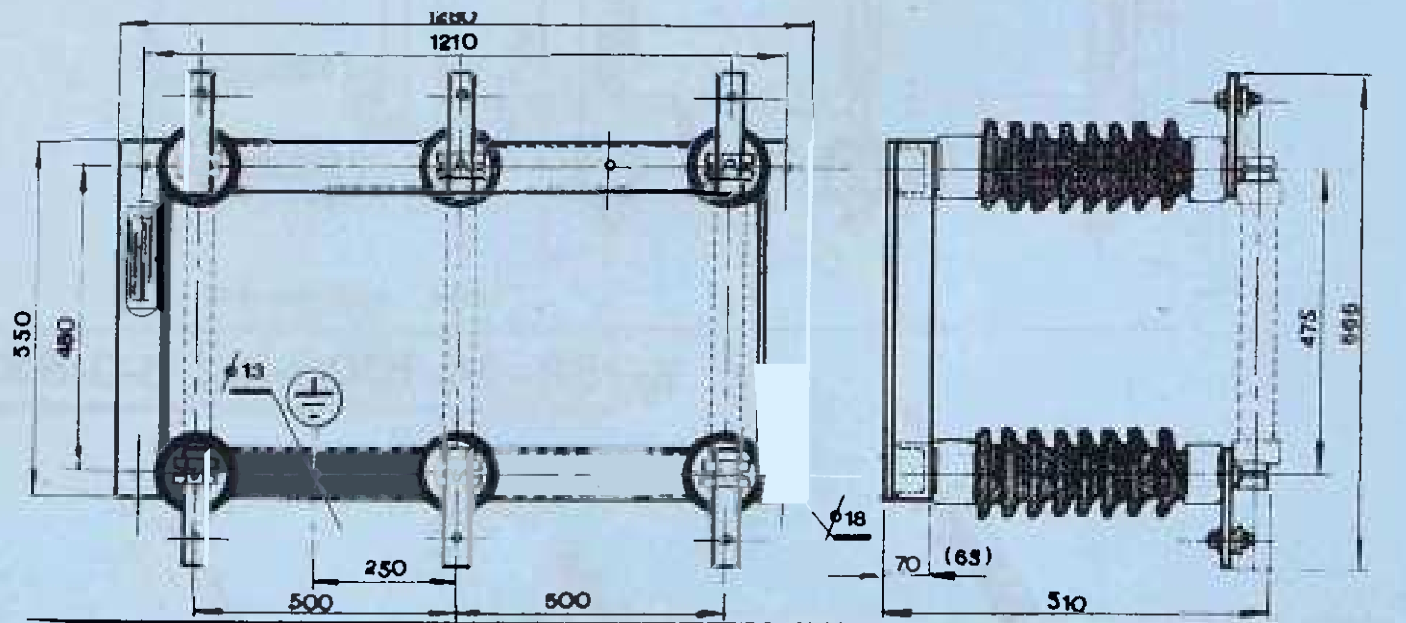
Reg. 28-3/87



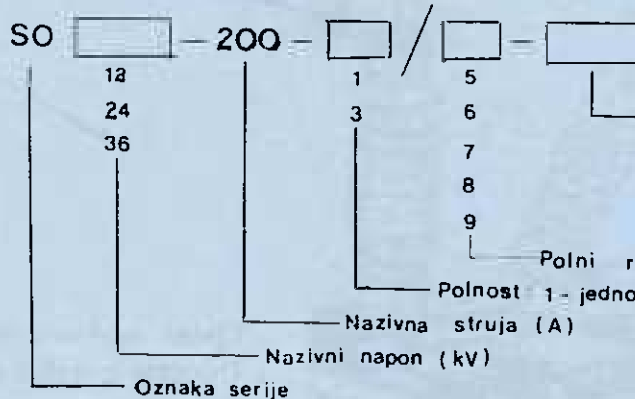
TROPOLNA PODNOŽJA
OSIGURAČA

tip: SO-24-200-3/5

ATEST BR
1951



TIPNO OZNAČAVANJE (VN) PODNOŽJA OSIGURAČA SERIJE SO



PRIMJER

Podnožje osigurača SO, nazivnog napona 24 kV, nazivne struje (standardno) 200 A, trolno, polnog razmaka $a = 500$ mm, bez uložka osigurača

Tipna oznaka SO 24 200 3/5



ELEKTROPROMET

ZAGREB

PODUZEĆE ZA UNUTARNJU I VANJSKU TRGOVINU
S P.O. ZAGREB, ILICA 10

Unutarnja trgovina

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Inženjering

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Vanjska trgovina

Zagreb, Ilica 10.
Telex 21311 YU ELPPROM
Fax. 041/423-714
Tel. 041/433-653

Dugogodišnje iskustvo u energetici, elektroprivredi, opremanju objekata, izvozu i uvozu, zastupanju, maloprodaji elektrotehničkih aparata, kućanske tehnike i elektronike.

MAŠINOIMPEX

Poduzeće za vanjsku trgovinu p. o.

41000 ZAGREB

Varšavska 9

Telefon: 041/457-111

Telex: 21-177, 21-254 MAEX

Telefax: 041/424-090, 426-296

Žiro račun: 30105-601-6894

Djelatnosti na vanjskom tržištu

- Izvoz i uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije
- Izvoz i uvoz svih vrsta repromaterijala
- Izvoz i uvoz brodova i aviona
- Izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda
- Međunarodno trgovinsko posredovanje
- Međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava
- Zastupanje inozemnih firmi

MAŠINOIMPEX

41000 ZAGREB

VARŠAVSKA 9

TELEFON: (041) 457-111 — TELEX 21-177, 21-254 MAEX

TELEFAX: (041) 424-090, 426-296 — ŽIRO RAČUN: 30105-601-6894

»Brodomaterijal« je u okviru svog širokog polja djelatnosti stekao ugled obavljajući i mnoge poslove za Elektroprivredu.

Postao je priznata firma na području građenja trafostanica 110/20 kV i 110/35 kV po sistemu inženjeringa i isporukom opreme za DV 110 kV i DV 400 kV.

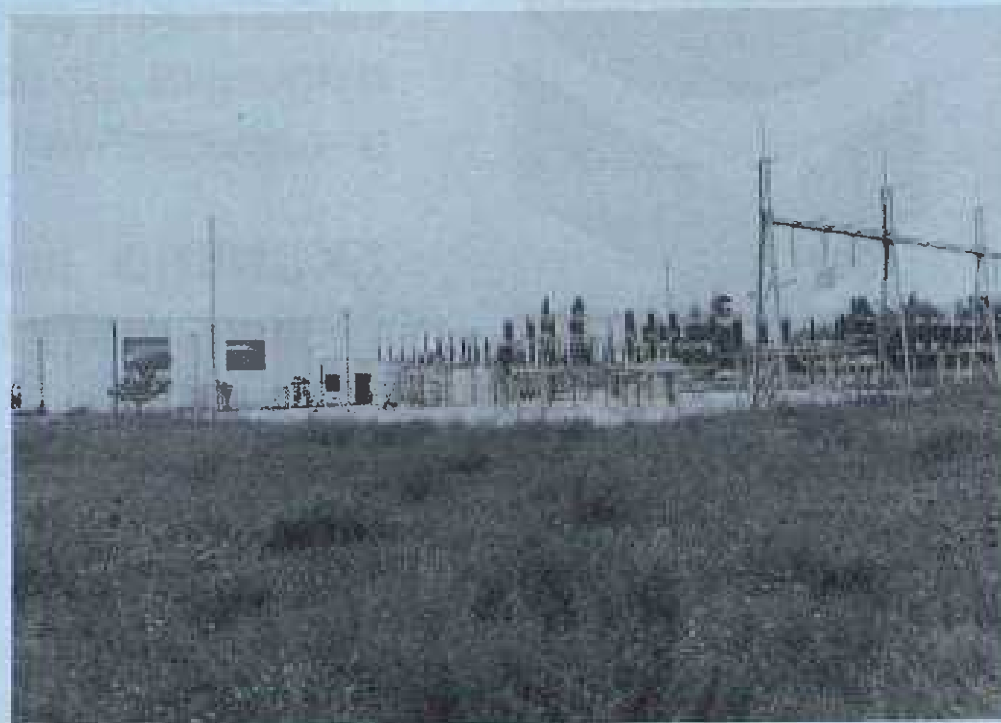
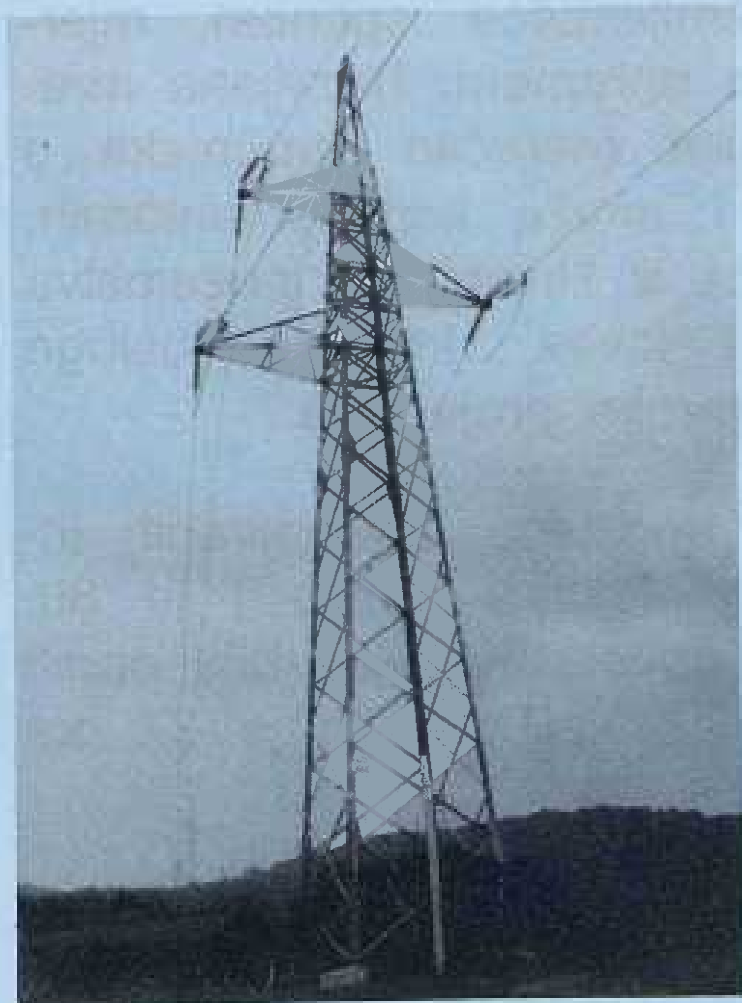
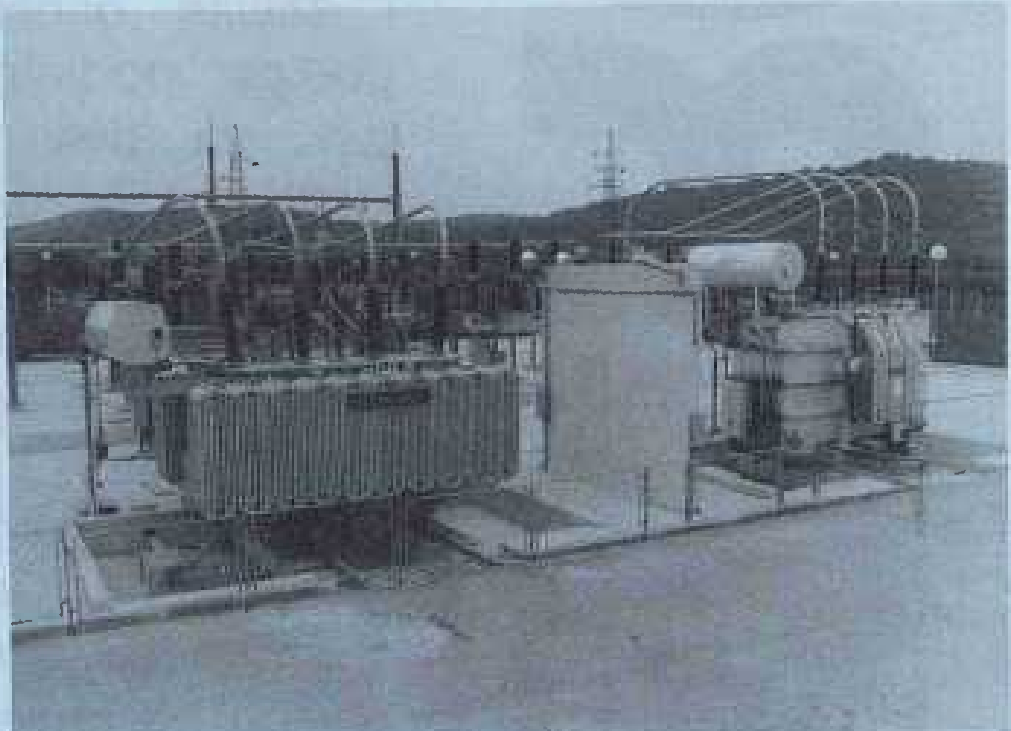
Na regiji Hrvatskog primorja i Istre obavio je sljedeće poslove za Hrvatsku elektroprivredu:

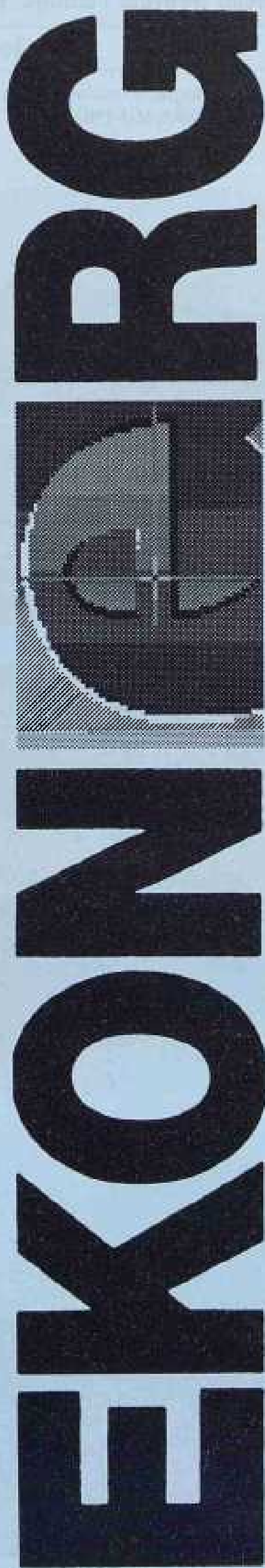
- uvoz podmorskih kabela za Krk — Rab 110 kV,
- isporuka kompletne opreme za TS 110 kV Rovinj — Lošinj — Šijana,
- DV 110 kV Rovinj — Vodnjan — Pula
- isporuka opreme za DV 400 kV TS Melina — TS Tumbri
- isporuka opreme i izgradnja objekta po sistemu ključ u ruke za TS Matulji 110/20 kV.

Za sve informacije izvolite se obratiti na poslovnicu Elektromaterijal 146, na telefone:

051/211-211 kućni: 206, 207 i 211

051/213-541, (telefax br. 32-882 ili 213-541, telex br. 24205).





EKONERG (**EKO**logija, **EKO**Nomija, **KON**zalting, **eNER**Getika) je društvo s ograničenom odgovornošću za istraživačko-razvojne usluge, konzalting i inženjering u području energetike i zaštite okoliša. Osnovan je krajem 1991. godine podjelom Instituta za elektroprivredu, p.o. na dva poduzeća i pravni je sljednik Instituta u području poslovanja Studijske jedinice za termoenergetske sustave. EKONERG time nastavlja četrdesetgodišnju tradiciju uspješnog poslovanja.

EKONERG temelji svoje poslovanje na kvaliteti. Kvaliteta je stoga posao svih u poduzeću, a u takvom pristupu pomaže im posebna Služba osiguranja kvalitete. Djelatnost EKONERGA usmjerena je pružanju usluga u svim mijenama životnog vijeka termoelektrana, nuklearnih elektrana, hidroelektrana, industrijskih energana i kotlovnica, energetski intenzivnih industrijskih procesa te drugih energetskih i industrijskih uređaja i sustava. Obuhvat tako širokog područja djelatnosti omogućen je poglavito snažnim kadrovskim potencijalom i izrazito dobrom opremljenošću ispitnom, mjernom i informatičkom opremom. Razvijena mreža vanjskih suradnika (naročito stručnjaka s tehničkih fakulteta) i mreža komplementarnih, suradničkih poduzeća iz Hrvatske i inozemstva osigurava pružanje cjelovite i kvalitetne usluge u najsloženijim i najvećim projektima.

EKONERG ima 42 uposlana. Diplomiranih inženjera, magistara i doktora znanosti je 30, tehničara je 5, a 7 uposlenih je osoblje općih poslova. Prosječna inženjerska dob je 37 godina.

EKONERG je ustrojen u pet odjela: četiri stručna odjela i odjel zajedničkih službi.

IZDAVAČI — PUBLISHER'S

Godište 41 (1992)

Zagreb 1992

Br. 6

Hrvatska elektroprivreda

Institut za elektroprivredu, Zagreb

Ministarstvo znanosti, tehnologije i
informatike

SADRŽAJ

<i>Tonković Z.</i> : Napajanje južne Hrvatske i što učiniti (Pregledni članak)	337
<i>Rigo M.</i> : Procjena vrijednosti elektrosustava kao dije- la nekretnina (Prethodno priopćenje)	351
<i>Nikolovski S.</i> — <i>Gudelj K.</i> : Modeliranje višestrukih kvarova rasklopnih postrojenja u proračunima po- uzdanosti (Stručni članak)	357
<i>Žutobradić S.</i> : O razvoju srednjonaponskih mreža u Hrvatskoj elektroprivredi (Stručni članak)	363
<i>Brkić Z.</i> — <i>Gardijan R.</i> : Ispitivanje atmosferskim udar- nim naponom transformatora malih rasipnih in- duktiviteta (Stručni članak)	369
<i>Krulc Z.</i> : Neka nova razmišljanja o zaštiti od munje (Stručni članak)	375
<i>Vuković V.</i> : Pedeset godina nuklearne energetike	379
Vijesti iz elektroprivrede	382
Iz strane stručne literature	384
Oglasi	389

IZDAVAČKI SAVJET — THE PUBLISHING COUNCIL

Đuro *Stanković*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Za-
greb — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Za-
greb — Slavica *Barta*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda,
Direkcija za razvoj i inženjering, Zagreb — Bruno *Šaina*,
dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje
Opatija — Marijan *Kovač*, dipl. inž., Hrvatska elektroprivre-
da, PP Primorskog sliva, Tribalj — mr. Damir *Subašić*, dipl.
inž., Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada,
Zagreb — mr. Zdravko *Mužek*, dipl. inž., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR — EDITORIAL BOARD

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

Urednici rubrika — Contributing Editors: »Energetski siste-
mi«, dr. Goran *Granić*, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Vladi-
mir *Prizl*, dipl. inž. — »Termoelektrane i toplane«, Ivan *Vu-
četić*, dipl. inž. — »Prijenos električne energije«, mr. Zden-
ko *Tonković*, dipl. inž. — »Razvoj, distribucija i potrošnja
električne energije«, Mladen *Ježić*, dipl. inž. i Dasenko *Bal-
dasari*, dipl. inž. — »Ekonomsko poslovanje i tarifna politi-
ka«, dr. Jure *Šimović*, dipl. ecc., Mladen *Mandić*, dipl. ecc. i
Marijan *Magdić*, dipl. ecc. — »Ekologija«, dr. Niko *Malbaša*,
dipl. inž. — »Informatika«, Nikola *Lastrić*, dipl. inž. — Teh-
nički urednik — Technical Editor: Branko *Mališ* — Lektor —
Linguistic Adviser: Vladimir *Strojny*, prof. — Metrološka re-
cenzija — Metrologic review: mr. Mladen *Zeljko*, dipl. inž.

Redakcija završena 1992 — 10 — 15

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete — Sek-
tor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema miš-
ljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na pro-
met (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Avenija Vukovar 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 625-328 i 625-111/328

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 2400
HRD, a za poduzeća i ustanove 6000 HRD (za studente 2000 HRD).
Cijena pojedinog broja u prodaji 500 HRD.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišei — Print: TIZ »Zrinski«, 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 objavivali 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, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

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

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno saopštenje, prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju 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, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć 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

NAPAJANJE JUŽNE HRVATSKE I ŠTO UČINITI

Mr. Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.316:621.315
PREGLEDNI ČLANAK

Iznosi se prijedlog nove koncepcije rješenja pojne točke za južnu Hrvatsku. Zasniva se na preuzetoj pretpostavci o raspoloživosti HE »Dubrovnik« i njezina priključka na Trebinje. Predlaže se zaposjedanje dijela podzemne stojarnice namijenjene za nekada planiranu HE »Dubrovnik 2« za postrojenje TS 220/110 kV i njezina izvedba kao oklopljenog, plinom SF₆ izoliranog postrojenja.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, oklopljena plinom SF₆ izolirana postrojenja (GIS).

Kada bi se danas, upravo dvije stotine i tri godine kasnije, ponovo objavljivala »Povelja o ljudskim pravima«, sigurno bi se među prirodnim pravima čovjeka u članku 2. navelo i pravo na električnu energiju.

U tom smislu — nakon dva nedavna razdoblja od 86+38 neprekinutih bestrujnih dana (a i u vrijeme predaje ovog članka još uvijek ima područja na kojima nema opasnosti od električnih instalacija, od Sustjepana na zapad i od hotela »Belvedere« na istok) — moralno je da južna Hrvatska, ili konkretno područje dubrovačke općine (distributivno područje »Elektrojuga« nešto je šire: ono pokriva još i otoke Korčulu i Lastovo) bude u prvom prioritetu sanacije i definitivnog rješavanja kvalitetnog napajanja. Pa i prije 1. listopada 1991. godine — kada je počela srpsko-crnogorska agresija s razaranjima na užem gradskom teritoriju — bilo je ovo *područje najnesigurnijeg napajanja u Hrvatskoj*.

Konfiguracijom mreže vezano na Trebinje nije praktično bilo nevremena za kojega nije ispadala ta glavna veza: DV 110 kV Trebinje—Komolac (18 km), dovodeći barem do parcijalnih prekida napajanja. Rezervno napajanje je iz Stona (44 km), sa krajnje limitiranim mogućnostima podrške jer su matična čvorišta ona transformacije superponiranog napona Mostar odnosno Zakućac, a između njih i Stona još je nekoliko interpoliranih trafo-stanica. Situacija na ovom pravcu nešto se popravila zatvaranjem petlje Makarska — Opuzen i Mostar — Čitluk, ali su u međuvremenu porasle potrebe i dubrovačkog područja i svih međupotrošača (sl. 1).

U nekoliko studija u proteklih petnaest godina, od 1978. kada se počeo nazrijevati problem sigurnog napajanja južne Hrvatske u transformaciji i u povezanosti s prijenosnom mrežom [1, 2], predlagana su rješenja, diskutirana i prihvaćena zaključcima na stručnim savjetima no nisu ostvarivana.

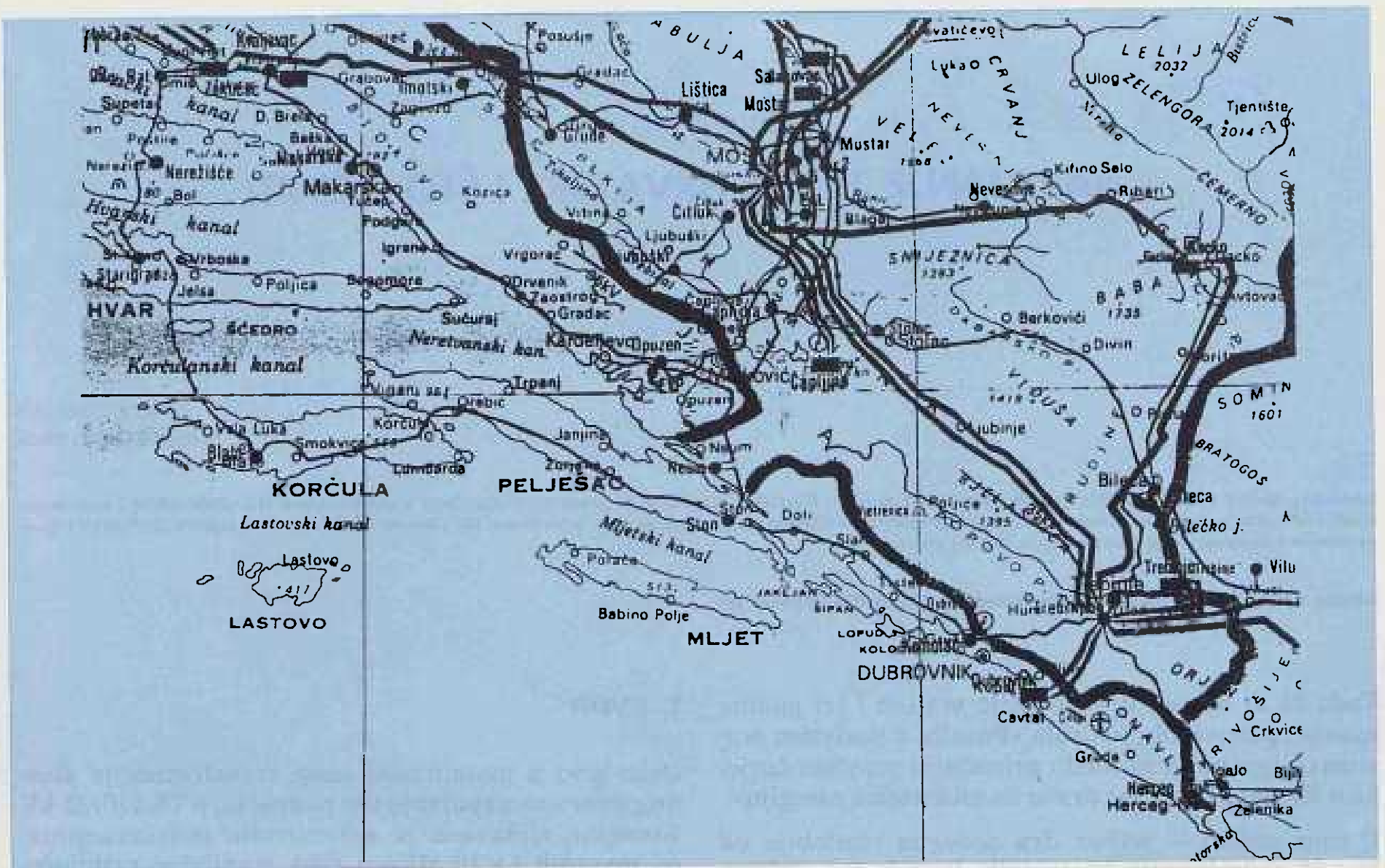
1. UVOD

Usko grlo u instaliranoj snazi transformacije glavnog izvora za napajanje tog područja, u TS 110/35 kV Komolac, rješavano je sukcesivnim pojačavanjima: od prvotnih 1 × 10 MVA u 1964. (radijalno priključenih na Ston, a to praktički znači napajanje iz Mostara), na 1 × 20 MVA u 1966. pa na 2 × 20 MVA u 1973. preko 20+40 MVA u 1980. do konačnih 2 × 40 MVA u 1986. U 1987. doseglo je opterećenje TS Komolac 40 MVA (i to u zimskom i ljetnom maksimumu) i počelo se razmišljati o novoj transformaciji (uz odluku o rekonstrukciji Komolca).

Dvostranu vezu dobiva TS Komolac 1969. izgradnjom DV 110 kV Trebinje — Komolac: Ston postaje rezervna, a Trebinje glavna pojna točka dubrovačkog područja. Novi vod pokazao se vrlo nepouzdanim: zbog osiguravanja glavnog pravca napajanja (iz Trebinja) trebalo ga je osigurati još jednim vodom. Kašnjenje njegove izgradnje omogućavalo je preispitivanja koncepcije i optimiranja incidencije (drugoga priključnog čvorišta).

Uz rješavanje *problema napajanja konzuma* dubrovačkog područja bilo je istovremeno stalno prisutno nastojanje za što direktnijim iskorištenjem onog *dijela energije HE »Dubrovnik«* koja pripada Hrvatskoj, a što je onemogućavao njen priključak na 220 kV na Trebinje.

Tako je trajala paradoksalna situacija: sve ozbiljnija neadekvatnost napajanja dubrovačkog područja iz prijenosne, ali i razdjelne mreže (u pogledu sigurnosti i kvalitete) — a ne samom tom području postoji značajan izvor s velikim iskorištenjem i dijelom energije za Hrvatsku, no zbog priključnog napona injektiranu izvan njezinih granica. Promjene koncepcije, procedura odlučivanja o izgradnji, raspoloživa sredstva i administrativni postupak (uvjeti prostora) činili su provedbu svakog zaključaka u pogledu pojačavanja mreže u nekoliko navrata neaktualnom.



Slika 1. Prijenosna mreža južne Hrvatske i njena okolina

U međuvremenu dogodila se još jedna osobito važna promjena: između TS Komolac i strojarnice HE »Dubrovnik« i TS Trebinje kao pojno/injekcijskog čvorišta nastala je *čvrsta državna granica*.

Nećemo navoditi kronologiju petnaestogodišnjih događaja i retrospektivu studija i projekata. Krenimo od aktualnog stanja.

2. POSTOJEĆI PLAN

Upravni odbor Hrvatske elektroprivrede zaključio na svojoj 11. sjednici 27. VII. 1991. da rješenje napajanja dubrovačkog područja, koje će pomiriti sigurnost napajanja TS Komolac, kao i direktnu injekciju dijela energije HE »Dubrovnik« u hrvatski sistem, bude u gradnji nove TS 220/110/35 kV u blizini vanjskog rasklopnog postrojenja 220 kV HE »Dubrovnik« u Platu s odgovarajućim raspletom vodova, sl. 2 (tzv. varijanta B2 u [3]).

Na osnovi toga izrađeno je i osnovno rješenje konvencionalnog postrojenja transformatorske stanice 220/110/35 kV na otvorenom. To bi postrojenje zakupilo prostor veličine $\text{Š} \times \text{D}$ oko 133×145 m (ili 30-ak m užeg, ako se smanji broj polja prema obnovljenom prijedlogu električke sheme, poglavlje 3.6) s visinskom razlikom otprilike 25 m (pa je rješavano u kaskadama), s potrebnim trasama oko $1,1 + 1,5$ km uvida/izvoda vodova 220 kV. Izgradnja bi trajala otprilike dvije i pol godine. No *ostaje ponajprije da se riješe nužni uvjeti za realizaciju tog postrojenja: geo-*

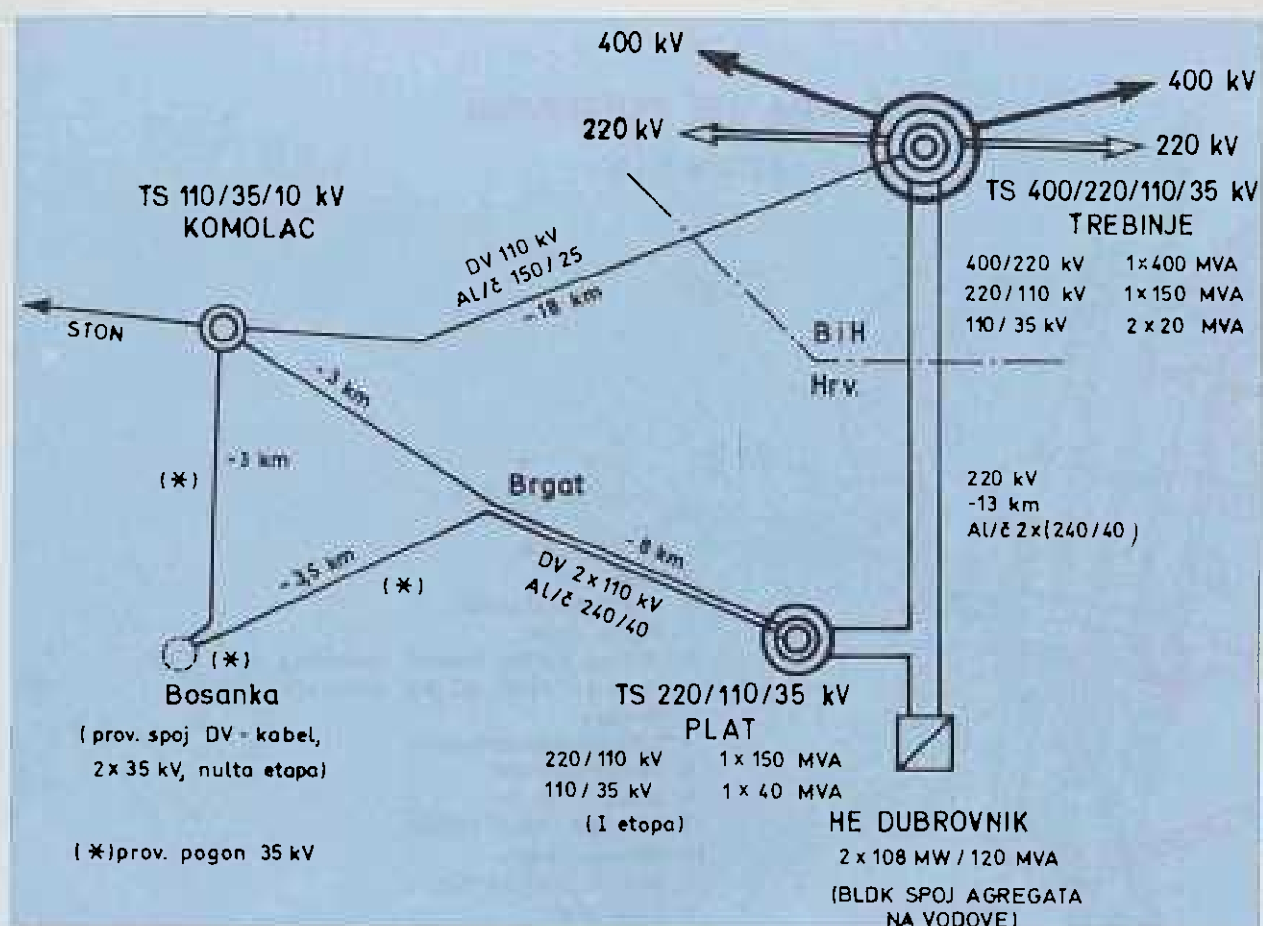
loška ispitivanja, seizmička ispitivanja, baza meteoroloških podataka, dozvole i suglasnosti te uvjeti uređenja prostora. Ti pripremni radovi (čije je trajanje procijenjeno na približno godinu dana) mogli bi bitno utjecati na cjelokupnu koncepciju.

3. NOVI PRIJEDLOG

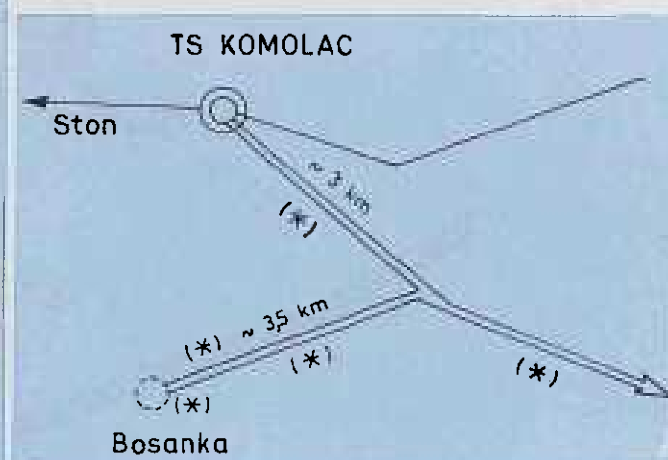
Ideja izvlačenja napona 110 kV (potrebnog dubrovačkom području) iz strojarnice HE »Dubrovnik« (usput: osnovno sredstvo Hrvatske elektroprivrede) kao bržeg, krajoliku primjerenijeg, a možda i ekonomičnijeg rješenja bila je povod našoj novoj inicijativi i prijedlogu Upravnom odboru za još jednu reviziju, [4]. Njezina poanta dana je već u naslovu (»Incidencija sa strojarnicom HE »Dubrovnik«).

Razvoj mreže zadržali smo prema prihvaćenom rješenju (sl. 2): dvosistemski vod 110 kV od lokacije novog čvorišta TS 220/110/35 kV do Brgata, jedna trojka se nastavlja dalje izravno do Komolca a druga skreće preko lokacije Bosanke/(Ploče) i završava opet u Komolcu. No i prema toj topologije postoje rezerve: da li je s drugom trojkom potrebno praviti trokut Brgat — Bosanka/(Ploče) — Komolac, ili je jednostavnije rješavati i priključak Bosanke/(Ploče) dvosistemskim vodom — posebno kada je diskutabilna pojava TS 110/35 kV Bosanka (sl. 2.a).

Prostor za transformatore i rasklopno postrojenje, a to je ono što je bilo kritično u sličnim razmišljanjima o iskorištavanju areala postojećeg rasklopišta iz-



Slika 2. Prva faza usvojenog rješenja napajanja južne Hrvatske



Slika 2a. Alternativa raspjeta dvosistemskog DV 110 kV na Brgatu

nad Jadranske ceste (10 na sl. 3: prijelaz izlaznih kabela 220 kV od generatorskog transformatora u nadzemne vodove, bez sabirnica; predviđena su četiri polja 220 kV, no opremljena su samo srednja dva; već se i prije deset godina razmišljalo o SF₆ postrojenju na ovom platou) nađen je u podzemnim kavernama strojarnice HE »Dubrovnik« namijenjenih drugoj fazi izgradnje, za koju smo procijenili da se ne može ostvariti ni na danas najdaljem planskom horizontu. Na sl. 4. dani su tlocrt i presjek strojarnice i ostalih pridruženih prostora izbušenih u dolomitu i krečnjaku između naselja Plat i uvale Robinson.

Kakav je status te druge faze HE »Dubrovnik« (povećanje proizvodnje energije: udvostručenje postojeće instalirane snage)? Ona postaje aktualna regulacijom »gornjih voda« Trebišnjice i Neretve, a to znači izgradnjom akumulacija u Fatničkom, Dabarskom i Nevesinjskom polju te hidroelektrana HE Bileća, HE Dabar i HE Nevesinje — dakle tri kraške akumulacije i tri HE. Tek se tada dobivaju nove vode u akumulaciju Bileća (brana Grančarevo) koje opravdavaju HE »Dubrovnik 2«, no otvorena je i alternativa njihova kanaliziranja na RHE »Čaplinu« (sl. 5).

Prema iskazanom mišljenju meritornih hrvatskih stručnjaka o ovom pitanju, ta je *druga faza HE »Dubrovnik« daleko od realizacije*. Konačno, od '60-ih nije se u tom smislu ništa događalo — a gledano prema budućnosti, sigurno će u bosanskohercegovačkom elektroenergetskom sistemu (koji se dalje razara), kao i hrvatskom, biti potrebnije izgradnje. Napomenimo još da za tu eventualnu drugu fazu HE »Dubrovnik« nije ništa učinjeno osim kaverne strojarnice. Trebat će izgraditi dovodni tunel od brane Gorica do vodostana u Platu, vodostan s donjom i gornjom komorom te galerijom leptirastih zatvarača i tlačnim cijevima, odvodni tunel iz strojarnice do mora. Ukratko, *ova strojarnica ništa ne prejudicira*. Nije li zamisliva u ovakvom opsegu građevinskih radova i nova kaverna strojarnice (ako postojeću za-

posjednemo rasklopnim postrojenjem) ili probijanje nove kaverne u koju bi se premjestilo ovo postrojenje. Zbog njegove modularne strukture to ne bi trebao biti problem.

3.1. Varijante

Smatrajući riješenim pitanje prostora postojanjem dvaju boksova generatorskih transformatora ($9,4 \times 5,8$ m) i strojarnice (oko 35×16 m), sl. 4, iskristalizirale su se postupno na temelju mnogih razgovora i kontakata sljedeće tehnički realno moguće osnovne varijante kojima se osigurava napon 110 kV u HE »Dubrovnik« (za označavanje koristimo nazivne napone) (sl. 6):

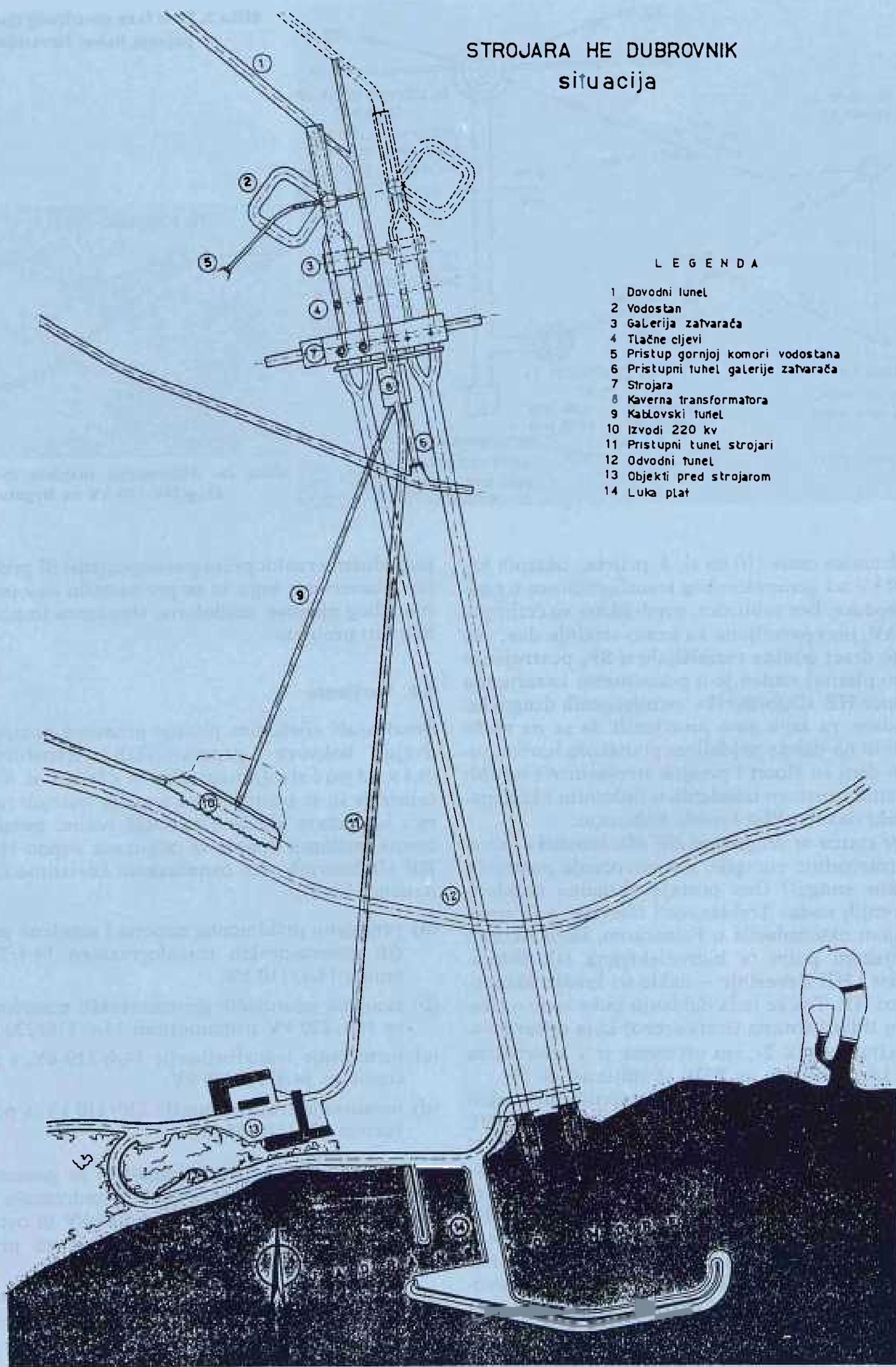
- (a) promjena priključnog napona i zamjena postojećih generatorskih transformatora 14,4/220 kV onima 14,4/110 kV,
- (b) zamjena postojećih generatorskih transformatora 14,4/220 kV tronamotnim 14,4/110/220 kV,
- (c) formiranje transformacije 14,4/110 kV, s podvarijantom 14,4/110/35 kV,
- (d) formiranje transformacije 220/110 kV, s podvarijantom 220/110/35 kV.

U varijantama (a) i (b) mijenjali bi se generatorski transformatori, a varijante (c) i (d) zadržavaju postojeću shemu priključka, a napon 110 kV se ostvaruje transformacijom generatorskog odnosno priključnog napona.

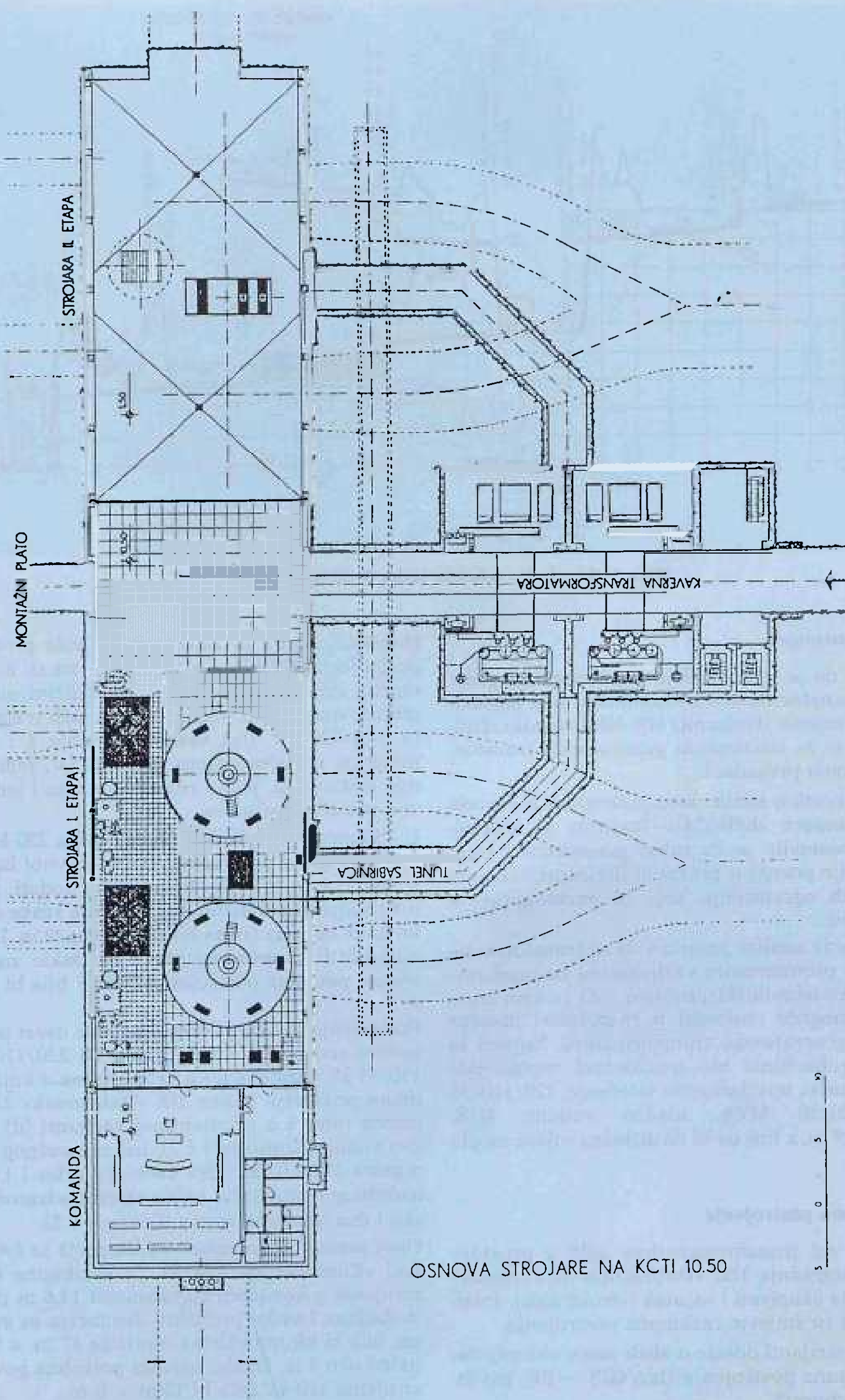
Sve te varijante impliciraju sabirnice, pa je tako organiziran i pristup problemu:

- pitanje transformatora
- pitanje rasklopnog postrojenja
- raspodjela snaga u polaznom i prolaznom presjeku dijagrama opterećenja te konačnom horizontu
- ostalo.

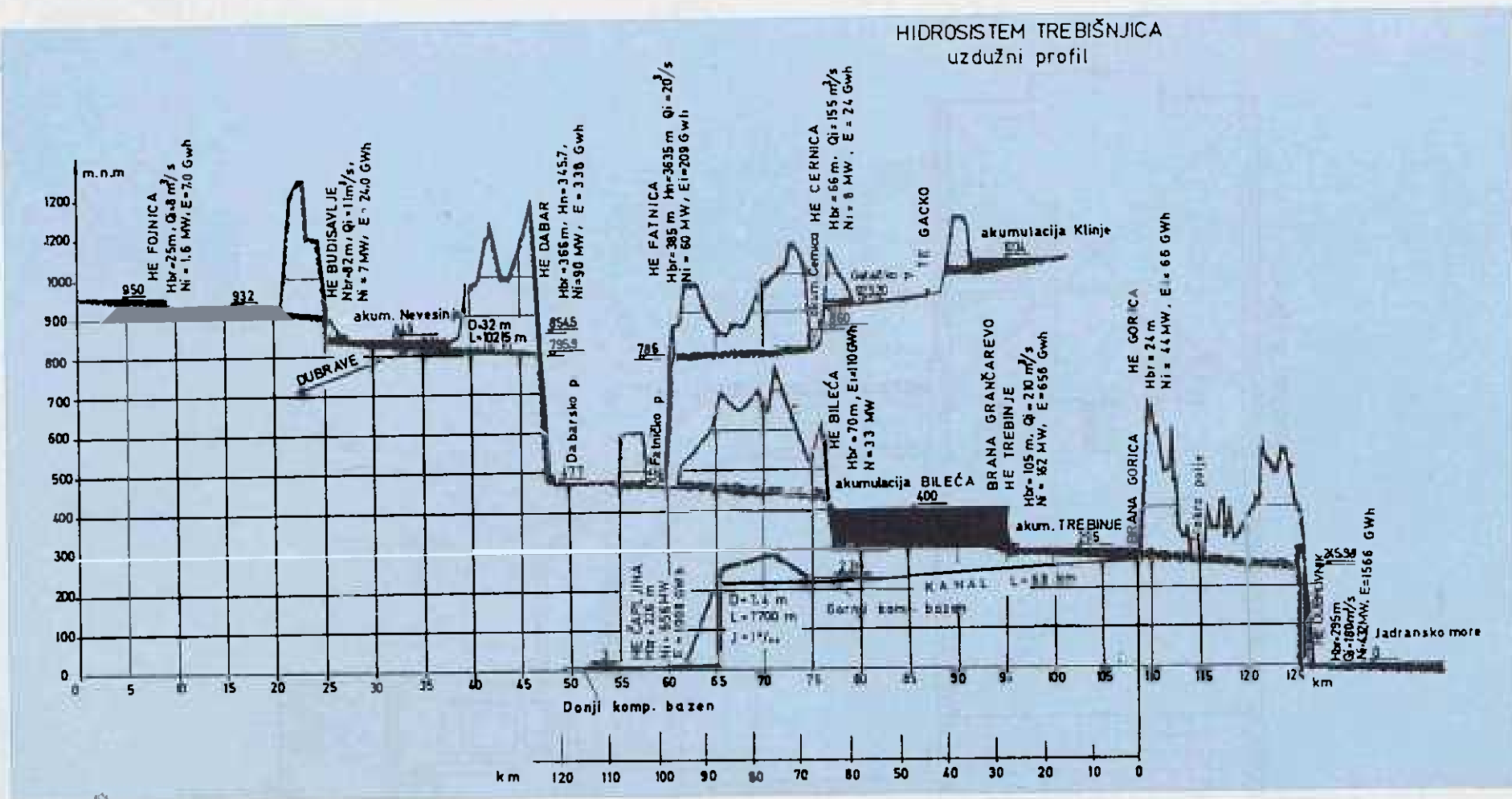
STROJARA HE DUBROVNIK situacija



Slika 3. Situacija čvora strojarnice HE »Dubrovnik«



Slika 4. Tlocrt strojarnice HE »Dubrovnik«



Slika 5. Regulacija »gornjih voda« Trebišnjice i Neretve

3.2. Transformatori

Spomenimo da je upravo ideja tronamotnoga generatorskog transformatora u trafoboksu bila ishodišna da se okrenemo strojarnici HE »Dubrovnik«: činilo se da će se za tronamotni generatorski transformator lako naći presedani.

Međutim, u kratkoj analizi koja je izrađena u Zavodu za transformatore »KONČAR—Instituta za elektrotehniku« ispostavilo se da takav generatorski transformator nije poznat u praksi ni literaturi, iako nema tehničkih ograničenja koja bi onemogućavala takvu izvedbu.

Iz te provedene analize proizlazi da ni transformatori u ostalim promatranim varijantama ne predstavljaju tehničko-tehnološki problem i da je sam transformator moguće smjestiti u raspoloživi prostor boksova za generatorske transformatore. Najveći bi po svojim gabaritima bio tronamotni regulacijski transformator sa tercijarom za terećenje, 220/110/35 kV, 150/150/50 MVA, hlađen vodom: D/Š/V=9/3,3/6,9 m, s tim da bi se uzdužna mjera mogla smanjiti.

3.3. Rasklopno postrojenje

Kada bi se već transformatorima ušlo u prostore druge faze izgradnje HE »Dubrovnik« (trafoboksove), logično je okupirati i ostatak (strojarnica). Predlažemo da se tu smjeste rasklopna postrojenja.

U svakoj od varijanti dolaze u obzir samo oklopljena, plinom izolirana postrojenja (tzv. GIS — SF₆ gas-insulated switchgear).

Svako je — na 14,4 kV, 110 kV, 220 kV, sa jednostrukim ili dvostrukim sabirnicama — moguće izvesti.

Sve se prema tome svodi na problem prostora.

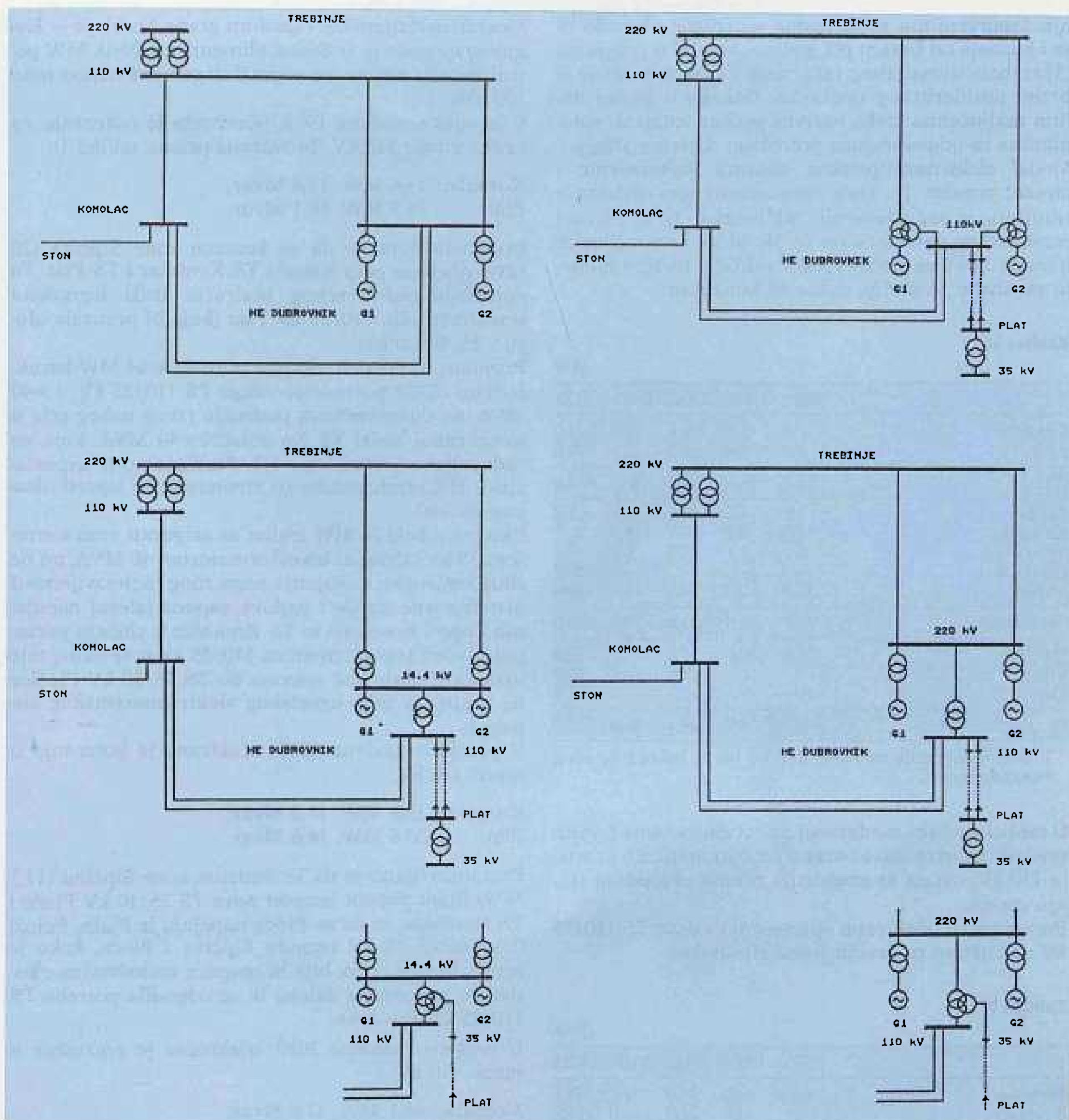
Dispozicija koja bi zauzimala najviše prostora jest postrojenje 220 kV u varijanti (d) na sl. 6: transformacija 220/110 kV. U konačnoj veličini ono bi sadržavalo osam polja: dva generatorskih transformatora 14,4/220 kV, dva vodna (Trebinje 1 i 2), jedno mrežnog transformatora 220/110 kV, jedno uzdužnog rastavljača, jedno rezervno vodno i jedno rezervno transformatorsko.

U »Siemensovoj« izvedbi korak polja 220 kV jest 2,2 m, pa bi širina postrojenja u definitivnoj izgrađenosti bila 17,6 m (8×2,2). Tome treba dodati, prema informacijama, približno dva metra sa svake strane, tako da bi ukupna širina bila otprilike 22 m. Longitudinalno bi bilo potrebno oko 9 m. Dakle, najveća potrebna površina postrojenja 220 kV bila bi 22 m × 9 m.

Postrojenje 110 kV sadržava najviše devet polja u konačnoj veličini (za slučaj da su TS 220/110 kV i TS 110/35 kV razdvojene) u varijantama u kojima je zadržan priključni napon HE »Dubrovnik« 220 kV (pa prema tome i u promatranoj varijanti (d) na sl. 6): dva vodna (Komolac 1 i 2), jedno mrežnog transformatora 220/110 kV, dva kabelska (Plat 1 i 2), jedno uzdužnog rastavljača, jedno rezervno transformatorsko i dva rezervna vodna (Cavtat 1 i 2).

Opet prema »Siemensu«: korak polja je 1,4 m (kao i kod »Končarevog« K8D.6), pa je ukupna širina postrojenja u konačnoj izgrađenosti 12,6 m (9×1,4). S dodatkom i ovdje približno dva metra sa svake strane, bila bi ukupna širina otprilike 17 m, a longitudinalno oko 6 m. Dakle, najveća potrebna površina postrojenja 110 kV bila bi 17 m × 6 m.

Tlocrtne su dimenzije strojarnice druge faze 35 m × 16 m. To znači da bi se — sa malo pažljivijom analizom postrojenja 110 kV (u gornjoj aproksimaciji: širina 17 m, a strojarnice 16 m) — oba postrojenja



Slika 6. Promatrane varijante novog prijedloga [3]

u definitivnoj izgrađenosti mogla smjestiti u prostor strojarnice. Njezina visina zadovoljava (sl. 4), jer bi za postrojenje 220 kV bilo potrebno otprilike 8 m (s kranom).

Napomenimo još da su uzete »Siemensove« širine a da se lako mogu naći proizvođači s užim korakom polja (npr. »ABB«: 110 kV...1,2 m, 220 kV...1,6–2,4 m; »AEG«: 110 kV...1,2 m, 220 kV...1,6 m; »Energoinvest« je imao: 220 kV...2,1 m, 110 kV...1,95).

3.4. Raspodjela snaga

Za analizu efikasnosti svake od četiri osnovne varijante provedena su nova istraživanja na modelu sistema, i to prije svega zato da bi se dobila predodžba koliko bi se energije HE »Dubrovnik« moglo direktno plasirati u Hrvatsku u pojedinim varijantama.

3.4.1. Elektroenergetske podloge

Ispitivano je samo stanje maksimalne potrošnje, uz punu proizvodnju HE »Dubrovnik« — no za punu informaciju o tome koliko energije ostaje u Hrvatskoj trebalo bi ispitati više presjeka dijagrama optereće-

nja. Ispitivanjima nižih razina potrošnje uhvatilo bi se i klizanje od barem pet godina, koje bi u prognozu [5] trebalo uvesti zbog rata; realni razvoj ovisit će o brzini poslijeratnog oporavka. Dakako u našim daljim zaključcima treba nazivne godine smatrati sinonimima za odgovarajuću potrošnju djelatne snage. Model elektroenergetskog sistema (opterećenje i mreža) preuzet je, zbog mogućnosti uspoređivanja rezultata, iz već usvojenih zaključaka [3]. Očekivani razvoj vršne potrošnje po TS 35/10 kV i nove stanice u mreži 35 kV za dubrovačko područje na tom modelu zasnivaju se na [5], dakle na konzumu:

Tablica 1.

	MW				
	1990.	1995.	2000.	2010.	2020.
Konavlje	6,5	7,9	9,5	14,5	23,0
Župa	6,0	7,4	9,0	13,5	20,0
(Plat)	12,5	15,3	18,5	28,0	43,0
Orašac	1,9	3,5	4,6	7,8	13,5
Komolac	6,0	3,2	4,1	6,5	—
Mokošica	—	4,1	4,7	6,4	8,6
Komolac 2	—	—	—	—	10,9
Lapad	12,8	12,6	14,2	13,4	10,0
(Komolac)	20,7	23,4	27,6	34,1	43,0
Šipčine	15,0	20,0	11,5	19,7	12,0
Ploče	—	—	11,5	14,8	19,5
Giman	—	—	—	—	21,4
ukupno*	48,2	58,7	69,1	96,6	138,9

* Vršno opterećenje na mreži 110 kV bit će nešto niže zbog neistodobnosti.

U tablici su dani međurezultati sa zbrojevima konzuma koji se prirodno koncentrira oko matičnih čvorišta 110 kV; ostala se prebacuju prema uklopnom stanju mreže. Prema [5] su očekivana opterećenja i nove TS 110/35 kV na cijelom području južne Hrvatske:

Tablica 2.

	MW				
	1990.	1995.	2000.	2010.	2020.
Komolac	46,0	22,0	26,0	32,0	41,0
Bosanka	—	33,0	21,0	32,0	50,0
Cavtat	—	—	17,0	26,0	40,0
Ston	8,2	9,4	12,3	7,4	14,2
Slano	—	—	—	5,2	9,7
Janjina	—	—	—	6,2	12,7
ukupno	54,2	64,4	76,3	108,8	167,6

Jedino se u ispitivanjima polaznog stanja 1990/91, kojima se željela i na modelu potvrditi poznata situacija, odstupilo od [5]. Uzeta potrošnja iz [2]: maksimalni konzum Komolca u 1990. 41 MW, 18 Mvar, a Stona 12 MW (a zabilježeno je u 1990.: Komolac 36,8 MW (u VIII), Ston 11,9 MW; u 1991. konzum Komolca bio je u veljači 41,5 MW). U polaznom stanju jasno se pokazalo da se iz Zakučca napaja područje Kraljevca i cijela otočna petlja do Pelješca, Trebinje napaja dubrovačko područje, a

Mostar neretljansko. Ispadom grane Trebinje — Komolac moguće je iz Stona alimentirati 20-ak MW potrošnje »Komolca« uz najniži dopušteni napon (oko 100 kV). U presjeku nazivne 1995. očekivana je potrošnja na razini mreže 110 kV (formirana prema tablici 1):

Komolac 33,4 MW, 13,4 Mvar,
Plat 25,3 MW, 10,1 Mvar.

Pretpostavljeno je da se konzum zone Šipčina (20 MW) dijeli po pola između TS Komolac i TS Plat. Ta potrošnja dubrovačkog područja traži izgrađenu transformaciju 110/35 kV Plat (koja bi preuzela ulogu i TS Bosanka). Promatrani presjek ukupne potrošnje 64 MW karakterizira dakle postojanje druge TS 110/35 kV, 1 × 40 MVA, na dubrovačkom području (zbog uskog grla u instaliranoj snazi TS Komolac 2 × 40 MVA, koja ne zadovoljava kriterij /n – 1/). Predlažemo je uspostaviti u HE »Dubrovnik« (u strojarnici ili ispred ulaznog tunela). Oko potrošnje 76 MW trebat će osigurati vezu s mrežom 35 kV i drugim transformatorom 40 MVA, no ne zbog sigurnosti napajanja nego zbog (ne)razvijenosti distributivne mreže i padova napona (slučaj napajanja Župe i Konavala iz TS Komolac u slučaju neraspoloživosti transformatora 110/35 kV u »Platu«; nije uziman u obzir pad napona do TS 35/10 kV Ploče na krajnjem jugu hrvatskog elektroenergetskog sistema). U presjeku nazivne 2000. očekivana je potrošnja u mreži 110 kV:

Komolac 32,6 MW, 13,0 Mvar,
Plat 36,5 MW, 14,6 Mvar.

Pretpostavljeno je da se konzum zone Šipčina (11,5 MW) dijeli popola između nove TS 35/10 kV Ploče i TS Komolac, te da se Ploče napajaju iz Plata. Položi li se kabel 35 kV između Šipčina i Ploča, kako je predloženo u /L.5), bila bi moguća maksimalna elastičnost pogona a i daleko bi se odgodila potreba TS 110/35 kV Bosanka. U presjeku nazivne 2010. očekivana je potrošnja u mreži 110 kV:

Komolac 44,1 MW, 17,6 Mvar,
Plat 52,5 MW, 21,0 Mvar,

pa bi se na razini ukupne potrošnje oko 110 MW moglo pomišljati na novu TS 110/35 kV Bosanka. Razvoj mreže i presjeci potrošnje kada su potrebna pojačavanja detaljno su elaborirani u [3].

3.4.2. Injektirana snaga u Hrvatsku

Koliko energije iz HE »Dubrovnik« apsorbira Hrvatska u svakoj od promatranih osnovnih varijanti? Bilancira li se injektirana snaga HE »Dubrovnik« (210 MW) s tokovima na vodovima incidentnim sa Trebinjem (DV 2 × 220 kV HE »Dubrovnik« — Trebinje i DV 110 kV Komolac — Trebinje, koji je zadržan u pogodu) dobiva se saldo snage koji ostaje u Hrvatskoj; prikazujemo ga u tablici 3:

Tablica 3.

Varijanta na sl. 6, kV/kV	MW			
	Ostaje u Hrvatskoj 1990/91. 1995. 2000. 2010.			
(a) 110	79	98	112	138
(b) 14,4/110/222	74	93	101	131
(c) 14,4/110	72	91	103	132
(d) 220/110	64	81	97	125

U svim tim varijantama uključen je DV Trebinje – Komolac. Njegovim isključenjem ostalo bi u Hrvatskoj više ili manje ovisno o tome da li Komolac daje Trebinju ili prima; npr. u varijanti (d), jedinoj u kojoj Komolac prima u svim presjecima, ostaje u Hrvatskoj 1990: 62 MW, 1995: 78 MW, u 2000: 92 MW, u 2010: 116 MW.

Iz provedenih ispitivanja normalnog pogona u svim promatranim presjecima potrošnje, od one polazne s dosegnutom razinom potrošnje dubrovačkog područja do one očekivane nazivne 2010, slijedi da najviše ostaje u Hrvatskoj u varijanti (a), a najmanje u varijanti (d), što je i logično jer se u tom slijedu sve više povećava impedancija između HE »Dubrovnik« i mreže 110 kV.

Hrvatskoj pripada prema postojećim sporazumima 22% od snage HE »Trebinje« 1 i 2 (2×54 MW) i HE »Dubrovnik« (2×108 MW), tj. 71 MW. Znači da bi se u najnepovoljnijoj varijanti (d) izvukla ta snaga direktno u hrvatski elektroenergetski sustav već do 1995. (ovisno o razmjeni vodom Komolac – Trebinje). Za finiji zaključak trebalo bi ispitati još nekoliko režima potrošnje (ne samo maksimum).

3.5. Formulacija prijedloga

Zaključci prema [4]:

1.

Varijanta promjene priključnog napona HE »Dubrovnik« od 220 kV na 110 kV implicira promjenu priključka u TS 400/220/110/35 kV Trebinje, dakle međudržavno dogovaranje.

Budući da su priključni vodovi građeni sa po dva Al vodiča presjeka 240 mm^2 u snopu, svaki bi zadovoljavao injekciju pune snage HE »Dubrovnik« (prijenosni kapacitet svakog voda pod 110 kV: 230 MVA).

Rasklopno postrojenje 110 kV Trebinje trebalo bi proširiti, što znači izgradnju novog dijala (s otvorenim pitanjem njegove kvalitete i razvoda energije sa sabirnicama).

2.

Zamjena postojećih generatorskih transformatora tronamotnim je specijalno rješenje, pionirsko koliko nam je poznato, ali izvedivo (što se tiče samog transformatora).

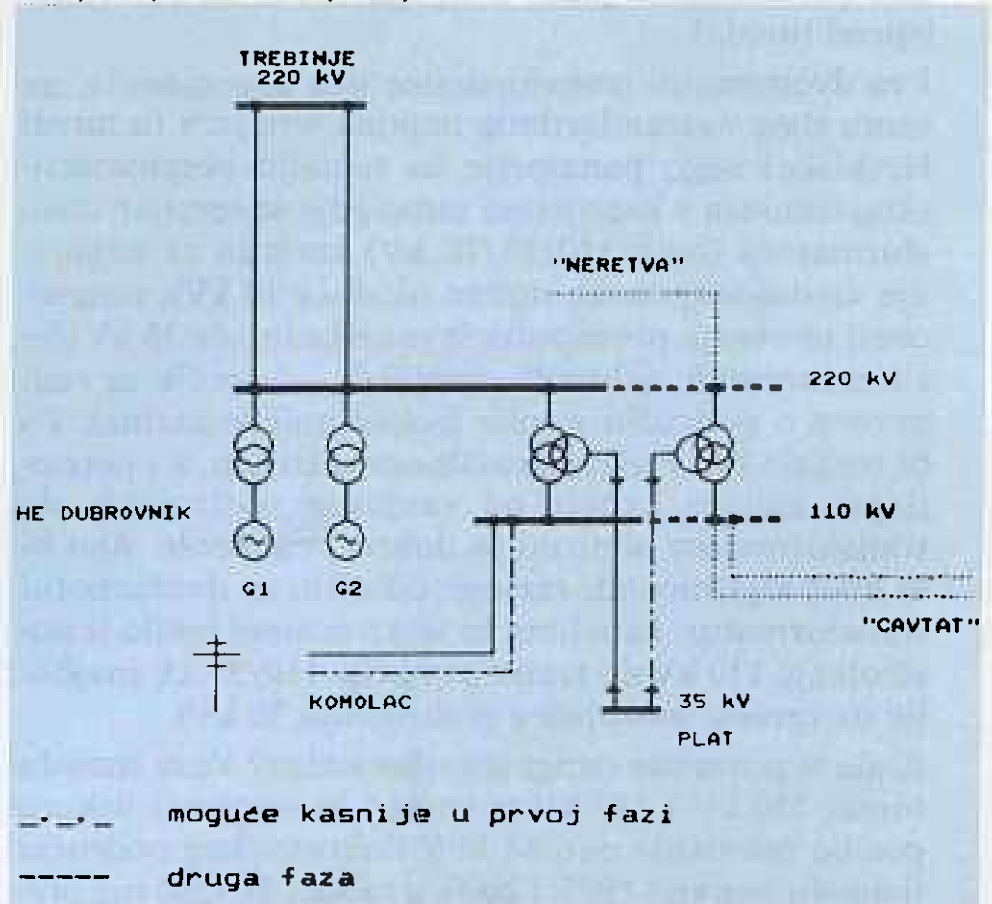
Otvorena su pitanja velikog u_k jednog od namota, kao i regulacije pod naponom. U sinkronizaciji i pogonu mogle bi se očekivati teškoće.

3.

Sabirnice između generatora i njegova blok-transformatora u trećoj varijanti (na koje se priključuje transformator 14,4/110 kV) opterećene su velikim strujama i nisu popularne; ovo rješenje moglo bi zahtijevati generatorski prekidač (izuzetno skup).

4.

Varijanta sa transformatorom 220/110 kV je tehnički, pogonski i organizacijski najjednostavnija i zato se zalažemo za taj prijedlog, i to u podvarijanti s tercijarom za terećenje, dakle 220/110/35 kV, 150/150/50 MVA (sl. 7).



Slika 7. Novi prijedlog prema [4]

Izboru snaga potreban je mali komentar. U prvom razmišljanju zadržane su standardne snage; za takve transformatore postoji dokumentacija (upotrebljiva barem za dio unutar kotla). Iz izračuna dimenzija proizlazi da je to oko granične veličine koja bi se mogla smjestiti u raspoloživi prostor jednog trafoboksa, pa je to prema tome odgovor na inverzno postavljeno pitanje: kolika je snaga transformatora koji se još može komotno udomiti u jedan postojeći boks. (Rezerva postoji u uklanjanju pregradnog zida između dva boksa; za drugi transformator bi tada trebalo još izdupsti). U razmišljanju o graničnim veličinama trebalo bi uključiti i pitanje koraka i opsega regulacije (zadržano je $\pm 12 \times 1,25\%$) — i tu postoji mogućnost redukcije.

Međutim, kako ti transformatori ipak ne bi mogli biti neka sistemska rezerva, zbog napona tercijara 35 kV (a uobičajeno je 10,5 kV), opravdano je razmišljati o manjim snagama — a, podsjetimo, snaga se mijenja s četvrtom potencijom linearnih dimenzija. Vjerojatno bi bilo opravdano uzeti snagu prema onoj jednoj revitaliziranog bloka (i to, zbog sigurnosti, za opciju najvećeg povećanje snage): dakle približno 135 MVA (koja je u prvoj iteraciji i bila ulazni podatak za »Končarove« proračune). Time je ostavljena

moćnost da se proizvodnje jednog generatora već u prvoj etapi (samo jedan transformator) eventualno skrene u elektroenergetski sustav Hrvatske (adekvatnom promjenom uklopnog stanja).

Slijedi da bi predloženi tronamotni transformatori 220/110/35 kV, neovisno o izabranoj snazi, ipak bili namjenski, što povlači potrebu para, pa se gubi prednost etapnog pojačavanja.

Transformator 220/110/35 kV smjestio bi se u jedan od boksova za generatorske transformatore. Za drugu jedinicu trebat će premjestiti treći, rezervni, generatorski transformator da se oslobodi potrebni prostor (na montažni plato u strojarnici ili na otvoreno, ispred tunela).

I za dvonamotni transformator ima argumenata, ne samo zbog nestandardnog napona tercijara (u mreži Hrvatske) nego ponajprije na temelju eksploatacijskog iskustva s kvarovima tamo gdje se tercijar transformatora (onih 110/35/10 kV) koristio za napajanje srednjonaponske mreže (doduše 10 kV): mogućnosti unošenja prenapona iz vanjske mreže 35 kV (ferorezonantnih, sklopnih, vanjskih — a ovdje se radi upravo o području visoke izokerauničke razine). To bi trebalo biti rješivo pravilnom zaštitom, a i petstotinjak metara kabela od vanjskog postrojenja do transformatora sigurno je dobro prigušenje. Ako bi se zbog sigurnosnih razloga odlučilo za dvonamotni transformator, kabelima bi se kroz tunel izašlo iz postrojenja 110 kV do transformacije 110/35 kV (najbolje uz zgradu postojećeg postrojenja 35 kV).

Kada je potreban drugi transformator? Vezu između mreže 220 kV i 110 kV potrebno je osigurati uskoro poslije potrošnje oko 64 MW dubrovačkog područja (između nazivne 1995. i 2000. u tablici 2). Oko tog presjeka potrošnje, naime, bio bi kriterijem $/n - 1/$ potpuno iskorišten kapacitet voda Trebinje — Komolac (85 MVA): gubljenjem napajanja iz prijenosne mreže u Platu (neraspoloživost transformatora 220/110 kV ili DV 220 kV Plat-Trebinje, jer se u prvoj fazi uvodi u Plat samo jedan DV HE »Dubrovnik« — Trebinje), napajali bi se Plat (39 MVA) i Komolac (35 MVA) iz Trebinja (+ 12 MW, 5 Mvar, na modelu vodom iz Komolca Stonu; + gubici).

Dakle, drugu transformatorsku jedinicu za osiguravanje injekcije u mrežu 110 kV, jednako kao i veze s mrežom 35 kV, potrebno je imati između potrošnje 64 MW i 76 MW.

5.

Oklopljena sa SF₆ izolirana postrojenja 220 kV i 110 kV smjestila bi se u kavernu strojarnice. Prostorno je to moguće i za veličinu definitivne izgradnje.

Detaljnije u pitanja postrojenja nismo ulazili (npr. trebaju li dvostruke sabirnice, uzdužni prekidač, i sl., što se sve lako rješava modulskim komponiranjem postrojenja).

U definitivnoj izgradnji imalo bi postrojenja 220 kV u predloženoj varijanti (d) osam polja (sl. 7):

- dva generatorskih transformatora 14,4/220 kV
- dva vodna (Trebinje 1 i 2)
- dva mrežnih transformatora 220/110 kV

- jedno uzdužnog rastavljača (prekidača ?) za sekcioniranje sabirnica (ako je potrebno) i
- jedno rezervno vodno (»Neretva«, što inercijom zadržavamo).

U prvoj etapi, do razine očekivane potrošnje nazivne 2000, bilo bi dovoljno pet polja: uz dva generatorskih transformatora i dva vodna trebinjska samo za jedan mrežni transformator.

U definitivnoj izgradnji prema našem novom prijedlogu (dakle s tronamotnim mrežnim transformatorima) imalo bi postrojenja 110 kV sedam polja (ili devet — ovisno o rješenju TS 110/35 kV) (sl. 7):

- dva vodna (Komolac 1 i 2)
- dva mrežnih transformatora 220/110 kV
- jedno uzdužnog rastavljača za sekcioniranje sabirnica (ako je potrebno) i
- dva rezervna vodna (Cavtat 1 i 2).

U prvoj etapi, do razine očekivane potrošnje nazivne 2000, minimalno treba opremiti dva polja: jedno mrežnog transformatora i jedna trojka dvosistemskog voda HE »Dubrovnik« — Komolac.

6.

Ovisno o ocjeni stanja, rezervi u raspoloživoj dužini i iskustvima iz eksploatacije, ostavili bi se postojeći priključni uljni kabeli 220 kV ili bi se zamijenili polietilenskim; dosljedno prema opredjeljenju izvela bi se ostala kabelska povezivanja (sabirnice 220 kV-generatorski transformator; sabirnice 220 kV-mrežni transformator; sabirnice 220 kV-vanjsko rasklopno postojenje). Veza visokonaponske strane generatorskog transformatora i mrežnog, preko sabirnica 220 kV, moguća je i oklopljenim plinom izoliranim sabirnicama.

Za povezivanje transformatora 220/110 kV (u trafo-boksu) s rasklopnim postrojenjima 220 kV i 110 kV (u strojarnici) koristili bi se kabeli na policama u »tunelu sabirnica« na sl. 4.

Sa sabirnica 110 kV izašlo bi se analogno kao s kabelima 220 kV do vanjskog rasklopnog postrojenja 110 kV; njegova lokacija može biti uz postojeće 220 kV (iznad Jadranske ceste) ili na platou ispred tunela strojarnice — ovisno o trasi DV 110 kV HE »Dubrovnik« — (Brgat) — Komolac.

U kabelskim tunelima (presjeka $\bar{S} \times V$ oko $2 \times 2,5$ m) položili bi se kabeli 110 kV do vanjskog rasklopišta (prijelaz u nadzemni vod) na mjesta predviđena za priključne kabele druge faze izgradnje HE »Dubrovnik«.

Kabelom 35 kV povezao bi se tercijar transformatora (za slučaj tronamotnog transformatora) s postojenjem 35 kV u postojećoj vanjskoj zgradi pred ulazom u tunel strojarnice. Ako se odvoji transformacija 110/35 kV, njezino bi mjesto bilo uz postojeću zgradu s postrojenjem 35 kV. Kabeli 110 kV položili bi se na police u pristupnom tunelu.

Postojeće postrojenje 35 kV treba rekonstruirati bez obzira na planirana pojačavanja mreže.

7.

Za upravljanje, zaštitu, mjerenje (eventualno »Pyramid-no« koordinirano) i sl. — koristili bi se optički

kabeli (u/uz energetske kabele), a komanda moguća je i u prostoru strojarnice (možda čak katno realizirana: koristeći raspoloživu visinu).

8.

Predloženo rješenje odgovara na otvorene probleme proizvodnje (evakuacija dijela energije za Hrvatsku), prijenosa (osiguravanje grana /Trebinje — Komolac; transformatori 40 MVA/) i distribucije (izvorišta /napajanje Župe i Konavla/ i priključak /Ploče/) na području južne Hrvatske.

S obzirom na to da je zadržana veza s mrežom 220 kV (na sabirnice transformacije 220/110 kV su učvorena dva DV 220 kV), napajanje je nezavisno od toga da li HE »Dubrovnik« radi ili ne, a spomenimo u vezi s time 7 350 sati godišnjeg korištenja HE »Dubrovnik« punom snagom (godišnja proizvodnja 1 550 GWh).

Realizaciju ovog prijedloga *moguće je ostvariti bez prekidanja pogona* (osim za prespajanja, za koja je dovoljno vrijeme redovitog remonta), *i u vrlo kratkom roku*. Izgradnja nimalo *ne bi remetila pogon*, jer su mrežno rasklopno postrojenje (koje se gradi) i postrojenje elektrane dvije nezavisne cjeline; i svi su pomoćni pogoni autonomni (a oni elektrane mogu eventualno služiti kao rezerva).

9.

U poratnom rješavanju obnove i razvoja podsistema južne Hrvatske treba podržati dinamiku izraženu u diskusiji S. Guća i B. Radmilovića »Ratna oštećenja i privremene sanacije rasklopno-transformatorskih postrojenja prijenosne mreže Dalmacije« u [6]: »Cjelokupni objekt (TS Komolac, p.p) će se morati praktički graditi iznova, za što već postoje i određene ideje pa i dijelovi projektne dokumentacije (objekt je bio predviđen za revitalizaciju i proširenje). Razmatra se mogućnost da se, po provizornom osposobljavanju TS Komolac, najprije pride izgradnji novih objekata prijenosne mreže na širem području Dubrovnika (TS Plat, TS Bosanka, s odgovarajućim vodovima 110 kV), a tek da se onda izgradi praktički nova TS Komolac.«

Bez obzira na veliku neizvjesnost poslijeratnog razvoja, vjerojatno je prihvatljivo — u relativnim odnosima — očekivanje porasta potrošnje iz [5]: grad Dubrovnik 2,9% — župa Dubrovačka 4,2%, Konavle 4,3%.

3.6. Dalja evolucija i konačni prijedlog

U svoj konačnoj formulaciji (a krenuli smo od ideje tronamotnog generatorskog transformatora) jednaka je, dakle, električka shema napajanja južne Hrvatske prema novom prijedlogu u [4] kao i ona prihvaćena na Upravnom odboru [3]: TS 220/110/35 kV — samo smo došli do *nove spoznaje o njenom smještaju* (kaverne za HE »Dubrovnik 2«) i njime diktiranoj *tehnologiji* (oklopljeno, sa SF₆ izolirano postrojenje), kao i do *optimalne topologije* samog postrojenja (s obzirom na priključak HE »Dubrovnik« i nastojanje

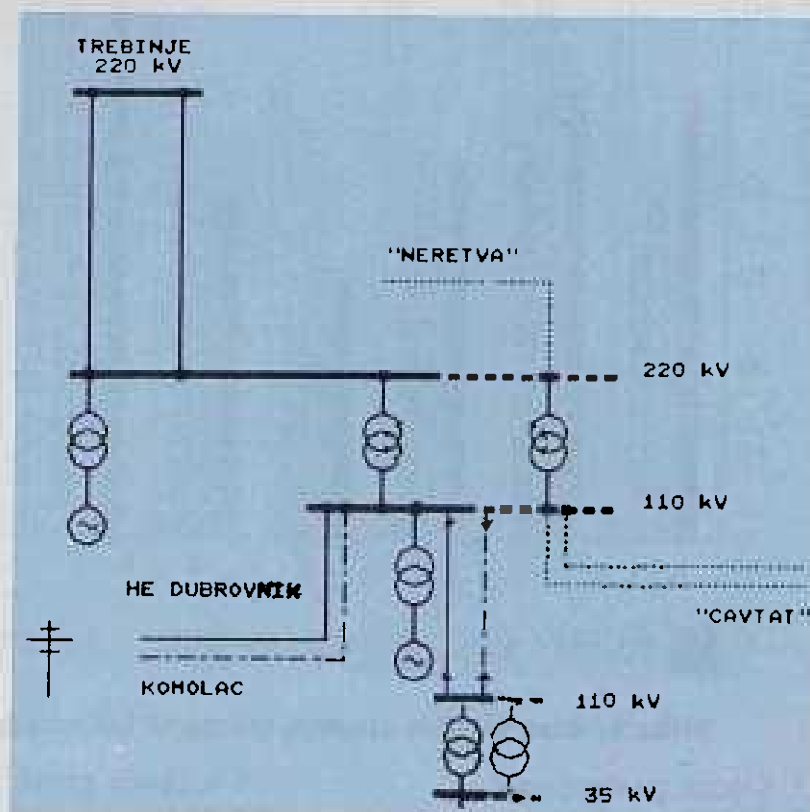
za što većom direktnom injekcijom energije u Hrvatsku: prebacivanje jednog generatora na 110 kV).

Između novog prijedloga i već prisutnih razmišljanja o rekonstrukciji postrojenja na platou postojećeg rasklopišta moguće su različite kombinacije: najčešće se npr. pomišlja na onu sa oba postrojenja 220 kV i 110 kV u zgradi na platou (kao oklopljena, plinom izolirana), transformator 220/110 kV u slobodnoj kaverni generatorskog transformatora a 110/35 kV ispred ulaza u tunel za strojarnicu.

U širokoj diskusiji otvorenoj radikalnim koncepcijama iz [4]: od prematanja generatorskih transformatora . . . , rezultirao je konačno prijedlog jednog *kompromisnog rješenja koje ne traži nikakve intervencije u TS Trebinje, a omogućuje injekciju barem jednog generatora u Hrvatsku* (sl. 8). Tako smo optimizirali električku shemu u postojećem planu (poglavlje 2), i to upravo u jednom od dva glavna kriterija: uz pojačavanje mreže, što veća direktna apsorpcija proizvodnje HE »Dubrovnik« u južnu Hrvatsku.

Jedan od postojeća tri generatorska transformatora bi se preotao (od 220 kV izlaznog napona na 110 kV), što neće predstavljati problem jer je jedan ionako »Končarev« (a dva »Savoisienneova«), i priključio na sabirnice 110 kV. Oba priključna voda 220 kV ostaju učvorena u TS Trebinje, a u HE »Dubrovnik« na sabirnicama 220 kV transformacije 220/110 kV. Prevladalo je mišljenje da se zbog sigurnosti i asortimana razdvoje transformacije 220/110 kV i 110/35 kV. Time se broj polja u postojenju smanjuje za jedno na 220 kV a povećava na 110 kV.

Pokusnim ispitivanjem dobili smo informaciju koliko bi snage direktno apsorbirala Hrvatska: pokazuje se u presjeku nazivne 2000. da bi uzimala Hrvatska 106 MW — praktički snagu jednog generatora, dakle i više od onog što Hrvatskoj pripada.



----- moguće kasnije u prvoj fazi
 ----- druga faza

Slika 8. Definitivna redakcija novog prijedloga

4. USPOREDBA NOVOG PRIJEDLOGA I POSTOJEĆEG PLANA

Konvencionalno postrojenje na otvorenom (AIS – air insulated switchyard ili substantiation) inferiorno je onom oklopljenom plinom SF_6 izoliranom (GIS), posebno u ovom slučaju. Spomenimo bez rangiranja: *uvjete okoline* (vizualnu markantnost konvencionalnog postrojenja u amfiteatru Župskog zaljeva, potrebu adaptiranosti jakoj seizmičkoj aktivnosti, njegovu izloženost u agresivnom primorskom pojasu, laku dostupnost u blizini granice s istočnom Hercegovinom) i cijelu imovinskopравnu *regulativu* za terasasti teren površinom veći od »Dinamova« igrališta u Maksimiru (s atletskim stazama) i ulazno-/izvodnim koridorima, uvedimo zatim aspekte *održavanja*; pa one *pouzdanosti* (naročito naglašeno), *sigurnosti i raspoloživosti*; *vrijeme izgradnje* (otvoreno u opciji konvencionalnog) i *načine*.

Jedna međunarodna anketa daje nam podsjetnik i ponderiranje faktora koji su utjecali na opredjeljivanje svjetskih elektroprivreda za GIS a ne AIS, (sl. 9) [7]. I drugi recentni referati podupiru svrsishodnost i ekonomičnost GIS-a, npr. [8].

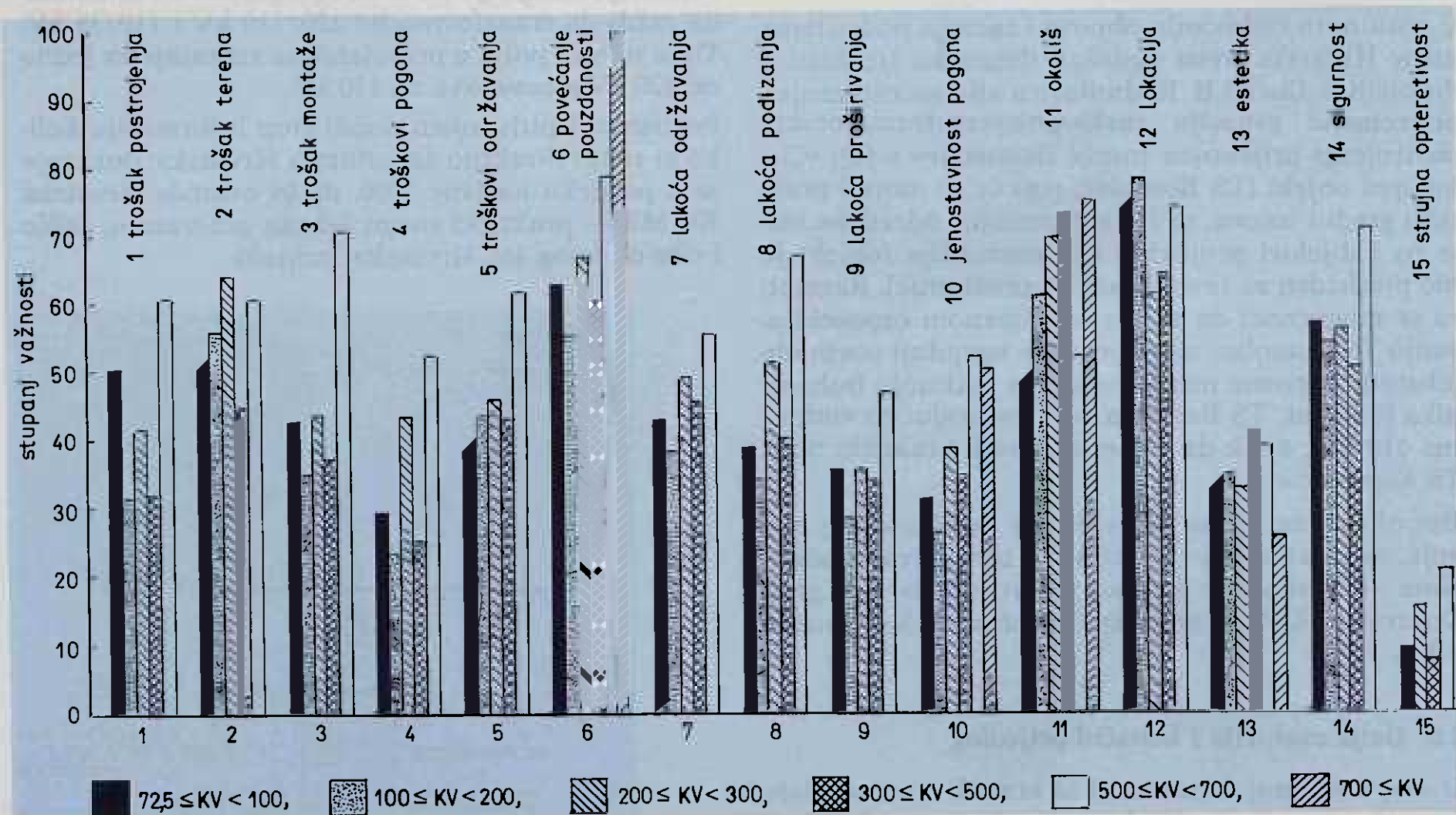
Prihvatimo li *nespornim ambijentalnu, tehnološku i eksploatacijsku superiornost oklopljenih, sa SF_6 izoliranih postrojenja*, ostaje pitanje cijene. Sigurno da

je kao kapitalna investicija GIS skuplji od AIS-a. No ako se uvede kriterij minimuma ukupnih troškova – dakle ne samo kupovnu cijenu postrojenja nego i valorizaciju troškova i koristi protegnute na cijeli životni vijek postrojenja, uz troškove zemljišta, zgrade i montaže – onda je *GIS povoljniji, troškovno isplativiji*. U našem pristupu *tek promatranje ukupnih troškova znači ekonomski kriterij*, i tom bi trebalo težiti u praksi odlučivanja (a ne odlučivati na bazi usporedbe proizvođačkih cijena, i to obično iz različitih izvora; pa čak i bez ulaženja u moguće modalitete). I još vezano za postojeću praksu: domaći proizvođač u otvorenoj tržišnoj privredi ne bi trebao biti *posebno* preferiran.

Današnji općeniti trend omjera troškova GIS-a prema konvencionalnom postrojenju u ovisnosti o naponskoj razini prikazan je na sl. 10 [9].

Ekonomska usporedba na jednom *konkretnom* primjeru – za TS 380/110 kV Elsen na području poduzeća »PreussenElectra« – pokazuje minimalnu razliku ukupnih troškova od 8%; sl. 11 [10]. Recimo da bi taj slučaj, uza sve razlike, mogao biti komparativan za našu situaciju pa ćemo ga pokušati interpretirati iz te perspektive. Uzme li se:

(a) da je naša cijena zemljišta okvirno između 150 \$/m² (koliko je kalkulirano za proširenje TS 110/35 kV Komolac) i 80 DM/m² (kolika je bila



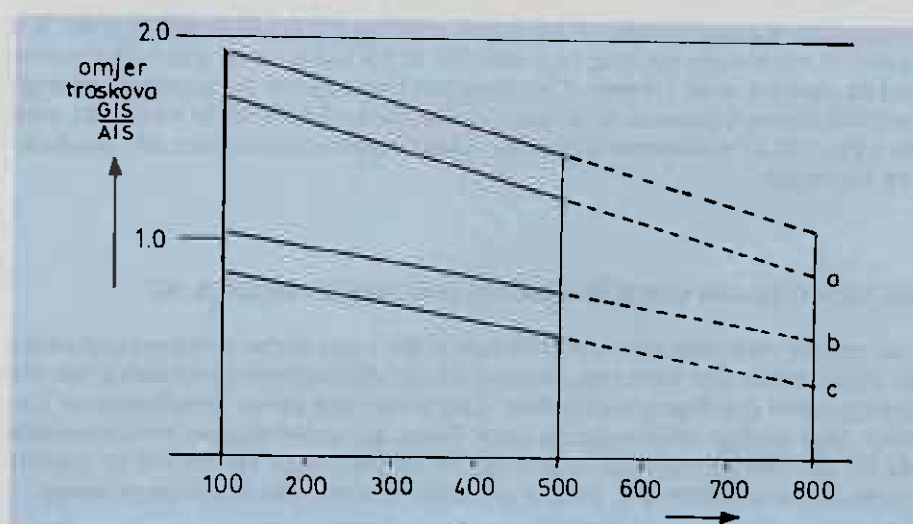
Slika 9. Distribucija stupnja važnosti faktora koji su kod korisnika odlučivali o izboru GIS-a pred AIS-om, [7]

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 Cijena postrojenja | 9 Lakoća proširivanja |
| 2 Otkup terena | 10 Jednostavnost pogona |
| 3 Troškovi izvedbe | 11 Okoliš |
| 4 Troškovi pogona | 12 Lokacija |
| 5 Troškovi održavanja | 13 Estetika |
| 6 Povećanje pouzdanosti | 14 Sigurnost |
| 7 Lakoća održavanja | 15 Strujna opteretivost |
| 8 Lakoća montaže | |

otkupna cijena za teren za izgradnju kabelaške kućice na Pagu /Seline: prema Ninu/) — dakle zemljište je barem dvostruko skuplje nego u njemačkom primjeru, te

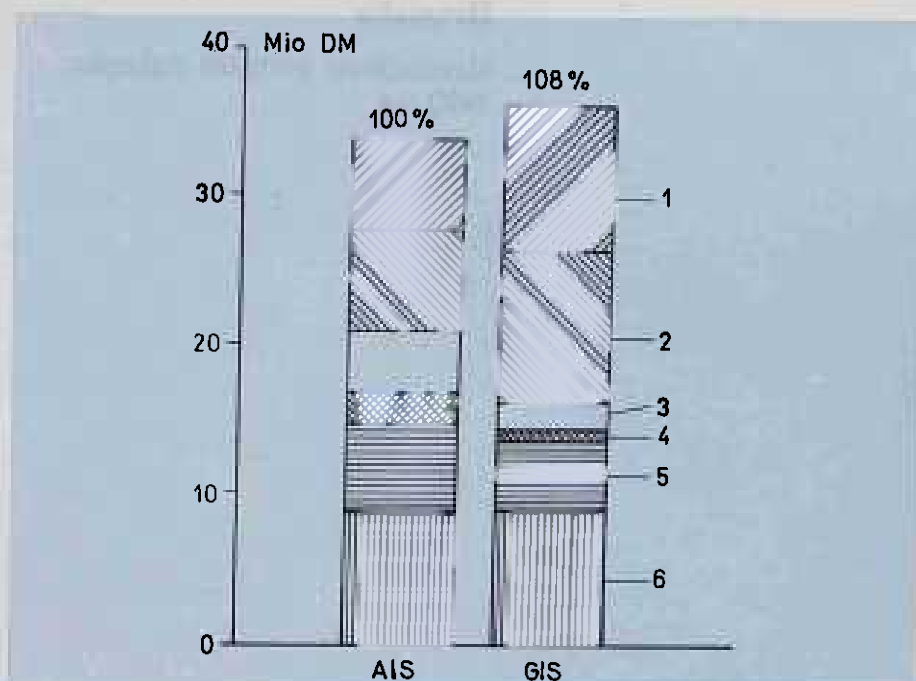
(b) da za postrojenje u GIS izvedbi u kaverni strojarne HE »Dubrovnik« ne treba građevine,

slijedi da bi *ukupna cijena rješenja prema našem prijedlogu bila evidentno ekonomičnija* (otpadaju površine /4/ i /5/ za GIS na sl. 11, a povećava se površina /4/ za AIS). Prenesimo još iz [9] da je njihov koncept rezultirao iz »intenzivnih tehničkih razmatranja i diskusija sa proizvođačima i poduzećima«, pa bi ponovno i za naše strateške odluke predložili konzilijarno odlučivanje.



Slika 10. Utjecaj naponske razine na omjer troškova između GIS-a i konvencionalnog postrojenja (AIS), [9]

- a = Omjer cijene postrojenja GIS/AIS
b = Omjer ukupnih investicijskih troškova GIS/AIS
c = Omjer ukupnih investicijskih troškova i pogonskih troškova GIS/AIS



Slika 11. Usporedba troškova za postrojenje u GIS i AIS izvedbi [10]

- 1 Postrojenje 380 kV (3 polja)
2 Postrojenje 110 kV (12 polja)
3 Održavanje postrojenja 380/110 kV
4 Teren (40 DM/m²)
5 Građevinski troškovi
6 Fiksni troškovi (transformator, daljinsko upravljanje, itd.)

Zaokružimo o cijeni novog prijedloga. U ekonomskoj valorizaciji — tj. usporedbi svih troškova u životnoj dobi postrojenja — oklopljeno, plinom SF₆ izolirano

postrojenje znatno je povoljnije od konvencionalnog na otvorenom (uz sve ostale prednosti). Glede prepreke visoke početne investicije, za nju se mogu naći povoljni aranžmani: ne samo kroz oblike kredita nego i kroz koncesije ili naturalnu razmjenu (npr. plaćanje kroz energiju).

5. ZAKLJUČAK

Postojanje temeljne elektrane s visokim iskorištenjem, u kojoj Hrvatska ima svoj interes, bilo je tehnički logično iskušenje u traženju pojne točke za južnu Hrvatsku unutar njezinih granica. Postojeća veza s ostalim dijelom sistema je preslaba i nesigurna da bi se mogla tretirati adekvatnom rezervom.

Pretpostavljajući energiju HE »Dubrovnik« sigurnom, kao i njenu vezu sa sistemom (što nam više i nije bez sjene sumnje: voda je s onu stranu granice, kao i prekidači; naš je pad i strojarica) interpolirana je ta nova pojna točka između izvoda sa generatorskih transformatora i državne granice. (Da ni ovo pitanje ne ostavimo otvorenim recimo: za potpunu autarkiju, trebao bi ili izvor na vlastitom području /koji je postojao 1901-1964, a uskakao je u pogon sve do 1963. dok nije izvršen potpuni prijelaz sa 6 kV na 10 kV/ ili sigurna grana do najbližeg čvrstog čvorišta /vjerojatno HE »Zakućac«/).

Budući da na izgradnji TS 220/110/35 kV prema usvojenom rješenju (sl. 2, poglavlje 2), interpoliranoj u priključne vodove HE »Dubrovnik«, nisu započeli ni pripremni radovi (koji mogu, ponovimo, bitno zakomplicirati ostvarenje) dan je još jedan, smatramo konkurentan, prijedlog.

Razlika prema usvojenom rješenju jest u rekonstrukciji (barem) jednog generatora u HE »Dubrovnik« na 110 kV, smještaju postrojenja u prostore prvotno namijenjene drugoj fazi izgradnje HE »Dubrovnik«, i GIS tehnologiji izvedbe.

Daljnja je pretpostavka novog prijedloga (uz onu već uvedenu o raspoloživosti elektrane i njezina priključka) da je udvostručenje postojeće HE »Dubrovnik« daleko barem koliko je životni vijek postrojenja, uz argumentaciju u 3. poglavlju.

Usvajanjem osnovne pretpostavke riješen je prostor za novo postrojenje 220/110/35 kV: kaverne generatorskih transformatora i strojarne rezervirane za drugu fazu izgradnje elektrane (poglavlja 3.5 i 3.6).

U poglavlju 3.5. analizirano je i predloženo rješavanje svih glavnih dijelova postrojenja: od onih 220 kV do onih 35 kV; u ostvarenju prijedloga nema većih poteškoća.

Pitanje cijene predloženog postrojenja, njegov jedini hendikep (uz inozemnog proizvođača) pitanje je ekonomike. U suvremenom pristupu, u kojem se valoriziraju ukupni troškovi u vremenu eksploatacije postrojenja, nov prijedlog je u prednosti pred usvojenim rješenjem (uza sve o njemu rečeno u poglavlju 4).

Založili bismo se zato reviziju postojećeg stava i usvajanje novog prijedloga (principijelna shema na sl.

8 realizirana u prostorima rezerviranim za potencijalnu HE »Dubrovnik 2«, što znači GIS izvedbu) kao bržeg, jeftinijeg i boljeg rješenja napajanja južne Hrvatske i direktne eksploatacije izvora prema hrvatskom udjelu.

LITERATURA

- [1] B. MARKOVIĆ, Z. TONKOVIĆ: »Prijenosna mreža južne Dalmacije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1978.
- [2] Z. TONKOVIĆ: »Dugoročni razvoj prijenosne mreže na području južne Dalmacije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1989; u dvije verzije: radnoj i definitivnoj (reduciranoj) — s navedenom literaturom.
- [3] Z. TONKOVIĆ: »Mreža 220-110 kV Dubrovnik«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1991, te konačna sinteza
»Tehno-ekonomska usporedba varijantnih rješenja napajanja konzumnog područja Dubrovnika električnom energijom (Rješenja prijenosne mreže 220-110 kV s osvrtnom na rješenja distribucijske mreže 35 kV)«, SEKTOR ZA RAZVOJ u Direkciji za razvoj, inženjering i informatiku Hrvatske elektroprivrede, Zagreb, 1991.
- [4] Z. TONKOVIĆ: Mreža 220-110 kV Dubrovnik. Incidenција sa strojarnicom HE »Dubrovnik«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1992.
- [5] R. SCHENNER: »Dugoročni razvoj srednjonaponske mreže područja 'Elektrodalmacija' OOUR 'Elektrojug' do 2010. godine«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1989.
- [6] Stručna konzultacija »Obnova i izgradnja elektroenergetskog sistema Republike Hrvatske« u svibnju 1992. u Zagrebu (2.11).
- [7] »A twenty-five year review of experience with SF₆ gas insulated substations (GIS)«, izvještaj GRUPE AUTORA ispred WG 23.10 na savjetovanju CIGRE, Pariz, 1992, R. 23 – 101.
- [8] A. GOMEZ, Ph. JOUCLAR, E. THURIES: »High voltage electric power and environment: the metal-enclosed substations in the vanguard«, 15. kongres World Energy Council, Madrid, 1992, R. 1.2.23.
- [9] K. V. MENON: »Application and Advantages of GIS Substations in Urban Areas or Highly Polluted Regions«, ABB Publikacija br. CH-HOS 10101 92 E, Zurich, 1991.
- [10] H. KARRENBAUER, H. BLAUM, K. FESER, W. KOHLER, K. KRUGER: »Planning, testing, erection and commissioning of 420 kV/123 kV GIS with particular consideration of EMC phenomena«, savjetovanje CIGRE, Pariz, 1992, R. 23-205.

SOUTH CROATIA SUPPLY AND WHAT TO DO

Suggestion of a new concept of the supply point for the South Croatia is given. It is based on the assumption that the availability of the hydro-power plant »Dubrovnik« and its connection to Trebinje. It is suggested that a part of the underground engine room formerly planned for a hydro-power plant »Dubrovnik 2« should be used for a 220/110 kV transformer substation constructed as an enclosed, SF₆ gas-isolated substation.

DIE VERSORGUNG VON SÜDKROATIEN UND WAS ZU MACHEN IST

Hier spricht man über die neue Konzeption der Lösung des Versorgungspunktes für Südkroatien. Der Vorschlag gründet auf der übernommenen Annahme von der Verfügbarkeit des Wasserkraftwerkes »Dubrovnik« und seines Anschlusses an Trebinje. Man schlägt die Benutzung eines Teiles der unterirdischen Maschinenhalle die für das Wasserkraftwerk »Dubrovnik 2« für die Anlage TS 220/110 kV geplant wurde und ihre Ausführung als eine gepanzerte, durch Gas SF₆ isolierte Anlage

Naslov pisca:

Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-9-6.

PROCJENA VRIJEDNOSTI ELEKTROSUSTAVA¹ KAO DIJELA NEKRETNINA

Mr Mirko Rigo, Osijek

UDK 621.31:336.6

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Modeli za procjenu vrijednosti nekretnina prilagođeni su procjeni vrijednosti zemljišta, objekata i tehnološke opreme. Vrijednosti elektrosustava se mijenjaju po drugačijim zakonitostima neizostavno uvažavajući kriterije sigurnosti.²

Ključne riječi: Procjena vrijednosti, kalkulacija, faktor umanjene vrijednosti, faktor sigurnosti, vrijeme kvalitetne upotrebe, istrošenost, tehnološka aktualnost.

1. UVOD

U razvijenim tržišnim ekonomijama procjene vrijednosti nekretnina su svakodnevna pojava s obzirom na potrebe poznavanja njihove sadašnje vrijednosti bilo zbog razloga zajedničkog investiranja, ocjene vrednovanja uspješnosti ili likvidacione vrijednosti poduzeća kao i radi prodaje dionica (prije emisije), prodaje samih objekata ili dijela poduzeća odnosno moguće reorganizacije u stečaju, otkupa ili udruživanja čitavoga poslovnog subjekta, kao i za potrebe izdvajanja za porez. S obzirom na strateško opredjeljenje Hrvatske za tržišno gospodarstvo, procjene vrijednosti nekretnina postaju i kod nas svakodnevna potreba. U ovom se trenutku procjena vrijednosti nekretnina u nas pojavljuje kao potreba pretvorbe društvenog vlasništva u vlasništvo poznatog vlasnika.

Elektrosustav čini određeni postotak pojedine nekretnine koja zahtijeva realnu procjenu. Njegova je specifičnost uvjetovana vrstom objekata i pratećim tehnologijama da bi se još više potencirala uvažavanjem kriterija sigurnosti kako korisnika u upotrebi, tako i okruženja u kojem se sustav nalazi. Predočenje modela izračuna vrijednosti elektrosustava koji je uspio objediniti navedene specifičnosti cilj je ova rada.

2. NEKRETNINE I ELEKTROSUSTAVI

Do sada kod nas nije bilo potrebe za procjenom vrijednosti nekretnina poduzeća. Razlog je društveno vlasništvo i nemogućnost prodaje toga vlasništva trećim osobama. Kada je poslovni subjekt s kapitalom u društvenom vlasništvu došao u ekonomske teškoće, društveni kapital se nije prodavao, već se priključivao obično ekonomski jačem, pri čemu je bez posebnih rasprava došlo do otpisa društvenog kapitala u količini koja je kod pojedinih poduzeća utvrđena kao skrivena rezerva, a bila je dovoljna za pokrivanje skrivenih gubitaka. Gubici su bili posljedica neuspješnog poslovanja. U razvijenim tržišnim ekonomijama nije bilo, a niti može biti tako jednostavnog otpisa skrivenih gubitaka bez ekonomskih posljedica za onoga tko odgovara za povjerena mu sredstva. Posljedice uvijek snosi vlasnik kapitala i one za mnoge imaju i tragičan završetak.

Ekonomske i pravne sankcije protiv neuspješnog poslovanja u razvijenim su tržišnim ekonomijama dovele do spoznaje o kvalitetnim informacijama iz kojih proizlaze i kriteriji i mjerila vrednovanja poduzeća, gdje vrijednosti nekretnina zauzimaju važno mjesto u procjeni vrijednosti poduzeća odnosno njegove imovine.³ Nekretnine čine zemljišta, građevinski objekti, tehnološka oprema i instalacije, u što se ubrajaju i elektrosustavi.

Nova tehnika i tehnologija kao i humaniji način života temelje se na sve većoj upotrebi električne energije bilo kao energetske resursa, bilo kroz informatičke sustave različitih vrsta. Ta činjenica bitno mijenja ulogu elektrosustava dajući mu u procjeni vrijednos-

¹ Pod elektrosustavom podrazumijevaju se i elektroenergetski i elektroinstalacioni sustavi sastavljeni od većeg broja funkcionalnih podsustava koji su sigurni za korisnika i okruženje. To su postrojenja i uređaji, ali i vodovi instalacija energetske i informatičke tokove i ostala fiksno položena sredstva za zadovoljenje energetske, tehnološke, humane, ali i komfornih i luksuznih potreba čovjeka.

² Sigurnost u ovom radu podrazumijeva sigurnost ljudi i okruženja od posljedica nekontroliranih pojava elektrosustava i njegovih komponenti. Sigurnost u pitanju neprekinutosti isporuke električne energije ovdje je zamijenjena pojmom pouzdanost.

³ Procjena nekretnina daje samo jedan dio vrijednosti poduzeća. Pri procjeni vrijednosti poduzeća, osim vrijednosti nekretnina treba uzeti u račun i vrijednost radnih sredstava, zaliha, financijska ulaganja, potraživanja, ostala obrtna sredstva, poslovno nepotrebna sredstva te kratkoročne i dugoročne obveze, što sve daje njegovu pravu vrijednost.

ti nekretnina ozbiljnije mjesto s obzirom na veću zastupljenost u postotku vrijednosti imovine, koja se prema kvaliteti i strukturi elektrosustava kreće u granicama od nekoliko postotaka do nekoliko desetaka postotaka ukupne vrijednosti objekta. Tako značajan udio postotka elektrosustava u vrijednosti nekretnine zahtijeva strogo profesionalan i kompleksan pristup radi realnog procjenjivanja sadašnje vrijednosti sustava, a očituje se u razrađenoj metodologiji uz upotrebu dokazanih modela.

3. PRISTUP PROCJENI

Procjena nekretnine započinje njezinim upoznavanjem na temelju dokumentacije⁴ i vizualnog pregleda. Po konstataciji fizičkih veličina sustava slijedi klasifikacija uz sumiranje. Za procjenu vrijednosti elektrosustava, osim njegove starosti, bitno je i vrijeme kvalitetne upotrebe.⁵ Praksa pokazuje da se sustavi prema ovom kriteriju mogu klasificirati u 5 grupa (tablica 1).

Prvu grupu tvore informatički sustavi koji zbog općeg dinamičkog razvoja na svjetskom nivou doživljavaju brzu tehnološku zastarjelost. Ovamo se ubrajaju informatičke instalacije, mreže u procesima vođenja tehnologije, kabela mreže i instalacije za audio, video, TV i druge potrebe. U drugoj grupi su instalacije signalizacije i upravljanja u industriji i energetici s pripadajućim osjetnicima temperature, vlažnosti, nivoa, pritiska, protoka i sl. — instalacije telefonske dojave te instalacije i elementi »Ex« izvedbe. Razlog svrstavanja posljedne navedene instalacije u grupu N2 jest opet sigurnost koja se iskazuje kroz dotrajnost i zato nepouzdanost komponenti

Tablica 1.

Grupa	Vrijeme kvalitetne upotrebe	Vrsta elektrosustava (podsustava)
N1	5 — 10 godina	informatički, procesni signalni, komandni, telefonski, sustavi s »Ex« komponentama, razdjelnice, rasklopišta, agregati, energetska postrojenja, mreže, dalekovodi, uzemljenja, gromobrani, proizvodna energetska postrojenja, podzemne instalacije i instalacije u objektu (motorne, rasvjetne, termičke)
N2	10 — 15 godina	
N3	15 — 25 godina	
N4	20 — 30 godina	
N5	30 — 40 godina	

sustava. U treću grupu ubrajaju se razdjelnice, visokonaponska polja, ali i komandno-signalne ploče i pultovi koji ovoj grupi pripadaju zbog tehnološke zastarjelosti same opreme u njima, a još više radi potreba dogradnje ili modernizacije dijela ili čitavog postrojenja.

Kod ostale dvije grupe ocjenjuje se vrijeme kvalitetne upotrebe prema tablici 1. Vrijeme je limitirano faktorom istrošenosti. Granice su dane za uobičajenu upotrebu uz redovno održavanje, što može biti i kraće u slučaju intenzivnog korištenja (rad u kotinuitetu-24^h i sl.), ali i duže, što ovisi ponajprije o kvaliteti održavanja, ali i o izvršenoj rekonstrukciji elektrosustava ili nekog podsustava. Sve se te činjenice moraju uzeti u obzir pri procjeni.

Procjena se obavlja ili metodom usporedbe ili zamjenskom metodom. U prvom se slučaju cijene materijala i potrebnog rada određuju usporedbom sa sličnim već gotovim objektom i njegovim sustavom. U drugom se slučaju na temelju količine materijala i rada te njihovih jediničnih cijena dolazi do novoizgrađene vrijednosti⁶ sustava. Druga metoda je prihvatljivija jer se do cijene materijala novog objekta dolazi preko kataloga i cjenika proizvođača određenih komponenata sustava.

Do novoizgrađene vrijednosti sustava može se doći i upotrebom kalkulacija pojedinih projektnih organizacija i montažnih organizacija.

Do sadašnje vrijednosti dolazi se preko novoizgrađene, uz faktore umanjenja određene po vještaku. Vrijednost procijenjenog sustava je aktualna nabavna cijena novih istovrsnih ili srodnih komponenata korigirana za stopu istrošenosti, stopu tehničko tehnološke zastarjelosti, ali i stopu sigurnosti definiranu dokumentacijom. Procijenjena stopa istrošenosti odražava fizičku (tehničku) istrošenost i zastarjelost i nije jednaka ekonomskoj istrošenosti. Vijek trajanja koji je određen za obračun amortizacije nije jednak tehničkom vremenu upotrebe sustava. Rekonstrukci-

⁴ Upoznavanje objekta započinje proučavanjem tehničke i izvedbene dokumentacije kao temeljne informacije »TREBA«, kako bi se na objektu mogla konstatirati kao činjenica izgradnje stanje »JE«. Ako informacija »TREBA« odgovara stanju »JE«, mogu se koristiti informacije iz dokumentacije o fizičkim veličinama komponenti procjenjivanog sustava. U slučaju da stanje »JE« ne odgovara informaciji »TREBA« obveza je procjenitelja realno određivanje svih komponenti elektrosustava, što je jedino moguće predmjerom i prebrojavanjem na objektu. Druga važna dokumentacija u procjeni jest dozvola za upotrebu. Iz nje proizlazi realna starost sustava, ali i nešto mnogo važnije — informacija o legalizaciji objekta (i sustava u njemu) poslije izgradnje pri čemu je morao udovoljiti i svim uvjetima sigurnosti koje mora zadovoljavati u eksploataciji. To znači da su obavljena sva potrebna ispitivanja i putem njih dokazana sigurnost elektrosustava u upotrebi. Sigurnost se mora provjeravati neprestano, što je obveza službe održavanja, koja mora ažurne rezultate ispitivanja (protokole) imati odložene na uvijek dostupnom mjestu. Budući da ova dokumentacija daje važne informacije o stanju i sigurnosti sustava, ne smije biti zaobidena pri procjeni. Isto tako važne informacije daje i kompletnost atestne dokumentacije komponenata sustava, jer samo kao takva garantira sigurnost kroz korištenjem upravo takvih dijelova koji sustavu daju najveću sigurnost. To je opet razlog važnosti njezina korištenja u procjeni. U potrebnu dokumentaciju ubraja se i građevinska dozvola, koja se valorizira samo ako nema dozvole za upotrebu koja joj u protivnom vrijednost anulira. Izvršena procjena vrijednosti bez uzimanja navedene dokumentacije ne daje realan rezultat, jer za postizanje zadovoljavajućeg nivoa sigurnosti budući (novi) vlasnik mora uložiti dodatna financijska sredstva. Slična je situacija ako ne postoji niti jedna od dozvola, što navodi na zaključak da je objekt bezpravno izgrađen. U tom slučaju trebaju znatna financijska sredstva, s kojima novi vlasnik nije upoznat, da bi u ekstremnom slučaju objekt trebalo i rušiti, što znatno umanjuje i vrijednost elektrosustava. Važnost navedene dokumentacije za realnost procjene uvjetuje i njezino unošenje u model izračuna kroz faktor sigurnosti »k«.

⁵ Pod kvalitetnom upotrebom podrazumijeva se vrijeme u kojem elektrosustav u upotrebi potpuno udovoljava svoju funkciju, da bi sigurnost i pouzdanost bili redovno prnjeravani kroz održavanje. Na vrijeme kvalitetne upotrebe utječu i veći radovi na sustavu (rekonstrukcija, modernizacija i sl.) koji produžavaju vrijeme kvalitetne upotrebe (N_N).

⁶ Novoizgrađena vrijednost je prometna vrijednost novog sustava u koju su ukalkulirane i prometne vrijednosti materijala, radova montaže, transporta, ispitivanja s izradom potrebnih dokumenata. Drugi dio ove vrijednosti čini tehnička dokumentacija, konzalting-poslovi (nadzor i investicione usluge), takse za pribavljanje dozvole za gradnju i upotrebu, revizija dokumentacije, troškovi financiranja (kamate) i tehničkog pregleda obično se obuhvaćaju u građevinskom dijelu procjene zajedno s građevinskom vrijednosti zemljišta.

ja, modernizacija i sl. produžava vrijeme kvalitetne upotrebe sustava, dok njegova intenzivna upotreba (rad u više smjena) to vrijeme smanjuje. Kod rada u dvije smjene skraćuje se vrijeme kvalitetne upotrebe za 15–30%, a kod rada u tri smjene za 40–75%. Kod sustava kod kojih se ne može utvrditi intenzitet korištenja vrijeme kvalitetne upotrebe se procjenjuje iz tablice 1, uvažavajući fizičko stanje (kroz vizualni dojam, urednost i kompletnost dokumentacije održavanja) i eventualne regeneracije sustava. Tada se iskustveno ocjenjuje stanje istrošenosti u smislu pouzdanosti, uzimajući u obzir i tehničku zastarjelost, a koristeći se mogućnostima ocjene vremena kvalitetne upotrebe u granicama danim u tablici 1. za svaku grupu sustava.

4. METODE I MODELI PROCJENE

Procjenu nekretnina mogu obavljati vještaci eksperti, priznati stručnjaci na području kojeg se procjena vrši. Budući da procjena zadire u financijsku oblast, vještak mora biti realan i nepristran u određivanju vrijednosti nekretnine kako ne bi slučajno (namjerno) oštetio bilo koju stranu koja će se služiti ovom procjenom. Pri procjeni elektrosustava važna je ocjena da li je sustav stalno održavan, da li je funkcionalan i pouzdan u pogonu, pod čime se svakako podrazumijeva i sigurnost elektrosustava kako za korisnika, tako i za okruženje. Subjektivizam mora biti sveden na minimum.

Da bi se sa što manje subjektivizma ušlo u procjenu, razrađeni su matematički modeli koji po prikupljenim potrebnim relevantnim faktorima daju objektivne vrijednosti procjenjivane nekretnine.

Za procjenu vrijednosti zemljišta može se koristiti (1):

$$V_z = B_b \cdot F_b \cdot \frac{C_p^n}{1 - r/n},$$

gdje je:

- B_b — cijena takvog zemljišta u istoj okolini
- F_b — faktor potražnje
- C_p — godišnji porast cijene zemljišta
- r — stopa kapitalizacije
- n — broj godina do predviđene gradnje.

Vrijednost građevinskog objekta ili tehničko-tehnološke opreme može se zadovoljavajući točno procijeniti pomoću Ross-Brachmanovog izraza (1):

$$U_i = 0,5 \cdot \left(\frac{G_u^2}{V_t^2} + \frac{G_u}{V_t} \right) \cdot 100,$$

gdje je:

- U_i — udio istrošenosti objekata ili opreme
- G_u — godine upotrebe objekta
- V_t — vijek trajanja.

Umanjenje zbog starosti i trošnosti objekta može se računati prema (2):

$$U = \left(0,80 \cdot \frac{n}{N} + \frac{n + N}{2N} \right) \cdot P_u$$

za $n \leq N$

ili:

$$U = (0,80 + 0,20 \cdot \frac{n - N}{A - N}) \cdot P_u \quad \text{za } n \leq N \leq A,$$

gdje je:

- n — starost objekta
- N — prosječni vjerojatni vijek trajanja
- A — prosječni apsolutni vijek trajanja
- P_u — postotak udjela (npr. elektrosustava) u ukupnoj vrijednosti objekta.

Budući da je ovaj model kod nas ozakonjen, potrebno ga je detaljnije upoznati. Iz njega proizlazi sadašnja građevinska vrijednost (S_G) preko novoizgrađene vrijednosti (N_G), multiplicirajući je sa sumarnom postotka svake pojedine cjeline iz nekretnine.

Postotak umanjene vrijednosti neke cjeline dobiva se množenjem apsolutne vrijednosti s procijenjenim postotkom umanjenja, koji se iskazuje u 5 stupnjeva — 0%, 25%, 50%, 75% ili 100%.

Prema istom modelu, elektrosustavi su klasificirani kao:

- elektroenergetsko napajanje
- instalacije jake struje
- razvodni uređaji
- rasvjetna tijela
- instalacija slabe struje
- instalacija gromobrana i uzemljenja.

Prosječni apsolutni vijek trajanja određen je samo sa 3 grupe:

- elektroinstalacije — 40 godina
- telefonske instalacije — 30 godina
- gromobranske instalacije — 30 godina.

Komentar: Prihvaćanje ovoga modela nije moguće za složenije energetske i tehničko-tehnološke cjeline jer se, s obzirom na svoju kompleksnost, ne mogu uklopiti u ovaj model. Primjena ovog modela dala bi nerealan rezultat. Model je testiran na stambenim objektima (2), gdje je, vjerojatno, za građevinski dio nekretnina dao zadovoljavajuće rezultate. Vrijednost elektrosustava od 3,45%–7,78% (2) kroz procjenjenu vrijednost ukupnih nekretnina daje dovoljno točna rješenja za stambene objekte.

Površnost ovoga modela, u pitanju procjene elektrosustava, proizlazi iz tvrdnje (2) da je 5 stupnjeva dovoljno za procjenu umanjenja trošnosti, jer se proširenjem ovih stupnjeva daje prevelika sloboda procjenitelju i uvodi previše subjektivnosti, što procjeni ne daje dovoljnu realnost. Naprotiv, poželjno je proširiti broj stupnjeva postotka umanjenja ako želimo dobiti što realnije vrijednosti procjene uz poštovanje pravila da procjene mogu vršiti samo priznati eksperti s područja koje se procjenjuje, s iskustvom, ali i provjerenim moralnim osobinama, koje su garancija nepristranom odnosu prema nekretnini i zainteresiranima za procjenu. Uz činjenicu da je Uputstvo (2) doneseno prije 8 godina, kada u socijalističkom društvu nije postojala potreba procjena nekretnina (osim

zemljišta i uglavnom privatnih stambenih zgrada), može se prihvatiti i njegova nedorečenost za procjenu vrijednosti mnogo složenijih objekata, cjelokupnih poduzeća, a kroz to i pripadajućih elektrosustava. Izdavanjem novog dopunjenog Uputstva (2) trebalo bi te manjkavosti ukloniti.

4.1. Procjena vrijednosti elektrosustava

Za procjenu vrijednosti elektrosustava u sklopu nekretnina predložen je model izračuna faktora umanjenosti. Ovaj model je obuhvatio sve relevantne faktore važne za ocjenu sadašnje vrijednosti, a među njima je (presudan) faktor sigurnosti⁷ korisnika i okruženja. Značajan je naglasak na pratećoj dokumentaciji za procjenu upotrebne vrijednosti kao važan element sigurnosti.

Sigurnost elektrosustava postiže se redovnim održavanjem, koje podrazumijeva ne samo zamjene istrošenih elemenata sustava nego, što je mnogo važnije, redovna ispitivanja objektivnim mjerilima. Tim ispitivanjima utvrđuju se elementi sigurnosti kao primarni, u skladu s humanim kriterijima, da bi se dobio precizan odgovor o pouzdanosti i zadovoljavajućoj funkcionalnoj razini sustava. Rezultati ispitivanja se kao protokoli analiziraju, da bi se po njima postupilo ili se odlažu, da bi u svako vrijeme mogli dati informaciju o kvaliteti i sigurnosti elektrosustava. Prva takva ispitivanja obavljaju se nakon završetka izgradnje. Zadovoljavajući rezultati ispitivanja osiguravaju izdavanje dozvole za upotrebu. Dozvola za upotrebu važan je faktor sigurnosti, jer pokazuje da je sustav po njegovoj izgradnji udovoljio uvjetima sigurnosti. Tehnička dokumentacija daje referentne parametre kojih se elektrosustav mora pridržavati tijekom eksploatacije, kako bi se zadržao u granicama funkcionalnosti, ali i sigurnosti. Novi protokoli sastavljeni u toku održavanja daju pravu sliku sigurnosti elektrosustava, a proizvođački atesti određenih elemenata sustava omogućuju da se pri održavanju uspoređuju karakteristike tih elemenata s informacijama iz tehničke dokumentacije i s karakteristikama okruženja. Razlog je ponovno sigurnost. Pojam sigurnosti mora dobiti svoju valorizaciju i putem procjene vrijednosti elektrosustava, gdje značajno mjesto zauzimaju faktori sigurnosti (tablica 2).

4.2. Model procjene elektrosustava

U složenijem objektu procjene je potrebno vršiti tako da se razloži sustav na podsustave koji i inače tvore određene tehničko-tehnološke i funkcionalne cjeline. Takav pristup daje veću preciznost u procjeni vrijednosti. S obzirom na mogućnosti korištenja različitih vremena kvalitetne upotrebe, vremena produžene upotrebe (kroz naknadno ugrađene elemente), bolje ocjene veličine istrošenosti i sigurnosti, a što se sve iskazuje faktorom »K«.

Iz navedenog slijedi:

$$N_v = \sum_{i=1}^n N_{pi}$$

gdje je:

N_v — novoizgrađena vrijednost sustava

N_{pi} — novoizgrađena vrijednost podsustava.

Procjenom se određuje sadašnja vrijednost, koja je umanjena prema novoizgrađenoj za veličinu istrošenosti i sigurnosti, a odslikava faktor umanjene vrijednosti

$$n = 1 - \frac{N_x + N_n - n}{N_x + N_n + \frac{n}{k}}$$

Taj faktor objedinjuje sve relevantne elemente koji utječu na sadašnju vrijednost. To su $N_x/N_1 \dots N_5$ — tablica 1; N_n — vrijeme produžene upotrebe /postignuto remontom, modernizacijom/; n — vrijeme upotrebe /starost/ i k — faktor sigurnosti. Određivanje toga faktora proizlazi iz klasifikacije osnovne dokumentacije koja garantira u određenim uvjetima sigurnost elektrosustava, a prikazana je tablicom 2:

Tablica 2.

Broj	Faktor-dokumentacija (naziv)	Negativni ponder
1.	k_1 — tehnička dokumentacija	2
2.	k_2 — izvedbena dokumentacija	2
3.	k_p — aktualni protokoli ispit.	2
4.	k_g — građevinska dozvola	1
5.	k_a — atestna dokumentacija	2
6.	k_u — dozvola za upotrebu	2

Svi navedeni faktori nemaju jednaku težinu na procjenu vrijednosti elektrosustava. Prostor ne dopušta njihovu širu analizu. Zato treba koristiti:

$k = 1$ /ne postoji bilo kakva dokumentacija/

$k = 10$ /svi su dokumenti aktualni — ažurni i dostupni/

$1 < k < 10$ /dobije se umanjujući 10 za negativne pondere/.

Umanjena vrijednost podsustava $U_{pi}/+$ može se izraziti:

$$U_{pi} = N_{pi} \cdot u_i$$

gdje je:

u_i — faktor umanjene vrijednosti podsustava.

Izračun umanjene vrijednosti u elektrosustava u nekom objektu:

$$U = \sum_{i=1}^n N_{pi} \cdot u_i \cdot n_{pi}$$

gdje je:

n_p — postotni udio vrijednosti podsustava elektrosustavu

pa je:

$$\sum_{i=1}^n n_{pi} = 1,$$

a zajednički faktor umanjene vrijednosti

$$u = \sum_{i=1}^n u_i \cdot n_{pi}$$

Pravilo je da se vrijednost procijenjene nekretnine, njezine umanjene vrijednosti, kao i novoizgrađene vrijednosti, te faktor umanjenja prikazuje sumarnim brojem. Praksa posebno pokazuje praktičnost tak-

⁷ Faktor sigurnosti ocijenjen je kroz dokumentaciju i dan je tablicom 2.

vog iskaza, osobito na objektima gdje su vrijednosti elektrosustava višestruko manje od vrijednosti građevinskog objekta.

Umanjena vrijednost elektrosustava iznosi:

$$U = N_v \cdot u,$$

da bi sadašnja vrijednost (S) iznosila:

$$S = 1 - u \cdot N_v \text{ ili}$$

$$S = N_v - U.$$

Komentar: Sadašnja vrijednost elektrosustava jest njegova umanjena vrijednost prema novoizgrađenoj na dan procjene, pri čemu su uzeti u obzir: starost, vrijeme kvalitetne upotrebe, stopa istrošenosti, elementi sigurnosti sustava i tehnološka aktualnost. Na sadašnju vrijednost utječu i drugi činioci, gdje su među važnijima ponuda-potražnja, položaj poduzeća (npr. u likvidaciji), opće prilike (npr. rat) i sl. Na navedene okolnosti se ne vrši procjena, od strane tehničkog vještaka, već one utječu na određivanje strateških ciljeva u financijskoj transakciji. U ovoj transakciji ne može od financijskih eksperata proći nekažnjeno ni činjenica da tvrtka nema poslovne perspektive, da mora ući u postupak stečaja ili likvidacije da bi vrijednost osnovnih sredstava pale i na 35 % sadašnje vrijednosti, što sve diktiraju financijski stručnjaci.

Model izračuna predviđa redovno održavanje elektrosustava i zato i manji postotni pad njegove vrijednosti u kasnijim godinama korištenja u usporedbi s prvima. U prvim godinama novi sustav je opterećen zamjenama komponenata sustava koji imaju nedostataka ili su pogrešno odabrani, što se manifestira kroz »uhodavanje« sustava i njegovu pouzdanost.

Te poteškoće s novim sustavom, kao i činjenica da su komponente sustava morale biti modificirane za ugradnju ruši njihovu aktualnu nabavnu cijenu, a time i cjelokupnom sustavu, što se odražava na postotku umanjene vrijednosti.

5. ZAKLJUČAK

Procjena vrijednosti elektrosustava provodi se istim modelima kao i ostalih nekretnina, što vrijednosti procjene ne daje realne rezultate.

Specifičnost elektrosustava i njegovih podsustava kroz raznolikost i razgranatost, kao i veliku različitost prema drugim vrstama nekretnina, a koja se ogleda i u vremenima kvalitetne upotrebe njegovih raznovrsnih komponenata, još je posebno naglašena preko potencijalne opasnosti koji sustav predstavlja njegovim korisnicima, ali i okruženju. Ta specifičnost zahtijeva drukčiji pristup, ali i model izračuna. Naglasak na sigurnosti elektrosustava u upotrebi je presudan u njegovoj procjeni vrijednosti što je ugrađeno u model kroz faktore sigurnosti.

Da bi se udovoljilo navedenim specifičnostima, trebalo je:

- klasificirati elektrosustave u grupe po kriteriju kvalitetne upotrebe (tablica 1)
- klasificirati i ponderirati vrijednosti faktora sigurnosti (tablica 2)
- predložiti model izračuna faktora umanjene vrijednosti (s obuhvaćenim faktorima sigurnosti i elementima remonta).

Takvim pristupom došlo se do metoda izračuna novoizgrađene vrijednosti sustava (podsustava), a izračuna njegove umanjene vrijednosti uvažavanjem navedenih specifičnosti, da bi se predloženom metodom mogla izračunati i njegova sadašnja vrijednost. Elektrosustav mijenja s vremenom svoju vrijednost, što je posljedica starenja — istrošenosti, tehnološke zastarjelosti komponenata, a ogleda se u funkcionalnosti, ali i njegovoj pouzdanosti. U procjeni vrijednosti elektrosustava ne može se zaobići činjenica o stanju njegove sigurnosti. Kroz sigurnost su prezentirane sve relevantne karakteristike sustava što uvjetuje njegovo uključivanje u model proračuna kroz faktor sigurnosti.

LITERATURA

- [1] F. KOLETNIK: »Koliko vrijedi poduzeće«, Savez računovodstvenih i financijskih radnika Hrvatske, Zagreb, 1991.
- [2] ***: Uputstvo o načinu utvrđivanja građevinske vrijednosti ekspropiranih objekata, Narodne novine SRH, br. 52/84.
- [3] J. RODIĆ: »Metode procjene vrijednosti poduzeća«, časopisi SDK br. 163–165/91.

ESTIMATION OF THE VALUE OF AN ELECTRIC POWER SYSTEM AS A PART OF A PROPERTY

Models used for the estimation of the property values are adapted for the estimation of the value of terrain, building and technological equipment. The values of the electric power system are changed according to the different rules infallibly taking into account the criteria of the security.

SCHÄTZUNG DER WERTE DES ELEKTROSYSTEMS ALS EINEN TEIL DER LIEGENSCHAFTEN

Die Modelle für die Schätzung des Wertes der Liegenschaften sind der Schätzung des Wertes der Grundstücke, der Objekte und der technologischen Ausrüstung angepasst. Die Werte des Elektrosystems ändern sich nach anderen Gesetzmäßigkeiten, wobei unbedingt die Kriterien der Sicherheit berücksichtigt werden sollten.

Naslov pisca:

Mr. Mirko Rigo, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet
54000 Osijek, Istarska bb
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-7-20.



Iskra

SYSEN

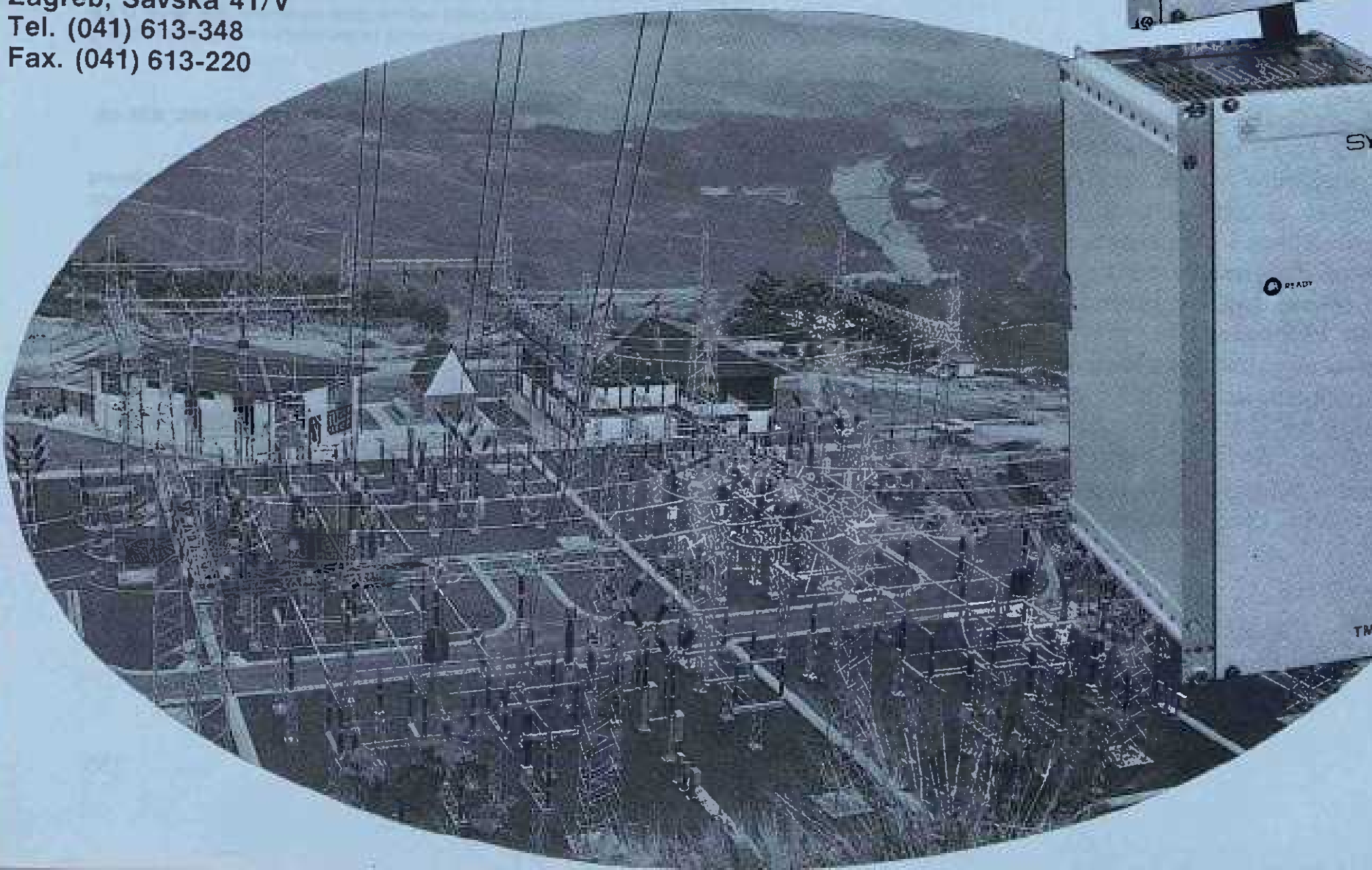
SISTEMI SEKUNDARNE OPREME ZA ENERGETIKU

SEKUNDARNA OPREMA ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA:

- relejna zaštita i automatika
- nadzorno-upravljački sustavi u trafostanicama i elektranama
 - numerički zaštitni releji
 - distribuirani sustav procesnog upravljanja (daljinske stanice)
- centri daljinskog vođenja
- VF uređaji za prijenos informacija po dalekovodu
- programabilne komunikacijske centrale kapaciteta 96 odnosno 128(192) kanala

PROJEKTIRANJE, ODRŽAVANJE,
SERVIS, INŽENJERING I CONSULTING
SUSTAVA SEKUNDARNE OPREME U
ELEKTROENERGETICI

Iskra SYSEN d.o.o.
Zagreb, Savska 41/V
Tel. (041) 613-348
Fax. (041) 613-220



MODELIRANJE VIŠESTRUKIH KVAROVA RASKLOPNIH POSTROJENJA U PRORAČUNIMA POUZDANOSTI

Mr. Srete Nikolovski — Krešimir Gudelić, Osijek

UDK 621.316.543:621.3.062.8

STRUČNI ČLANAK

Višestruki kvarovi u rasklopnim postrojenjima nastaju zbog aktivnih kvarova elemenata postrojenja. Aktivni kvarovi u koincidenciji s remontom ili otkazom u djelovanju prekidača također uzrokuju višestruki kvar u postrojenju. Višestruki kvar vodova na istom stupu ili trasi može se dogoditi zbog događaja sa zajedničkim uzrokom kvara. U ovom članku prikazan je matematički model takvih kvarova.

Ključne riječi: pouzdanost, višestruki kvarovi, rasklopno postrojenje, proračun pouzdanosti.

1. UVOD

U analizama pouzdanosti elektroenergetskih sustava rasklopna postrojenja predstavljaju čvorišne točke u kojima se sustječu nadzemni ili kabelski vodovi, generatori i trošila. Sama postrojenja mogu imati vrlo složenu strukturu s mnoštvom uzajamno vezanih elemenata (transformatora, prekidača, rastavljača, sabirnica i dr.).

U postrojenju mogu nastati štetni događaji koji dovode do kvarova ne samo jednog elementa već do višestrukih kvarova, koji uzrokuju ispad više vodova, generatora i trošila vezanih s tim rasklopnim postrojenjem [1,2].

Kvarove nastale u postrojenju koji imaju takve efekte nazivamo kvarovima zbog zajedničkog uzroka događaja. U rasklopnom postrojenju to su aktivni kvar prekidača, kvar sabirnica i koincidencija tih kvarova s otkazom u djelovanju prekidača ili remontom drugih elemenata u postrojenju.

Dalekovodi koji izlaze iz rasklopnih postrojenja a nalaze se na zajedničkom stupu ili idu istom trasom mogu također biti izloženi štetnom događaju koji može prouzrokovati višestruki kvar [4].

Svi ti štetni događaji kao uzroci višestrukih kvarova mogu se modelirati i uključiti u analizu pouzdanosti napajanja pojedinih potrošačkih čvorišta u elektroenergetskom sustavu [3]. U ovom članku prikazan je način modeliranja tih događaja i urađen primjer za postrojenje.

2. LISTA SIMBOLA I OBJAŠNJENJE POJMOVA

λ_{ai} — intenzitet aktivnog kvara prekidača i (1/god)
 λ_{pi} — intenzitet pasivnog kvara prekidača i (1/god)

λ_i — ukupan intenzitet kvara prekidača i ($\lambda_{ai} + \lambda_{pi}$)
 λ_i'' — intenzitet remonta komponente i (1/god)
 λ_{ci} — intenzitet zajedničkog kvara i-te grupe vodova na istom stupu ili trasi i (1/god)
 t_i'' — vrijeme popravka komponente i (sati)
 t_i' — vrijeme remonta komponente i (sati)
 t_{pi} — vrijeme prekapčanja komponente i (sati)
 μ_i — intenzitet popravka komponente ($\mu_i = \frac{8780}{t}$ 1/god)
 μ_i'' — intenzitet remonta komponente ($\mu_i'' = \frac{8780}{t}$ 1/god)
 μ_{pi} — intenzitet prekapčanja komponente ($\mu_{pi} = \frac{8780}{t}$ 1/god)
 A_{ki} — stanje i-te komponente u aktivnom kvaru
 i'' — stanje i-te komponente u remontu
 i — stanje i-te komponente u kvaru
 m_o — broj objekata (rasklopnih postrojenja) u EES
 η_j — broj štetnih događaja (kvarova) u objektu
 n_o — broj elemenata u EES
 N_k — $\sum_{i=1}^j n_i$ ukupan broj kvarova u svim postrojenjima
 FOT_φ — cijelobrojna tablica za objekat j koja daje vezu između štetnih događaja i elemenata koji se isključuju u postrojenju
 A_φ — cijelobrojna matrica dimenzija $\eta_j * n_o$ za objekt j
 A_k — $[A_{(1)} \dots A_{(m_o)}]^T$ cijelobrojna matrica dimenzija $n_k * N_o$ koja daje vezu između svih štetnih događaja i elemenata koji se isključuju
 N_j — neraspoloživost komponente i
 P_{oi} — vjerojatnost otkaza u djelovanju prekidača.

Aktivni kvar — je kvar koji se automatski isključuje pomoću prekidača i isključuje određeni broj ispravnih elemenata.

Pasivni kvar — je kvar koji isključuje samo komponentu koja je u kvaru i ne isključuje ispravne elemente.

Zajednički uzrok

kvara dalekovoda

— višestruki kvar dalekovoda na istom stupu ili istoj trasi, prouzrokovani jednim štetnim događajem (rušenje stupa, klizište, udar vozila i dr.).

objekt EES — rasklopna postrojenja i višestruki vodovi koji mogu izazvati višestruke kvarove u EES.

elementi ESS — osnovni elementi sustava (generatori, transformatori, vodovi).

3. MATEMATIČKI MODEL

Za analizu raspoloživosti EES koristi se Markovljev model prostora stanja koji opisuje EES, a koji može imati više diskretnih stanja u vremenu t (koje je kontinuirana varijabla). EES prelazi iz stanja u stanje zbog kvarova i planskih popravaka njegovih komponenti. Stanje komponente možemo prikazati sistemom algebarskih jednačbi u matričnoj formi

$$[\lambda] \cdot [P] = [0]. \quad (1)$$

Uz uvjet da je suma vjerojatnosti boravka u svim stanjima jednaka

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1, \quad (2)$$

gdje je

$[\lambda]_{n \times n}$ — matrica intenziteta prelaska komponente iz stanja u stanje

$[P]$ — vektor stupac vjerojatnosti boravka u stanjima $(1 \dots n)$

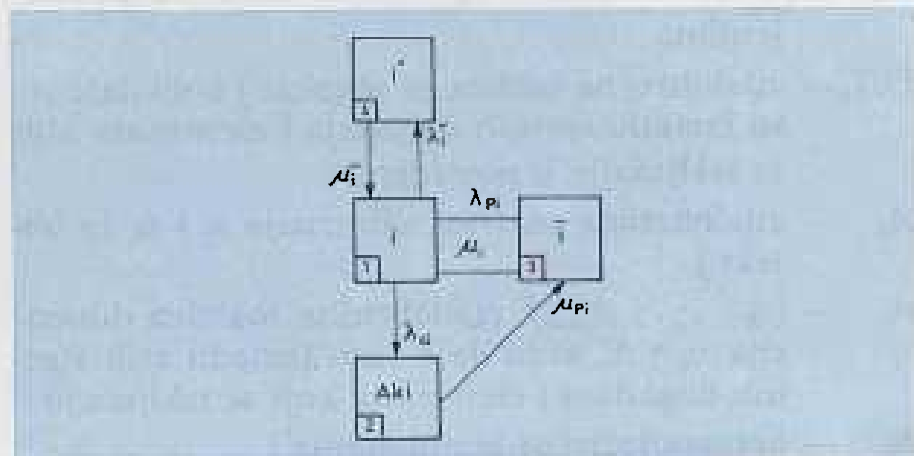
$[0]$ — vektor stupac nula $(1 \dots n)$.

Elementi matrice $[\lambda]_{n \times n}$ su $\lambda_{ii} = -\sum \lambda_{ij}$ — ukupan intenzitet napuštanja stanja i

λ_{ij} — intenzitet prelaska iz stanja i u stanje j

$\lambda_{ji} = \mu_{ji}$ — intenzitet prelaska iz stanja j u stanje i .

Za prekidač kao element rasklopnog postrojenja koristimo Markovljev model sa 4 stanja iz [2] koji je dan na slici 1.



Slika 1. Markovljev model prekidača

stanje 1 — i-ti prekidač u radu

stanje 2 — aktivan kvar prekidača i

stanje 3 — prekidač van pogona uslijed popravka

stanje 4 — prekidač u planskom remontu.

Za dijagram prostora stanja sa slike 1. može se napisati potpuni sistem algebarskih jednačbi prema (1).

$$\begin{bmatrix} -(\lambda_{ai} + \lambda_{pi} + \lambda_{i''}) & 0 & \mu_i & \mu_i'' \\ \lambda_{ai} & -\mu_{pi} & 0 & 0 \\ \lambda_{pi} & \mu_{pi} & -\mu_i & 0 \\ \lambda_{i''} & 0 & 0 & -\mu_i'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Uz uvjet (2), rješenja za vjerojatnost boravka u stanjima $1 \dots 4$ nalazimo na poznati način, tako da za raspoloživost (vjerojatnost ispravnog rada) prekidača dobivamo:

$$R_p = P_1 = \frac{\mu_i \cdot \mu_{pi} \cdot \mu_i''}{D} \quad (4)$$

Ovdje je $D = \mu_{pi} (\mu_i \mu_i'' + \lambda_{pi} \mu_i'' + \lambda_{i''} \mu_i + \lambda_{ai} \mu_i'') + \lambda_{ai} \mu_i \mu_i''$. Vjerojatnost da je prekidač neraspoloživ u stanju 2

$$N_2 = P_2 = \frac{\lambda_{ia} \cdot \mu_i}{\mu_{pi} \cdot (\mu_i + \lambda_{pi} + \lambda_{ai}) + \lambda_{ai} \cdot \mu_i} \quad (5)$$

Vjerojatnost da je prekidač neraspoloživ u stanju 3

$$N_3 = P_3 = \frac{\lambda_{ia} \cdot \lambda_{pi}}{\mu_i + \lambda_{pi} + \lambda_{ai} + \frac{\lambda_{ai} \cdot \mu_i}{\mu_{pi}}}. \quad (6)$$

Učestalost napuštanja stanja 2 je:

$$f_2 = P_2 \cdot \mu_{pi} \quad (7)$$

Učestalost napuštanja stanja 3 je:

$$f_3 = P_3 \cdot \mu_i \quad (8)$$

Približne a dovoljno točne relacije dobivamo iz tih formula (4) ... (8) uz uvjet koji je u praksi zadovoljen $\lambda_i \ll \mu_i$.

Neraspoloživost uslijed aktivnog kvara prekidača je

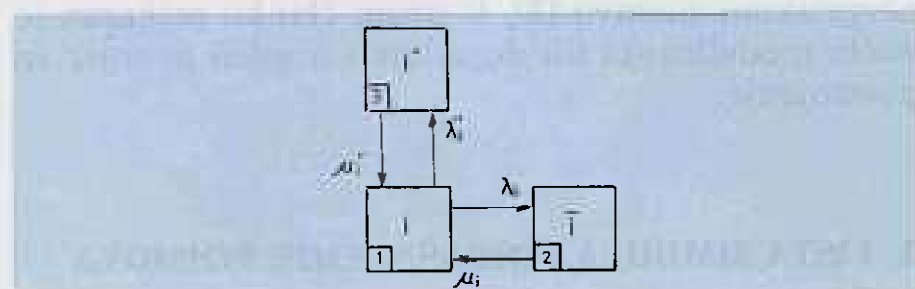
$$N_2 = \frac{\lambda_{ai}}{\mu_{pi}} = \lambda_{ai} \cdot t_{pi}. \quad (9)$$

Neraspoloživost zbog popravka prekidača je

$$N_3 = \frac{\lambda_{pi} + \lambda_{ai}}{\mu_i} = \lambda_i \cdot t_i. \quad (10)$$

Učestalost napuštanja stanja 2 je $f_2 = \lambda_{ai}$, a učestalost napuštanja stanja 3 je $f_3 = \lambda_i$.

Za sabirnice u rasklopnom postrojenju primjenjujemo Markovljev model sa tri stanja kao na slici 2.



Slika 2. Markovljev model sabirnice

Algebarski sistem jednačbi za sabirnice sa sl. 2. jest:

$$\begin{bmatrix} -(\lambda_i + \lambda_i'') & \mu_i & \mu_i'' \\ \lambda_i & -\mu_i & 0 \\ \lambda_i & 0 & -\mu_i'' \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Uz uvjet (2) dobivamo rješenje za vjerojatnost da su sabirnice u radu (raspoloživost):

$$R_s = P_1 = \frac{\mu_i \cdot \mu_i''}{\mu_i \mu_i'' + \lambda_i'' \mu_i + \lambda_i \mu_i''} \quad (12)$$

Vjerojatnost da su sabirnice u kvaru bez uvažavanja stanja planskog remonta

$$N_s = P_2 = \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} \quad (13)$$

Učestalost kvarova sabirnica kao uzroka višestrukih kvarova jest

$$f_2 = P_2 \mu_i. \quad (14)$$

Približne formule dobiju se uz uvažavanje uvjeta $\lambda_i \ll \mu_i$.

Neraspoloživost kvarova sabirnica je

$$N_s = \frac{\lambda_i}{\mu_i} = \lambda_i t_i. \quad (15)$$

Učestalost kvarova sabirnica je

$$f_2 = \lambda_i. \quad (16)$$

Pretpostavke u modelu su sljedeće:

- komponenta se ne uvodi u planski remont ako bi to rezultiralo prekidom napajanja određenog potrošača
- koincidencije kvarova veće od drugog stupnja se zanemaruju.
- blok generator-transformator u postrojenju se uzima kao jedna komponenta ako nema prekidača u bloku
- za modeliranje kvarova vodova koji izlaze iz postrojenja a mogu biti podložni kvaru zbog zajedničkog uzroka koristi se model 6 iz literature [4].

Modeliranje višestrukih kvarova u postrojenju kao izvoru štetnih događaja odvija se u pet koraka:

1. Elementi elektroenergetskog postrojenja se identificiraju i numeriraju, a prekidači se posebno označe na shemi postrojenja.
2. Prepoznavanje i klasificiranje štetnih događaja u postrojenju koji uzrokuju isključenje dvaju i više elemenata. Štetni događaji su aktivni kvarovi prekidača, kvarovi sabirnica i njihova koincidencija s otkazom djelovanja prekidača ili remontom elemenata postrojenja.
3. Klasificirani štetni događaji imaju svoju učestalost f_i i trajanje t_i . Koincidencija aktivnog kvara i otkaza u djelovanju prekidača ima učestalost $f_{ao} = \lambda_{ai} P_o$ i trajanje potrebno za prekapčanje (izoliranje) prekidača u kvaru t_{pi} . Koincidencija aktivnog kvara prekidača i i remonta elemenata j ima učestalost $f_a = \lambda_{ai} \lambda_j'' t_j''$ i trajanje $t_a = t_{pi} t_j'' / t_{pi} + t_j''$

Štetni događaji se unose u tablicu FOT (kvar-isključenje) koja ima oblik

Štetni događaji				Lista elemenata koji se isključuju
R. br.	Opis	Učestalost f_i [1/GOD]	Trajanje t_i [h]	

Neki štetni događaji imaju za posljedicu isključenje istih elemenata u postrojenju i takvi događaji se ekvivalentiraju u jedan događaj koji ima učestalost

$$f_a = \sum_{i=1}^{n_k} f_i, \quad (17)$$

gdje je

n_k — broj štetnih događaja s istim posljedicama.

Trajanje ekvivalentnog događaja je

$$t_e = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} f_i \cdot t_i}{f_e}. \quad (18)$$

Jednadžbe (16) i (17) vrijede točno za neovisne, a približno za ovisne kvarove.

Nakon formiranja FOT tablice štetnih događaja za svaki objekt i višestruki vod program za računalno formira matricu štetnih događaja A_0 za svaki objekt:

$$A_0 = [a_{ij}] \quad n_j * m_o \quad a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ako štetni događaj} \\ & \text{i isključuje} \\ & \text{element j} \\ 0 & \text{ako to nije slučaj} \end{cases} \quad (19)$$

Nakon toga program formira matricu štetnih događaja za sve odjele u EES:

$$A_k = [A_{(1)}, \dots, A_{(m_o)}]^T, \quad (20)$$

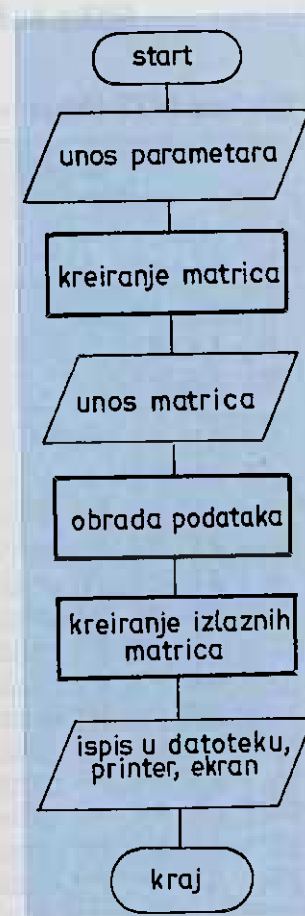
Matrica A_k daje nam sve potrebne podatke za određivanje minimalnih putova (presjeka) u danom EES. Minimalne putove za neovisne kvarove u EES izračunavamo nekom od poznatih tehnika [5,6] a u njih uključujemo višestruke kvarove na sljedeći način:

Ako se element nalazi u minimalnom putu k, tada nam i-ti stupac matrice A_k daje listu kvarova koju trebamo uključiti u minimalni put k.

Ako element i,j,k pripadaju minimalnom putu l, tada Bodeovom sumom stupaca i,j,k matrice A_k dobivamo listu kvarova koje treba uključiti u minimalni put L.

4. PROGRAM ZA RAČUNALO

Program je napisan na osnovi danog modela u C-jeziku za osobno računalo IBM PC AT, a blok-dijagram toka je dan na slici 3.



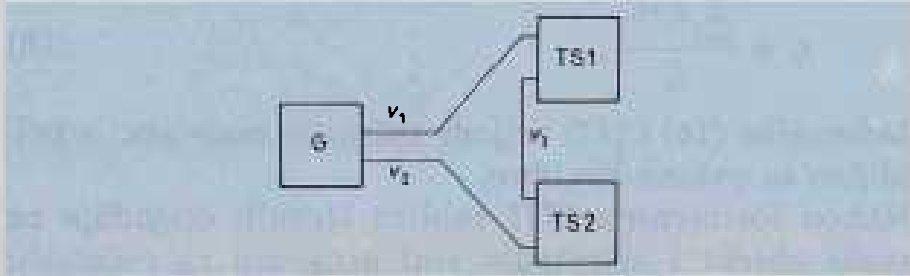
Slika 3. Dijagram toka za izračunavanje matrice višestrukih kvarova

5. PRIMJER PRORAČUNA

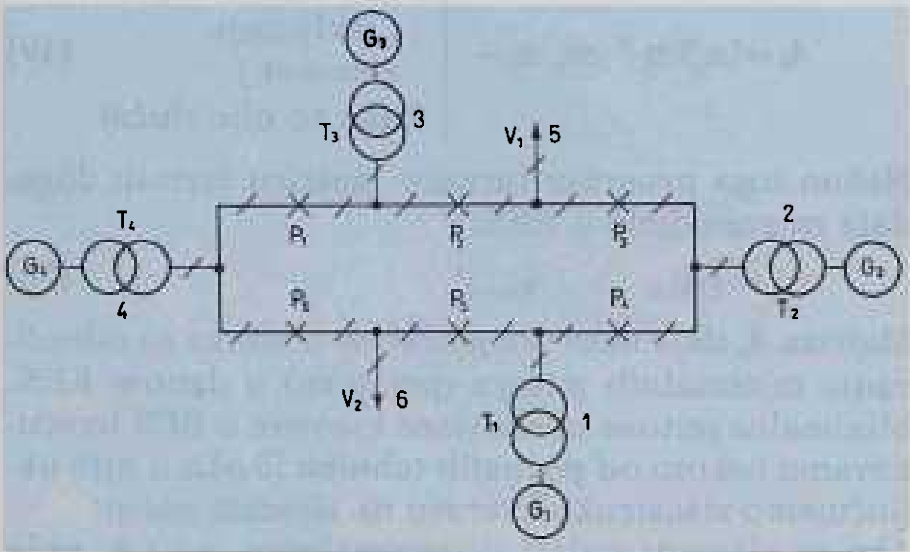
Za jednopolno prikazani EES na sl. 4 iz literature [1,3] formirane su matrice A_{φ} . Objekti koji su izvori višestrukih kvarova su elektrana, transformatorske stanice TS1, TS2 i višestruki vod V1 i V2.

Jednopolna shema elektrane dana je na sl. 5.

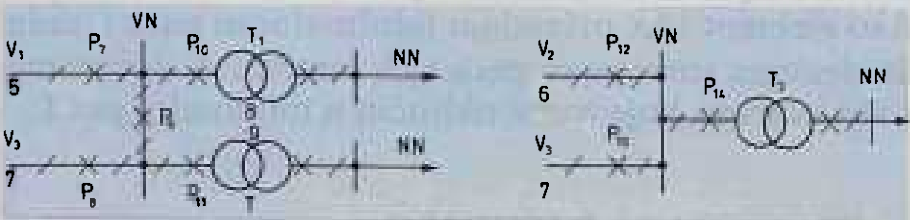
Jednopolne sheme transformatorskih stanica TS1 i TS2 dane su na sl. 6.



Slika 4. Primjer jednostavnog EES



Slika 5. Jednopolna shema elektrane



Slika 6. Jednopolna shema TS1, TS2

Tablica FOT (kvar – isključenje) za elektranu:

Štetni događaji				Lista elemenata koji se isključuju
R. br.	Opis	Inten-zitet	Traja-nje	
1.	AK P1			3,4
2.	AK P2			3,5
3.	AK P3			2,5
4.	AK P4			1,2
5.	AK P5			1,6
6.	AK P6			6,4
7.	AK P1, P2 otkaz			3, 4, 5
8.	AK P2, P1 otkaz			3, 4, 5
9.	AK P1, P6 otkaz			3, 4, 6
10.	AK P6, P1 otkaz			3, 4, 6
11.	AK P2, P3 otkaz			2, 3, 5
12.	AK P3, P2 otkaz			2, 3, 5
14.	AK P3, P4 otkaz			1, 2, 5
15.	AK P4, P3 otkaz			1, 2, 5
16.	AK P4, P5 otkaz			1, 2, 6
17.	AK P5, P4 otkaz			1, 2, 6
18.	AK P5, P6 otkaz			1, 4, 6
19.	AK P6, P5 otkaz			1, 4, 6

FOT Tablica za TS1

Štetni događaji				Lista elemenata koji se isključuju
R. br.	Opis	Inten-zitet	Traja-nje	
20.	AK P9			5, 7, 8, 9
21.	AK P7, P8, P10 P11, P9 otkaz			5, 7, 8, 9
22.	AK P7 ili AK P1			5, 8
23.	AK P8 ili AK P11			7, 9

FOT Tablica za TS2

Štetni događaji				Lista elemenata koji se isključuju
R. br.	Opis	Inten-zitet	Traja-nje	
24.	AK P12 ili P13 ili P14			6, 7, 10

FOT Tablica za višestruki vod V1, V2

Štetni događaji				Lista elemenata koji se isključuju
R. br.	Opis	Inten-zitet	Traja-nje	
25.	Kvar zbog zajedničkog uzroka			5, 6

Matrice višestrukih kvarova za dane objekte nalaze se na slici 7.

$$A(1) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A(3) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(4) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Slika 7. Matrice višestrukih kvarova za dane objekte

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazano matematičko modeliranje višestrukih kvarova koji se mogu pojaviti u rasklopnim postrojenjima i znatno utjecati na raspoloživost EES u cjelini. Štetni događaji zbog aktivnih kvarova elemenata postrojenja, poglavito prekidača sabirnica, i kvarovi zbog zajedničkog uzorka na višestrukim vodovima modeliraju se u FOT-tablicama, a zatim formiraju matrice kvarova za dane objekte. Matrica se koristi u analizi minimalnih putova tako što se u putove uključuju kvarovi koji uzrokuju isključenje elemenata u minimalnom putu. Na osnovi minimalnih putova od-

ređuju se minimalni presjeci u koje su sada uključeni i višestruki kvarovi u postrojenjima. Nakon toga pokazatelje pouzdanosti pojedinih potrošačkih čvorova možemo izračunati iz poznatih relacija [5,6].

LITERATURA

- [1] R. BILLINTON, T. K. P. MEDICHERLA: »Station-originated multiple outage in the reliability analysis of composite gen. and trans. system« IEEE TRANS PAS VOL100 No 8 1981.
- [2] R. BILLINTON, P. K. VOHRA: »Station — initiated outages in composite — system adequacy evaluation« IEE PROG C VOL134 No 1 1987
- [3] J. M. NAHHAN »Modeling simultaneous outages for bulk-power system reability-analysis« IEEE TRANS ON REABILITY VOL R-34 No. 5, 1985
- [4] S. NIKOLOVSKI: »Pokazatelj pouzdanosti višestrukih nadzemnih vodova« Energija br. 2, 1991 god.
- [5] Ms. GROVER, R. BILLINTON: »A computerized approach substation and switching station reliability evaluation« IEEE TRAN. PAS 93 No. 5, 1974
- [6] R. N. ALLAN, R. BILLINTON, M. F. DE OLIVEIRA: »An efficient algorithm for deducing the minimal cuts and reliability indices of a general network configuration« IEEE TRANS ON REABILITY VOL R-25 No. 4, 1976

MODELLING OF MULTIPLE FAULTS OF THE SWITCHING SUBSTATIONS BY RELIABILITY CALCULATIONS

Multiple faults of the switching substations are caused by active faults of the substation elements. Active faults coincidence with a maintenance or a switchgear cancellation also causes multiple fault in a substation. Multiple fault of lines on the same tower or right-of-way could happen because of the event of the common fault reason. In this paper mathematical model of those faults is given.

DAS MODELLIEREN MEHRFACHER SCHÄDEN DER SCHALTUNGSANLAGEN BEZÜGLICH DER ZUVERLÄSSIGKEITSWERTE

Die mehrfachen Schäden in den Schaltungsanlagen entstehen wegen aktiver Schäden der Anlagenelemente. Aktive Schäden in der Koinzidenz mit der Überholung oder einem Ausfall in der Wirkung der Schalter verursachen ebenfalls einen mehrfachen Schaden in der Anlage. Ein mehrfacher Schaden der Leitungen am selben Mast oder derselben Trasse kann durch eine gemeinsame Schadensursache entstehen. In diesem Artikel ist ein mathematisches Model solcher Schäden gezeigt worden.

Naslov pisaca:

**Mr. Srete Nikolovski, dipl. ing.
Krešimir Gudelj, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet
54000 Osijek, Istarska 3,
Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1992-6-16.

»PINIJA COMMERCE«

**PODUZEĆE ZA PROMET
I POSLOVNE USLUGE, s p. o.**

**ZAGREB, Trg sportova 11
Telefon: (041) 311-829, Fax: 327-578**

Elektromaterijal

TRGOVINA I USLUGE p.o.
Rijeka, D. Tucovića 13
tel.: 051/ 37-777
fax: 213-670, 212-699
telex: 24671



ISKUSTVOM DO POVJERENJA POSLOVNIH PARTNERA

- Specijalizacija u poslovima za elektroprivredu uz reference na svim važnijim energetske postrojenjima u Hrvatskoj;
- Oprema energetske i rasklopne postrojenja visokog i niskog napona;
- Opremanje dalekovoda;
- Oprema za brodogradnju;
- Telefonske centrale i sva PTT oprema;
- Specijalizacija odjela i poslovnica prema zahtjevima tržišta.



O RAZVOJU SREDNJONAPONSKIH MREŽA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

Dr. Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.311.1:621.316.1

STRUČNI ČLANAK

Dani su prijedlozi za daljnji razvoj distribucijskih srednjonaponskih mreža u Hrvatskoj. Pritom je uzeto u obzir postojeće stanje tih mreža.

Ključne riječi: razdjelne mreže, dvonaponska transformacija srednjonaponske mreže.

1. UVOD

Koncepcija razvoja srednjonaponskih distribucijskih mreža jedno je od strateških pitanja distribucijske djelatnosti u Hrvatskoj elektroprivredi. Međutim, do sada u Hrvatskoj nije zauzet jedinstveni stav o tom pitanju. Velikim dijelom to je uvjetovano ranijom organizacijom elektroprivredne djelatnosti (prije osnivanja HEP-a). Nakon uspostave HEP-a stvorene su pretpostavke za donošenje jedinstvene koncepcije daljnjeg razvoja srednjonaponske distribucijske mreže u Hrvatskoj.

Osnovne prisutne dileme koje treba razriješiti jesu:

- korištenje dvonaponskog sustava (110-10(20) kV) ili tronaponskog sustava (110-35-10(20) kV);
- zamjena napona 10 kV naponom 20 kV.

Potrebno je upozoriti da se pogon pod 20 kV naponom može uvesti bilo putem direktne transformacije, bilo u tronaponskom sustavu — preko TS 35/20 kV.

Glede postojećeg stanja u distribucijskim područjima, poznato je da u Hrvatskoj dominira tronaponski sustav (110-35-10 kV). U mnogim većim gradovima uvedena je direktna transformacija. Trenutno su u pogonu 19 TS 110/10(20) kV, te 8 TS 110/35/10 kV u kojima se koristi tercijar za napajanje 10 kV mreže.

U četiri distribucijska područja uvodi se u upotrebu napon 20 kV kao zamjena za napon 10 kV. U preostalih petnaest područja za sada se samo razmišlja o 20 kV naponu.

Cilj ovog rada jest davanje prijedloga jedinstvene koncepcije daljnjeg razvoja srednjonaponske mreže u Hrvatskoj. Pritom će se maksimalno poštovati gospodarski kriteriji.

2. OPĆI PRINCIPI RAZVOJA SREDNJONAPONSKIH MREŽA

Problematika izbora optimalnog naponskog sustava u srednjonaponskim mrežama obrađena je u mnogim inozemnim i domaćim studijama. Najčešće se pokazuje da je dvonaponski sustav u prednosti pred tronaponskim sustavom. Time se eliminira jedna »međunaponska« razina, tj. vodovi 35 kV i TS 35/10 kV, što između ostaloga rezultira smanjivanjem troškova eksploatacije. Iznimka su područja s niskom gustoćom konzuma, i to zbog gospodarskih razloga, te zbog ograničenja uvjetovanih padovima napona. Zamjena napona 10 kV naponom 20 kV između ostaloga rezultira smanjivanjem gubitaka električne energije (četiri puta), smanjivanjem padova napona (četiri puta za procentualne vrijednosti), te povećavanjem snage koja se može prenijeti (dva puta). Donošenje odluke o uvođenju dvonaponskog sustava, te eventualno o uvođenju 20 kV napona u stvarne mreže, određeno je sa dva odlučujuća faktora:

- a) porastom potrošnje električne energije,
- b) stupnjem dotrajalosti mreže.

Porast potrošnje električne energije dovodi do potrebe za povećavanjem distribucijske mreže u smislu porasta ukupne dužine vodova te broja transformatorskih stanica VN/SN. Time postaje opravdana gradnja TS 110/10(20) kV te 20 kV mreže.

S druge strane, u dotrajalim mrežama potrebno je provesti revitalizaciju elemenata mreže bez obzira na porast konzuma. Time se pruža prilika za uvođenje 20 kV opreme, neovisno o tome što možda porast konzuma još ne opravdava zamjenu napona 10 kV sa 20 kV naponom.

Sadašnju situaciju u Hrvatskoj (neovisno o ratnim razaranjima) karakteriziraju niski trendovi porasta potrošnje električne energije. Na temelju prognoza konzuma u [3] procijenjeno je da prosječni godišnji trendovi porasta do 2005. g. neće biti veći od 3% do

4%. To znači da je napon 20 kV u našu distribucijsku mrežu moguće uvoditi postupno, obavljajući istodobno druge nužne aktivnosti (prije svega zamjenu dotrajale opreme), uz **maksimalno iskorištavanje** postojećih vodova 35 kV, te TS 35/10 kV. Pri tome je nužno poštovati ova načela:

- a) Svi novi kabele i nadzemni vodovi koji se ugrađuju u 10 kV mrežu moraju se izvoditi sa **20 kV izolacijom**. Razlika u cijeni između 10 kV i 20 kV vodova istih značajki je zanemariva. S druge strane, ovakvo rješenje rezultira odličnim eksploatacijskim karakteristikama tih vodova dok će se nalaziti pod 10 kV naponom (veća izdržljivost na unutrašnje prenapone, duže klizne staze na izolatorima nadzemnih vodova). Prema tome, ugradnja vodova sa 20 kV izolacijom apsolutno je opravdana, bez obzira na trenutak kada će se uvesti u pogon napon 20 kV. Mnoga distribucijska područja su i do sada provodila ovakvu politiku. Međutim, u nekim područjima do danas su se gradili vodovi sa 10 kV izolacijom. U slučaju da je položen veći broj 10 kV (novijih) kabela, to će predstavljati ozbiljnu smetnju brzom uvođenju pogona pod naponom 20 kV.
- b) Vodove koji će se uključiti u 35 kV distribucijsku mrežu redovito treba graditi kao 110 kV vodove, tako da se u budućnosti omogući njihovo uključivanje u mrežu 110 kV. Prema raspoloživim cijenama, jednostruki 110 kV vodovi (3×240 Ač) su približno 20% skuplji od 35 kV vodova (3×120 Ač). To je relativno umjerena razlika; a predloženo rješenje također rezultira boljim eksploatacijskim karakteristikama, te u budućnosti znatno olakšava uvođenje direktne transformacije 110/10(20) kV. Osim toga, valjalo bi razraditi postupke za rekonstrukciju postojećih 35 kV vodova u 110 kV vodove, uz zadržavanje istih vodiča. Time bi se opet olakšalo uvođenje direktne transformacije 110/10(20) kV.
- c) Transformatorske stranice 10/0,4 kV i linijske rastavljače u 10 kV mreži treba ugrađivati sa 20 kV izolacijom.

Pri izgradnji pojmih točaka distribucijske 10(20) kV mreže treba usvojiti takva rješenja koja će omogućiti fleksibilan razvoj mreže u budućnosti. Na temelju dosadašnjih spoznaja o distribucijskoj mreži u Hrvatskoj mogu se predložiti sljedeća rješenja za gradnju TS 110/XkV i TS 35/10(20) kV.

- a) Na području većih gradskih cjelina treba nastojati maksimalno iskoristiti postojeću transformaciju 35/10 kV, uz poštivanje kriterija dobre izgrađenosti transformacije (osiguranje rezerve za slučaj ispada jednog transformatora iz pogona). Nakon iskorištenja kapaciteta postojeće transformacije 35/10 kV napajanje tih gradova treba rješavati gradnjom novih TS 110/10(20) kV. Te stanice će u početku raditi kao TS 110/10 kV, dok se ne stvore uvjeti za prelazak na rad kao TS 110/20 kV. Brzina prelaska ponajprije će ovisiti o dužini postojećih 10 kV kabela, koji se neće uvijek moći brzo zamijeniti 20 kV kabelima.

- b) Na području **malih** gradova treba primjenjivati pristup opisan u točki (a). Ako se pokaže da nema opravdanja za gradnjom novih TS 110/10(20) kV zbog manjka kapaciteta u postojećoj transformaciji 35/10 kV, dolazi u obzir gradnja novih TS 35/10(20) kV, koje će u prvoj fazi raditi kao TS 35/10 kV, a kada se stvore uvjeti, kao TS 35/20 kV. Pri tome za TS 35/10(20) kV treba rezervirati dovoljno velike lokacije, kako bi se u budućnosti te stanice mogle pretvoriti u TS 110/10(20) kV (uz iskorištenje 10(20) kV postrojenja). O tome projektanti postrojenja moraju voditi brigu.
- c) Kod TS 35/10(20) kV u izvangradskim područjima redovito postoji dovoljno rezerve u kapacitetu transformacije. Kod takvih mreža problem nije u transformaciji, nego u naponskim prilikama na vodovima 10 kV. S porastom konzuma, broj »loših« izvoda će se povećati. U tim situacijama treba rekonstruirati TS 35/10 kV u TS 35/20 kV. Time se na duži rok popravlja situacija u mrežama 10 kV (padovi napona smanjuju se četiri puta za ista opterećenja). U daljnjoj budućnosti TS 35/20 kV zamijenit će se za TS 110/20 kV kada to bude opravdano s energetskog stajališta.
- d) obzirom na značajke postojećih mreža (o čemu će biti govora u sljedećoj točki) često će trebati osigurati dva sekundarna napona. Pri tome dolaze u obzir sheme TS 110/X kV i TS 35/10(20) kV prikazane na sl. 1. Opravdanost upotrebe pojedinih shema objasniti će se u 3. poglavlju. Potrebno je upozoriti da kod korištenja tercijara transformatora 110/X kV za napajanje nadzemnih mreža treba osigurati kvalitetnu prenaponsku zaštitu, pomoću odabranih ZnO odvodnika prenapona. Također je nužno provesti uzemljenje zvjezdista.

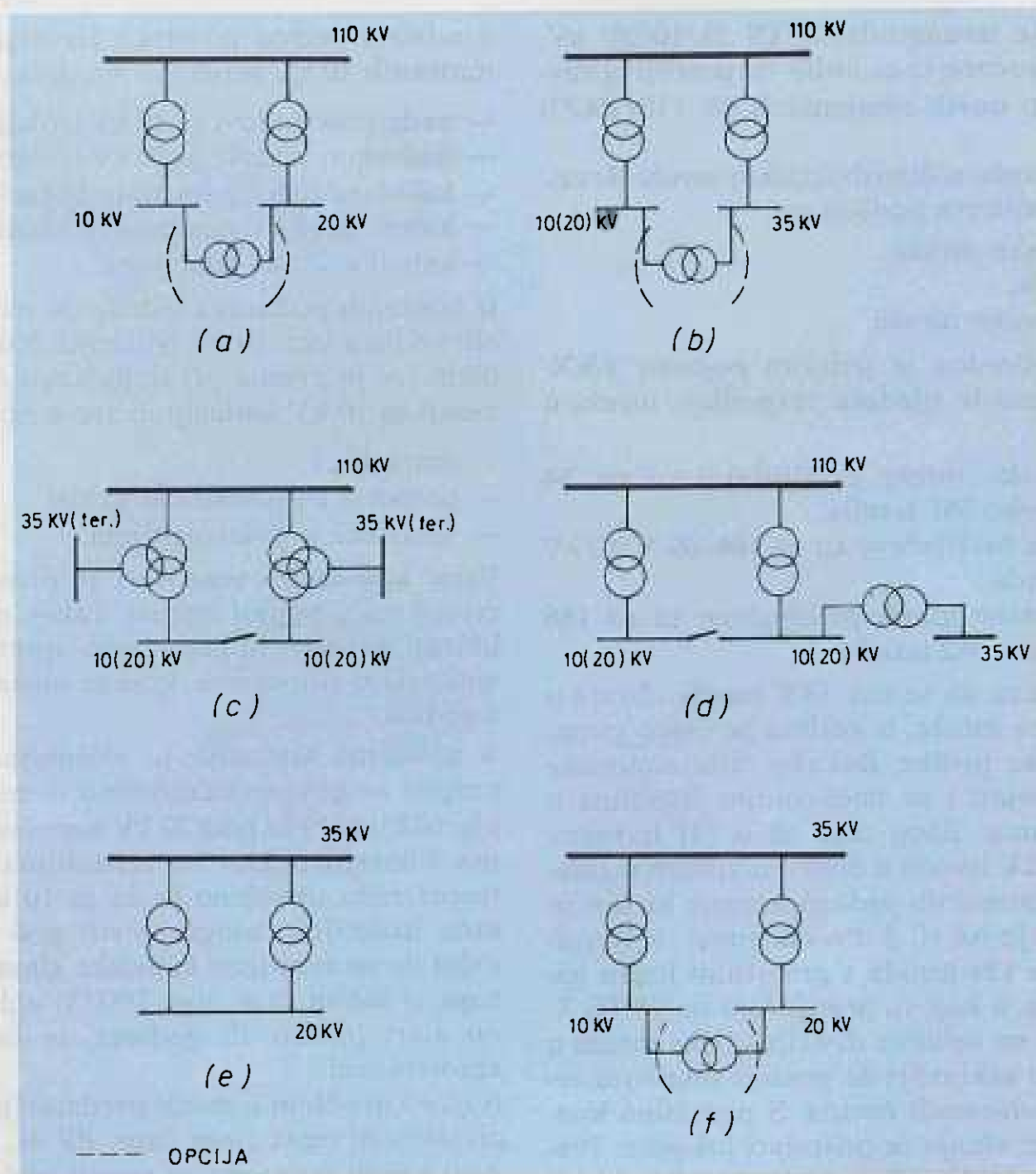
3. UTJECAJ POSTOJEĆE SREDNJONAPONSKE MREŽE NA BUDUĆA KONCEPCIJSKA RJEŠENJA

Pri definiranju koncepcijskih rješenja za razvoj srednjonaponskih distribucijskih mreža treba obvezno respektirati postojeće stanje mreže. Na ovom mjestu izložiti će se osnovne značajke distribucijske mreže Hrvatske elektroprivrede, koje imaju odlučujući utjecaj na koncepcijska rješenja.

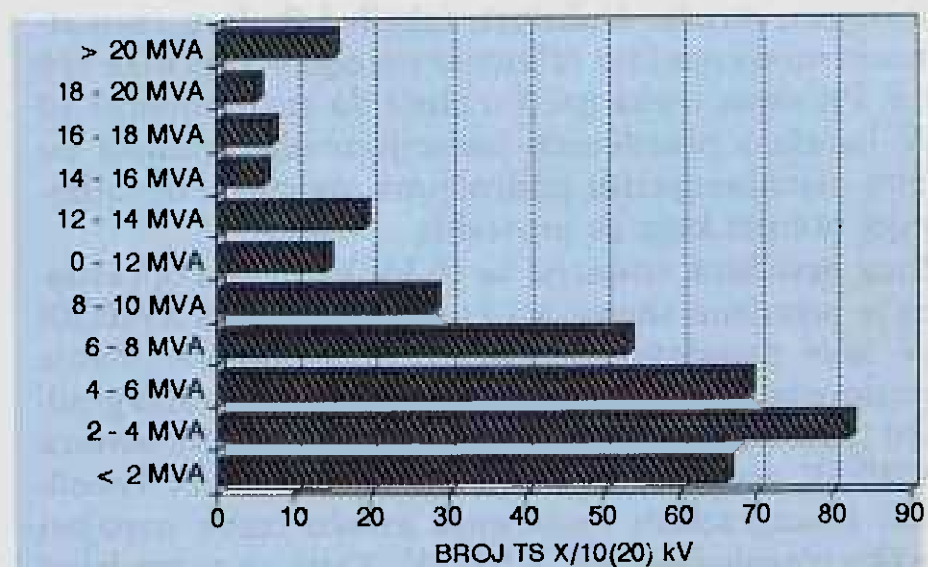
Na sl. 2.a prikazana je razdioba godišnjih vršnih opterećenja TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV, u distribucijskoj mreži Hrvatske. Podaci se odnose na 1989. U čak 43 % TS X/10(20) kV vršna opterećenja ne prelaze 4 MW; u 63 % TS X/10(20) kV ta opterećenja ne prelaze 6 MW.

Iskoristivost transformacije X/10(20) kV vršnom snagom prikazano je na sl. 2.b. Ta iskoristivost je definirana kao omjer vršnih opterećenja (1989.g.), te **maksimalnih** mogućih instaliranih snaga transformacije u konkretnim stanicama.

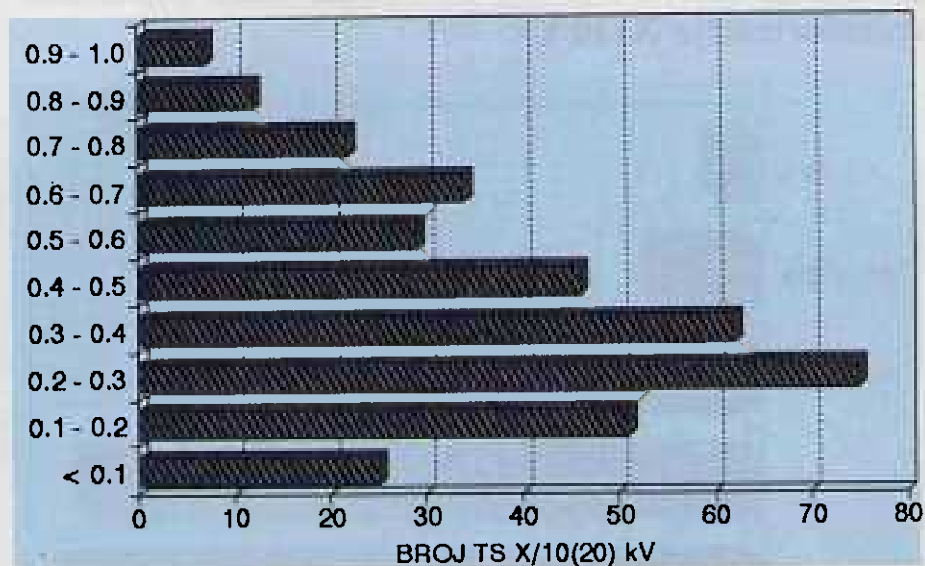
Na sl. 2.b vidi se da je u 68 % TS 110/10(20) kV i TS 35/10(20) kV ta iskoristivost manja od 50%; u čak 19 % TS X/10(20) kV iskoristivost transformacije je manje od 19%.



Slika 1. Moguće sheme TS x/10(20) kV



Slika 2.a. Vršna opterećenja TS X/10(20) kV (1990)



Slika 2.b. Iskoristivost TS X/10(20) kV vršnom snagom

Uvidom u bazu tehničkih podataka Instituta za elektroprivredu (BTP) utvrđeno je da su visoke vrijednosti vršnih opterećenja TS X/10(20) kV prije svega prisutne kod TS 110/10(20) kV i TS 35/10 kV u većim gradovima. S druge strane, pojnim stanicama koje napajaju izvangradska područja godišnja vršna opterećenja su niska (sl. 2.a).

Što se tiče iskoristivosti transformacije X/10(20) kV, može se konstatirati da je loša situacija (iskoristivost veća od 50%) kod TS 35/10 kV koje napajaju

mreže malih i srednjih gradova. U velikim gradovima kod kojih su **izgrađene TS 110/10(20) kV** situacija je povoljnija s obzirom na veliku instaliranu snagu te transformacije.

U većini izvangradskih mreža iskoristivost transformacije vršnom snagom relativno je niska (sl. 2.b). Izloženi podaci opravdavaju upotrebu sheme b, c i d sa sl. 1. Pri tome treba koristiti direktnu transformaciju 10(20) kV za napajanje gradskih mreža, gdje su prisutna većina opterećenja. Napon 35 kV treba ko-

ristiti za napajanje izvangradskih TS 35/10(20) kV, koje su slabo opterećene te za kojih ne postoji opravdanje za izgradnju novih zamjenskih TS 110/10(20) kV.

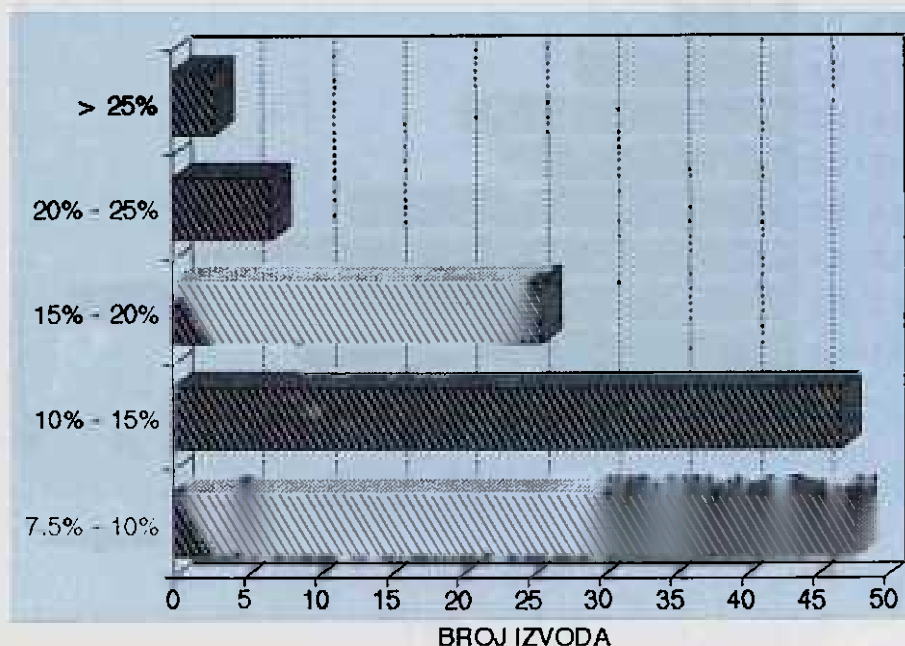
Analizom 10 kV mreža u distribucijskoj mreži Hrvatske definirana je njihova podjela na:

- pretežno kabelaške mreže,
- mješovite mreže,
- pretežno nadzemne mreže.

Pojam »mreže« određen je jednom pojnom TS X/10(20) kV. Utvrđena je sljedeća raspodjela mreža u Hrvatskoj:

- pretežno kabelaške mreže priključene su na **54** TS X/10 kV) preko 587 izvoda
- mješovite mreže priključene su na **166** TS X/10 kV preko 1 198 izvoda
- pretežno nadzemne mreže priključene su na **136** TS X/10 kV preko 682 izvoda.

Značajna je činjenica da se čak 38% mreža ubraja u pretežno nadzemne mreže, u kojima se često mogu javiti loše naponske prilike. Dakako, loše naponske prilike mogu postojati i na nadzemnim izvodima u mješovitim mrežama. Zbog toga je u [3] izvršena analiza »loših« 10 kV izvoda u distribucijskim mrežama. Razdioba maksimalnih padova napona na tim izvodima prikazana je na sl. 3. Prema tome, u Hrvatskoj danas postoje **131** izvoda s prisutnim lošim naponskim prilikama, a koji su priključeni na 78 TS X/10 kV. S obzirom na veličinu distribucijske mreže u Hrvatskoj može se zaključiti da postoji relativno velik broj »loših« nadzemnih izvoda. S porastom konzuma u budućnosti stanje će postajati još gore. Prema tome, može se zaključiti da je u mnogim 10 kV mrežama prisutan samo problem loših naponskih prilika na 10 kV vodovima, a ne i problem kapaciteta transformacije X/10 kV.



Slika 3. Padovi napona na 10 kV izvodima

Što se tiče osnovnih značajki ugrađene opreme u 10 kV mrežama, obavljena je analiza tih mreža, s izuzetkom distribucijskih područja »Elektra« Zagreb, Elektroprimorje« i »Elektroistra«. Izuzeta područja već odavno vode politiku uvođenja 20 kV napona, pa zato nisu tipična. Osim toga, izuzete su kabelaške mreže gradova Splita i Osijeka, koje su također netipične

u odnosu prema prosjeku Hrvatske. Struktura razmatranih 10 kV mreža je sljedeća:

- nadzemni vodovi sa 10 kV izolacijom: 13 380 km
- nadzemni vodovi sa 20 kV izolacijom: 1 343 km
- kabeli sa 10 kV papirnom izolacijom: 808 km
- kabeli sa 10 kV plastičnom izolacijom: 996 km
- kabeli sa 20 kV izolacijom: 730 km.

Iz izloženih podataka vidi se da najveći dio nadzemnih vodova ima 10 kV izolaciju. No to nije velik problem jer je prema [4] dopušteno da se sljedeći elementi sa 10 kV izolacijom stave pod 20 kV napon:

- rastavljači
- potporni i provodni izolatori
- sabirnice u postrojenjima.

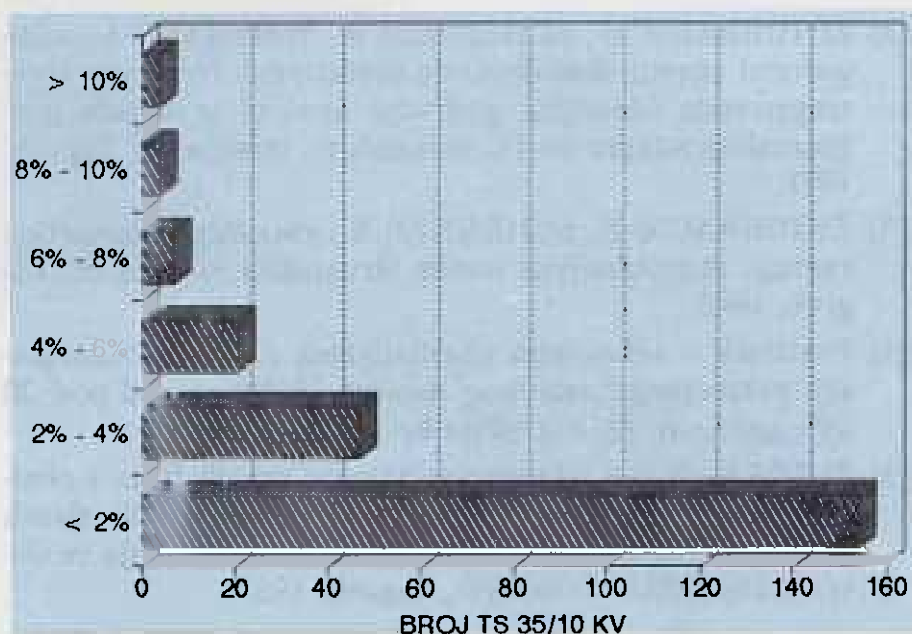
Uvjet koji treba poštovati je provedba uzemljenja zvjezdista u pojnoj stanici. Takav pogon može se tolerirati daljnjih 10 god., osim opreme na metalnim i betonskim stupovima, koja se može koristiti daljnjih 5 godina.

S kabelima situacija je složenija. Važeći tehnički propisi ne govore eksplicitno o mogućnosti korištenja 10 kV kabela pod 20 kV naponom. Međutim, prema laboratorijskim istraživanjima Instituta za elektroprivredu utvrđeno je da se 10 kV kabeli s papirnom izolacijom mogu staviti pod 20 kV napon, uz uvjet da se zamijene kabelaške glave i spojnice. Osim toga, ti kabeli (npr. tipa IPO13) uglavnom su relativno stari (preko 15 godina), te barem djelomično amortizirani.

Najveći problem u mreži predstavljaju 10 kV kabeli s plastičnom izolacijom (npr. PP 41, EpHP 81). Navedeni kabeli ne mogu se staviti pod 20 kV napon, pa zato njihova prisutnost u mreži predstavlja najveći ograničavajući faktor za uvođenje 20 kV napona u postojeću mrežu. Nažalost, takvih kabela u razmatranim mrežama ima relativno mnogo — otprilike 996 km. Pri tome treba uzeti u obzir da zastupljenost 10 kV kabela s plastičnom izolacijom nije jednaka po svim distribucijskim područjima, ovisno o dosadašnjoj politici koja se provodila.

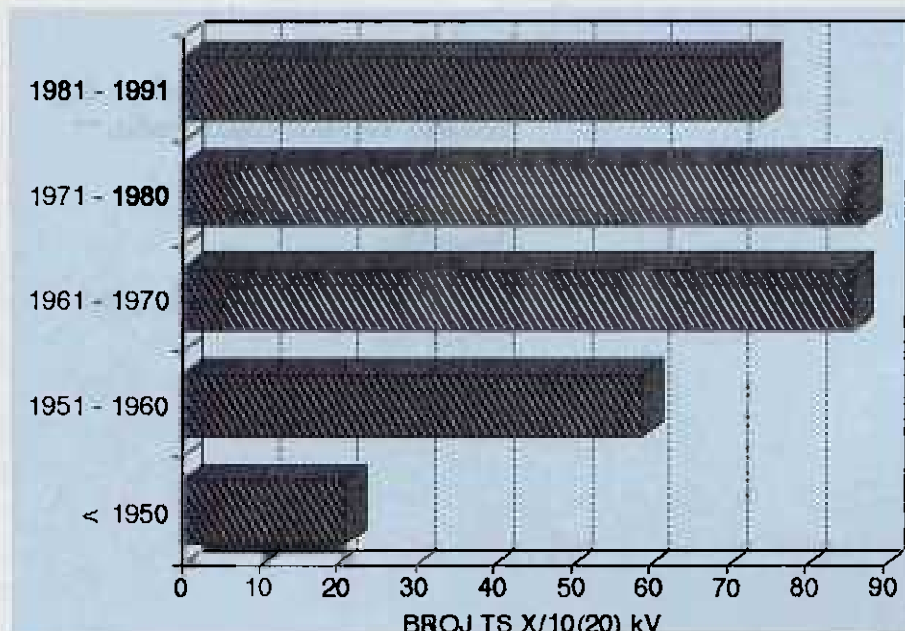
Zbog navedene situacije sa 10 kV kabelima opravdana je primjena sheme a i f sa sl. 1. Kod TS X/10(20) kV koje napajaju mješovite mreže (obično manje gradove te vanjsku mrežu) poželjno je pretežno gradsku (kabelašku) mrežu napajati preko transformatora X/10 kV, zbog problema sa postojećim 10 kV kabelima. Izvangradsku nadzemnu mrežu treba napajati preko transformatora X/20 kV. Kada se u gradskoj mreži stvore pretpostavke, sva mreža treba prijeći na pogon pod 20 kV naponom.

Analiza naponskih prilika u mreži 35 kV obavljenih na temelju proračuna tokova snaga u svim 35 kV mrežama izvan distribucijskih područja »Elektra« Zagreb, »Elektroprimorje« i »Elektroistra«, te izvan gradova Splita i Osijeka. Dobiveni rezultati prikazani su na sl. 4. Može se zaključiti da je u većini TS 35/10 kV situacija sa padovima napona na 35 kV strani relativno dobra. Ipak, prisutan je određeni broj TS 35/10 kV u kojima su padovi napona veći od 6% (sl. 4). O tome treba voditi brigu pri donošenju konceptskih rješenja o razvoju mreže.

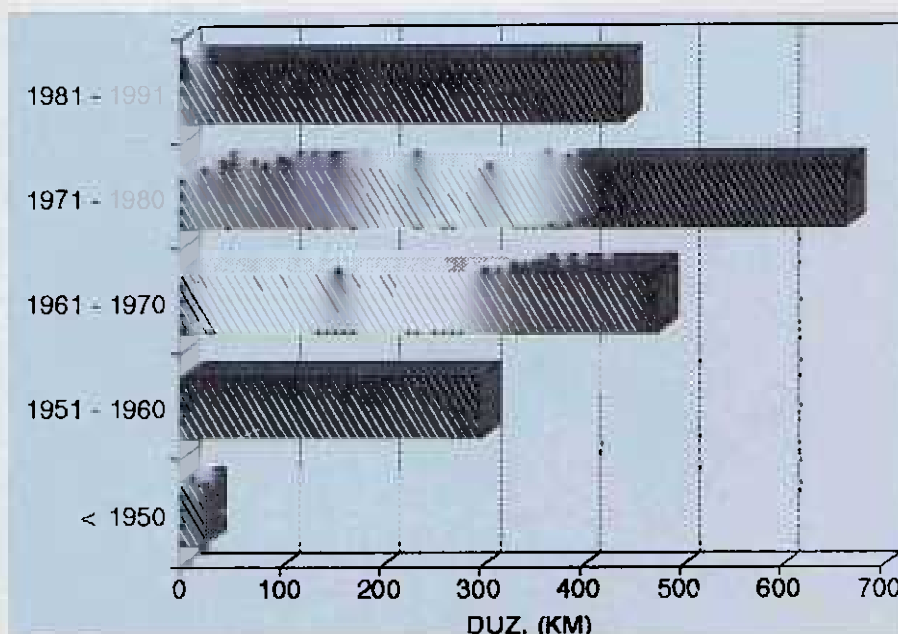


Slika 4. Padovi napona kod TS 35/10 kV

Analiza starosti TS 35/10 kV, te vodova 35 kV izvršena je na temelju podataka iz BTP Instituta za elektroprivredu, te provedene ankete u [3]. Na sl. 5.a dana je raspodjela starosti svih TS 35/10 kV u distribucijskoj djelatnosti Hrvatske. Na sl. 5.b prikazana je raspodjela starosti nadzemnih 35 kV vodova koji su ugrađeni na području Hrvatske, ali izvan distribucijskih područja »Elektroistre«, »Elektroprimorja« i »Elektre« Zagreb.



Slika 5.a. Starost TS 35/10 kV



Slika 5.b. Starost nadzemnih vodova 35 kV

Dijagrami sa sl. 5.a prikazuju da su danas u Hrvatskoj 179 TS 35/10(20) kV starije od 22 god., a to je 52% svih postojećih stanica. Do 2000. g. čak 266 TS 35/10 kV (78% postojećih stanica) bit će starije od 20 godina). Navedeni podaci upućuju na činjenicu da će se velik dio TS 35/10(20) kV u skoroj budućnosti morati rekonstruirati zbog dotrajalosti. Time se otvara mogućnost kako za rekonstrukciju tih postrojenja u TS 35/20 kV, tako za izgradnju zamjenskih TS 110/10(20) kV. U svakom slučaju, situacija je takva da će se omogućiti maksimalno iskorištenje postojećih TS 35/10 kV, što je s gospodarskog stajališta nužno.

Slični zaključci vrijede i za TS 10/0.4. kV.

Kod nadzemnih vodova 35 kV (sl. 5.b) situacija je samo malo povoljnija. Oko 800 km vodova (tj. 42% svih analiziranih vodova) starije od 22 godine.

Prema analizi uzoraka 10 kV vodova tu je stanje dotrajalosti **bitno lošije** nego kod 35 kV vodova.

Izloženo stanje omogućava uvođenje 20 kV oprema kroz revitalizaciju dotrajale mreže. Presudno je važno da se u ugradnji nove opreme koristi samo **20 kV oprema**, a ne više i 10 kV elementi.

4. ZAKLJUČCI

Usvajanje jedinstvene koncepcije razvoja srednjonaponske mreže u Hrvatskoj jedan je od najznačajnijih zadataka u distribucijskoj djelatnosti Hrvatske elektroprivrede.

U ovom članku predložene su osnovne smjernice za provedbu razvoja srednjonaponske mreže, i to:

- Postupna zamjena tronaponskog sustava (110–35–10 kV) dvonaponskim sustavom (110–10(20) kV). Pri tome treba nastojati da se maksimalno iskoristi postojeća mreža.
- Uvođenje u pogon napona 20 kV; ponajprije u izvangradske mreže, zatim u manje gradove, te velike gradove.
- U izvangradskim mrežama treba se kao prijelaznim rješenjem koristiti transformacijom 35/20 kV, prije uvođenja definitivnog rješenja — transformacije 110/20 kV.
- transformaciju 110/10(20) kV; u prvoj fazi koristiti direktnu transformaciju 110/10 kV, dok se ne stvore pretpostavke za uvođenje transformacije 110/20 kV.
- Kod gradnje novih TS 110/10(20) kV izvan velikih gradova treba koristiti »fleksibilna« rješenja. Dolaze u obzir korištenje teracijara energetskih transformatora za napajanje 35 kV pokrajinskih mreža koje su u pravilu slabo opterećene; ugradnja transformatora 10(20)/35 kV s istom funkcijom; korištenje transformatora s različitim sekundarnim naponima (npr. 110/10(20) kV i 110/35 kV), itd.
- Svi novi nadzemni vodovi koji će raditi u postojećim 10 kV mrežama moraju se izvoditi sa 20 kV izolacijom. Posebno je važno da se u buduću koriste samo **20 kV kabele**, bez obzira na to kada će konkretna mreža prijeći na pogon pod tim naponom. Također je potrebno nove transformatorske

stanice i linijske rastavljače graditi uz upotrebu 20 kV izolacije.

- f) Nove vodove koji će raditi u 35 kV mrežama redovito treba graditi kao vodove 110 kV.

Prema potrebi, određene postojeće 35 kV vodove treba rekonstruirati u 110 kV vodove uz zadržavanje istih faznih vodiča.

- g) Ako tehnoekonomske analize opravdaju gradnju odedene TS 35/10(20) kV, potrebno je gradnju izvršiti na takvoj lokaciji koja će u budućnosti omogućiti pretvorbu te stanice u TS 110/10(20) kV; odnosno potrebno je rezervirati dovoljan prostor.

Navedeni pristup omogućava postupno uvođenje jedinstvenih konceptijskih rješenja srednjonaponske mreže, koja će rezultirati dvonaponskim sustavom 110–20 kV. Potrebno je upozoriti da se tu radi o **dugoročnom** procesu koji omogućava maksimalno iskorištenje postojeće mreže. U protivnom ne bi bilo gospodarskog opravdanja za takve akcije.

Posebno je važno uočiti visok stupanj dotrajalosti postojeće mreže. Nužna revitalizacija mreže otvara put za intenzivnu ugradnju 20 kV opreme, isto kao i uklanjanje oštećenja zbog ratnih razaranja. Time se stvaraju pretpostavke za relativno jednostavno ostvarenje predložene koncepcije. Međutim, pri tome je nužno usvojiti odgovarajuća tipska rješenja na nivou HEP-a, kako bi se onemogućio mogući voluntarizam pri gradnji mreže.

LITERATURA

- [1] ŽUTOBRADIĆ S., SCHENNER R., BALDASARI D.: »Dugoročni razvoj distributivne djelatnosti u Hrvatskoj do 2000. s projekcijom do 2005. godine,« studija IE, Zagreb, 1990.

- [2] ŽUTOBRADIĆ S., SCHENNER R., WAGMANN L.: »Dugoročni razvoj distributivne djelatnosti Hrvatske elektroprivrede (detaljna područja analiza te izrada programskog paketa na PC računalu)«, studija IE, Zagreb, 1991.
- [3] ŽUTOBRADIĆ S., SCHENNER R.: »Strategija sanacije i razvoja distribucijske mreže Hrvatske,« studija IE, Zagreb, 1992.
- [4] Pravilnik o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona 10 kV za rad pod 20 kV naponom, Sl. list SFRJ br. 10/1979.
- [5] ŽUTOBRADIĆ S.: Tretman sanacije ratnih šteta s obzirom na koncepciju dugoročnog razvoja distributivnih mreža,« stručna konzultacija »Obnova i izgradnja ee sistema republike Hrvatske«, Zagreb, 1983.

DEVELOPMENT OF THE MID-VOLTAGE NETWORKS IN THE CROATIAN ELECTRIC SUPPLY COMPANY

Suggestions for the further development of the distribution midvoltage network for Croatia are given. Hereby the current state of those networks is taken into account.

ÜBER DIE ENTWICKLUNG DER MITTELSPANNUNGSNETZE IN DER KROATISCHEN ELEKTROWIRTSCHAFT

Hier wurden Vorschläge für die weitere Entwicklung der Distributions — Mittelspannungsnetze in Kroatien gegeben. Dabei wurde die jetzige Situation dieser Netze berücksichtigt.

Naslov pisca:

Dr. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb,
Avenija Vukovar 37,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992-6-30.

ISPITIVANJE ATMOSFERSKIM UDARNIM NAPONOM TRANSFORMATORA MALIH RASIPNIH INDUKTIVITETA

Mr. Luka Brkić — Rajko Gardijan, Zagreb

UDK 621.373.44:621.314.2

STRUČNI ČLANAK

Pri ispitivanju atmosferskim udarnim naponom modificirati komercijalni udarni generator prigradnjom dodatnih komponenti. U radu su određeni parametri dodatnih komponenti, te je provedeno pokusnoispitivanje tipičnog transformatora maloga rasipnog induktiviteta modificiranim udarnim generatorom.

Ključne riječi: transformator, atmosferski udarni napon, udarni generator.

1. UVOD

Ispitivanjem transformatora atmosferskim udarnim naponom kontrolira se dielektrična otpornost namota transformatora na prenapone atmosferskog podrijetla. Ispitivanje se provodi za ispitivane faze, uz uzemljen drugi kraj namota ispitivane faze, te kratko spojene ostale neispitivane namote.

Uzimajući u obzir način spajanja namota pri ispitivanju i činjenicu da atmosferski prenaponi traju kratko (stotinjak mikrosekundi), a što znači da na prijelaznu pojavu utječe i kapacitet namota, ispitivani namot transformatora se u nadomjesnoj shemi ispitnog kruga može predstaviti paralelnim spojem rasipnog induktiviteta ispitivanog namota i njegova ekvivalentnoga kapaciteta prema zemlji.

Ako je rasipni induktivitet ispitivanog namota malen, on će predstavljati velik teret za udarni generator, te će pri izbijanju udarnog generatora rušiti amplitudu i trajanje ispitnog napona, te će onemogućiti postizanje standardnih parametara udarnog vala. Rasipni induktivitet transformatora L_t , određen prema (1),

$$L_t = \frac{u_k U_{nf}^2}{100 \omega S_{nf}} \quad (1)$$

pri čemu je:

u_k — napon kratkog spoja transformatora

U_{nf} — fazni napon ispitivanog namota

S_{nf} — snaga po fazi ispitivanog namota

ω — kružna frekvencija sinusnog napona mreže,

postiže osobito niske vrijednosti u niskonaponskih namota transformatora velike snage. Navedeni transformatori se ne mogu ispitati komercijalnim udarnim generatorom, nego je generator nužno modificirati prigradnjom dodatnih komponenti ili povećati impedanciju ispitivanog namota uzemljenjem namota preko otpornika. Uzemljenje namota transformatora preko otpornika znatno mijenja uzdužnu raspodjelu napona na namotu, jer se velik dio ispitnog

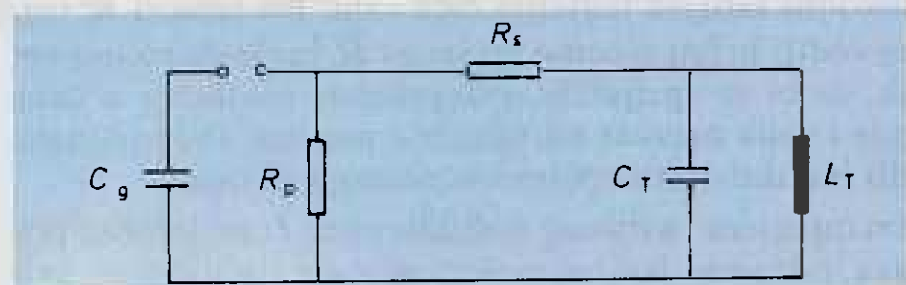
napona raspodijeli na otpornik. To praktično znači da se ispituje samo glavna izolacija, dok međuzavojna izolacija ostaje nedovoljno ispitana.

Rješenje zasnovano na modifikaciji komercijalnog udarnog generatora, premda zahtijeva nabavu dodatnih komponenti udarnog generatora, daje realniju raspodjelu dielektričkih naprezanja u transformatoru.

U članku je analizirana mogućnost primjene modificiranog udarnog generatora pri ispitivanju transformatora malih rasipnih induktiviteta.

2. OGRANIČENJA KOMERCIJALNOG UDARNOG GENERATORA PRI ISPITIVANJU TRANSFORMATORA MALIH RASIPNIH INDUKTIVITETA

Ispitivanje transformatora atmosferskim udarnim naponom provodi se u najvećem broju slučajeva komercijalnim udarnim generatorom u spoju prema slici 1.



Slika 1. Nadomjesna shema ispitnog kruga s komercijalnim udarnim generatorom

Oznake na slici 1. imaju sljedeće značajke:

C_g — kapacitet udarnog generatora

R_p — izbojni otpor

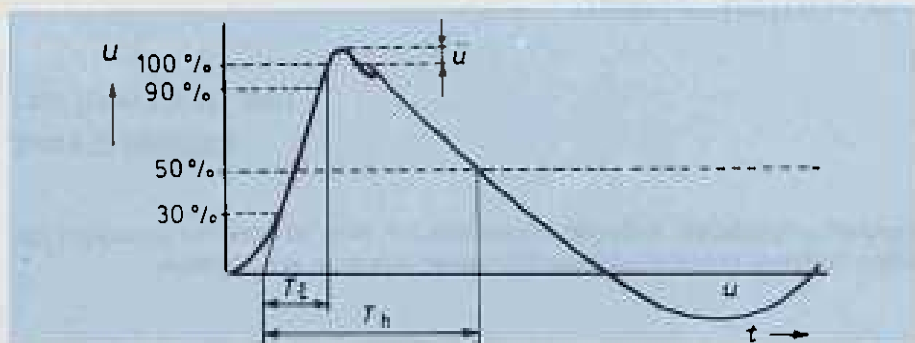
R_s — prigušni otpor

C_t — kapacitet transformatora i dodatnog kapacitivnog tereta

L_t — rasipni induktivitet ispitivanog transformatora.

Standardi [1; 2] za ispitivanje atmosferskim udarnim naponom propisuju oblik i vrijednosti parametara standardnoga atmosferskog vala. Oblik vala prikazan je na slici 2, a propisane vrijednosti parametara iznose:

- T_h — trajanje hrpta vala ($50 \mu s \pm 20\%$)
- T_f — trajanje čela vala ($1.2 \mu s \pm 30\%$)
- $\ddot{u}$ — prerast napona na čelu vala (overshoot) $< 5\%$
- u — negativni maksimum vala $< 50\%$.



Slika 2. Karakteristični oblik atmosferskog udarnog vala

Osnovni problem pri ispitivanju transformatora malih rasipnih induktiviteta predstavlja zadovoljenje parametra trajanja hrpta vala T_h . Komercijalne izvedbe udarnih generatora omogućuju praktično bez teškoća ispitivanje transformatora čiji su ekvivalentni rasipni induktiviteti veći od 100 mH.

Trajanje hrpta moguće je postići u standardnim tolerancijama, jer do tog iznosa induktivitet L_1 praktično ne utječe na karakter prijelazne pojave. U tim uvjetima napon na ispitivanom objektu pri izbijanju udarnog generatora aperiodski je prigušen. Prema [3], veza između vrijednosti elemenata ispitanoga kruga i parametara vala definirana je izrazima (2) i (3):

$$T_h \approx 0.7 R_p C_g \quad (2)$$

$$T_f \approx 3.0 R_s C_1 \quad (3)$$

Na osnovi jednadžbi (2) i (3) odabiru se približni parametri udarnoga generatora. Za zadani C_g bira se R_p koji zadovoljava zahtjev trajanja hrpta vala. Ovisno o kapacitetu C_1 bira se iznos otpora R_s tako da se zadovoljni zahtjev trajanja čela vala. Pri izboru R_s treba voditi brigu o tome da iznos R_s bude dovoljno velik, da bi se spriječile nedopuštene oscilacije u čelu vala i velik prerast na tjemenu napona zbog parazitnih induktiviteta spojeva ispitanoga kruga.

Smanjenjem rasipnog induktiviteta L_1 prijelazna pojava, odnosno ispitni napon, postaje oscilatorno prigušena. Zanimari li se paralelno prigušenje u ispitnom krugu, napon na ispitivanom transformatoru može se opisati jednadžbom (4).

$$U(t) = U_g e^{-\alpha t} \left(\cos \omega t - \frac{\alpha}{\omega} \sin \omega t \right) \quad (4)$$

pri čemu je

$$\omega^2 = \frac{1}{L_1 C_g} - \left(\frac{R_s}{2L_1} \right)^2 \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{R_s}{2L_1} \quad (6)$$

U graničnom slučaju, ako se zanemari i serijsko prigušenje, odziv u ispitnom krugu postaje oscilatorno neprigušen, pri čemu trajanje hrpta T_h iznosi

$$T_h = \frac{\pi}{3} \sqrt{L_1 C_g} \quad (7)$$

Iz jednadžbe (7) slijedi da trajanje hrpta vala ovisi neposredno o rasipnom induktivitetu ispitanog transformatora L_1 .

Kao logično rješenje za produženje T_h koristi se povećanje kapaciteta generatora C_g i R_p , ali kao što je u [4] pokazano, to povećanje djeluje samo do određenih granica. I u graničnom slučaju, pretpostavimo li da su iznosi otpora R_p i kapaciteta C_g beskonačni, dobije se konačni iznos trajanja hrpta:

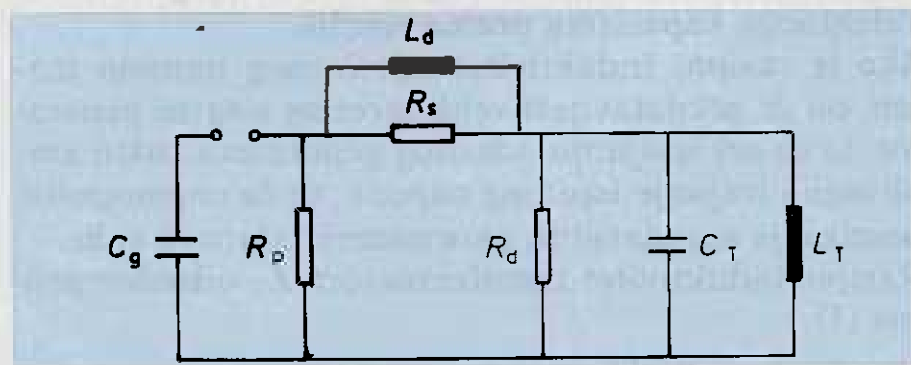
$$T_h = \frac{L_1}{R_s} \ln 2. \quad (8)$$

R_s se smije smanjiti samo do određenih granica, jer bi inače bilo prevelikih oscilacija u čelu vala.

Uzevši u obzir realne vrijednosti parametara udarnog generatora i dužine spojnih vodova, udarnim generatorom uobičajene komercijalne izvedbe mogu se ispitati namoti transformatora čiji rasipni induktiviteti iznosi desetak mH.

3. MODIFICIRANI UDARNI GENERATOR ZA ISPITIVANJE TRANSFORMATORA MALIH RASIPNIH INDUKTIVITETA

Za ispitivanje transformatora još manjih rasipnih induktiviteta potrebno je modificirati udarne generatore komercijalne izvedbe. Osnovne modifikacije predložene su u [5] i [6], a shema ispitnoga kruga koju je predložio Glainger [6], prikazana je na slici 3.



Slika 3. Shema ispitnog kruga s modificiranim udarnim generatorom, prema Glaingeru [6]

Uočava se da modificirani generator sadrži 2 dodatne komponente: L_d i R_d . Dodatne komponente djeluju na sljedeći način:

- L_d slabo utječe na trajanje čela vala T_f . Nakon čela L_d praktički kratko spaja R_s , smanjuje prigušenje u krugu i povećava osnovnu vremensku konstantu kruga

$$T = 2\pi \sqrt{(L_1 + L_d) C_g} \quad (9)$$

te time pridonosi povećanju T_h .

- R_d se bira tako da raspodjela napona između R_s i R_d za vrijeme nabijanja C_1 bude ista kao i za vrijeme izbijanja C_g kroz L_d i L_1

U [6] su navedene formule za izbor dodatnih elemenata udarnoga generatora, uz uvjet da se dobije granični aperiodski odziv:

$$L_d = R_d^2 C_t / 0.544^2. \quad (10)$$

Da bi se postiglo čelo trajanja $1.2 \mu\text{s}$, mora biti zadovoljen uvjet

$$R_d C_t = 0.4 \mu\text{s}. \quad (11)$$

Ako se L_d izrazi u μH , a R_d u Ω , tada iz (10) i (11) slijedi

$$L_d = 1.35 R_d. \quad (12)$$

Za raspon C_t od $(1.5 - 10) \text{ nF}$, R_d se odabire u rasponu $(50 - 300) \Omega$, dok je raspon L_d prema (12) $(70 - 400) \mu\text{H}$.

Tako je prema preporukama iz [6] najpovoljnije odabrati L_d iznosa $400 \mu\text{H}$, jer se tada mogu ispitati transformatori čiji su ekvivalentni rasipni induktiviteti u području $(1 - 15) \text{ mH}$, čime je raspon ispitivanih transformatora u odnosu na udarni generator komercijalne izvedbe znatno povećan.

4. PRORAČUN PARAMETARA MODIFICIRANOGA UDARNOGA GENERATORA

Na osnovi navedenih preporuka [4; 5; 6] nabavljeni su dodatni elementi za modifikaciju udarnog generatora proizvodnje Haefely. Kapacitet po katu generatora iznosi $0.5 \mu\text{F}$, dok je maksimalni napon po katu 200 kV . Iz praktičnih razloga odabran je minimalni broj elemenata, kojima se može pokriti što veći raspon ispitivanih transformatora:

$L_d: 2 \times 400 \mu\text{H}; 200 \text{ kV}$

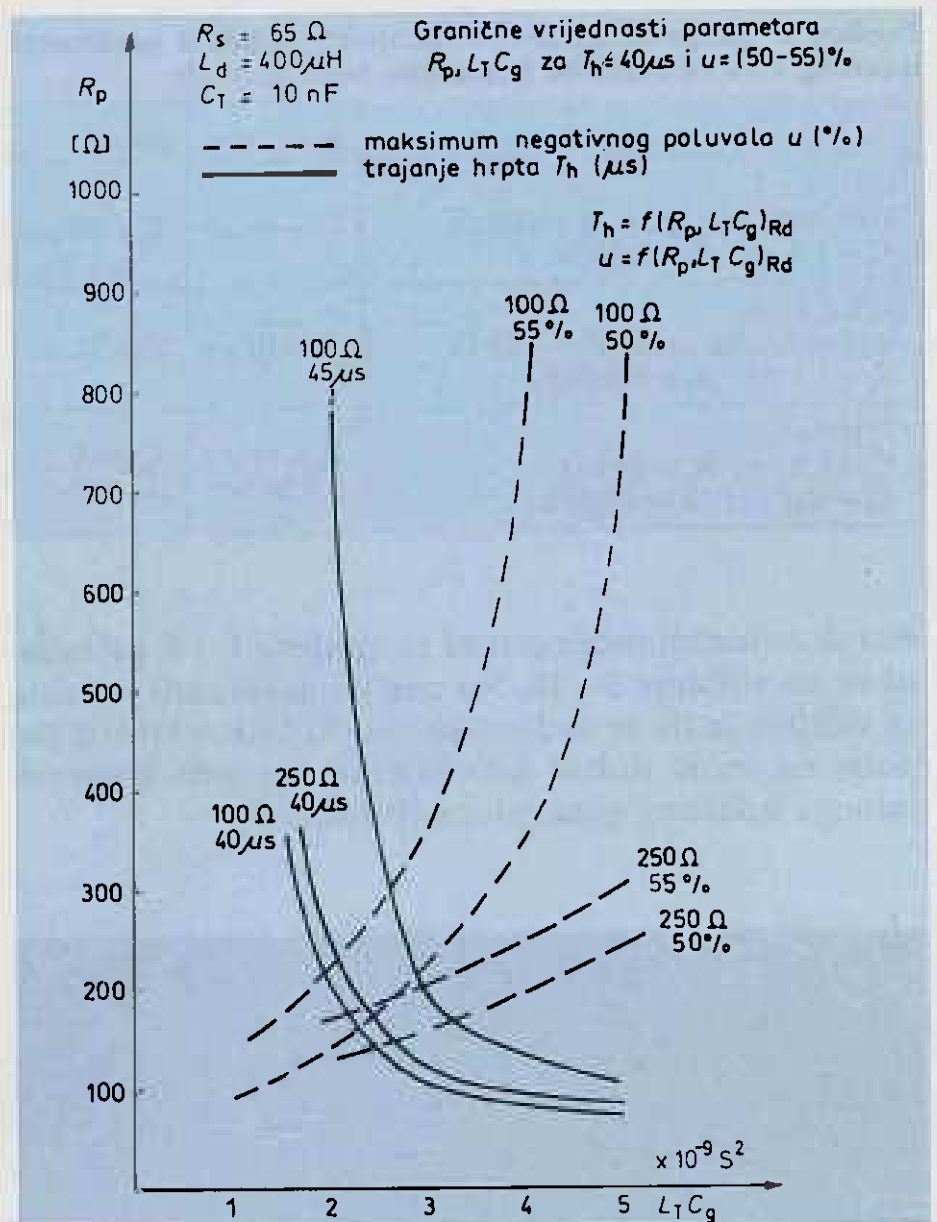
$R_d: 50, 100, 250, 400 \Omega; 200 \text{ kV}$.

Za raspoloživi udarni generator numerički su proračunati parametri udarnoga generatora koji zadovoljavaju parametre udarnog vala za različite iznose induktiviteta L_t .

Na osnovi provedenog računa za različite slučajeve, na slici 4. prikazane su granične vrijednosti parametara modificiranoga generatora koje zadovoljavaju zahtjeve trajanja hrpta i negativnog maksimuma. Pri ispitivanju transformatora malih rasipnih induktiviteta nastoji se zadovoljiti minimalni $T_h = 40 \mu\text{s}$, te maksimalni negativni maksimum 50% .

Kritični parametri ispitnog kruga jesu C_g i L_t . U prikazu na slici 4. na apsisu je nanešen produkt L_t i C_g , jer prema (7) slijedi da trajanje hrpta ovisi praktično o produktu navedenih veličina.

Pri verifikaciji proračuna repeticionim udarnim generatorom ustanovljeno je da su računski dobivene vrijednosti negativnog maksimuma nešto veće od stvarnih zbog dodatnih gubitaka u krugu (npr. zbog skin-efekta) koji nisu obuhvaćeni numeričkim proračunom. Utvrđeno je da se kao gornja granica računskih negativnih maksimuma može uzeti iznos 55% . Kako je za ispitivanje transformatora malih rasipnih induktiviteta kritično trajanje hrpta, dok se trajanje čela vala jednostavno realizira, za parametre koji određuju trajanje čela odabrana je samo jedna kombinacija: ($C_t = 10 \text{ nF}$, $R_s = 65 \Omega$).



Slika 4. Granične vrijednosti parametara udarnog generatora za ispitivanje transformatora malih rasipnih induktiviteta

Sa slike 4. može se očitati da je npr. za ispitivanje transformatora rasipnog induktiviteta $L_t = 2 \text{ mH}$ potreban kapacitet generatora $C_g \cong 1 \mu\text{F}$, uz $R_p \cong 220 \Omega$, $R_d = 100 \Omega$.

5. PRIMJER ISPITIVANJA TRANSFORMATORA MODIFICIRANIM UDARNIM GENERATOROM

Metoda ispitivanja transformatora malih rasipnih induktiviteta modificiranim udarnim generatorom testirana je na transformatoru 6TBN 5000–38/A sljedećih nazivnih podataka:

5000 kVA, YNyn0

$10.5 \pm 5\% / 6.6 \text{ kV}$

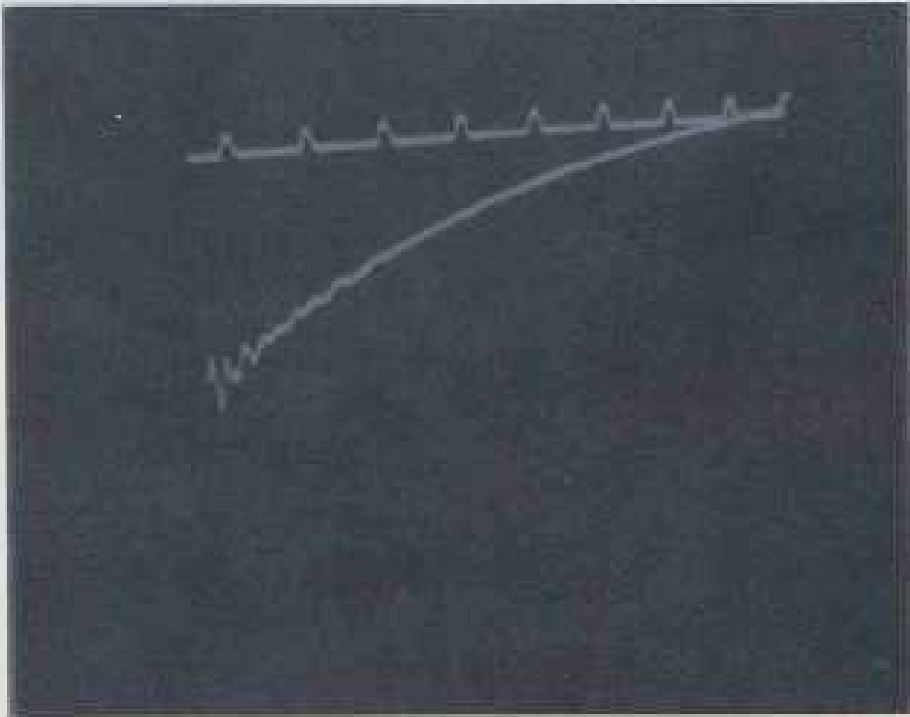
$u_k = 7\%$.

Transformator je ispitan udarnim generatorom Haefely u uobičajenom i modificiranom spoju. Eksperimentalni i računski određeni parametri vala prilikom ispitivanja 10.5 kV -nog namota u minus položaju regulacije ($L_t \cong 4.5 \text{ mH}$), a za različite ispitne konfiguracije, navedeni su u tablici 1. U tablici 1. navedeni su i osnovni parametri ispitnog kruga.

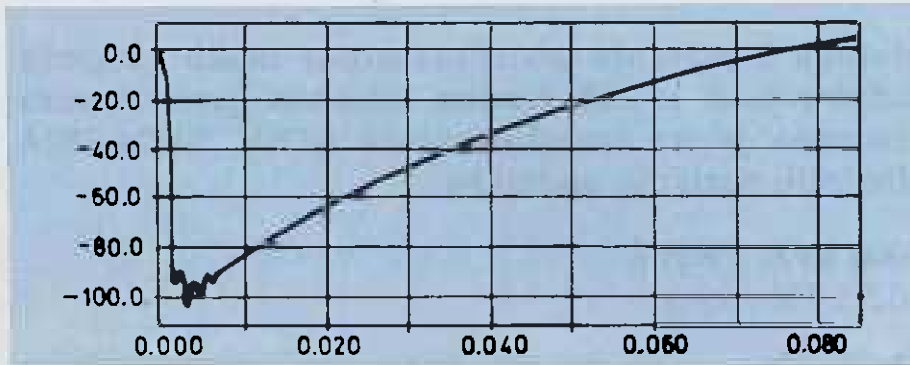
Tablica 1. Eksperimentalno i računski određeni parametri udarnog vala za različite ispitanike konfiguracije

	mjerenje	račun
Primjer 1. komercijalni spoj: $R_s = 105 \, \Omega$ $C_g = 1,5 \, \mu\text{F}$, $R_p = 160 \, \Omega$	$T_h = 26 \, \mu\text{s}$	$T_h = 28 \, \mu\text{s}$
Primjer 2. komercijalni spoj: $R_s = 105 \, \Omega$ $C_g = 1,5 \, \mu\text{F}$, $R_p = 3 \, 300 \, \Omega$	$T_h = 30 \, \mu\text{s}$	$T_h = 31 \, \mu\text{s}$
Primjer 3. $C_g = 1,5 \, \mu\text{F}$, $R_s = 160 \, \Omega$, $L_d = 400 \, \mu\text{H}$, $R_d = 250 \, \Omega$	$T_h = 41 \, \mu\text{s}$ $u = 28 \, \%$	$T_h = 43 \, \mu\text{s}$ $u = 29 \, \%$

Karakteristični oscilogrami za spojeve 1. i 3. prikazani su na slikama 5 – 10. Na osnovi dobivenih rezultata vidljivo je da se zadovoljavajući oblik udarnog napona ne može dobiti uobičajenim spojem komercijalnoga udarnog generatora (primjer 1).

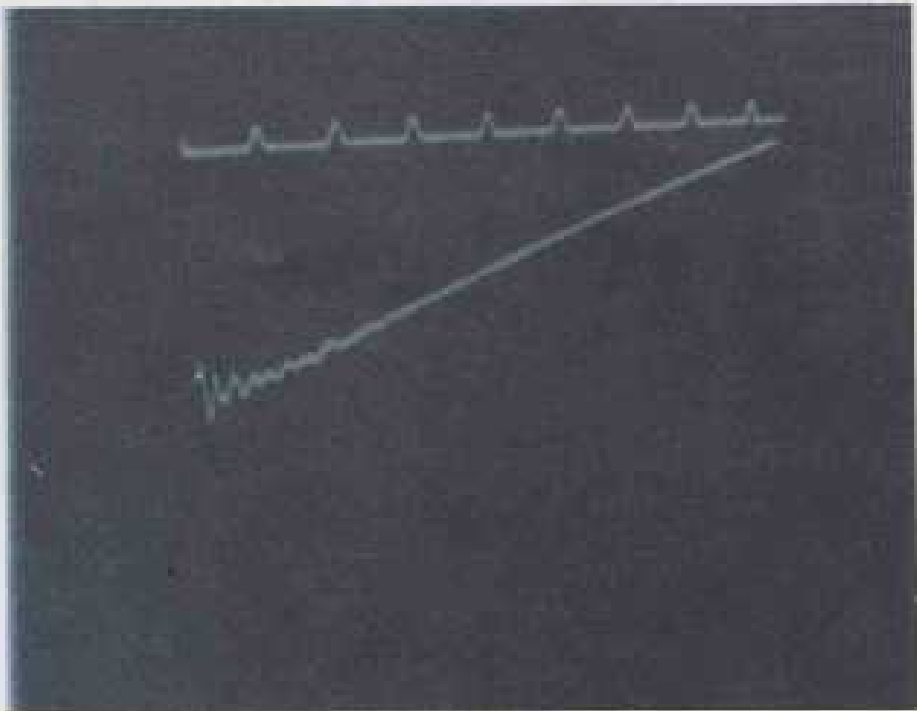


Slika 5. Mjereni napon na ispitivanom objektu (spoj 1), vremenska baza: 10 $\mu\text{s/d. sk.}$

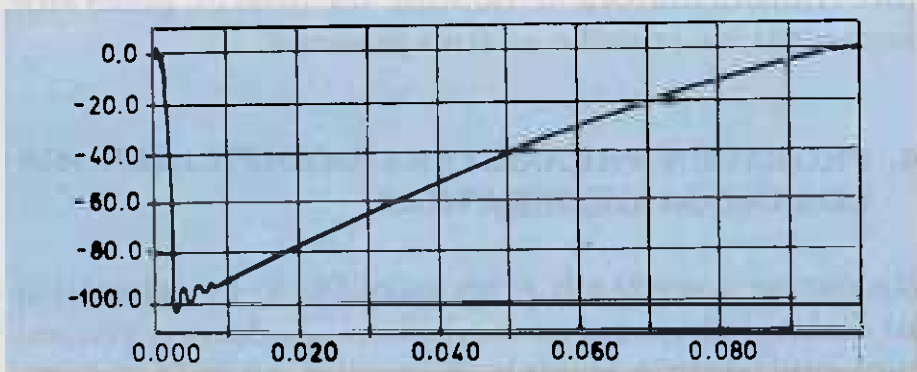


Slika 6. Računati napon na ispitivanom objektu (spoj 1), vremenska baza: 10 $\mu\text{s/d. sk.}$

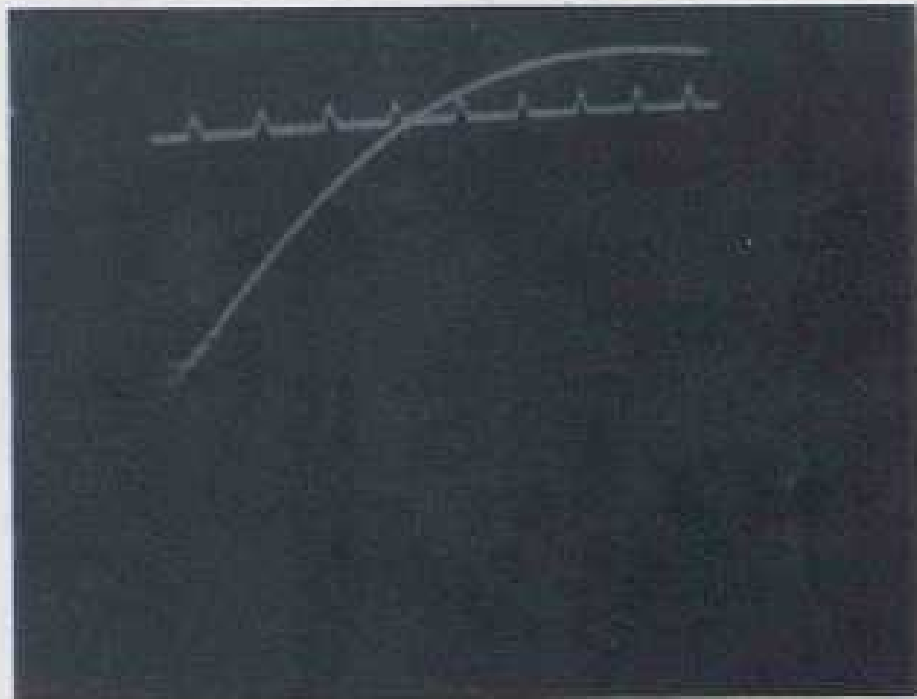
Povećanje vrijednosti izbojnog otpora R_p pridonosi povećanju T_h , ali ne dovoljno (primjer 2). Trajanje hrpta u tolerancijama određenim standardom dobije se primjenom modificiranoga udarnoga generatora (spoj 3).



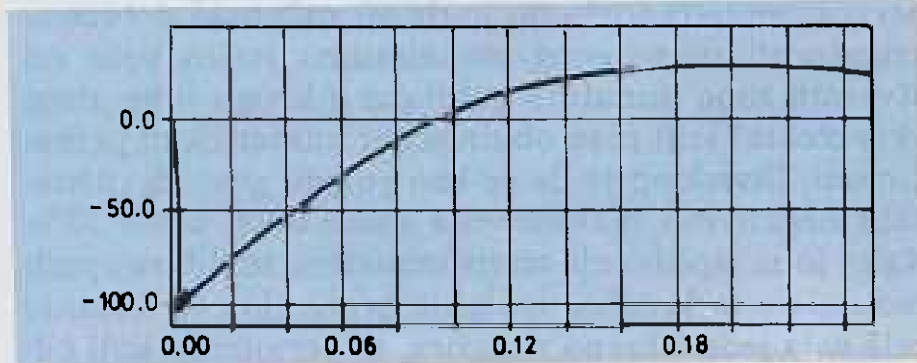
Slika 7. Mjereni napon na ispitivanom objektu (spoj 3), vremenska baza: 10 $\mu\text{s/d. sk.}$



Slika 8. Računati napon na ispitivanom objektu (spoj 3), vremenska baza: 10 $\mu\text{s/d. sk.}$



Slika 9. Mjereni napon na ispitivanom objektu (spoj 3), vremenska baza: 25 $\mu\text{s/d. sk.}$



Slika 10. Računati napon na ispitivanom objektu (spoj 3), vremenska baza: 20 $\mu\text{s/d. sk.}$

6. ZAKLJUČAK

Transformatori malih rasipnih induktiviteta ne mogu se korektno ispitati atmosferskim udarnim naponom korištenjem komercijalnoga udarnog generatora. Da bi zadovoljili zahtjeve propisane standardom, potrebno je modificirati komercijalni generator prigradnjom dodatnih elemenata (L_d , R_d). Parametri dodatnih elemenata mogu se odrediti sa zadovoljavajućom točnošću računskim putem, a što je dokazano ispitivanjem transformatora malog rasipnog induktiviteta modificiranim udarnim generatorom. Ispitivanje je također pokazalo da se na taj način može postići standardom propisani oblik atmosferskoga udarnog vala.

LITERATURA

- [1] IEC Publication 60—1, Second edition, 1989—11, High Voltage Test Techniques, Part 1, 2.
- [2] Erzeugung und Messung von Hochspannungen. Teil 3: Bestimmungen für die Erzeugung und Anwendung von Stoßspannungen und Stoßströmen für Prüfzwecke. VDE-Vorschrift 0433 Teil 3/4.66
- [3] IEC Publ. 722. — Guide to the lightning impulse and switching impulse testing of power transformers and reactors
- [4] K. FESER: »Auslegung von Stossgeneratoren für die Blitzstoßspannungsprüfung von Transformatoren,« Bul. SEV 69(1978)
- [5] S. R. KANNAN, Y. NARAYANA RED,; »Generator loading limits for impulse testing low-inductance windings«, Proc. IEE 122(1975.)
- [6] P. GLAINGER: »Stoßspannungsprüfung an elektrischen Betriebsmitteln kleiner Induktivität,« Internationales Symposium Hochspannungstechnik, Zürich 1975.

TESTING OF LITTLE STRAY INDUCTIVITY TRANSFORMERS BY ATMOSPHERIC VOLTAGE IMPULSE

When testing the transformers of little stray inductivity by atmospheric voltage impulse, it is necessary to modify the commercial impulse generator by building in some new components. In the work, the parameters of new components are determined, and a testing of a typical transformer, having little stray inductivity, by modified impulse generator is realised.

PRÜFUNG DURCH ATMOSPHERISCHE STOSS — SPANNUNG DER TRANSFORMATOREN GERINGER ZERSTREU — INDUKTIVITÄTEN

Bei der Prüfung durch atmosphärische Stoss — Spannung der Transformatoren geringer Zerstreue — Induktivitäten ist es notwendig den kommerziellen Stoss — Generator durch den Anbau von Zusatzkomponenten zu modifizieren. In der Arbeit sind Parameter der Zusatzkomponenten bestimmt und es wurde die Versuchsprüfung eines typischen Transformators einer geringen Zerstreue — Induktivität modifiziert durch den Haupt — Genera, durchgeführt.

Naslov pisaca:

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

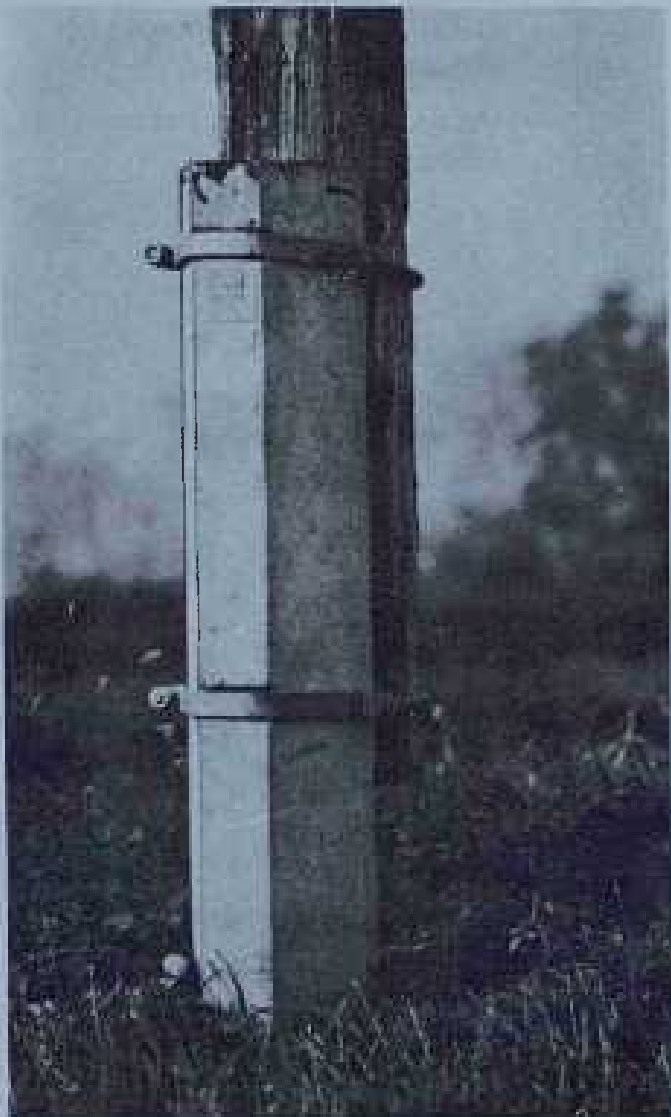
Uredništvo primilo rukopis:
 1992-6-26.



Industrija građbenega materiala p.o.
68270 KRŠKO, CKŽ 59

Industrija građevinskog materijala »Sava« iz Krškog već niz godina proizvodi betonske proizvode za potrebe elektroprivrede. Njezina namjena je da s novim materijalima pojednostavi i promijeni gradnju električnih vodova niskog, srednjeg i visokog napona.

Kao rezultat njezinih napora nastao je prije više godina prvi proizvod iz serije betonskih proizvoda za potrebe elektroprivrede i to betonski nogar »Univerzal«. Elektroprivreda je tražila nogar koji bi bio lagan, jednostavne manipulacije, sposobnosti i velike mogućnosti. Služio bi sanaciji dotrajalih drvenih mreža, kao i za nove. Iz tih razloga je poduzeće izradilo betonski nogar »Univerzal«, koji odgovara svim tim zahtjevima. Lakši je od do sada upotrebljavanih klješta, ali je još uvijek dosta jak. Kako je već rečeno, upotrebljava se kako za sanaciju dotrajalih drvenih stupova, tako i za novogradnju. Njegova prednost je i u tome, što se može upotrebljavati neovisno o vremenskim uvjetima, što se postiže sa suhim temeljenjem pomoću stabilizacionih ploča.



Nekoliko tehničkih podataka o nogarima »Univerzal«. Proizvodi se u tri tipa od V. do VII. Razlikuju se međusobno u nosivoj sposobnosti od 1000 kpm do 2000 kpm, tako da odgovaraju svim zahtjevima. Težina je promjenljiva od 180 do 190 kg ovisno o tipu.

BETONSKI NOGARI »UNIVERZAL«		
Tip	M _x /M _y (kpm)	težina (kg)
U V	1000/500	183
U VI	1500/650	186
U VII	2000/800	190

Komplet čini ovisno o tipu nogara:

Element	tip V	tip VI	tip VII
Betonski nogar	1 kom	1 kom	1 kom
Obujmica	2 kom	2 kom	2 kom
Stabilizaciona ploča 35 × 40 cm	1 kom	1 kom	1 kom
Stabilizaciona ploča 25 × 60 cm	4 kom	6 kom	6 kom

telefonn.c. (0608) 21 515
21 220
22 012
priprema rada22 122

šljunčara i cementara Drnovo (0608) 22 075
šljunčara i cementara Brege21 526
strojni park21 294

telefax(0608) 21 247
žiro račun51600-601-11903

NEKA NOVA RAZMIŠLJANJA O ZAŠTITI OD MUNJE

Dr. Zvonimir Krulc, Zagreb

UDK 621.316.91:551.594

STRUČNI ČLANAK

Upozorava se na potrebu uspostavljanja novih naziva u tematici zaštite od munje. Zašto ne »munjovodni uređaj« umjesto dosadašnjeg »gromobrana«? Upozoreno je na potrebu posvećivanja veće pažnje suvremenom pristupu problematici prenaponske zaštite. Prikazan je kratki opis »supermunje« u Istri.

Ključne riječi: zaštita od munje, prenaponska zaštita, »supermunja«.

1. UVOD

Promjene u društvu na našim područjima nameću ili barem navode na potrebu uspostavljanja novih terminoloških sadržaja u problematici zaštite od munja. Zašto ne koristiti i pojmovno i jezično bolji osnovni naziv »zaštita od munje« za cjelokupnu odgovarajuću granu elektroenergetike ili elektrotehnike umjesto dosadašnje »zaštite od groma« (ili čak ponekad napisano ili rečeno »gromobranske zaštite«)? Takvu promjenu trebalo bi učiniti i u novim nacionalnim relevantnim propisima.

Stanovite promjene trebalo bi učiniti i u pristupu suvremenom rješavanju zadaća cjelokupnog područja zaštite od prenapona — posebice u problematici zaštite veoma osjetljivih i skupih objekata s brojnim elektronskim uređajima i instrumentima u kojima se sve više nalaze čipovi. To su naročito računalski i upravljački sustavi — od velikih računalskih (»kompjutorskih«) sustava pa sve do malih kućanskih uređaja (posebno, dakako, televizora i video-aparata). Ili bi barem trebalo o tome povesti široko planirane i pripremljene javne rasprave u odgovarajućim stručno-znanstvenim sredinama. Na tu potrebu upućuju u posljednje dvije godine održana savjetovanja u Republici Sloveniji kao i rasprave na posljednjoj međunarodnoj konferenciji o zaštiti od munje (1990. godine u Švicarskoj).

Udari munja u različite objekte, posebice još uvijek u dalekovode i trafostanice kao istaknutije i prema tome i ugroženije, i dalje prouzrokuju — i usprkos izvedenoj zaštiti — oštećenja elektroenergetskih uređaja te ispade sustava prijenosa i distribucije električne struje. S tog gledišta može biti vrlo zanimljiv prikaz prave »supermunje« u Istri — u zimsko doba 1988. godine (A. Simonetti, V. Coorey, 1990/.

2. ZAŠTO NE »MUNJOVODNI UREĐAJ« UMJESTO DOSADAŠNJEG »GROMOBRANA«

Pojmovno i jezično ne bi se trebao više koristiti termin »zaštita od groma« kao ni »gromobran«. Vjero-

jatno bi se mogla dokazati tvrdnja da je odgovarajuća terminologija nametnuta područjima povijesnih hrvatskih zemalja u vremenima zajedničkih »jugoslavenskih« propisa i drugih oblika vladavine i »propisivanja«. To više što je u fizici »grom« po definiciji zvučni efekt atmosferskoga električnog izbijanja, dok je za odgovarajuću električnu iskrup ipak korišten naziv (i definicija) **munja**. Za daljnje usmjeravanje našeg razmišljanja možemo navesti odgovarajuće pojmove iz nekoliko srodnih i stručnih jezika.

Slovenski: zaštita pred strelo — strelovod

Ruski: molniezaščita (zaščita ot molnii) — molnieotvod također: grozozaščita

Njemački: Blitzschutz — Blitzableiter

Engleski: Lightning protection — lightning conductor.

Navesti treba i prikaz života i rada, posebice dostignuća na području zaštite od munje Hrvata **Stanka Plivelića** od pera V. Muljevića (1973), zaboravljenog od naše stručne javnosti, do 1973. godine. Članak o Stanku Pliveliću napisao je V. Muljević u povodu 12. međunarodne gromobranske konferencije u Portorožu 1973. godine.

Za nas je posebno zanimljivo djelo *Munjovodni uređaj* — Propis za gradnju, ispitivanje munjovoda, što ga je S. Plivelić tiskao 1910. u Mitrovici. To djelo, naime, predstavlja **prve propise za zaštitu od munje takve vrste na našem prostoru**. Plivelićev pothvat sastavljanja propisa za gradnju munjovoda bio je u tadašnjoj Hrvatskoj, Slavoniji i Dalmaciji pionirski rad i zaslužuje našu punu pozornost i priznanje (V. Muljević, 1973). Posebice treba spomenuti osnovne naputke S. Plivelića u navedenim propisima, koji pokazuje kako je suvereno baratao novim pojmovima i izrazima, jer su mnogi od tih izraza i pojmova i danas u primjeni u našoj elektrotehničkoj literaturi. S. Plivelić već govori o »zaštitnom prostoru« hvatala; traži da se sve oveće metalne mase na i u zgradi moraju međusobno spojiti na munjovodni uređaj. Poseban dio njegovih propisa sadrži naputak za ispitivanje valjanosti postojećih munjovodnih uređaja. U svojoj uzornoj knjizi S. Plivelić nije zaboravio ni na čovje-

ka, pa u odsjeku »Prva pomoć onima koje je munja udarila« daje osnovne upute za pomoć unesrećenoj. Posljednji odsjek knjige opisuje zaštitne instalacije u obliku kaveza, onakve kakve se danas u osnovi projektiraju (V. Muljević, 1973).

Uz ovako dobar uzor po svoj prilici ne bi bilo teško odabrati nove, pojmovno i jezično bolje izraze za novu terminološku obradu problematike zaštite od (udara) munje. S izborom na primjer izraza »munjovodni uređaj« u nekoj odrednici novih propisa za gradnju zaštitnih instalacija u Hrvatskoj mogla bi se također odati pozornost i sjećanje na Stanka Plivelića.

3. DALJNI RAZVOJ TEHNOLOGIJE I »FILOZOFIJE« PRENAPONSKE ZAŠTITE

S obzirom na sve veći zamah informacijske i općenito elektronske tehnike, uza sve veći broj vrlo osjetljivih elektronskih elemenata — posebice onih s čipovima — i elektronskih sustava, raste i popratna potreba njihove sve bolje zaštite. S druge strane pak udari munje i dalje čine štete u različitim objektima i sustavima, čak i onima u elektroenergetici, što su obično dobro zaštićeni. Sve to dalje povoda daljnjim razmišljanjima o poboljšanju i unapređivanju tehnike zaštite.

S takvim osnovnim ciljem održano je još početkom travnja 1991. god. u Mariboru savjetovanje o »Problematici vanjske i unutarnje prenaponske zaštite u objektima energetske i informacijske tehnike«. Organizatori su bili Slovensko društvo za geoelektro, statično elektrotehničko inženjering i Elektrotehnička fakulteta Maribor uz sudjelovanje Društva za geoelektro, statičku elektrotehniku i gromobrane Hrvatske. Na savjetovanju bilo je prikazano i razmatrano 10 referata iz navedene problematike — s težištem na zaštiti računarskih sustava u uvjetima daljnjeg razvoja tehnologije prenaponske zaštite. Prikazano je i nekoliko novih zaštitnih uređaja i elemenata. Savjetovanje je imalo međunarodni značaj, jer je aktivno sudjelovalo u radu nekoliko stručnjaka iz drugih zemalja. Posebno treba spomenuti opsežan referat dr. ing. P. Hassea iz Njemačke s naslovom »Naprave za prenaponsku zaštitu i zaštitne smjernice«, s vrlo detaljnim i bogato ilustriranim prikazom cjelokupnoga svestranog pregleda te zaštite. Prikazani su brojni primjeri šteta, dan je detaljan opis ugroženosti, kao i zaštitne mjere — s prikazom razvoja i normiranja, opisom zaštitnih elemenata uz naglasak na tzv. unutarnjoj zaštiti od prenapona, posebice dakako od udara munje. Vrijedno je zabilježiti da je u Njemačkoj 1990. god. — uz poznato visok stupanj istovrsne zaštite — bilo oko 1 milijarda DEM šteta. Glavni zaključak iz tog referata i rasprava o njemu sastoji se pak u tome da treba promijeniti dosadašnji pristup nekim problemima prenaponske zaštite, posebice na strogo pridržavanje pravila o što nižoj rezistivnosti tla; osnovno pravilo treba biti najstrože pridržavanje ekvipotencijalizacije u cijelom štićenom objektu. Čak u slučaju ulaska stanovitog prenapona u štićeni

sustav, uz pridržavanje strogog pravila izjednačenja potencijala, neće biti većih opasnosti jer će se cijeli sustav podignuti na određenu višu razinu, ali bez opasnosti zbog izvedene ekvipotencijalizacije.

Prikazani referati i opsežne rasprave dali su vrlo dobru suvremenu sliku stanja prenaponske zaštite u objektima energetske i informacijske pogonske prakse. Naglasak je bio na vrlo strogim uvjetima tzv. unutarnje zaštite ne samo objekata već naročito osjetljivih elemenata elektronskih uređaja.

Uz prikaz računalskog sustava Elektrotehničkog fakulteta, Zagreb spomenuta je bizarna »slučajnost«: u toku izvođenja sustava udarila je munja u dvorište jednoga terminalnog objekta i učinila velika oštećenja. Radovi još nisu bili u zaštitnom ciklusu završeni, pa je trebalo obnoviti projekt zaštite i izvesti dopunsku zaštitu od prenapona, posebice dakako od munje.

Elektroinštitut »Milan Vidmar« u Ljubljani i Slovensko društvo priredili su sredinom travnja 1992. god. u Ljubljani »Kolokvij o atmosferskim električnim izbijanjima i zaštiti od posljedica«. Osnovni cilj bio je isti kao na prethodnom savjetovanju (1991. god.); težište je dano na razmjenu novih informacija i iskustava u oblasti prenaponske zaštite. Prikazano je bilo 6 referata. Posebno treba spomenuti opsežan referat prof. dr. V. Ščuke, direktora Instituta visokonaponskih ispitivanja na Sveučilištu Uppsala. Iz tog referata treba istaknuti opsežan opis prvih međunarodnih standarda za zaštitu od munje IEC-a: opća načela, smjernice za upotrebu i zaštita od EMP-a, opća načela. Zanimljiv je bio i referat o novoj organiziranosti standardizacije u području zaštite od munje u Sloveniji.

U okviru kolokvija bio je predstavljen novi gromobran, zapravo nova munjovodna hvataljka kao zamjena za RAG jedne francuske firme (pod nazivom »satelit«). Radi se o modificiranoj izvedbi Franklinove hvataljke s dodatnim generatorom iona (s automatskim izvorom električne energije). Uređaj je označen kao »aktivna hvataljka« zaštitne instalacije. S obzirom na mogućnost stvaranja neovisne ionizacije kao dopune prirodnoj ionizaciji, pripisuje se toj hvataljci povišenje točke hvatanja te time povećanja radijusa zaštitne zone. U raspravi o toj novosti zaključeno je da treba poći u cjelokupnoj problematici zaštite od munja u smjeru europskih, kao i propisa IEC-a.

Predstavnik tvrtke »Iskra-Zaščite«, Ljubljana, prikazao je pak velik izbor zaštitnih elemenata — sve do zaštitnih utičnica za telefonske i TV-priključke. Ti elementi rade se pod okriljem firme »Dehn + Söhne« u Njemačkoj.

Na kraju ovog prikaza treba se ukratko osvrnuti i na posljednju međunarodnu konferenciju o zaštiti od munja, na 20-u ICLP 1990. god. u Interlakenu u Švicarskoj. Tematika tih konferencija sve se više širi, povećava se broj referata a i sudionika. Ta je konferencija iz nekadašnje i početne europske prerasla u pravu svjetsku konferenciju značaja kongresa za zaštitu od prenapona. Za osnovnu orijentaciju može biti zanimljivo navesti tematske skupine ove posljednje konferencije.

1. Izbijanje munje.
2. Mehanizam izbijanja
3. Munjovodi i uzemljenja
4. Elektromagnetski impuls munje (LEMP) i indukcijски učinci.
5. Simulacija i ispitivanje učinaka munje
6. Lociranje i registracija munja
7. Zaštita elektronskih uređaja i sustava
8. Praktični problemi zaštite — opasnosti za život.

Posebice se može primijetiti da je bio vrlo velik odziv sudionika iz Japana s velikim brojem referata. Iz Hrvatske bila su u program uvrštena 3 referata. Na kraju treba spomenuti da je 21. ICLP bila u rujnu u Berlinu.

4. OPASNOSTI OD MUNJA I DALJE PRIJETE — PRIMJER »SUPERMUNJE« U ISTRI

Da munje i dalje prijetе — i zaštićenim objektima kao što su dalekovodi i trafostanice — prikazuje vrlo zoran prikaz odnosno opis prve »supermunje« iz pera A. Simonettija, u suradnji sa suradnikom Instituta visokonaponskih ispitivanja na Sveučilištu Uppsala, te predöčen u referatu na spomenutoj 20. ICLP 1990. god. Posebice treba istaknuti da je pojava te »supermunje« bila registrirana usred zime, 23. 1. 1988. noću. Prvi i najjače dojmiljivi efekt munje bio je efekt potresa. Popratni efekt dugotrajne grmljavine pokazao je da je posrijedi munja izuzetne jačine. Električno izbijanje (pražnjenje) dogodilo se u drvo, hrast, na maloj uzvisini nedaleko do Novigrada u Istri. Na stablu nije bilo tipičnog traga rasparane kore, ali su najjači tragovi bili na tlu. Skicirani su tragovi na terenu, iz kojih se može razabrati model razgradnje potencijala i utjecaj strmine vala na oblik razgradnje potencijala (A. Simonetti, V. Cooray, 1990). Prema modelu povratne munje V. Cooraya izračunata je jakost te »supermunje« sa 535 kA.

Izvršeno je istraživanje šteta na električnoj mreži i uređajima. Bilo je više oštećenja na trafostanicama, posebice proboja izolatora, kablinskih glava, strujnih mjernih transformatora i oštećenja transformatora — sve na nivou 35 kV mreže. Zabilježene su i znatne štete na električnim instalacijama i uređajima u kućama u blizini mjesta izbijanja munje. Navesti treba i klimatske uvjete tog događaja: mjesec siječanj 1988. bio je nezapamćeno topao sa svim popratnim klimatskim efektima, što normalno odgovaraju drugoj polovici ožujka. Dnevne temperature zraka bile su 13–16°C, a noćne 7–9°C (A. Simonetti, V. Cooray, 1990).

5. ZAKLJUČAK

Promjene u društvu u nas nameću ili barem navode na potrebu uspostavljanja novih naziva u terminološkoj obradi zaštite od munje. Zašto ne koristiti pojmovno i jezično bolji osnovni naziv »zaštita od munje«? Podsjetiti se treba i na zanimljivo djelo »Munjovodni uređaj« S. Plivelića iz 1910. god. kao prve propise za zaštitu od munje takve vrste na našem prostoru.

Razmjena iskustava u oblasti prenaponske zaštite, posebice u problematici zaštite vrlo osjetljivih i skupih objekata sa sve više elektronskih uređaja i elemenata, trebala bi nam pak donijeti neke dopune naših znanja. Bilo bi prikladno povesti javne stručne rasprave o toj problematici i tematici.

Pojaва »supermunje« u zimsko doba nedavno u Istri treba nas pak opet podsjetiti na važnost i daljnjeg provođenja zaštitnih mjera od opasnih udara, naročito na elektroenergetskim objektima.

LITERATURA

- [1] SIMONETTI, A., V. COORAY, 1990: »An electrical crash of a thunderstorm cell in Novigrad«, 20th ICLP, Interlaken, Swiss.
- [2] MULJEVIĆ, V., 1973: »Stanko Plivelić (1868–1935)«, »Elektrotehnika«, 3–4, 1973, 211–220, Zagreb

NEW CONSIDERATIONS ON LIGHTNING PROTECTION

A warning considering the need of a new terminology introduction in the field of a lightning protection is given. Why not »lightning conductor« instead of existing »thunderbolt conductor«? The need for better attention to the current approach of the overvoltage protection is stressed. Short review of the »super lightning« in Istria is given.

EINIGE NEÜERE ÜBERLEGUNGEN ÜBER DEN BLITZ — SCHUTZ

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass neue Benennungen zu diesem Thema notwendig sind. Warum nicht »Blitzableiter Anlage«, statt »Blitzschutz«. Man sollte der modernen Problematik des Vorspannungsnetzes mehr Aufmerksamkeit schenken. In Kürze wurde ein »Superblitz« in Istrien geschildert.

Naslov pisca:

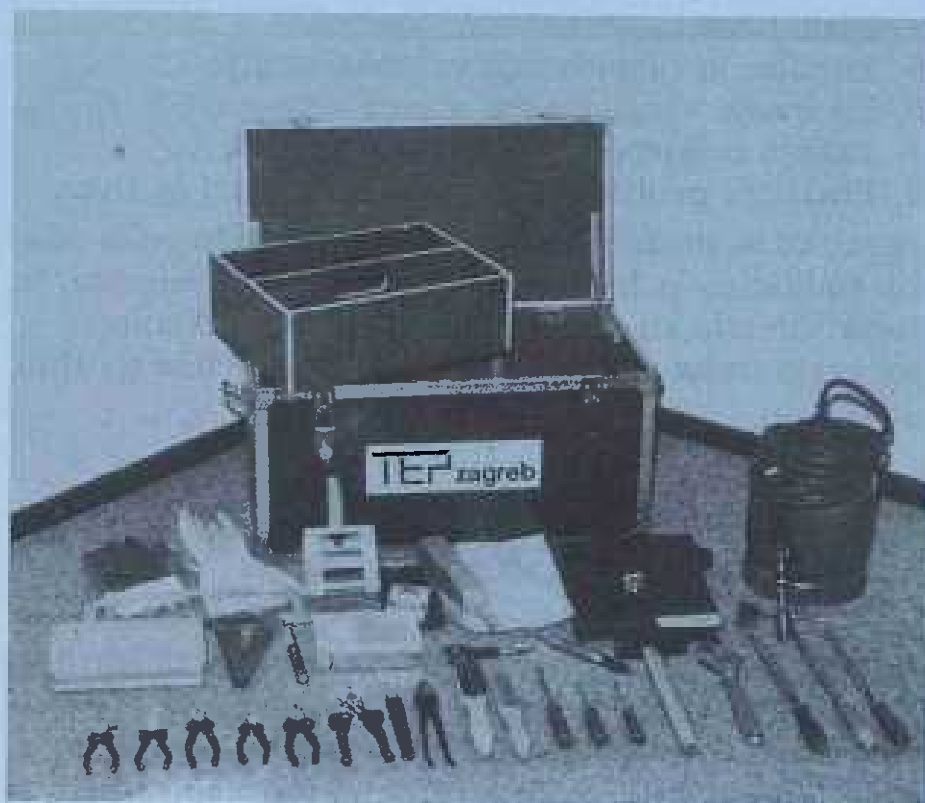
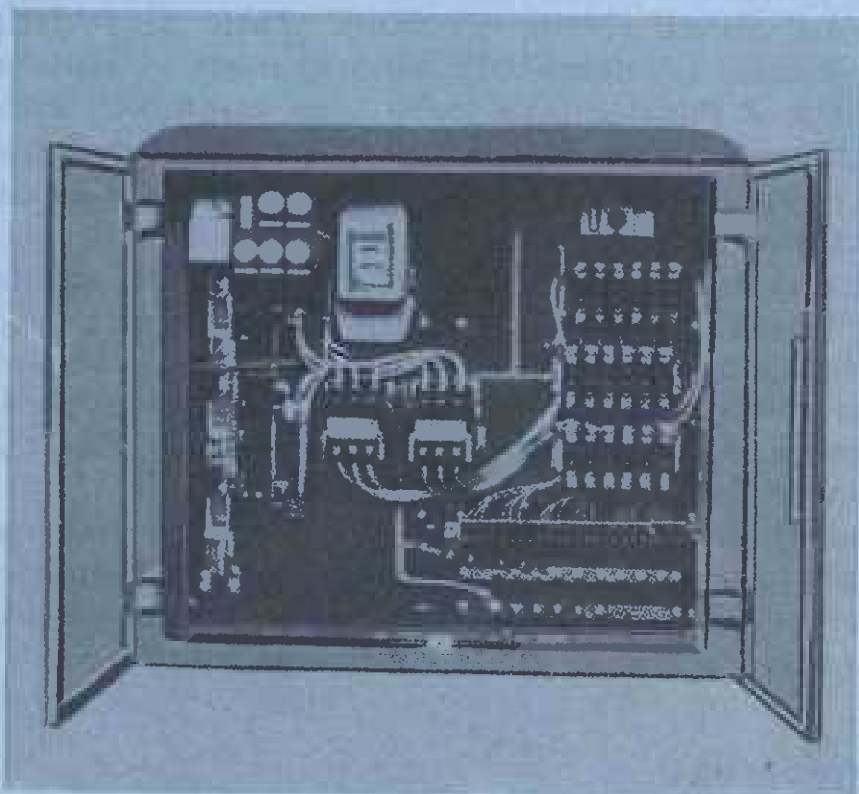
Dr. Zvonimir Krulc, dipl. ing.
41000 Zagreb, Klaićeva 60
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1992–6–16.

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

PEDESET GODINA NUKLEARNE ENERGETIKE

Potkraj 1992. navršava se pedeset godina otkako je Enrico Fermi sa svojim suradnicima ostvario, prvu u povijesti, kontroliranu, samoodržavajuću, lančanu nuklearnu reakciju. Enrico Fermi rođen je 1901. godine u Rimu, a umro 1954. Doktorirao je 1922. godine na Scuola Normale Superiore u Pisi, Italija. Postaje profesorom teorijske fizike na Rimskom sveučilištu 1926. godine. Italiju napušta 1938. godine, radi kao profesor na Sveučilištu Columbia, a zatim prelazi na Čikaško sveučilište 1942. god., gdje ostaje do kraja života. Američko društvo National Society of Professional Engineers (NSPE), slaveći pedesetogodišnjicu ovog događaja, uvrstilo je ovo dostignuće među deset najvećih tehničkih dostignuća u posljednjih pedeset godina. Ostalih devet, koja imaju najveći utjecaj na tehnologiju u tom razdoblju jesu: razvoj najlona, elektroničko digitalno računalo, tranzistor, inercijski navigacijski sustav za vođenje, zrakoplov Boeing 707, elektrostimulator srca (pacemaker), laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), svemirski program Apollo i Telstar-satelit (komunikacijski satelit za neposrednu dvosmjernu razmjenu signala). Obilježavanje pedesetogodišnjice nuklearne energije organizirala su nacionalna nuklearna društva širom svijeta, a 3. studenog 1992. godine održana je druga tribina Hrvatskoga nuklearnog društva s prvom točkom dnevnog reda »Obilježavanje 50 godina prve fisijske lančane reakcije«.

Eksperiment CP-1. Davne 1942. godine, drugog prosinca poslije podne, Fermi je sa skupinom suradnika u prostoriji metalurškog laboratorija, ispod gledališta športskog stadiona Čikaškog sveučilišta, postigao prvu u povijesti kontroliranu lančanu nuklearnu reakciju. Taj povijesni događaj još je značajniji kada se zna da se lančana reakcija mogla postići posjedovanjem nekoliko tona urana i grafita vrlo visoke čistoće, a da još do 1940. godine u Americi nije proizvedeno više od nekoliko grama metalnog urana »sumnjive čistoće«. Fermijev reaktor zvan Chicago Pile-1 (CP-1), ili u slobodnom prijevodu »čikaška hrpa«,

imao je oblik sferoida jajastog oblika, spljoštenog pri vrhu (ukupna visina 5,7 m s poluosima elipse 3,88 i 3,09 m) s približno 40 t urana i oko 385 t grafita (sl. 1). Grafit u obliku opeka, a uran u obliku kugli i valjaka, slagani su u slojeve, pri čemu su pojedini slojevi naizmjenice sadržavali komade urana ili njegova oksida. U reaktor su umetnute kontrolne trake kadmija i bora kao apsorbenti neutrona. Laganim izvlačenjem tih traka multiplikacijski faktor približavao se jedinici. Uklanjanjem apsorbent iz reaktora vrijednost je podignuta na 1,0006. U prvo vrijeme snaga je iznosila samo 0,2 vata, da bi 12. prosinca dostigla 200 vata. Na veće snage nije se išlo zbog slabe radio-loške zaštite.

Glavne karakteristike reaktora CP-1

M o d e r a t o r :

385,5 t (40 000 komada) grafita u obliku prizmi dimenzija 10,48 × 10,48 × 41,91 cm.

G o r i v o :

metalni uran, oko 6 t u obliku valjaka promjera 5,71 cm (2,72 kg); uranov dioksid, oko 33 t u obliku pseudo kugli (14 840 komada) polumjera 8,25 cm (2,13 kg) i 540 valjaka promjera 7,62 cm i visine 7,62 cm (2,13 kg);

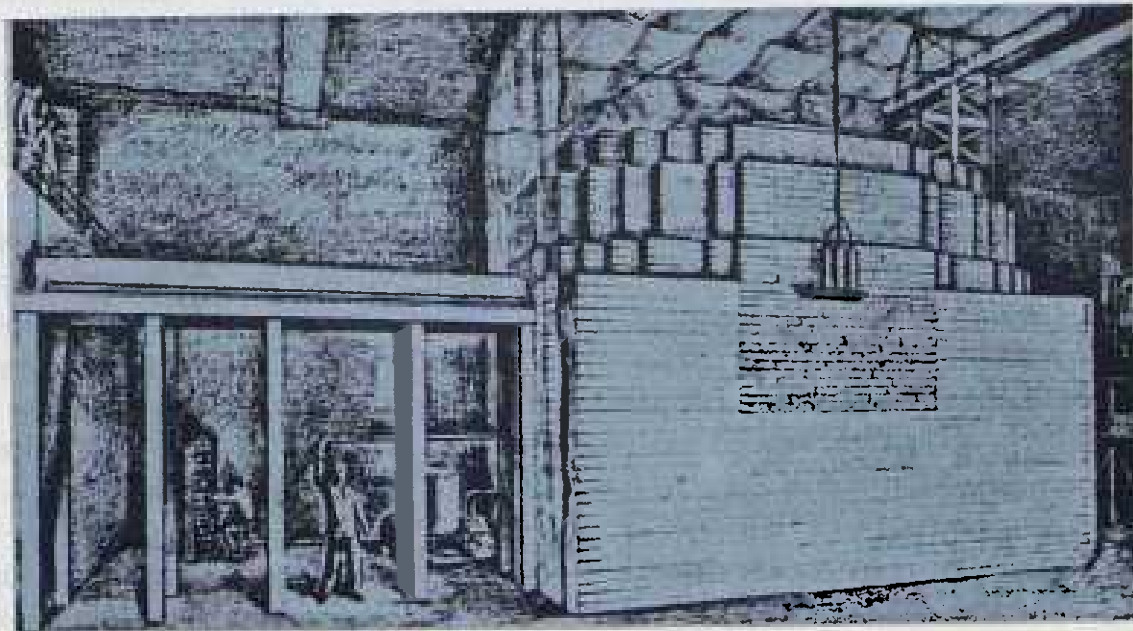
uranov oksid U_3O_8 , oko 3,7 t također kuglastog oblika (1 200 komada) polumjera 8,25 cm (1,8 kg) i 840 valjaka promjera 7,62 cm i visine 7,62 cm (1,8 kg).

K o n t r o l a :

dvije sigurnosne trake: »sendvič« čelik-Cd (4,57 m × 8,89 cm), i jedna regulacijska traka: »sendvič« čelik-bor (4,57 m × 8,89 cm).

Iako je eksperiment CP-1 bio dio »Manhattan-projekta« (izrada atomske bombe), Fermi i njegovi suradnici (sl. 2) ovim su obavili pionirski posao u razvoju nuklearne energetike, čija je prisutnost u svjetskoj energetske tehnologiji danas neizbježna.

Uspjeh eksperimenta rezultat je višegodišnjeg rada mnogih fizičara. Fermi je nastavio u Americi rad započet još tridesetih godina u Rimu. U međuvremenu



Slika 1. Prvi nuklearni reaktor, Chicago Pile-1 iz 1942. godine



Slika 2. Enrico Fermi (prvi slijeva u prvom redu) sa svojim suradnicima na Sveučilištu u Chicagu pri obilježavanju četvrte godišnjice CP-1 eksperimenta 2. prosinca 1946.

su (1939. god.) Otto Hahn i Fritz Strassman u Berlinu otkrili da ako se neutronska fluks usmjeri na metu od prirodnog urana nastaje čudna i na prvi pogled neobjašnjiva tvar. U meti se našao barij, iako ga tu prije ozračivanja nije bilo. Mjeseci eksperimentiranja i mnogobrojne konzultacije među fizičarima dovele su do odgovora da se radi o »razbijanju« jedne količine U-235, koji se nalazi u prirodnom uranu. Usmjeravanjem neutrona na cilj dio se apsorbira u atomima U-235, nakon čega se u nekim jezgrama nađe ukupno 236 protona i neutrona. Nestabilnost takvih jezgara dovodi do raspada na dva lakša dijela, gdje svaki od njih ima odgovarajući broj elektrona (nastavak nove tvari). Također se pokazalo da pri dijeljenju jezgre urana jedan ili dva neutrona izbijena pri raspadu mogu naći u slobodnom stanju, dakle raspoloživi za lančanu reakciju. Novi atomi, produkti dijeljenja, imaju atomsku masu uglavnom između mase cinka (65) i gadolinija (157). Oslobođena energija dijeljenja ekvivalentna je utrošku mase u procesu nuklearne reakcije, tako da je ukupna masa produkata dijeljenja nešto manja od mase polazne jezgre i apsorbiranog neutrona.

To bi bila potpuno pojednostavljena teorija nuklearne lančane reakcije, koja je ostvarena prije pedeset

godina. Može se reći da je čovječanstvo ovim eksperimentom u svojoj povijesti i još uvijek između dviju beskonačnosti (svemir i nedoglednost definitivnog broja i trajanja »elementarnih čestica«) načinilo još jedan veliki korak u širenju horizonta svog znanja i spoznaje. Iz generacije u generaciju ljudi donose svoje kamenčiće u mozaik slike svijeta, a izvanredni pojedinci i svoje blistave kristale koji bitno određuju sadržaj i kakvoću te slike, dovodeći tako do velikih znanstvenih skokova s većim ili manjim utjecajem na daljni tijek ljudskog stvaranja. Razvoj informatike daje svemu tome obilježja eksplozivnog širenja, pa znanost kao izraz istine i ljepote postaje sve impresivnijom.

Cijena ljudske greške. Ljude od davnina zanimaju mnogi problemi, pa recimo i postanak svijeta. No razumijevanje tih problema je toliko koliki su misaoni i iskustveni dosezi pripadajućih ljudskih generacija. Možda se nepotrebno upuštati u hijerarhiju problema koje su ljudi kroz svoju povijest nizali i rješavali, jer je i prva vatra, stvorena rukom pračovjeka, apsolutno vrijedna divljenja. Ali, kako postoji beskonačnost zagonetki, tako je i neizmjerena radoznalost i radno-misaoni potencijal čovjeka, koja s više znanja

postaje i svjesniji svoje ograničenosti. I upravo kad pomisli da su svi problemi u potpunosti riješeni, javljaju se upozorenja da je potreban ponovni napor. Zapravo, sve što ljudi posjeduju u duhovnom i materijalnom pogledu ima sasvim određenu cijenu.

Černobilska katastrofa samo je jedan od primjera naknadnog plaćanja svih propusta koji su načinjeni pri smišljanju, projektiranju, gradnji i eksploataciji jednoga velikog tehničkog dostignuća, ali koje nije bilo spremno za »komercijalnu« upotrebu. Trebala je stihija izvesti katastrofalni »eksperiment« da bi se dokazala ta tvrdnja. Inače ni jedno ljudsko društvo ne bi dobrovoljno odlučilo plaćati tako visoku cijenu. Ipak je korist velika lekcija koju su ljudi naučili i još će naučiti iz ove katastrofe.

Primjer jednog pristupa. Zanimljiv je slučaj Japana. Iako je prvi i jedini osjetio razornu moć nuklearne energije, on je hrabro prihvaća, razvija i koristi u industrijske svrhe. Naravno da pritom koristi bogata iskustva prikupljena širom svijeta. Površno gledajući, već i zbog same gustoće stanovništva mogla bi se očekivati odbojnost prema nuklearnim elektranama. Međutim, Japan se odlučio razvijati i koristiti nuklearnu energiju u industrijske svrhe jer je duboko ušao u problematiku, a isto tako jer upravo zahvaljujući nuklearnoj energiji ostvaruje ravnotežu tehnološko-ekonomskih i društveno-ekoloških problema u proizvodnji energije.

Prema European Nuclear Society, World Nuclear Status Report 1991, stanje nuklearne energetike u Japanu bilo bi sljedeće:

- u radu je 41 reaktor s ukupnim kapacitetom 33 239 MWe
- ukupna produkcija ovih reaktora je u 1991. godini 208,7 TWh ili 26,8% od ukupne proizvodnje električne energije
- u izgradnji je 10 reaktorskih postrojenja s ukupnim kapacitetom 10 488 MWe

— definitivni aranžmani utvrđeni su za gradnju još dvije reaktorske jedinice s ukupnim kapacitetom 11 793 MWe.

Neko vrijeme prošle godine (1991. god.) Japanom je dominirala informacija o kvaru na generatoru pare u reaktorskom postrojenju Mihama-2. Iako je pucanje cijevi na generatoru pare s velikom pozornošću primljeno u medijima, mišljenje publike prema nuklearnoj energiji bitno se nije izmijenilo. Bez incidenta prošla je i informacija o gradnji reprocesing-postrojenja u Rokkashomurai. Postoje samo naznake da grupe u antinuklearnom lobiju postaju aktivnije na nacionalnom planu, dok su se prije antinuklearne grupe organizirale samo lokalno, gdje postoje ili se planiraju nuklearna postrojenja. Nuklearni informacijski centar za građanstvo u Tokiju sa »zelenima« organizirao je u studenom 1991. godine informacijski skup o korištenju plutonija u Japanu, ali je izazvao slabu pozornost medija. Naime, u kolovozu 1991. godine Japanska komisija za nuklearnu energiju (vladino tijelo odgovorno za kontrolu nad nuklearnom energijom) publicirala je izvještaj o japanskim planovima u vezi s korištenjem plutonija. Izvješće ističe japansku provjeru reprocesinga istrošenog goriva i zatvaranje svih aspekata gorivnog ciklusa. Također izvješćuje o kašnjenju s uvođenjem u eksploataciju komercijalnih brzih oplodnih reaktora i s tim u vezi kasnijih potreba za plutonijem. Radi izbjegavanja zaliha plutonija Komisija sugerira elektranama s lakovodnim reaktorima što da čine s viškovima istrošenog goriva. Na kraju, Izvješće komentira i japanske obveze u slučaju uvođenja u rad komercijalnih brzih oplodnih reaktora.

Dakako, spomen na događaj od prije pedeset godina ne pruža nam priliku za opširniju diskusiju o nuklearnoj energiji jučer, danas i sutra i druga pitanja koja se nameću.

No o tome idućom prilikom.

Vladimir Vuković

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

PLANIRANA IZGRADNJA PROIZVODNIH OBJEKATA U HRVATSKOJ

Prema studiji »Mogući scenariji razvoja Hrvatske elektroprivrede«, koju su izradili stručnjaci Hrvatske elektroprivrede i Instituta, utvrđen je redoslijed pojedinih objekata, kao i detaljnog razvoja elektroprivrede. U kratkom prikazu osvrnut ćemo se na prijenosne i proizvodne objekte za razdoblje 1995 – 2000. godine.

Hidroelektrane

Na listi prioriteta je 10 hidroelektrana: Ak Čaprazlije, Ak i HE Kosinj, HE Novo Virje, HE Brodarci, HE Krčić donji, HE Lišće, HE Manojlovac 2, HE Drenje, HE Podsused i HE Tisne Stine. Svaka od hidroelektrana ima specifične probleme u realizaciji, od političkih, problema zaštite okoliša do problema zajedničke izgradnje više korisnika hidroenergetskih sustava. Realno je očekivati da se dio postrojenja neće izgraditi zbog spomenutih razloga, a da će se umjesto njih izgraditi neki drugi objekti. Moguće promjene neće bitno utjecati na dinamiku izgradnje ostalih proizvodnih postrojenja.

Plinske elektrane

U mogućim planovima razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske predviđena je izgradnja 4 plinske elektrane s kombiniranim ciklusom ukupne instalirane snage 1 045,2 MW. Sve četiri plinske elektrane moguće je izgraditi na postojećim lokacijama TE-TO Zagreb, EL-TO Zagreb, TE Sisak i TE-TO Osijek. Prioritet u izgradnji odnosi se na lokacije u Zagrebu. Konačni izbor veličine snage i dinamike izgradnje elektrana utvrdit će se pošto se realno spoznaju mogućnosti uvoza plina i lokacije.

Termoelektrane na uvozni ugljen

U ovisnosti o mogućim događajima, razini rasta potrošnje električne energije i mogućih prekida isporuke električne energije iz zajedničkih objekata, bilo bi potrebno do 2010. godine izgraditi i pustiti u pogon 3 termoelektrane na uvozni ugljen od 300 MW. Opredjeljenje je za izgradnju termoelektrana s izgaranjem u fluidizirajućem sloju pod tlakom, za koje se pretpostavlja, s obzirom na dinamiku razvoja, da će u razdoblju iza 2000. godine biti raspoložive za komercijalnu proizvodnju.

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 u izgradnji dana hidroelektranama, termoelektranama na prirodni plin i uvozni ugljen. Potreba za izgradnjom nuklearnih elektrana javlja se potkraj promatranog razdoblja (u 2010. godini pri višoj razini potrošnje električne energije i obustavi isporuke električne energije iz zajedničkih objekata) zbog toga što sigurnost opskrbe potrošača postaje iznad dozvoljene razine rizika ovisna o dvama uvoznim energetima: prirodnom plinu i uglje-

nu. I bez obzira na to da li će se javiti takva potreba do 2010. godine ili nakon nje, nužno je u tehnološkom smislu stvarati potrebne pretpostavke za izgradnju, dakako ako se građani Hrvatske putem Sabora ili neposredno o tome izjasne. Pritom se misli na očuvanje lokacija za izgradnju nuklearnih objekata (elektrana i skladišta za nisko i srednje radioaktivni otpad).

I. R.

POMOĆ HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

Njemačka tvrtka »Siemens« nedavno je isporučila 463 kilometra kabela kao pomoć Hrvatskoj elektroprivredi. To je dosad najveća pomoć u materijalu koju su Hrvatskoj elektroprivredi uputili inozemni partneri. Naime, nakon izbijanja ratnih sukoba u Hrvatskoj Hrvatska elektroprivreda je na 26 različitih adresa u svijetu uputila apel za razumijevanje i pomoć u bilo kakvom obliku.

Najizdašniju je pomoć pružila i pruža njemačka elektroindustrija. Prispjele su ili su dogovorene pošiljke materijala iz »Bayermwerka«, »Preusen Elektra AG«, »RWE Energie« te »Energie-Versorgung Schwabena«. Najveća je pomoć došla od »Siemensa«. Ukupna vrijednost pošiljke niskonaponskih energetskih i signalnih veća je od šest milijuna maraka.

Sredinom rujna je otvoreno predstavništvo »Siemensa« u Zagrebu. Time su omogućeni veliki poslovi u sljedeće dvije-tri godine između Hrvatske i Njemačke na području elektroindustrije.

I. R.

UVOZ PRIRODNOG PLINA IZ RUSKE FEDERACIJE

U listopadu 1992. godine je potpisan dugoročni sporazum između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Ruske Federacije o uvozu prirodnog plina do 2010. godine za potrebe Hrvatske.

Od 1993. godine do 2010. Hrvatska će iz Rusije uvoziti između 900 milijuna do 1,2 milijarde kubnih metara prirodnog plina godišnje.

Količine plina koje će se u tom razdoblju svake godine isporučivati Hrvatskoj utanačit će se godišnjim komercijalnim ugovorima između ruskog poduzeća »Gasproma« i INA-e, a plaćanje će se obaviti suglasno sporazumu između hrvatske Vlade i Vlade Ruske Federacije o trgovini i gospodarskoj suradnji od kolovoza 1992. godine. Uspostave dugoročne gospodarske suradnje između Hrvatske i Rusije zasad je prvi i jedini sporazum te vrste što ga je Ruska Federacija zaključila s nekom zemljom istočne Europe.

I. R.

OBNOVA SISAČKE RAFINERIJE NAFTE

Ubrzano se radi na saniranju ratom uništenih dijelova postrojenja, opreme i instalacije, te uvođenje novih metoda poslovanja u rafineriji nafte Sisak. U punom je tijeku obno-

va najviše stradalih dijelova postrojenja, skladišnog prostora i sustava cjevovoda. Dosad je uklonjeno približno pet tisuća tona materijala, spremnika i cjevovoda koji su nakon raznih razaranja i požara dobrim dijelom posve uništeni. Zalaganjem svih djelatnika rafinerije oštećenja se uklanjaju iako u teškim uvjetima.

Stalna distribucija derivata iz Rafinerije praktički je održana i tijekom najžešćih bombardiranja i uništavanja opreme. Na tom su poslu osim stručnjaka same Rafinerije, angažirani i najodgovorniji djelatnici Inženjeringa i ININA Commercea.

Prema informacijama Inženjeringa nije riječ samo o klasičnom saniranju uništenoga već se uvode i puno kvalitetnija tehnička rješenja koja će pridonijeti modernijom radu.

Projekti za obnovu Rafinerije su pri kraju. Sklopljeni su ugovori sa zagrebačkim »Enciconom i »Đurom Đakovićem« u Slavonskom Brodu o izgradnji i obnovi spremnika i pratećih instalacija potrebnih za pokretanje postrojenja. Djelatnici Rafinerije sami su obavili dobar dio radova. Pred ostvarenjem su ugovori o građevinskim radovima koji bi trebali biti dovršeni do proljeća 1993. godine.

I. R.

PROIZVODNJA PLINSKIH TURBINA

Karlovačka tvornica plinskih turbina ugovorila je isporuku rotor-kompresorskih plinskih turbina za tvrtku »Gaspram« iz Rusije. Krajem 1992. godine isporučit će se prva tri rotor-kompresora plinskih turbina ruskom partneru »Gaspromu« iz Samare (bivši Kujbišev).

To je početak ispunjavanja petogodišnjeg ugovora o isporuci kompresorskih stanica za sibirski plinovod. U pet godina trebalo bi za Ruse proizvesti 500 rotor-kompresora u vrijednosti 65 milijuna US dolara.

Tim bi poslom tvornica turbina u Karlovcu popunila prazninu u svojoj proizvodnji. Za taj posao ruski partner je odobrio avans od devet milijuna dolara koji će se uložiti za investicije, adaptaciju oštećenih hala i dogradnju pratećih objekata. Od rujna prošle godine »Tvornica plinskih turbina« živi od 20 postotnog avansa ugovora s ruskim partnerom.

Ove godine isporučit će se 23 rotor-kompresora, a idućih godina po 120. Povećat će se broj radnika sa sadašnjih 150 na 180 ili 200. Ako proizvodnja zadovolji Ruse, postoje mogućnosti da se s istim partnerom potpiše ugovor o proizvodnji rotorskoga dijela turbina, čime bi se osigurao posao do 2000. godine.

I. R.

PROIZVODNJA MONTAŽNIH TRAFOSTANICA

Građevinsko poduzeće »Krk« izradilo je prvi primjerak montažne trafostanice za potrebe elektroprivrede. Proizvodnja domaćih montažnih trafostanica otpasti uvoz od stranih proizvođača. Nova trafostanica ocijenjena je kao dosta kvalitetna i prilagođena mediteranskom terenu, području Istre, Hrvatskog primorja i Like. Elektroopremu isporučit će »Končar d.d.«. Na tim područjima trebat će dobar dio sasvim zamijeniti ili izgraditi nove TS.

Sredinom srpnja 1992. godine na Krku je u Malinskoj postavljena nova montažna trafostanica, prva takvog tipa. Elektroopremu TS 10/20/0,4 kV isporučila je tvornica »Končar«.

I. R.

USPJEŠNA PRERADA NAFTE U RAFINERIJU RIJEKA

Za prvih osam mjeseci 1992. godine riječka rafinerija planirala je preradu 1,72 milijuna tona nafte. Plan je prebačen, što treba zahvaliti poslovima dorade za strane partnere. Ukupna prerada nafte iznosi 1,811 milijuna tona sirove nafte, što je preko pet posto više od planiranih količina.

Tijekom razdoblja siječanj – kolovoz predviđalo se proizvesti 1,714 milijuna tona derivata. U redovnoj je proizvodnji proizvedeno 1,566 milijuna tona, a za potrebe »Istrabenza« 142 tisuće, ukupno 1,707 milijuna tona, odnosno 99,6 posto planiranog.

Prema strukturi proizvedenoga, prebačaj je zabilježen u proizvodnji plina, loživih ulja, primarnog benzina i drugoga. Rafinerija Urinj proizvela je 1,618 milijuna tona derivata u redovnoj preradi i 140 tisuća tona za potrebe »Istrabenza«.

I. R.

POTROŠNJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prema izvješću o elektroenergetskim okolnostima u Hrvatskoj za razdoblje siječanj – kolovoz 1992. godine, ostvareni su sljedeći rezultati potrošnje i proizvodnje električne energije.

Plan ukupne potrošnje električne energije na mreži prijenosa za navedeno razdoblje ostvaren je sa 86,4 posto. Ukupna potrošnja bila je za 25,4 posto manja od potrošnje u istom razdoblju 1991. godine.

Detaljni podaci o potrošnji:

	GWh		
	I. plan	VIII. ostvareno	%
Distribucija	6 958,0	6 177,0	88,8 posto
Direktni potrošači	969,0	673,4	69,5 posto
Gubici prijenosa	235,0	200,2	85,2 posto
Ukupna potrošnja	8 162,0	7 050,7	86,4 posto
Isporuka duga	60,0	15,1	25,2 posto
Sveukupne potrebe	8 222,0	7 065,8	89,9 posto

U grupi velepotrošača su: »Dalmacija« Dugi Rat, TEF Šibenik, TLM Valjanica, »Jugovinil«, Hrvatsko željezničko poduzeće, INA Kutina, INA petrokemija Krk, Cementarna Našice, Željezara Sisak i drugi.

Plan proizvodnje hidroelektrana u razdoblju siječanj – kolovoz 1992. godine izvršen je sa 73,1 posto. U proteklom razdoblju hidroelektrane su proizvele 973,2 GWh manje od planiranih količina. Trenutno su zbog uništenja prijenosne mreže ili okupacije neprijateljskih snaga za elektroenergetski sustav Hrvatske nespremne HE Sklope, HE Peruća, RHE Obrovac, HE Manojlovac, HE Golubić i HE Dubrovnik.

Potanki podaci o proizvodnji hidroelektrana:

	GWh		
	I plan	VIII ostvareno	%
HE protočne	1 051,0	855,5	81,4 posto
HE akumulacijske	2 533,0	1 761,1	69,5 posto
Male hidroelektrane	40,0	34,2	85,3 posto
Ukupno raspoloživo	3 624,0	2 650,8	73,1 posto

Plan proizvodnje termoelektrana ostvaren u razdoblju siječanj — kolovoz 1992. godine iznosi samo 46 posto od planiranoga.

Proizvodnja termoelektrana u Hrvatskoj i 50 posto proizvodnje NE Krško iznosi ukupno 3 493,3 GWh ili 1 000,9 posto od plana. Plan isporuka iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama u razdoblju siječanj — kolovoz iznosi 547,3 GWh ili 46 posto od plana. Isporučioc električne energije za potrebe konzuma Hrvatske TS Tuzla, TE Kakanj i TE Gacko.

Dodatna električna energije za razdoblje I — VIII. 1992. godine nabavljena je uvozom od elektroprivrede Češke i Slovačke.

Potrošak goriva za termoelektrane u Hrvatskoj za navedeno razdoblje iznosi: 175 220 tona; loživog ulja 380.730 tona; zemnog plina $315 \times 10^6 \text{ m}^3$ i koksog plina $9,8 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Izneseni podaci za razdoblje siječanj — srpanj su obračunski, a za kolovoz dispečerski.

I. R.

POČETAK IZGRADNJE TS 110/20 kV RAB

Planom razvoja i izgradnje elektroenergetskih objekata za 1992. godinu programirana je i gradnja TS 110/20 kV Rab. Početkom srpnja 1992. godine počeli su građevni radovi na ovom objektu koji će biti završen za deset mjeseci. Izgradnjom ove trafostanice stvorit će se povoljni uvjeti za sigurnost napajanja kvalitetnom električnom energijom područja otoka Raba i Paga te konzuma Zadra. Građevni radovi povjereni su Građevnom poduzeću »Primorje« Rijeka.

Konzumno područje otoka Raba zatvoreno je otočno područje koje se napaja 35 kV zračnom kabelskom vezom HE Senj — TS Rab i 110 kV (pod 35 kV) zračnom kabelskom vezom TS Krk — TS Rab. Najveći potrošač konzumnog područja Raba jest turistička privreda, koja je vrlo osjetljiva na svaki nestanak ili duže redukcije električne energije. Skupština općine Rab odlučila je financirati prijevremenu izgradnju TS u Rabu. Izgradnja je trebala početi još u 1991. godini, ali je zbog ratnog stanja i poremećaja odgođena za 1992. godinu.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

SPORAZUM O GRADNJI NAJDULJE ISTOSMJERNE KABELSKJE VEZE U SVIJETU

Tvrtka ABB i Baltic Cable sporazumjeli su se da će ABB dobiti kabel i potrebnu opremu za istosmjernu podmorsku vezu između južne Švedske i sjeverne Njemačke. Nazivna snaga prijenosa bila bi 600 MW, najveća do sada koja se prenosi kabelom. Duljina bi iznosila 250 km uz istosmjerni napon 450 kV. Projektom su predviđene dvije terminalne stanice. Jedna u Švedskoj kraj Malmöa, a druga u Njemačkoj u području Lübecka. Svrha je ovog povezivanja bolje iskorištenje elektrana na obje strane. Sva oprema kao i kabel bit će izrađeni u Švedskoj, a predviđa se cijena približno 255 milijuna USD.

Energietechnik, god. 42 (1992), br. 5

Mrk.

PORASLA POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U KUĆANSTVIMA ZAPADNOG DIJELA NJEMAČKE

Prvi put nakon godine 1985. porasao je potrošak električne energije u kućanstvima zapadnoga dijela Njemačke. Taj je porast u 1991. prema 1990. iznosio 5% (od 99,6 TWh na 104 TWh). Razlog takvog skoka pripisuje se porastu stanovništva i nešto oštrijoj zimi. Obuhvaćeno je oko 27 milijuna kućanskih potrošača.

U razdoblju 1985-1990. potrošak je stagnirao, što je posljedica racionalne potrošnje u kućanstvu. Priključivani su novi štedljivi kućanski aparati, potrošači su upućivani kako racionalno trošiti energiju, njihova svijest o ekonomiziranju energijom je porasla.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 8

Mrk.

STANOVNICI AUSTRIJE ZA DALJNJU IZGRADNJU HIDROELEKTRANA

Austrijska elektroprivreda namjerava dalje izgrađivati domaće vodne snage, ali uz suglasnost mjesnog stanovništva. Prigodom ankete u vezi s gradnjom hidroelektrana blizu Villacha samo je 5% tamošnjeg stanovništva bilo protiv. Za daljnju izgradnju hidroelektrana izjasnilo se devet od deset stanovnika.

U području Spittala elektroprivredno poduzeće Draukraftwerke AG namjerava graditi dvije hidroelektrane, a anketa je pokazala da je tričetvrtine ispitanika dalo svoju privolu. Osnovan je posebni informacijski ured kojemu je svrha da stalno stoji u kontaktu sa stanovništvom.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 5

Mrk.

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE
U AUSTRIJI 1991.

Proizvodnja	GWh		
	HE	TE	Ukupno
Elektroprivreda	30 246,1	14 114,3	44 360,4
Industr. elektrane	1 274,6	4 636,8	5 911,4
Željeznica	1 204,7	—	1 204,7
Sveukupno			51 476,5
Uvoz			8 503,0
Izvoz			7 737,5
Izvoz minus Uvoz			— 765,5

ÖZE, god. 45(1992), br. 5

Mrk.

SMANJENJE EMISIJE UGLJIK-DIOKSIDA

Prema studiji njemačkog ministarstva za istraživanja u Njemačkoj bi do godine 2005. trebalo izgraditi daljnjih 8 nuklearnih elektrana, snage po 1 300 MW i 26 novih termoelektrana na ugljen. Nove bi termoelektrane zamijenile 16 zastarjelih. Tim bi se gradnjama smanjila emisija ugljik-dioksida za 25%.

ETZ, god. 113(1992), br. 6/7

Mrk.

RAZVOJ ULTRAVISOKIH NAPONA U RUSIJI

Prigodom stručnog zasjedanja »Trofazna tehnika danas i sutra«, održanog u rujnu 1991. u Frankfurtu na M. ruski profesor N.N. Tikbodojev, iz St. Petersburga, održao je predavanje o razvoju visokih i ultravisokih prijenosnih napona u bivšem Sovjetskom Savezu. Već 1961. ušao je u pogon prvi prijenosni vod pod naponom 525 kV, a 1967. bilo je u pogonu 7 000 km vodova 750 kV. Godine 1985. prešlo se na naponski nivo 1 200 kV (vidjeti Energiju god. 36 (1987), br. 3, god. 39(1990), br. 2, god. 40(1991), br. 1).

Prva dionica tog napona izgrađena je na duljini 500 km između gradova Ekibastuza i Kokčeta, u Sibiru. Konačna duljina dalekovoda bit će 2 500 km. Vodiči tog dalekovoda izrađeni su kao snopovi sa 8 užeta Alče 330/43, s razmakom faza većim od 20 m. Prirodna snaga voda iznosi 5,5 GW.

Predavač je iznio da je u slučaju potrebe prijenosa snage do 10 GW moguće povećati presjeke užeta i povećati njihov broj u snopu. Ako je pak potreba prijenosa još veća, u obzir dolaze prijenosni snopovi od 1 500 kV i 1 800 kV, s prirodnim snagom od 15 GW do 20 GW. Prvi su pokusi u tom pravcu učinjeni u SAD, ali do sada bez uspjeha. U Rusiji se mnogo eksperimentira osobito s vanjskom izolacijom, gubicima korone i smetnjama u području ultravisokih napona. Na predavanju je iznesena ekonomska usporedba između dvostrukog voda 1 200 kV i jednostrukog 1 800 kV. Utvrđeno je sljedeće:

- prijenos sa 1 800 kV može biti realiziran samo uz vrlo male sklopne prenapone
- za tipove stupova u obuhvatnoj izvedbi nije još razjašnjena međufazna izolacija
- prijenos vodom 1 800 kV jeftiniji je od dvostrukog voda 1 200 kV u pogledu investicija i pogonskih gubitaka
- veći su troškovi kod 1 800 kV vezani na stanice.

Iz dva posljednja navoda proizlazi da su godišnji troškovi podjednaki za obje varijante. Današnje potrebe i praktične

procjene ukazuju, da je za dogledno vrijeme, prijenos ultravisokim naponima završen na nivou 1 200 kV.

ETZ, god. 113(1992), br. 6/7

Mrk.

UTJECAJ ČUVANJA OKOLIŠA NA
CIJENU ENERGIJE

Austrijski su znanstvenici, na temelju narudžbe austrijske elektroprivrede, izradili studiju o utjecaju izdataka za zaštitu okoliša na cijenu energije. U prikazu tog rada ima zanimljivih podataka koje je vrijedno iznijeti. Od 1860. do 1990. potrošnja energije u svijetu porasla je 22 puta, što prosječno znači 2,5% godišnje. U istom razdoblju stanovništvo zemlje poraslo je 3,6 puta. Iz toga proizlazi da je specifična potrošnja po stanovniku bitno porasla. Osim toga, porasla je korisnost pretvorbe primarne energije u energiju upotrebe za 350%. Međutim, unatoč tome ukupna prosječna korisnost iznosi samo 15%.

Zaštita okoliša traži povećano korištenje obnovljivih i ekološki čistih izvora energije. No danas iz takvih izvora dolazi npr. u Njemačkoj tek 4% potrebne energije. Forsiranje njihove upotrebe znatno povećava troškove. No, s druge strane, znanstvenici smatraju da će udio energije u modernoj proizvodnji biti sve manji, pa neće bitno opterećivati proizvodne troškove.

Upozoreno je da će i zapad Europe morati surađivati na sanaciji zagađivača na istoku, jer je zbog zračnih struja ugroženo i njihovo područje.

ETZ, god. 113(1992), br. 6/7

Mrk.

POVEZIVANJE ELEKTROSUSTAVA BIVŠE
ISTOČNE NJEMAČKE

Protivno vijestima u tisku da će se elektroenergetski sustav bivše dvije Njemačke spojiti i raditi sinkrono već od polovine 1992. sada se već zna da će to biti godinu dana kasnije, tj. najranije u drugoj polovini 1993. Razlog zakašnjenja je građevinska dozvola za dalekovod 380 kV Vieselbach (Thüringen) — Mecklar (Hessen), koja će u najboljem slučaju biti izdana ovog ljeta. Ova je trasa najvažnija od četiriju koje trebaju spojiti visokonaponsku mrežu bivše Njemačke DR sa zapadnoeuropskom mrežom (UCPTE).

ETZ, god. 113(1992), br. 8

Mrk.

TRI PARKA VJETRENJAČA PLANIRANA
U VELIKOJ BRITANJI

Britansko poduzeće Natonal Wind Power objavilo je početkom veljače 1992. da je osiguralo zajam od 18,5 milijuna funti. Time žele podignuti 2 parka vjetrenjača u Walesu i jedan u Cornwallu. Blizu mjesta Llandinama u Walesu konzorcij od britanskih, japanskih i američkih poduzeća izgradit će 103 vjetrenjače pojedinačne snage 300 kW. Isporučit će ih japanska tvrtka Mitsubitshi.

ETZ, god. 113(1992), br. 9

Mrk.

NUKLEARNE ELEKTRANE U SVIJETU

Prema informacijama Međunarodne atomske agencije (SAEO) u svijetu je 1991. godine bilo 496 nuklearnih elektrana, računajući i one u gradnji. U prethodnoj 1990. godini ušle su u pogon 4 nuklearke: po jedna u Kini, Bugarskoj, Francuskoj i Japanu. U 16 država gradi se 76 nuklearnih elektrana. Prema podacima iste organizacije u 29 država, koje čine civilnu nuklearnu zajednicu, u pogonu je 420 nuklearki, koje su 1991. proizvele 2 009,1 TWh električne energije. To je 5,7% više nego prethodne godine. Najveći dio električne energije proizvedene iz nuklearnog goriva imala je u 1991. Francuska i to 72,7%, a to je nešto niže od udjela 1990. (74,5%). Veliki su udjeli također u Belgiji 59,3% (60,1%) i Švedskoj 51,6% (45,9%). U nekim bližim zemljama udjeli su bili kako slijedi: Mađarska 48,4% (51,4%), Švicarska 40% (42,6%), Češko-Slovačka 28,6% (28,4%) u bivšoj Jugoslaviji 6,3% (5,3%).

ÖZE, god. 45 (1992), br. 6

Mrk.

OČITAVANJE BROJILA NA DALJINU

Pilot-projekt »Očitavanje brojila na daljinu« počeo se odvijati u austrijskom gradu Wildonu svečanim stavljanjem u pogon u travnju ove godine. Predviđeno je da će uređaj pokušno raditi godinu dana. Za rezultate ovog projekta zainteresirani su elektroprivreda, industrija, pošta, potrošači i znanstvene ustanove. Obuhvaćeno je 49 potrošača. Od toga 23 kućanstva, 18 obrtničkih radionica i 8 poljoprivrednih pogona. Automatika će svakih četvrt sata očitati brojila, a podaci će se preko poštanske informacijske mreže prenositi na centralno mjesto, gdje će biti obrađeni. Potrošači nisu tim načinom mjerenja dodatno financijski opterećeni, jer će dobavljač nakon pokusa demontirati aparate. Unatoč tome što će se podaci prenositi preko poštanske mreže, neće biti nikakvih poteškoća u telefonskom prometu. Osim provjeravanja tehničke strane projekta, cilj je da se na navedenoj reprezentativnoj grupi potrošača utvrdi njihovo ponašanje u tijeku dobave električne energije.

ÖZE, god. 45 (1992), br. 6

Mrk.

NEKI ZANIMLJIVI PODACI IZ EUROPSKE ELEKTROPRIVREDE

U austrijskom elektroprivrednom časopisu ÖZE god. 45 (1992), br. 6 objavljeni su vrlo zanimljivi podaci o opterećenju europskih elektroenergetskih sustava. Podaci su dani za sustav UCPTE i NORDEL (bez Islanda) za 1990. godinu, a za istok za 1989 godinu. Navedene podatke donosimo skupljene u dvije tablice:

Podaci za UCPTE i NORDEL

	UCPTE	NORDEL
Proizvodnja 1990. TWh	1 470	344
Vršno opterećenje GW	242	52
Instalirana snaga GW	385	84
Udjeli elektrana:%		
Termoelektrane	47	15
Nuklearne	38	24
Hidroelektrane	15	61

Podaci za istočnoevropske zemlje

Zemlja	Instalirana snaga GW	Vrlo opter. GW	Raspoloživo TWh	Proizvodnja TWh	Uvoz TWh
Bugarska	11,3	8,3	48,6	44,1	4,5
Mađarska	7,2	6,6	40,3	29,2	11,1
DDR	24,2	18,3	120,1	119,0	1,1
Poljska	32,0	24,3	147,3	145,5	1,8
Rumunjska	21,5	11,3	83,4	75,6	7,8
ČSR	21,7	13,9	91,9	89,3	2,6
Ukupno	117,9	80,0	531,6	502,7	28,9

U NJEMAČKOJ JE 1991. PROIZVEDENO 1,4 % MANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Njemačka je elektroprivreda godine 1991. proizvela 460 TWh prema 467 TWh u prethodnoj godini, a to je 1,4% manje. Pri tome je proizvodnja u zapadnom dijelu zemlje skočila za 2,7% (od 386 TWh), a u istočnom dijelu pala za 21% (od 81 TWh na 64 TWh).

Najveći udio u proizvodnji od 32% imale su nuklearne elektrane, premda je njihova proizvodnja prema prethodnoj godini pala za oko 3%. Razlog je zaustavljanje nekih nuklearki u bivšoj Njemačkoj DR. Smeđi je ugljen sudjelovao u proizvodnji 31% a kameni 26%. Udio ostalih izvora primarne energije znatno je manji. Zemni je plin sudjelovao za 5%, vodna energija sa 3%, a nafta sa 2%. Samo oko 1% ukupno proizvedene električne enrgije dobiveno je iz izgaranja otpada, vjetra i sunca.

Elektrizitätswirtschaft, god. 91 (1992), br. 9

Mrk.

TROŠKOVI ZA RADNI SAT U INDUSTRIJI

Nigdje u svijetu nije rad toliko skup kao u starom dijelu Njemačke. Prema podacima Instituta za njemačku privredu (IW), u 1991. godini stajao je radni sat u Njemačkoj prosječno 40,48 DEM. Tako visoka svota nije samo posljedica visoke satnice za rad već više dodatnih doprinosa, kao novac za dopuste, socijalna davanja i doprinos za slučaj bolesti. Uz satnicu od prosječno 21,73 DEM poduzeća moraju još platiti 18,75 DEM po satu. Zanimljivo je, međutim, pogledati koliki su takvi troškovi u drugim zemljama, preračunano u DEM:

Njemačka	40,48 DEM	Japan	29,63 DEM
Švicarska	38,83 DEM	Francuska	26,73 DEM
Švedska	37,02 DEM	SAD	25,57 DEM
Italija	32,38 DEM	V. Britanija	22,76 DEM
Nizozemska	32,12 DEM	Španjolska	22,50 DEM
Belgija	31,72 DEM	Irska	21,66 DEM
Danska	31,22 DEM	Grčka	11,14 DEM
Austrija	31,09 DEM	Portugal	7,88 DEM
Luksemburg	30,12 DEM		

ETZ, god. 113 (1992), br. 10

Mrk.

ELEKTRONIČKA IDENTIFIKACIJA OSOBA

Tvrtka Siemens razvila je elektronički aparat Securex — S 100 koji može identificirati pojedine osobe prema otisku prsta. Na taj je način omogućena kontrola ulaska u određene prostorije, a moglo bi se koristiti za isprave ili npr. umjesto ključa za paljenje motora u automobilu.

Prepoznavanje u aparatu traje 1,5 sekunde. Da bude identifikacija sigurna, treba učiniti tri otiska i na tastaturi otipkati broj identifikacije. Aparat te podatke uspoređuje i povezuje, a zatim daje slobodan prolaz.

U svojoj osnovnoj izvedbi Securex — S 100 može spremi u memoriju 48 otisaka prsta, ali se može dograditi do 846 otisaka.

ETZ, god. 113(1992), br. 10

Mrk.

U ŠVICARSKOJ SKUPLJA ENERGIJA IZ SOLARNIH ČELIJA

Nova švicarska solarna elektrana koja na brdu Mont Soleil obuhvaća površinu od 4 500 m², nazivne snage 560 kW, najveća je u Europi. Ona bi godišnje trebala davati 725 000 kWh u javnu mrežu.

Sada se međutim pokazalo da su se prije procijenjeni troškovi od 0,8 SFR povećali na 1,5 SFR po kWh.

ETZ, god. 113(1992), br. 8

Mrk.

DA LI JE MOGUĆA UŠTEDA ENERGIJE OD 50 % U 20 GODINA

Gradovi Bredstedt u Njemačkoj i Toftlund u Danskoj zajednički će pokušati smanjiti potrošak energije za 50 % u sljedeća dva desetljeća. To je zaključeno na temelju stručnog mišljenja Istraživačkog instituta za energiju i okoliš u Kielu. Ušteda od 18 % predviđena je do 1995, a daljnjih 32 % do godine 2 000. Analize su pokazale da je najviše moguće uštedjeti pri grijanju prostorija provodeći modernizaciju uređaja.

ETZ, god. 113(1992), br. 14

Mrk.

RUSIJA ĆE I NADALJE KORISTITI NUKLEARNU ENERGIJU

Prema izjavi Sidorova, zamjenika ruskog ministarstva za nuklearnu energiju, Rusija će i u budućnosti velik dio električne energije dobivati iz nuklearnih elektrana. Vrijedne sirovine kao nafta i zemni plin bit će upotrijebljeni u drugim područjima narodnoga gospodarstva. Rusija namjera razvijati i graditi lakovodne reaktore s vodom pod tlakom, snage 1 000 MW i 500 MW. Računa se da će ukupna snaga nuklearnih elektrana u zemlji iznositi godine 2 000. otprilike 25 000 MW, a do godine 2 010. čak 43 000. Povećanu opasnost Sidorov vidi samo u nuklearnim blokovima prve generacije tipa Černobil. Ostali tipovi nuklearnih elektrana mogu se sanirati i nadalje držati u pogonu.

ETZ, god. 113(1992), br. 11

Mrk.

NOVI VISOKOTEMPERATURNI SUPRAVODIČI

U laboratoriju kompanije GEC (General Electric Company) u New Yorku razvijen je supravodljivi materijal na bazi talij-barij-kalcij-bakrenog oksida koji je nanesen u tankom sloju od 3 mikromilimetra na polikristaliničku podlogu cirkonija stabiliziranog itrijem. Ovaj materijal pokazuje osobi-

ne kao ni jedan do sada. Pri temperaturi od 4,2 K, bez vanjskih utjecaja, može se opteretiti strujom do 500 kA/cm², a pri temperaturi tekućeg dušika sa 100 kA/cm². Ako pak struja teče okomito na strukturu supravodiča, kritična je vrijednost veća od 100 kA/cm² pri temperaturi od 4,1 K i magnetskoj indukciji od 9 T. Pri temperaturi od 65 K kritična struja padne na oko 10 kA/cm² u polju od 2 T. Planirano je da se ovim materijalom grade mali motori i generatori te tomografi.

Ovaj je materijal značajan i u visokofrekventnoj tehnici, osobito pri prijenosu signala i uređajima velikih računala. No potreba hlađenja na temperaturu 50 K do 100 K mnogo sužava područje upotrebe.

ETZ, god. 113(1992), br. 11

Mrk.

UKLANJANJE DUŠIČNOG OKSIDA VISOKIM NAPONOM

Fizičari i tehničari College of Engineering and Physical Sciences u Durhamu razvili su metodu za uklanjanje dušičnih oksida iz dimnih plinova visokim naponom. Naponom od 20 kV reducira se dušični oksid na dušik i kisik. Prednost je ovog postupka da otpadaju katalizatori. Postupak se može primijeniti u termoelektranama koje se lože plinom, naftom ili ugljenom. U obzir dolazi također i čišćenje ispušnih plinova motornih vozila, gdje potrebni visoki napon odgova-
vara onome za paljenje.

ETZ, god. 113(1992), br. 11

Mrk.

ZAŠTITA OKOLIŠA TRAŽI VIŠE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vlastiti potrošak njemačkih termoelektrana porastao je u deset godina (1980-1990) od 6 % (17,5 TWh) na 7 % (26,5 TWh) bruto proizvedene električne energije. To je povećanje nastalo zbog ugradnje uređaja za uklanjanje sumpornih i dušičnih oksida i ostalih uređaja potrebnih za zaštitu okoliša.

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

Mrk.

AKCIJA ZA NABAVU BROJILA ZA ALBANIJU

Na međunarodnoj konferenciji, u organizaciji Ujedinjenih naroda, a u okviru programa »Energetska uspješnost 2 000«, održana na Bledu (Slovenija), albanski su predstavnici iznijeli kako nisu u mogućnosti nešto značajno učiniti u pogledu uštede električne energije, jer većina njihovih potrošača nema brojila. To je posljedica stajališta prijašnjeg režima da struja treba svima biti besplatna. Danas albanska elektroprivreda ne može nabaviti brojila. U zemlji se ne proizvode, a za uvoz nema novaca. Takva situacija vodi do neracionalne potrošnje i financijalne propasti elektroprivrede. Stoga su se predstavnici Njemačke, Italije i Francuske dogovorili da pokrenu sabirnu akciju i time pomognu albansku elektroprivredu. Razaslat će se pisma elektroprivrednim poduzećima da poklone stara, ali upotrebljiva brojila. Potrebno ih je skupiti 20 000. Od poduzeća Schleswig A. G. gradskih elektroprivrednih poduzeća u Kielu i Trostbergu već je sakupljeno 3 500 komada.

ETZ, god. 113(1992) br. 11

Mrk.

U GODINI 1991. U ZEMLJAMA EZ PROIZVEDENO 10 % ELEKTRIČNE ENERGIJE U HIDROELEKTRANAMA

U zemljama EZ proizvedeno je 1991. ukupno neto 1 848 TWh električne energije. Od toga je 10% (176 TWh) iz hidroelektrana. Najveći udio tog proizvodnji dala je Francuska, i to 35% (61 TWh), zatim slijede Italija sa 27%, Španjolska sa 16% i Njemačka sa 11%.

ETZ, god. 113(1992), br. 12

Mrk.

IRAN GRADI HIDROELEKTRANU SNAGE 2 000 MW

Iran je odlučio graditi u provinciji Khuzestanu hidroelektranu Karun III snage 2 000 MW. Elektrane će imati 8 agregata po 250 MW. Prema planu prvi bi agregat ušao u pogon 1997, a sljedeće bi se godine elektrana potpuno završila. Brana elektrane bit će visoka 200 m, a široka 400 m, dvos-

trukog lučnog tipa. Troškovi izgradnje procjenjuju se na 2 milijarde DEM. Posao je povjeren konzorciju tvrtki iz Švicarske, Austrije i Brazila.

ETZ, god. 113(1992), br. 12

Mrk.

PLANIRAN FUZIJSKI REAKTOR OD 20 MW

Na novogodišnjem zasjedanju Njemačkog fizikalnog društva u Hannoveru, pred 1 300 znanstvenika, objavljeno je da će do godine 2 010. fizičari iz EZ, Japana i SAD sagraditi fuzijski reaktor koji će davati energiju. Za gradnju postoje tehnički preduvjeti, no mjesto gradnje još nije određeno. Već sada postojeći reaktor »Jet« u Engleskoj proizvodi energiju od 2 MW, ali još uvijek mora biti izvana grijan da se održi u pogonu. Planirani demonstracijski fuzijski reaktor davao bi snagu 10 MW do 20 MW i pri tome sam održavao potrebnu pogonsku temperaturu.

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

Mrk.

O G L A S I

TEHNOMEHANIKA	omotna str. II	IMPREGNACIJA	389
KONČAR	omotna str. III	METAL—ELEKTRO (Obavijesti potrošača)	390
TEP	omotna str. IV	EKONERG	392
SYSEN—ISKRA	356	ELEKTROPROMET	394
PINIJA COMMERCE	361	MAŠINOIMPEX	395
ELEKTROMATERIJAL	362	BRODOMATERIJAL	396
IGM SAVA KRŠKO	374	MONTING—ENERGETIKA	397
TEP	378	ELKA	398

»IMPREGNACIJA—TEHNIČKI PLINOVI«

KEMIJSKA ZAŠTITA DRVA I PROIZVODNJA TEHNIČKIH PLINOVA

sa n. sol. o. OOUR-a KARLOVAC

TELEFONI:

CENTRALA: 24-411, 70-112

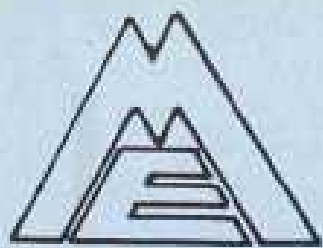
DIREKTOR: 23-039

TEHNIČKI PLINOVI: 70-114



Obavlja kemijsku zaštitu drvnih sortimenata —
pragova za željezničke kolosijeka,
stupova za elektro i telefonske vodove, kocku i ostalo.

Proizvodi tehničke plinove: kisik, disuplin i dušik.



METAL-ELEKTRO

Stupna — transformatorska stanica na betonskom stupu

TIP:

TSBS - ME "92

- o Tipski ispitana i atestirana.
- o Izvedba na betonskom stupu s bet. konzolama i izvedenim statičkim proračunima.
- o Niskonaponski razvodni ormar u aluminijskoj izvedbi. (A.2269/92)
- o Podnožja osigurača ispitana i atestirana. (A.1951 i A.1952)
- o Izvedena u skladu tipizacije HEP-a.
- o Snage do 250 kVA.
- o Za napone 10(12) ili 20(24)/0,4 kV.
- o Dodatna metalna oprema iz vruće pocinčanog čelika.

— Transformatorska stanica na betonskom stupu je kvalitetno tehničko i ekonomsko rješenje za razvod električne energije u malim naseljima i malim privrednim objektima.

— Svojom jednostavnošću u montaži, omogućuje veliku uštedu u izgradnji ovakvih objekata energetskog sistema.

Napomena:

- Prema zahtjevu kupca ugrađujemo opremu za javnu rasvjetu.
- Kupcu uz pripadnu opremu dostavljamo, potporne izolatore, kabel NN, PPOO-A 4 x 120 (70) mm² sa kompletnim dokumentima.
- Cijene dostavljamo po jednopolnoj shemi i zahtjevu kupca.
- Rok isporuke 20 dana.

Pripadajuća oprema TSBS-ME "92

1. Betonski stup 12 (10) met.	1.
2. Betonska konzola vodova.	1.
3. Betonska konzola katodnih odvodnika.	1.
4. Betonska konzola podnožja osigurača.	1.
5. Betonska konzola transformatora.	1.
6. Betonska konzola NN razvoda	1.
7. Obujmica - nosač č. poc. kat odvodnika	3.
8. Obujmica - nosač č. poc. NN kablova.	4.
9. Obujmica - nosač č. poc. NN raz. ormara.	1.
10. Konstrukcija podnožja osigurača.	1.
11. Katodni odvodnici 10/20 kV; 10/15 kA	3.
12. Konstrukcija kat odvodnika	1.
13. NN Razvodni Al. ormar	1.

Betonska konzola s mehaničkim i el. priključcima.

Izolatori meh. priključka vodova 10/20 kV

Betonska konzola katodnih odvod.

Konstrukcija s obujmicom - nosač kat. odvodnika

Katodni odvodnici prenapona 12/24 kV/15/10 kA

Betonska konzola NN razvod i javne rasvjete

Kabel razvoda niskog napona

Betonska konzola podnožja osigurač SO-24-200/III.

Konstrukcija podnožja osigurača SO 24 200/III.

Obujmica nosač NN kablova.

NN Kabel izvod iz transformatora na NN raz. ormar

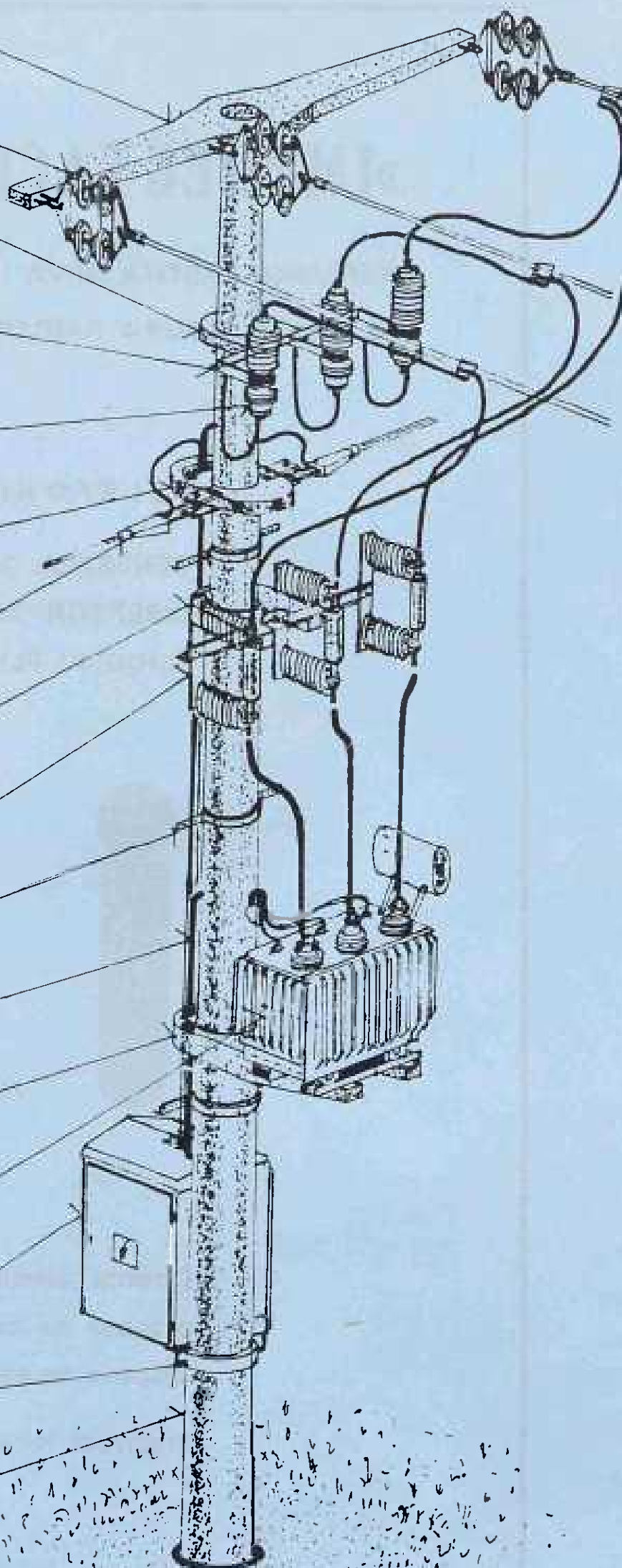
Betonska konzola transformatora

Transformator Snage do 250 kVA Napona 12 ili 24 kV

NN razvodni ormar aluminijski meh. zaštite IP - 54

Obujmica - nosač NN razvodnog ormara

Betonski stup 10 ili 12 metara



Transformatorska stanica

**NA BETONSKOM STUPU
10(20)/0,4 kV do 250 kVA**

Tip: TSBS,ME''92

Jednopolna shema stupne transformatorske stanice do snage 100 kVA; 10(20)/0,4 kV.

Tablica — 01

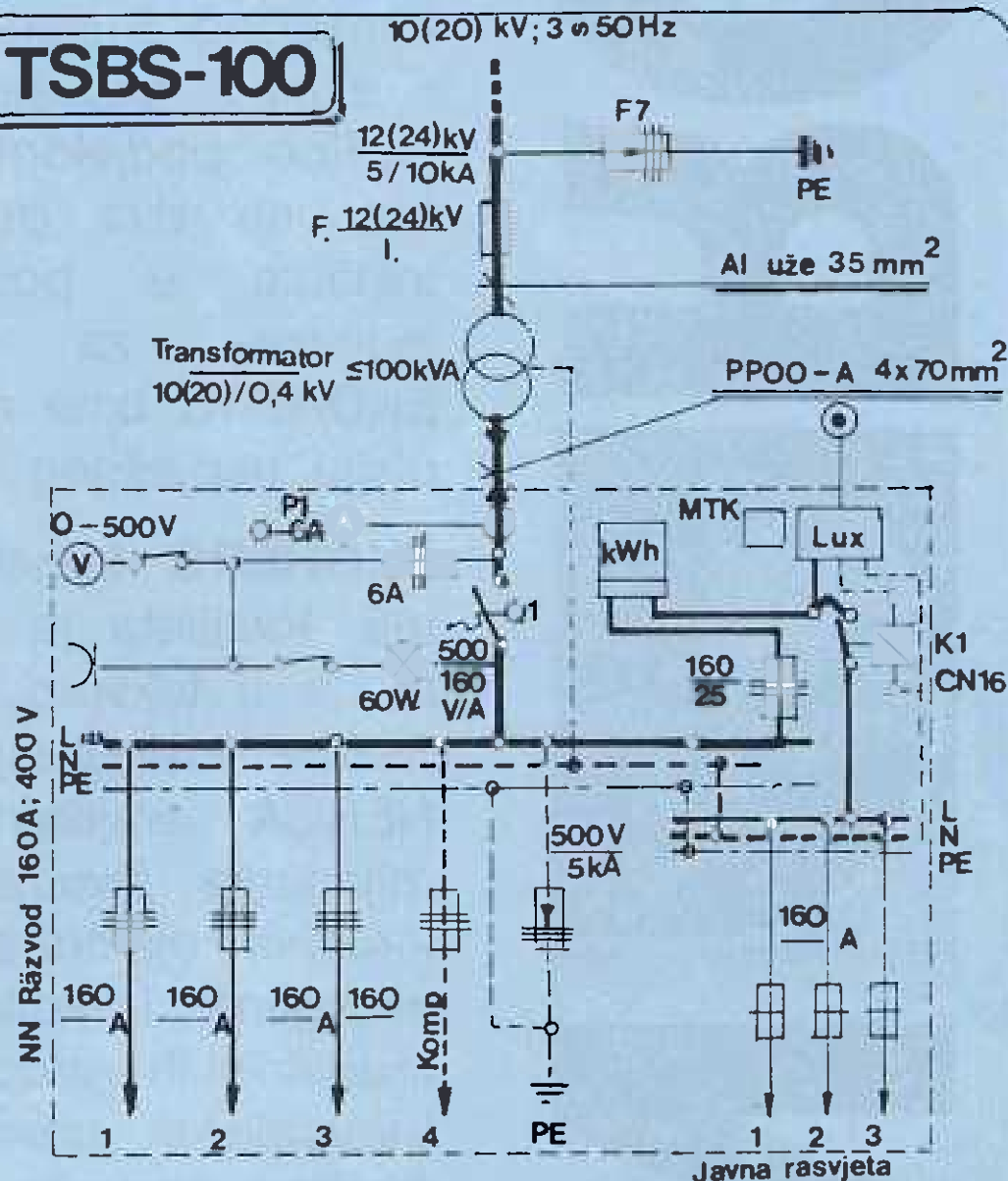
Snaga (N)	VN Osigurači (A)		Kompezac.
(kVA)	I_0 (A)	I_0 (A)	(kVAr)
	10 kV	20 kV	
50	6	6	12,5
100	16	6	12,5

Jednopolna shema stupne transformatorske stanice do snage 250kVA;10(20)/0,4 kV.

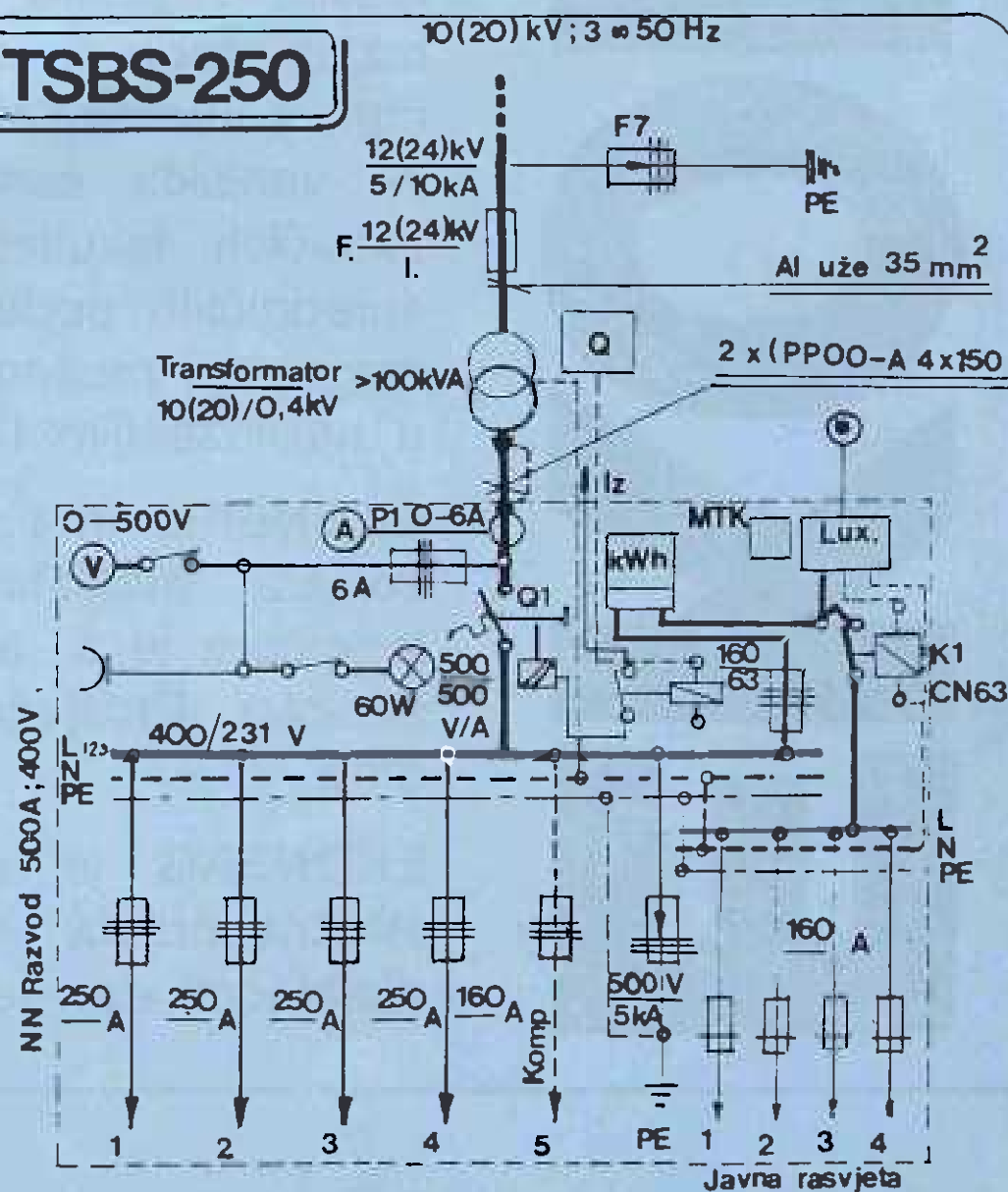
Tablca 02

Snaga (N)	VN Osigurači (A)		Kompezac.
(kVA)	I_0 (A) 10 kV	I_0 (A) 20 kV	(kVAr)
160	20	16	25
250	30	16	25

TSBS-100



TSBS-250



ERG EKO

EKONERG (**EKO**logija, **EKO**Nomija, **KON**zalting, **eNER**Getika) je društvo s ograničenom odgovornošću za istraživačko-razvojne usluge, konzalting i inženjering u području energetike i zaštite okoliša. Osnovan je krajem 1991. godine podjelom Instituta za elektroprivredu, p.o. na dva poduzeća i pravni je sljednik Instituta u području poslovanja Studijske jedinice za termoenergetske sustave. EKONERG time nastavlja četrdesetgodišnju tradiciju uspješnog poslovanja.

EKONERG temelji svoje poslovanje na kvaliteti. Kvaliteta je stoga posao svih u poduzeću, a u takvom pristupu pomaže im posebna Služba osiguranja kvalitete. Djelatnost EKONERGA usmjerena je pružanju usluga u svim mijenama životnog vijeka termoelektrana, nuklearnih elektrana, hidroelektrana, industrijskih energana i kotlovnica, energetske intenzivnih industrijskih procesa te drugih energetske i industrijskih uređaja i sustava. Obuhvat tako širokog područja djelatnosti omogućen je poglavito snažnim kadrovskim potencijalom i izrazito dobrom opremljenošću ispitnom, mjernom i informatičkom opremom. Razvijena mreža vanjskih suradnika (naročito stručnjaka s tehničkih fakulteta) i mreža komplementarnih, suradničkih poduzeća iz Hrvatske i inozemstva osigurava pružanje cjelovite i kvalitetne usluge u najsloženijim i najvećim projektima.

EKONERG ima 42 uposlana. Diplomiranih inženjera, magistara i doktora znanosti je 30, tehničara je 5, a 7 uposlenih je osoblje općih poslova. Prosječna inženjerska dob je 37 godina.

EKONERG je ustrojen u pet odjela: četiri stručna odjela i odjel zajedničkih službi. Popis djelatnosti dan je na idućoj stranici.

ODJEL ZA ENERGETSKE SUSTAVE I ZAŠTITU OKOLIŠA

- ANALIZA I PLANIRANJE ENERGETSKIH SUSTAVA
- LOCIRANJE nuklearnih elektrana, termoelektrana, spaljivaonica otpada, odlagališta radioaktivnog otpada, deponija pepela i šljake, deponija krutog otpada
- STUDIJE UTJECAJA NA OKOLIŠ nuklearnih elektrana, termoelektrana, hidroelektrana, spaljivaonica otpada, kotlovnica, industrijskih uređaja, cesta, komunalnih sustava
- ANALIZA SIGURNOSTI I UPRAVLJANJE RIZIKOM energetskih i industrijskih sustava
- MODELIRANJE I MONITORING UTJECAJA NA OKOLIŠ nuklearnih elektrana, termoelektrana, spaljivaonica otpada, kotlovnica, industrijskih uređaja, cesta
- ZBRINJAVANJE OTPADA I OTPADNIH VODA

ODJEL ZA TERMOENERGETSKE UREĐAJE I INDUSTRIJSKU ENERGETIKU

- ANALIZA I SINTEZA CENTRALIZIRANIH TOPLINSKIH SUSTAVA, SUSTAVA OPSKRBE PRIRODNIM PLINOM, TE TOPLINSKIH I PLINSKIH MREŽA
- STUDIJE, IDEJNO PROJEKTIRANJE I RACIONALIZACIJA TERMOENERGETSKIH UREĐAJA I SUSTAVA TE INDUSTRIJSKIH I ENERGETSKIH PROCESA
- UPRAVLJANJE ENERGIJOM, KONTROLA PROCESA I NADZORNO-UPRAVLJAČKI SUSTAVI
- GARANTNA I NORMATIVNA MJERENJA I ANALIZE ENERGETSKIH ZNAČAJKI
- OSNIVANJE INVESTICIJSKIH PROCESA za nuklearne elektrane, termoelektrane, spaljivaonice otpada, kotlovnice, industrijska energetska i tehnološka postrojenja, odlagališta radioaktivnog otpada, deponija pepela i šljake, deponija krutog otpada

ODJEL ZA ISPITIVANJE MATERIJALA I REVITALIZACIJU

- NERAZORNA ISPITIVANJA MATERIJALA, opreme i dijelova postrojenja nuklearnih elektrana, termoelektrana, procesne i kemijske industrije te prometnih sredstava
- PRETPOGONSKA I POGONSKA ISPITIVANJA radi utvrđivanja stanja i održavanja pogonske spremnosti i raspoloživosti opreme energetskih i procesnih postrojenja
- PRORAČUN OSTATNOG ŽIVOTNOG VIJEKA te ocjena stanja vitalnih dijelova opreme i sustava energetskih i procesnih postrojenja
- REVITALIZACIJA termoenergetskih uređaja i sustava odnosno produljenje vijeka eksploatacije vitalnih komponenata i objekta kao cjeline

ODJEL ZA IZGRADNJU ENERGETSKIH OBJEKATA

- NADZOR NAD IZVOĐENJEM RADOVA
- ORGANIZACIJA I VOĐENJE START-UP-a
- PROVEDBA QA I QC AKTIVNOSTI



EKONERG

Avenija Vukovar 37, 41000 Zagreb, Hrvatska
Tel: 511-731 Fax: 530-604 Telex: 22154 RH INSTEP



ELEKTROPROMET

ZAGREB

PODUZEĆE ZA UNUTARNJU I VANJSKU TRGOVINU
S P.O. ZAGREB, ILICA 10

Unutarnja trgovina

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Inženjering

Zagreb, Av. B. Kidriča 11 – 13
Telex 21131 YU ELPROM
Fax. 041/520-821
Tel. 041/529-211

Vanjska trgovina

Zagreb, Ilica 10.
Telex 21311 YU ELPROM
Fax. 041/423-714
Tel. 041/433-653

Dugogodišnje iskustvo u energetici, elektroprivredi, opremanju objekata, izvozu i uvozu, zastupanju, maloprodaji elektrotehničkih aparata, kućanske tehnike i elektronike.

MAŠINOIMPEX

Poduzeće za vanjsku trgovinu p. o.

41000 ZAGREB

Varšavska 9

Telefon: 041/457-111

Telex: 21-177, 21-254 MAEX

Telefax: 041/424-090, 426-296

Žiro račun: 30105-601-6894

Djelatnosti na vanjskom tržištu

- Izvoz i uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije
- Izvoz i uvoz svih vrsta repromaterijala
- Izvoz i uvoz brodova i aviona
- Izvoz i uvoz poljoprivrednih proizvoda
- Međunarodno trgovinsko posredovanje
- Međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava
- Zastupanje inozemnih firmi

MAŠINOIMPEX

41000 ZAGREB

VARŠAVSKA 9

TELEFON: (041) 457-111 — TELEX 21-177, 21-254 MAEX

TELEFAX: (041) 424-090, 426-296 — ŽIRO RAČUN: 30105-601-6894

»Brodomaterijal« je u okviru svog širokog polja djelatnosti stekao ugled obavljajući i mnoge poslove za Elektroprivredu.

Postao je priznata firma na području građenja trafostanica 110/20 kV i 110/35 kV po sistemu inženjeringa i isporukom opreme za DV 110 kV i DV 400 kV.

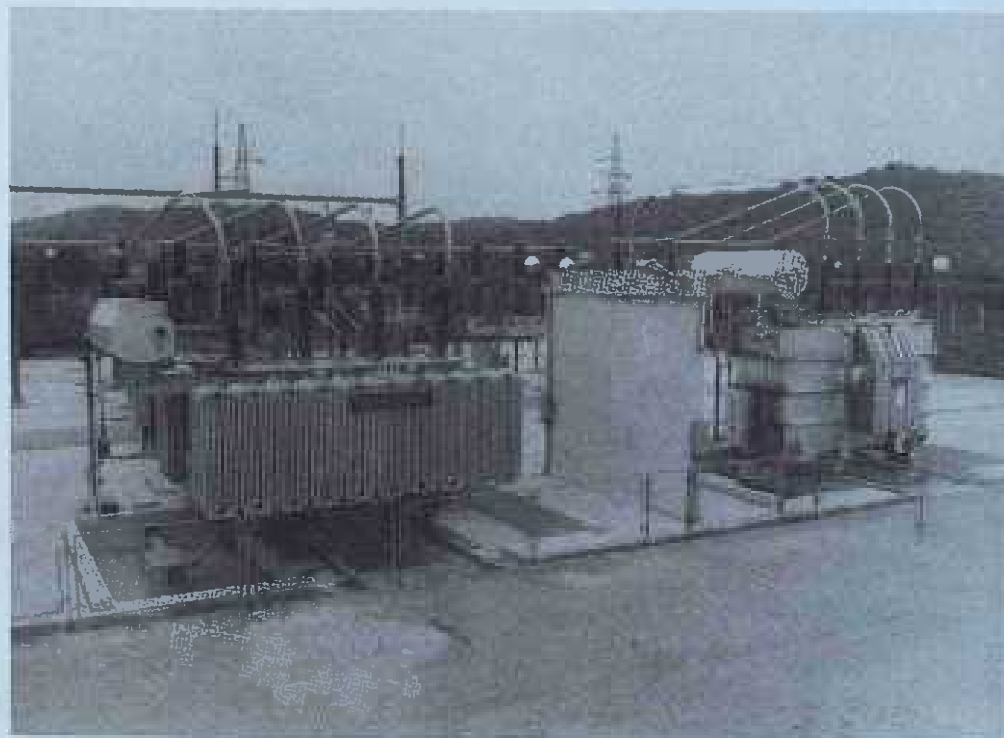
Na regiji Hrvatskog primorja i Istre obavio je sljedeće poslove za Hrvatsku elektroprivredu:

- uvoz podmorskih kabela za Krk — Rab 110 kV,
- isporuka kompletne opreme za TS 110 kV Rovinj — Lošinj — Šijana,
- DV 110 kV Rovinj — Vodnjan — Pula
- isporuka opreme za DV 400 kV TS Melina — TS Tumbri
- isporuka opreme i izgradnja objekta po sistemu ključ u ruke za TS Matulji 110/20 kV.

Za sve informacije izvolite se obratiti na poslovnicu Elektromaterijal 146, na telefone:

051/211-211 kućni: 206, 207 i 211

051/213-541, (telefax br. 32-882 ili 213-541, telex br. 24205).





monting ENERGETIKA ZAGREB



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

**41000 ZAGREB
Kesterčankova 1**

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 yu mont
Telefax	235-560

TE »GACKO« – Gacko: Kompletna montaža bloka 1 instalirane snage 1×300 mW, 1982. godine.
Rekonstrukcija kotla kapaciteta 990 t/h pare i kapitalni remont turbogeneratora 300 MW, 1989. godine.



PROIZVODNI PROGRAM

Energetski kabele 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 kabele.

Gumom izolirani instalacijski vodovi i kabele.

Brodske kabele izolirani etilen-propilenom i plaštom od neoprena.

Kabele i konektori za aerodromske instalacije.

Samonosive kabeleske snopove Elkalex-1.

Telekomunikacijske kabele s izolacijom i plaštom od termoplastičnih materijala.

Optičke kabele.

Specijalni vodovi i kabele.

Rudarske kabele.

Kabeleske setove sa konektorima.

Lakirana žica.

Aluminijska, alu-čelična i užad iz aluminijske legure.

Čelična užad za dizalice, brodove i druge namjene.

Umreživi polietilen.



»ELKA« Tvorница električnih kabela - Zagreb, Žitnjak bb, P. O. B. 150

Tel.: 232-200; Telex: 21-193; Telefax: 223-898