

UDK.621.31

ENJAAC 34 (1—6) 1—480 (1985)

YU ISSN 0013—7448

energija

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

Zagreb, prosinac 1985.

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1985. GODINI

	str. br.		str. br.
<i>Arsenov, A.</i> : Utjecaj pogonskih ograničenja na optimalnu raspodjelu snaga u složenom elektroenergetskom sistemu (Originalni znanstveni rad)	259 4	<i>Ožegović, M.</i> : Automatizacija programa »UKSX« (Originalni znanstveni rad)	433 6
<i>Brščić, A. – Delbianco, L.</i> : Korištenje tercijara u 10/20 kV mreži Pule i Poreča (Prethodno priopćenje)	113 2	<i>Petković, T. – Baće, M. – Knapp, V. – Coffon, E.</i> : Utvrđivanje koncentracije urana i torija na osnovi energijski proširene funkcije odziva koaksijalnog Ge/Zi/detektora (Originalni znanstveni rad)	95 2
<i>Čorak, D. – Mužek, Z. – Jelavić, V.</i> : Metodologija za usmjeravanje energetske opskrbe urbane sredine (Originalni znanstveni rad)	355 5	<i>Plećaš, I.</i> : Analiza stvaranja čvrstih radioaktivnih otpadaka iz nuklearnih elektrana sa BWR i PWR-ima (Originalni znanstveni rad)	277 4
<i>Čurković, J. – Carević, M.</i> : Kontinuirani i diskontinuirani monitoring u području utjecaja termoelektrane Plomin (Pregledni rad)	141 2	<i>Plećaš, I. – Mihajlović, Lj. – Kostadinović, A.</i> : Neke važne karakteristike betona za izradu kontejnera u tehnologiji kondicioniranja radioaktivnih otpadnih materija (Originalni znanstveni rad)	9 1
<i>Fagarazzi, A.</i> : Tri generacije srednjonaponskih postrojenja u TS 110/20 kV na području Zagreba (Pregledni rad)	123 2	<i>Popović, D. – Petrović, D. – Ljubić, V.</i> : Potpobudeni režimi rada elektrane u funkciji regulacije naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim režimima EES Jugoslavije s posebnim osvrtom na TE »Nikola Tesla« (Originalni znanstveni rad)	331 5
<i>Filipović-Grčić, B. – Čauš, I.</i> : Interaktivni proračun podešenja distantne zaštite u visokonaponskim mrežama (Originalni znanstveni rad)	187 3	<i>Rajić, Ž.</i> : Tendencije razvoja metoda za optimalno planiranje razdjelnih mreža (Pregledni rad)	349 5
<i>Gajić-Čapka, M.</i> : Ekstremne meteorološke prilike na lokaciji nuklearne elektrane (Pregledni rad)	13 1	<i>Staniša, B.</i> : 35 godina proizvodnje i razvoja parnih turbina u Jugoturbini (Pregledni rad)	219 3
<i>Granić, G. – Bradarić, M.</i> : Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (Originalni znanstveni rad)	427 6	<i>Subašić, D.</i> : Demografski kriteriji za lociranje nuklearnih elektrana (Pregledni rad)	411 6
<i>Granić, G. – Pešut, D.</i> : Primjena metode linearnog programiranja s metodom grana i granica u planiranju EES-a	179 3	<i>Šodan, M.</i> : Kontinuitet ili prekretnica na studiju elektroenergetike na elektrotehničkom fakultetu (Pregledni rad)	405 6
<i>Granić, G. – Udovičić, B.</i> : Stohastički pristup predviđanju potrošnje električne energije (Originalni znanstveni rad)	265 4	<i>Tocić, B.</i> : Novi tarifni sistem za prodaju električne energije (Pregledni rad)	57 1
<i>Hebel, Z. – Mesić, M.</i> : Karakteristike elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb u 1984. godini (Prethodno priopćenje)	213 3	<i>Tonković, Z.</i> : Dozvoljeno strujno opterećenje vodiča (Prethodno priopćenje)	273 4
<i>Jelavić, B. – Granić, G.</i> : Mogući načini primjene gradijentne metode u određivanju raspodjele opterećenja (Originalni znanstveni rad)	371 5	<i>Tonković, Z.</i> : Prijenosna mreža SR Hrvatske u razdoblju 1990–2000. godina (Pregledni rad)	21 1
<i>Kalan, B.</i> : Zahtjevi za regulaciju kvalitete regulacije temperature svježeg pare (Prethodno priopćenje)	441 6	<i>Topić, J. – Pešut, D. – Bilčar, N.</i> : Potrebe izgradnje TS 400/110 kV Žerjavinec radi povećanja sigurnosti snabdijevanja električnom energijom grada Zagreba (Originalni znanstveni rad)	341 5
<i>Karavidović, D.</i> : Neka vlastita rješenja zaštite i lokalne automatike u postrojenjima 35/10 kV »Elektroslavonije« (Prethodno priopćenje)	27 1	<i>Tropin, A. K.</i> : Tehnološka shema gasovoda Urengoj – Pomary – Užgorod	227 3
<i>Lazić, S. – Vuković, Ž.</i> : Distribucija radionuklida u reci pri rutinskom ispuštanju tečnih efluenta iz nuklearne elektrane (Originalni znanstveni rad)	3 1	<i>Vukomanović, S.</i> : Sistem signalizacija na bazi informacija (Stručni rad)	449 6
<i>Lučić, G.</i> : Planovi izgradnje elektroenergetskih objekata (Pregledni rad)	101 2	<i>Vukomanović, S.</i> : Zaštita čovjeka i opreme u postrojenju visokog i srednjeg napona (Pregledni rad)	131 2
<i>Milanović, Z.</i> : Mogućnost dugoročnog korištenja prirodnog (zemnog) plina u Zagrebu (Pregledni rad)	33 1	<i>Žutobradić, S.</i> : Doprinos tipizaciji uzemljivača TS(20)/0,4 kV (Originalni znanstveni rad)	279 4
<i>Mužek, Z. – Štingl, H. – Komerički, Z. – Sarajlija, M. – Jelavić, V.</i> : Planiranje integralnog sistema grijanja i ventilacije u SOUR-u Brodograđevna industrija, Split (Originalni znanstveni rad)	193 3	<i>Žutobradić, S. – Filipović-Grčić, B.</i> : Projektiranje uzemljivača industrijske transformatorske stanice 110/6 kV (Pregledni rad)	365 5
<i>Obad, M.</i> : Upotreba električne energije za grijanje u domaćinstvima na području Mostara (Stručni rad)	147 2	<i>Žutobradić, S.</i> : Stohastički pristup naponima dodira u elektroenergetskim postrojenjima (Originalni znanstveni rad)	455 6
		<i>Žutobradić, S. – Filipović-Grčić, B.</i> : Uvod u proračun impulsnih karakteristika uzemljivača (Prethodno priopćenje)	105 2
		Radovi Instituta u 1984. godini	287 4

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE
HRVATSKE

energija

Izdavači:

»Elektroprivreda«, Rijeka
»Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije«
Združeno poduzeće, Split — Enco Tirelli i Boris Simončić,
dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip Brkljačić, dipl.
ing., HE Senj — Petar Kuzele, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb
— Ivo Božin, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb
— dr. Zorko Cvetković, Elektroprenos, Zagreb — Šimun Ši-
mundža, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko
Dujmović, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elek-
troistra«, Pula — Branko Mrakovčić, dipl. ing., »Elektropri-
morje«, Rijeka — Marko Šimunović, dipl. ing., »Elektra«,
Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris Markovčić, dipl. ing. — Urednik:
Zdenka Jelić, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski si-
stemi«, Nikola Bilčar, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Du-
ro Hatić, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mla-
den Nadinić, dipl. ing. — Prijenos električne energije,
Zorko Cvetković, dipl. ing., Zagreb — Josip Neveščanin,
dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja elek-
trične energije«, Tomislav Balen, dipl. ec., Jure Šimović,
dipl. ec., Petar Kuzele, dipl. ing. — »Ekonomika elektro-
privrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pi-
tanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik:
Branko Mališ.

Godište 34 (1985)

Zagreb 1985

Br. 1

SADRŽAJ

<i>Lazić S. — Vuković Ž.:</i> Distribucija radionuklida u reci pri rutinskom ispuštanju tečnih efluenta iz nuklearne elektrane (Originalni znanstveni rad)	3
<i>Plečaš I. — Mihajlović Lj. — Kostadinović A.:</i> Neke važne karakteristike betona za izradu kontejnera u tehnologiji kondicioniranja radioaktivnih otpadnih materijala (Originalni znanstveni rad)	9
<i>Gajić-Čapka M.:</i> Ekstremne meteorološke prilike na lokaciji nuklearne elektrane (Pregledni rad)	13
<i>Tonković Z.:</i> Prijenosna mreža SR Hrvatske u razdoblju 1990-2000. godine (Pregledni rad)	21
<i>Karavidović D.:</i> Neka vlastita rješenja zaštite i lokalne automatike u postrojenjima 35/10 kV »Elektroslavonije« (Prethodno priopćenje)	27
<i>Milanović Z.:</i> Mogućnost dugoročnog korištenja prirodnog (zemnog) plina u Zagrebu (Pregledni rad)	33
<i>Tocigl B.:</i> Novi tarifni sistem za prodaju električne energije (Pregledni rad)	57
Iz strane stručne literature	64
Vijesti iz elektroprivrede	68
Nove knjige	72

Casopis 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, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 500 dinara, a za poduzeća i ustanove 2000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 200 dinara.

Za inozemstvo \$ 80 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

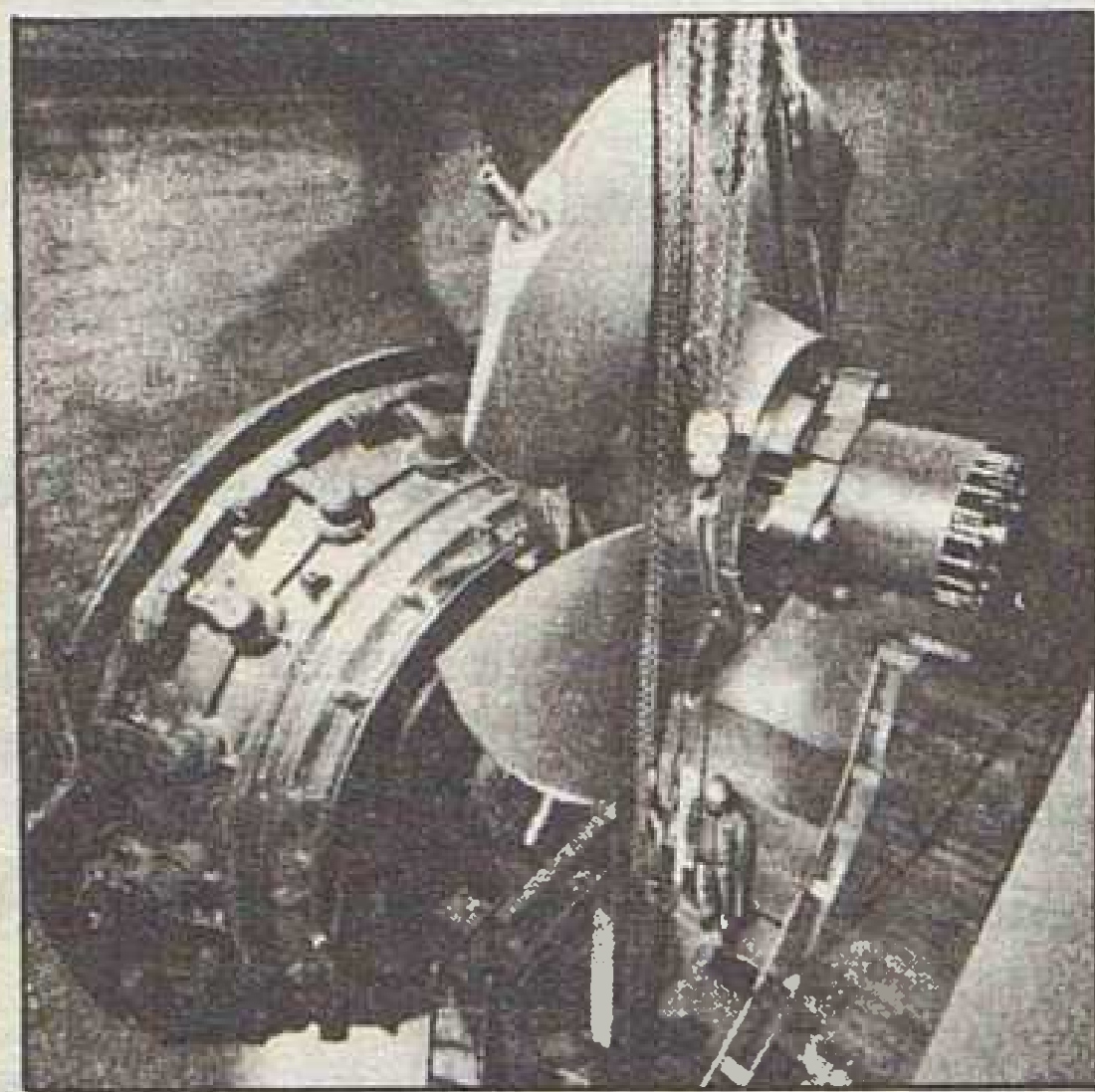
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišejci. RO »Zrinski« TIZ Čakovec

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehnika

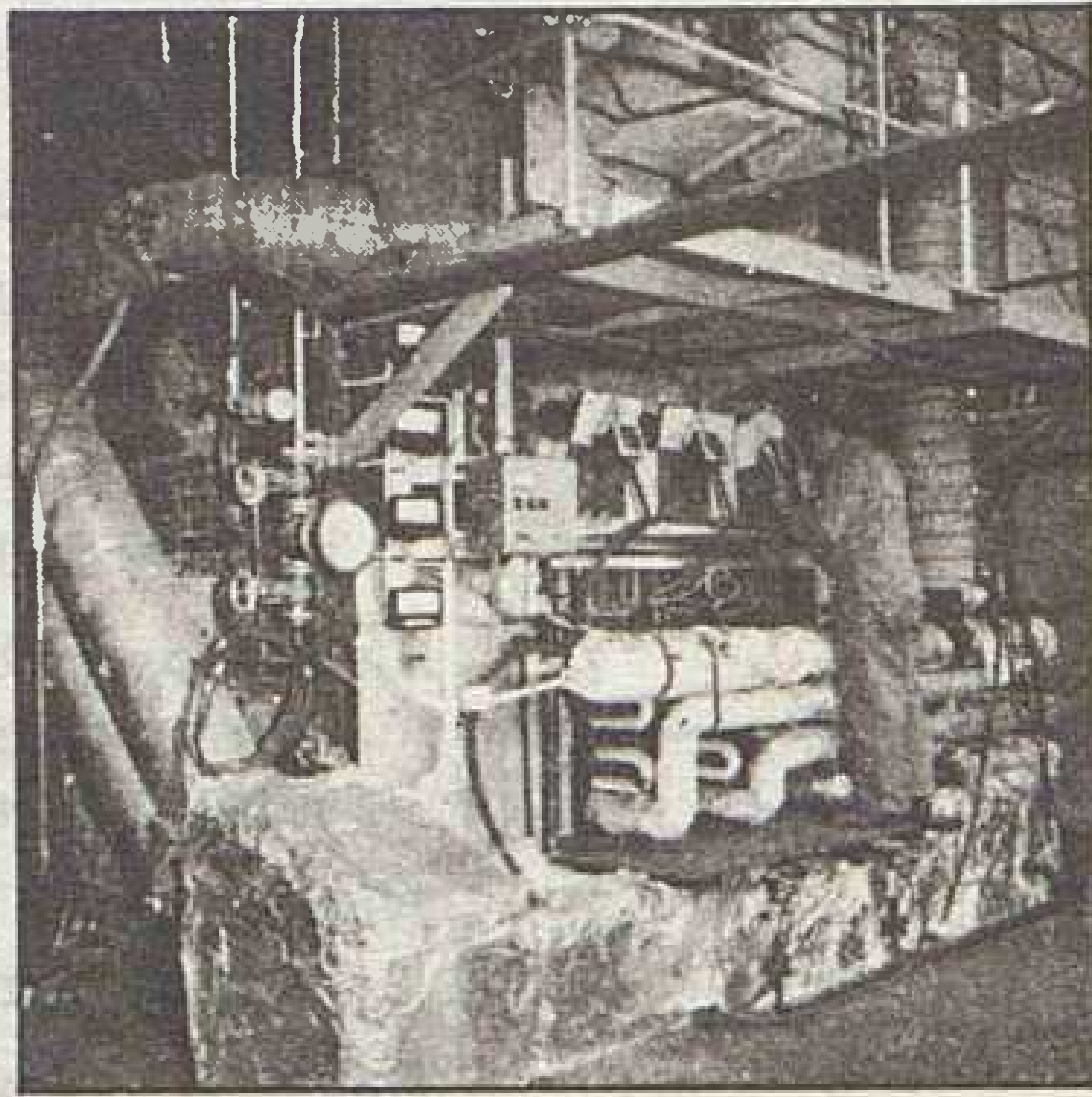
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

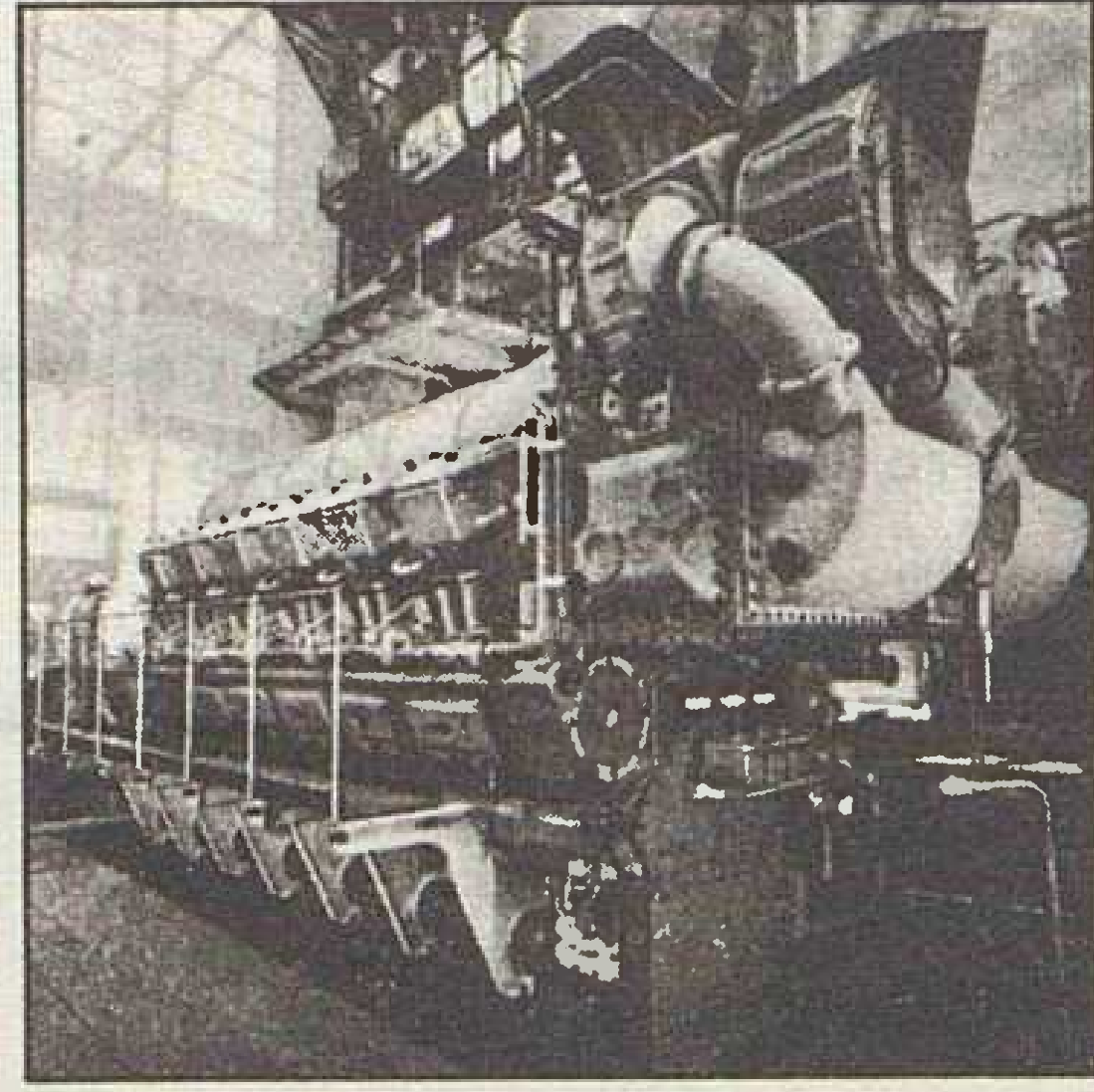
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovska postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 8111 22
Telex 89606011

SULZER®



DISTRIBUCIJA RADIONUKLIDA U RECI PRI RUTINSKOM ISPUŠTANJU TEČNIH EFLUENATA IZ NUKLEARNE ELEKTRANE

mr Slavica Lazić — dr Živorad Vuković Beograd

UDK 621.039.7

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Članak prikazuje računarski program LQDIF koji računa stacionarno protočno stanje rijeke i koncentraciju radionuklida. Prikazan je rad programa na slučaju reaktora od 3400 MWth i uz $Q_{\min} = 1386 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ključne riječi: nuklearne elektrane, tekući efluenti, radionuklidi.

UVOD

Hidrosfera predstavlja značajan put transporta radionuklida iz nuklearne elektrane (NE) do čoveka, jer se kao recipijenti radioaktivnih tečnih efluenata najčešće koriste površinske vode (reke, mora, okeani, jezera). Ispuštanja radioaktivnih efluenata iz NE u površinske vode klasifikuju se na rutinska i akcidentalna. Rutinska ispuštanja vrše se pri normalnom radu nuklearne elektrane uz poštovanje utvrđenih ograničenja i stalnu kontrolu koncentracija radionuklida u vodi.

Distribucija radioaktivnog materijala u hidrosferi je složen proces na koji utiču sledeći faktori:

- hidrodinamički transport radioaktivnosti
- disperzija rastvorenog ili suspendovanog materijala u vodi
- precipitacija i sedimentacija taloga i flokula i njihova resuspenzija
- sorpcija radionuklida prirodnim organskim ili neorganskim materijalima
- biološki procesi uklanjanja radionuklida
- radioaktivni raspad.

Da bi se napravio korektan proračun svih faktora koji utiču na transport radionuklida, neophodno je poznavanje relevantnih karakteristika recipijenta kao i vrsta i količina ispuštenog materijala. Generalno, potrebne informacije se mogu razvrstati na tri grupe:

- (1) količine i vrste radionuklida ispuštenih iz nuklearne elektrane;
- (2) hidrološke, fizičke, fizičko-hemijske i biološke karakteristike recipijenta koje imaju uticaja na transport, disperziju i zadržavanje radioaktivnog materijala u različitim komponentama akvatične sredine;

- (3) podaci o gustini naseljenosti, konzumiranju vode i hrane, korišćenju vode za industrijske, poljoprivredne i rekreacione potrebe itd.

Procena distribucije radionuklida vrši se u različitim fazama izgradnje elektrane (izbor lokacije, procena pre izgradnje i završna procena pre početka rada NE). Podaci koji se pri tom koriste razlikuju se po svom obimu i kvalitetu.

U ovom radu vršena je preliminarna procena distribucije radionuklida u reci kao recipijentu otpadnih radioaktivnih voda. Proračun je vršen za potrebe lociranja NE na Dunavu.

KLASIFIKACIJA MATEMATIČKIH MODELA

Za procenu distribucije radionuklida u reci koriste se brojni matematički modeli (L. 1-3), koji se razlikuju po svojoj složenosti, kao i prema uticaju koji se ocenjuje kao dominantan.

Najjednostavniji modeli za proračun prenosa mase rečnim tokovima su linijski (jednodimenzionalni modeli). Oni se baziraju na pretpostavci trenutnog i potpunog mešanja upuštene vode sa vodom recipijenta. Ta pretpostavka je u praksi malokad opravdana (npr. onda kada su proticaji na ispustu i u recipijentu istog reda veličine). U najvećem broju slučajeva, međutim, upuštena količina vode je relativno mala i potpuno mešanje se postiže daleko nizvodno od mesta ispusta. Za istraživanje procesa koji se odvijaju u oblasti neposredno nizvodno od ispusta, linijski modeli, prema tome, nisu korisni.

Druga grupa modela, koja je najčešće korišćena i u skladu je sa preporukama IAEA (L. 4) i USNRC (L. 5), jesu disperzioni modeli koji baziraju na osnovnoj jednačini hidrodinamičkog transporta mase. Različita pojednostavljenja i modifikacije ove jednačine vršena su u zavisnosti od razmatranih uslova. Kvalitet prognoze putem ovih modela uglavnom zavisi od

ocene koeficijenta disperzije. Osnovni nedostatak postojećih modela iz ove grupe je što ne uključuje interakciju radionuklida sa sedimentima, koja može biti značajan element čišćenja rečne vode, naročito u segmentima reke sa sporijim tokom.

Treća kategorija modela su semiempirijski modeli koji nalaze široku primenu u nekim zemljama zapadne Evrope (Francuska, Italija). Ti modeli su opravdani sa gledišta obuhvatnosti fizičkih, hemijskih i fizičko-hemijskih procesa interakcije radionuklida sa sredinom u vodotoku. Njihov ozbiljan nedostatak je da polaze od pretpostavke da se početno razblaživanje vrši trenutno i po celom protoku reke.

Prilikom primene modela na konkretne uslove najkorektnija procena rasprostiranja radionuklida dobija se ako se region rasprostiranja podeli na segmente i za svaki od njih se, u zavisnosti od dominantnih fizičkih procesa primeni odgovarajući model. Tako se dobija lanac modela koji opisuju blisko i daljinsko polje prostiranja.

PRIKAZ MODELA

Ovde ćemo ukratko prikazati model stacionarnog protočnog stanja koji je korišćen za preliminarni proračun disperzije radioaktivnosti koja se ispušta pri rutinskom radu nuklearne elektrane u reku. Model je primenljiv za uslove stacionarnog uniformnog toka reke, i to za one segmente gde se ne oseća uticaj impulsa ispuštanja. Pod ovim uslovima difuzioni transport u pravcu prostiranja može se zanemariti u poređenju sa advekcionim transportom. U tom slučaju transport rastvorenih komponenata može se zadovoljavajuće prikazati dvodimenzionalnim modelom u kome su vertikalne varijacije brzine i koncentracije usrednjene.

Pod pretpostavkom da je koordinatni sistem postavljen tako da x osa odgovara pravcu toka reke, a y osa pravcu poprečnom na reku, jednačina bilansa mase radionuklida može se napisati u obliku:

$$ud \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} (K_y d \frac{\partial C}{\partial y}) - (\lambda d) C \quad (1)$$

gde su: C -koncentracija radionuklida, d -dubina vodene struje, odnosno dubina reke ukoliko nema termičke stratifikacije; K_y -koeficijent poprečne disperzije, u -brzina vodene struje, λ -konstanta raspada radionuklida. Posle uvođenja potrebnih uprošćenja i transformacija, rešenje jednačine (1) dobija se u obliku

$$C = \frac{W}{Q} \left| 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2 D x}{Q^2}} \cos \frac{n \pi y_s}{B} \cos \frac{n \pi y}{B} \right| e^{-\frac{\lambda x}{u}} \quad (2)$$

gde su: W -brzina ispuštanja radionuklida u reku u vidu linijskog izvora lociranog na koordinatama $x = 0, y = y_s$; Q -protok reke, $D = K_y u d^2$ -konstantni

difuzioni član; $q = \int_0^y Y(ud) dy$ -kumulativno ispuštanje radiokativnosti mereno u blizini obale.

Specijalni slučaj jednačine (2) imamo za uniformni pravolinijski kanal sa brzinom reke u :

$$C = \frac{W}{Q} \left| 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2 K_y x}{u B^2}} \cos \frac{n \pi y_s}{B} \cos \frac{n \pi y}{B} \right| e^{-\frac{\lambda x}{u}} \quad (3)$$

gde je B širina reke.

PRIKAZ PRORAČUNA

Prikazani model korišćen je za procenu uticaja nuklearne elektrane na okolinu pri rutinskom ispuštanju radioaktivnosti u reku uz usvajanje sledećih pretpostavki:

1. Razmatran je samo spori proces mešanja. Zanemarena je mogućnost recirkulacije radioaktivnosti kroz sistem za uzimanje i ispuštanje rashladne vode iz reke. Prolaženje kroz ovaj sistem dovelo bi do bržeg mešanja sa toplom vodom u sistemu, kao i na suprotnoj obali reke.
2. Mada reka meandrira, usvojeno je da ima pravougaoni poprečni presek. Meandriranje samo dovodi do dodatnog mešanja, koje se pri konzervativnom pristupu ne uzima u obzir.
3. Pretpostavljeno je da u reci nema termičke stratifikacije, odnosno da postoji potpuno mešanje do dna reke. Ovo usvajanje je prihvatljivo, s obzirom na to da turbulencija u reci dovodi do narušavanja termalnih slojeva.
4. Pretpostavljeno je da se ispuštanje radioaktivnih efluenata vrši sa obale.

Na bazi prikazanog matematičkog modela sačinjen je kompjuterski program LQDIF koji je korišćen pri proračunu.

Prikaz ulaznih veličina

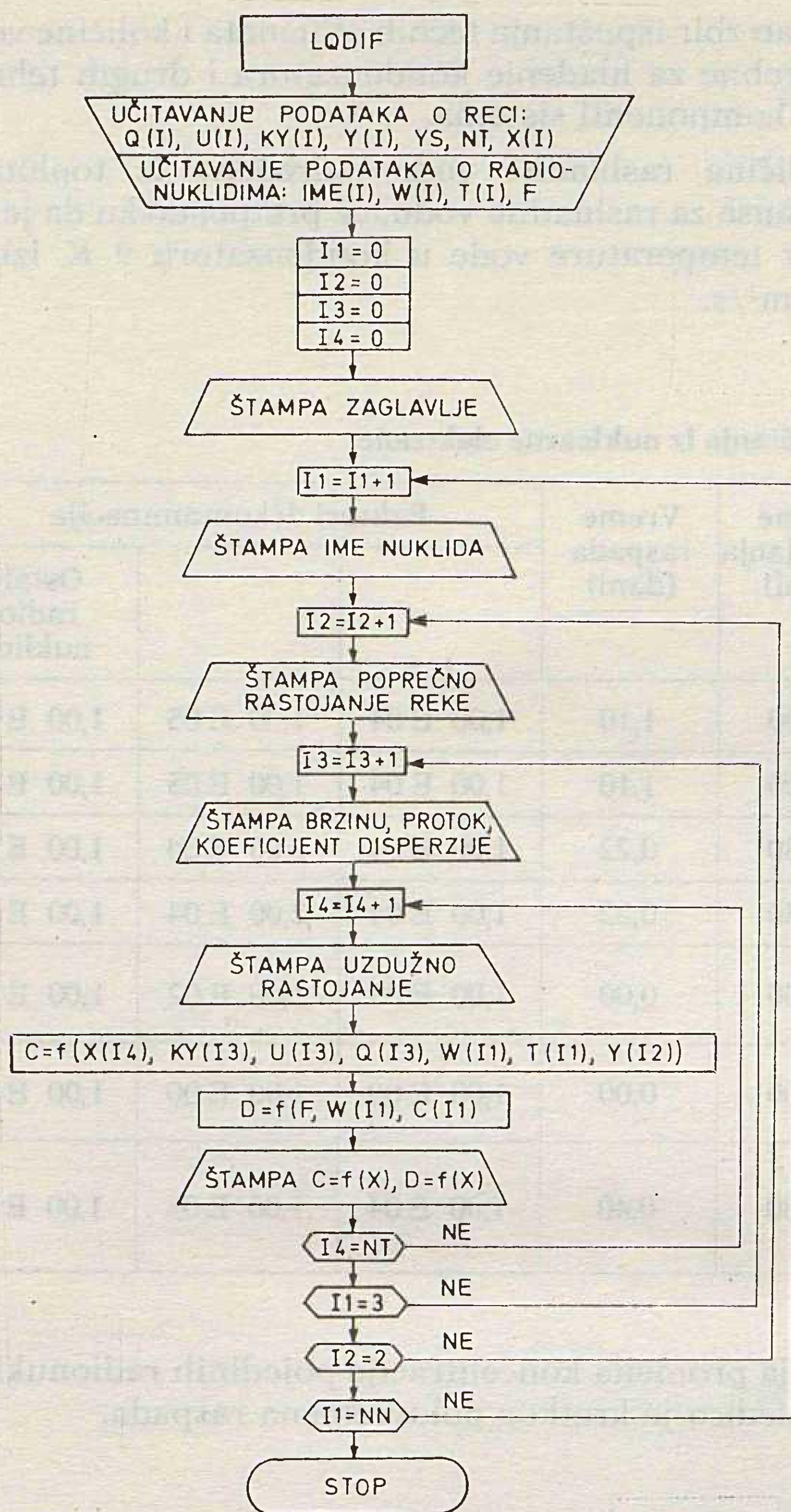
Kao ulazni podaci za program LQDIF koriste se sledeće veličine:

1. podaci o reci (proticaji, brzine, koeficijenti disperzije, širina reke),
2. podaci o izabranim lokacijama (bliža ili dalja obala, rastojanje od nuklearne elektrane),
3. podaci o vrsti i količini efluenata ispuštenih u reku.

Prikaz programa

Blok-shema programa data je na slici 1, gde su:

- Q — protok reke
- u — brzina reke
- K_y — koeficijent disperzije



Slika 1. Blok-shema programa

- Y — rastojanje u poprečnom pravcu reke
 Y_s — rastojanje u poprečnom pravcu reke na kome je lociran izvor radiaktivnosti
 x — rastojanje u uzdužnom pravcu reke
 IME — ime radionuklida čija se koncentracija računa
 W — količina ispuštene radiaktivnosti datog radionuklida
 T — vreme poluraspada radionuklida
 c — koncentracija radionuklida u reci
 F — protok tečnih efluenata
 D — faktor razblaženja radionuklida u reci
 NT — ukupan broj tačaka duž reke u kojima se vrši računanje
 NN — ukupan broj radionuklida.

Prikaz izlaznih veličina

Kao izlazni podaci iz programa LQDIF, dobijaju se koncentracije pojedinih radionuklida u rečnoj vodi na određenom rastojanju od nuklearne elektrane

kraj bliže ili dalje obale i odgovarajuća razblaženja polazne aktivnosti.

Obrada ulaznih podataka

1. Hidrološki i hidraulički parametri reke

Karakteristični parametri reke uzeti su iz literature (L. 6-10). Podaci za proticaj reke Dunav na potezu (1 284-1 200) km uzeti su za period 1976-1982. Izračunate su srednja minimalna i maksimalna vrednost proticaja za potez (1 284-1 215,5) km ($Q_{sr} = 3 023 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $Q_{min} = 1 386 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, $Q_{max} = 8 360 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$).

Parametri geometrije reke—širina rečnog korita B i srednja dubina d reke izračunati su iz raspoloživih poprečnih preseka reke svodenjem na ekvivalentne površine pravougaonika $S = B \cdot d$.

Brzina reke određene su za tri vrednosti proticaja kao proizvod $Q \cdot S$.

Koeficijenti difuzivnosti računati su prema empirijskoj formuli (L. 11)

$$K_y = \frac{\beta_y g \cdot und^{5/6}}{1,49}$$

gde su:

- β_y — konstanta
 g — gravitaciono ubrzanje
 u — brzina reke
 n — Manningov koeficijent rrapavosti.

Za prave pravougaone kanale β_y ima vrednost 0,23. Za krive kanale β_y je veće i mora se odrediti na terenu.

Manningov koeficijent hrapavosti n je karakteristika površine dna reke. Srednja vrednost koeficijenta n na razmatranom potezu reke iznosi $n = 0,029$ (L. 9).

2. Lokacije receptora

Lokacija receptora birane su prema karakterističnim korisnicima vode. Za račun je uzeto stvarno rastojanje posmatrane tačke od nuklearne elektrane nizvodno duž rečnog toka, a ne pravolinijsko rastojanje.

3. Vrste i količina efluenata ispuštenih u reku

Vrste i količine radioaktivnog materijala ispuštenog u reku računati su za nuklearnu elektranu termalne snage 3 400 MW korišćenjem računskog PWR-GALE programa koji USNRC preporučuje za proračun ispuštanja radioaktivnog materijala iz nuklearnih elektrana PWR tipa.

Razblaženje u reci računato je za svaki nuklid pojedinačno i za ukupnu količinu radioaktivnosti. U dru-

gom slučaju se zanemaruje smanjenje koncentracije zbog radioaktivnog raspada. Uticaj radioaktivnog raspada je zanemarljiv za nuklide čije je vreme poluraspada znatno veće od vremena transporta na razmatranom segmentu. Ovo je slučaj sa korozionim i još nekim produktima.

Ukupna količina vode u ispusnom kanalu izračunata

je kao zbir ispuštanja tečnih efluenta i količine vode potrebne za hlađenje kondenzatora i drugih tehničkih komponenti sistema.

Količina rashladne vode, određena iz toplotnog balansa za rashladnu vodu, uz pretpostavku da je porast temperature vode u kondenzatoru 9 K, iznosi 52 m³/s.

Tabela 1. Podaci za procenu tečnih ispuštanja iz nuklearne elektrane

Vrsta elemenata	Količina (m ³ /dan)	Frakcija aktivnosti primarnog hladioca	Frakcija koja se ispušta	Vreme sakupljanja (dani)	Vreme raspada (dani)	Faktori dekontaminacije		
								Ostali radio nuklidi
Recirkulacija bora	5,45	1,000	0,10	23,00	1,10	1,00 E 04	1,00 E 05	1,00 E 05
Drenaža opreme	1,14	1,000	0,10	23,00	1,10	1,00 E 04	1,00 E 05	1,00 E 05
Čisti otpad	3,56	0,070	1,00	5,80	0,22	1,00 E 04	2,00 E 04	1,00 E 05
Prljavi otpad	1,65	0,085	1,00	5,80	0,22	1,00 E 04	2,00 E 04	1,00 E 05
Odmuljivanje parogeneratorskog	817,56		0,10	0,00	0,00	1,00 E 03	1,00 E 02	1,00 E 03
Netretirano odmuljivanje	0,00		1,00	0,00	0,00	1,00 E 00	1,00 E 00	1,00 E 00
Otpadni rastvori iz regeneracije demineralizatora	12,87		1,00	4,80	0,40	1,00 E 04	1,00 E 05	1,00 E 05

U tabeli 1. dati su podaci potrebni za procenu tečnih ispuštanja iz nuklearne elektrane. Ukupna količina ovih ispuštanja je zanemarljivo mala u odnosu na količinu rashladne vode.

PRIKAZ REZULTATA

Primenom prikazanog programa izračunate su koncentracije pojedinih radionuklida pri maksimalnom, srednjem i najnižem protoku reke na devet karakterističnih lokacija. Neki od rezultata prikazani su u tabelama 2. i 3. U tabeli 2. prikazane su koncentracije nekih karakterističnih radionuklida pri minimalnoj vrednosti protoka i odgovarajuća razblaženja polazne aktivnosti. Odabrani radionuklidi učestvuju sa preko 85 % u ukupno ispuštenoj aktivnosti.

Pošto su koncentracije radionuklida u obrnutoj srazmeri sa vrednošću protoka, vrednosti prikazane u tabeli 2. predstavljaju maksimalne koncentracije radionuklida koje se mogu očekivati na datom potezu reke pri normalnom radu elektrane.

Prema dobijenim rezultatima, ukupna aktivnost ne prelazi nivo od 1,35 Bq/m³, što je daleko ispod granice dozvoljene našim propisima (»Sl. list SFRJ«, 1979, br. 32/1043). Koncentracije radionuklida opadaju postepeno sa rastojanjem od nuklearne elektrane u uzdužnom pravcu. Na suprotnoj obali koncentracije radionuklida odgovaraju vrednostima dobijenim pri potpunom mešanju radioaktivnosti sa rekom.

Dalja promena koncentracije pojedinih radionuklida posledica je kratkog poluvremena raspada.

ZAKLJUČAK

Prikazani proračun daje zadovoljavajuću procenu transporta radioaktivnosti kroz reku u početnoj analizi uticaja NE na okolinu, kada sve karakteristike recipijenta nisu ispitane. Odabrani model ponašanje radionuklida u reci opisuje isključivo preko hidrodinamičkih efekata. Ovakav pristup je jednostavan, ali zato ima opštije značenje. Aproksimacija je veoma dobra u slučaju stacionarnog jednosmernog toka, pod pretpostavkom da je problem inicijalnog mešanja rešen ili je njegov uticaj zanemarljiv, kao i da su procesi fizičko-hemijske i biološke interakcije radionuklida sa rekom zanemarljivi. Pri detaljnom ispitivanju lokacije nuklearne elektrane navedeni problemi svakako se moraju rešavati u zavisnosti od konkretnih uslova.

Problem inicijalnog mešanja rešava se najčešće u sklopu analize toplotnog opterećenja reke u neposrednoj blizini ispusta jer se radioaktivni efluenti, pri normalnom radu elektrane, ispuštaju zajedno sa rashladnom vodom. Značaj inicijalnog mešanja zavisi od postavke problema. Tačna analiza je neophodna kada su od interesa koncentracije u neposrednoj blizini ispusta. Ovo je naročito značajno kod ispuštanja visokih aktivnosti kao što je slučaj kod akcidentalnih ispuštanja. Međutim, ako se rešenje inicijal-

Tabela 2. Rezultati kompjuterske simulacije disperzije radioaktivnosti ispuštene u reku iz NE

Ime radionuklida Vreme poluraspada (dani) Godišnje ispuštanje iz NE (Bq/god)	Rastojanje duž reke (km)	Koncentracija radionuklida u reci (Bq/m ³)		Razblaženje	
		Bliža obala	Dalja obala	Bliža obala	Dalja obala
⁵⁸ Co 7.13 E-01 1.78 E-08	6.0	2.91 E-02	0.40 E-02	3.7	26.7
	9.5	2.31 E-02	0.40 E-02	4.7	26.7
	14.0	1.89 E-02	0.40 E-02	5.7	26.7
	22.0	1.51 E-02	0.40 E-02	7.2	26.7
	24.0	1.44 E-02	0.40 E-02	7.5	26.7
	28.0	1.33 E-02	0.40 E-02	8.1	26.7
	39.0	1.12 E-02	0.40 E-02	9.6	26.7
	67.0	8.50 E-03	0.40 E-02	12.7	26.7
⁶⁰ Co 1.92 E-03 3.26 E-08	6.0	5.35 E-02	7.44 E-03	3.7	26.7
	9.5	4.25 E-02	7.44 E-03	4.7	26.7
	14.0	3.50 E-02	7.44 E-03	5.7	26.7
	22.0	2.77 E-02	7.44 E-03	7.1	26.7
	24.0	2.70 E-02	7.44 E-03	7.4	26.7
	28.0	2.57 E-02	7.44 E-03	8.0	26.7
	39.0	2.09 E-02	7.44 E-03	9.4	26.7
	67.0	1.59 E-02	7.44 E-03	12.4	26.7
¹³¹ I 8.05 E-00 3.40 E-09	6.0	5.49 E-01	7.64 E-02	3.8	27.1
	9.5	4.31 E-01	7.56 E-02	4.8	27.4
	14.0	3.50 E-01	7.45 E-02	5.9	27.9
	22.0	2.72 E-01	7.26 E-02	7.6	28.6
	24.0	2.59 E-01	7.21 E-02	8.0	28.7
	28.0	2.34 E-01	7.12 E-02	8.8	29.1
	39.0	1.94 E-01	6.87 E-02	10.7	30.2
	67.0	1.35 E-01	6.28 E-02	15.4	33.1
¹³³ I 8.75 E-01 1.31 E-09	6.0	1.81 E-01	2.62 E-02	4.4	31.8
	9.5	1.35 E-01	2.33 E-02	6.2	35.3
	14.0	9.71 E-02	2.06 E-02	8.5	40.3
	22.0	6.10 E-02	1.63 E-02	13.6	51.1
	24.0	5.51 E-02	1.53 E-02	15.1	54.1
	28.0	4.68 E-02	1.36 E-02	18.3	61.0
	39.0	2.78 E-02	9.86 E-03	29.9	84.4
	67.0	9.25 E-03	4.30 E-03	89.9	193.3
¹³⁴ Cs 7.49 E-02 6.66 E-08	6.0	1.09 E-01	1.52 E-02	3.7	26.7
	9.5	8.69 E-02	1.52 E-02	4.7	26.7
	14.0	7.16 E-02	1.52 E-02	5.7	26.7
	22.0	5.71 E-02	1.52 E-02	7.1	26.7
	24.0	5.47 E-02	1.52 E-02	7.4	26.7
	28.0	5.06 E-02	1.52 E-02	8.0	26.7
	39.0	4.29 E-02	1.52 E-02	9.4	26.7
	67.0	3.27 E-02	1.52 E-02	12.4	26.7
¹³⁷ Cs 1.10 E-04 9.99 E-08	6.0	1.64 E-01	2.29 E-02	3.7	26.7
	9.5	1.29 E-01	2.29 E-02	4.7	26.7
	14.0	1.07 E-01	2.29 E-02	5.7	26.7
	22.0	8.58 E-02	2.29 E-02	7.1	26.7
	24.0	8.21 E-02	2.29 E-02	7.4	26.7
	28.0	7.60 E-02	2.29 E-02	8.0	26.7
	39.0	6.44 E-02	2.29 E-02	9.5	26.7
	67.0	4.91 E-02	2.29 E-02	12.4	26.7

nog mešanja traži samo kao osnova za proračun koncentracija na većim rastojanjima, tražene koncentracije ne moraju biti osjetljive na promene u inicijalnom mešanju.

Potreba uključivanja fizičko-hemijske interakcije radionuklida sa sedimentima zavisi u velikoj meri od sastava i količine rečnih sedimenata. U okviru daljeg ispitivanja lokacije potrebno je odrediti učešće sedimenata u ukupnom transportu radionuklida, a to znači utvrđivanje, pre svega, distribucije radionukli-

da između sedimenta i vode i određivanje brzine sedimentacije čestica.

Konstanta distribucije radionuklida je specifična za svaki nuklid i vrstu sedimenta, što znači da je za utvrđivanje ovog efekta potrebno ispitivanje na samom terenu. Utvrđivanje efekta sedimenata je naročito značajno kada su upravo sedimenti put transporta radioaktivnosti do čoveka. Obrnuto, zanemari- vanje njihovog uticaja kada je u pitanju voda odgovara konzervativnom pristupu jer su procenjene kon-

rijskog sastava, kao i rigorozna kontrola njegovih najvažnijih fizičko-mehaničkih karakteristika, i to:

- | | | |
|---|---|-------------------------------|
| 1. otpornost na pritisak (mehanička karakteristika) | } | fizikohemijske karakteristike |
| 2. permeabilnost betona | | |
| 3. curenje radionuklia (LEAKAGE TEST) | | |

2. KRATAK PRIKAZ METODA ISPITIVANJA KVALITETA BETONA KOJE SE PRIMENJUJU U PROCESU SOLIDIFIKACIJE RAO

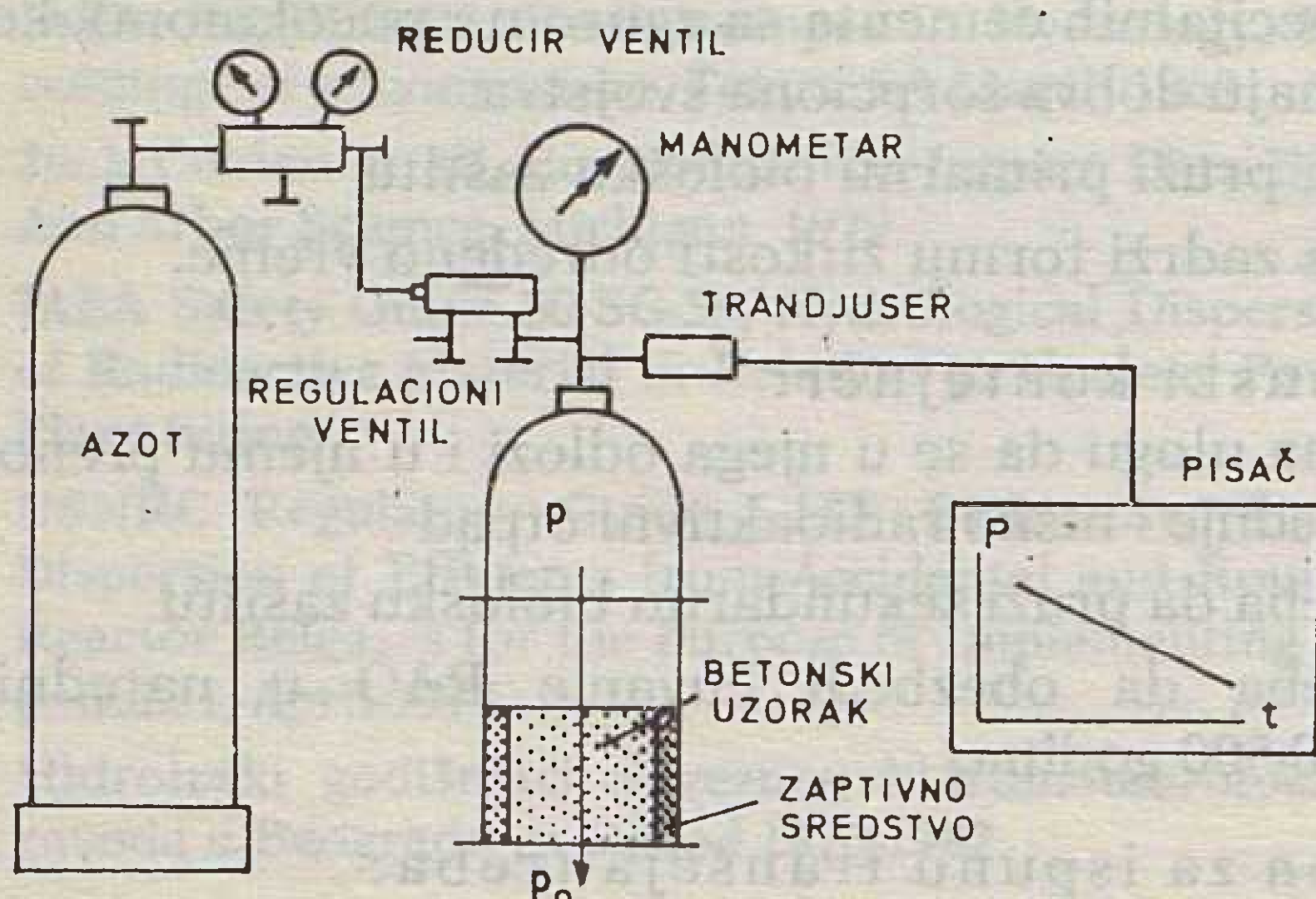
Ispitivanje otpornosti betona na pritisak je klasična metoda koja se primenjuje u građevinstvu, JUS. U. M1. 012. Rađeno je sa betonskim epruvetama oblika kocke $10 \times 10 \times 10$ cm. Otpornost na pritisak je izražena u MPa.

Svaki uzorak betona je bio podvrgnut postupku merenja permeabilnosti (s azotom) pod apsolutnim pritiskom od 1 MPa, na temperaturi od 20°C . Uzorci su bili konzervirani 28 dana na 20°C i 65 % vlažnosti. /4/ Uređaj za merenje permeabilnosti betona konstruisan je u Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine Instituta »Boris Kidrič« — Vinča (sl. 2). Poznato je da se proticanje nekog gasa kroz beton pokorava zakonu Darcy-a sa velikim stepenom aproksimacije. Integrišući zakon Darcy-a po visini i poprečnom preseku (za epruvetu oblika valjka) dobija se koeficijent permeabilnosti:

$$K = \frac{Q \cdot H \cdot \eta}{S \cdot (P - P_0)}; \quad Q = \frac{V \cdot dP_i}{P_m \cdot t}$$

gde su:

- Q — protok gasa (cm^3/s)
- K — koeficijent permeabilnosti (cm^2)
- S — poprečni presek epruvete (cm^2)
- P_0 — apsolutni pritisak (Pa)
- η — viskozitet gasa ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
- H — visina epruvete (cm)
- t — vreme (s)
- P_m — srednji pritisak (Pa)



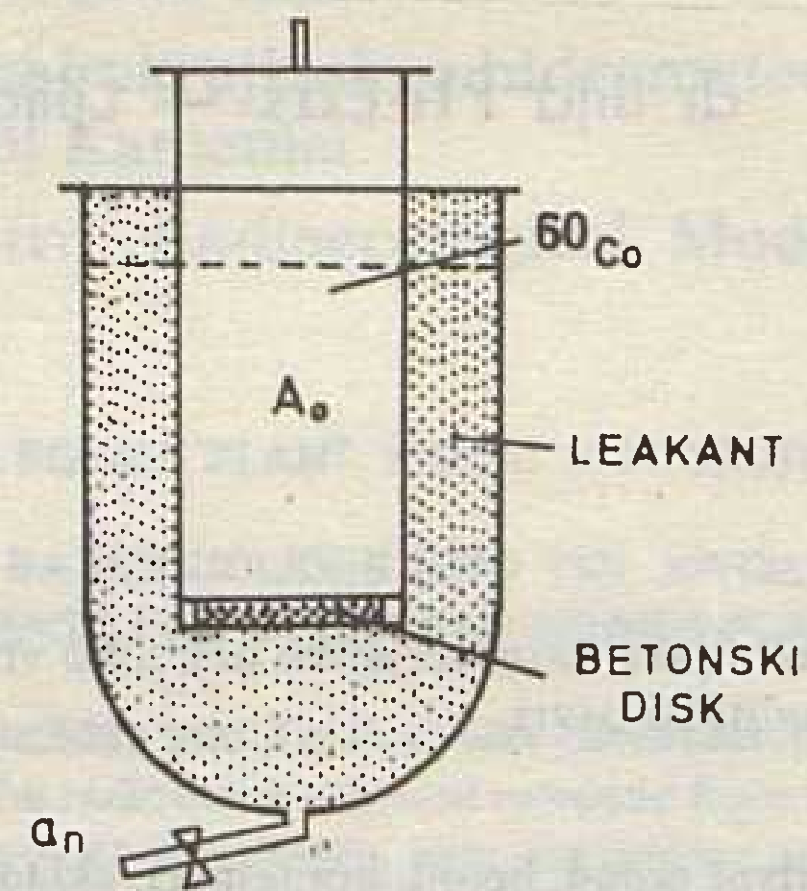
Slika 2. Permeametar

Permeabilnost se izražava u cm^2 ($1 \text{ Darcy} = 10^{-8} \text{ cm}^2$). Betonske epruvete su bile cilindričnog oblika $\varnothing 10$ cm, $H = 10$ cm.

Uređaj za merenje brzine curenja radionuklida kroz betone (LEAKAGE TEST) je takođe konstruisan u IBK-Vinča i prema literaturnim podacima nisu nigde vršeni slični eksperimenti /4/.

Ova originalna metoda omogućava dobijanje prividne slike o mogućnostima betona da ne dozvole ispiranje solidifikovanih otpadnih materija pomoću podzemnih voda /2,3,4/.

Aparatura omogućava simuliranje realnog procesa na betonskim diskovima ($\varnothing 10$ cm, $H = 1$ cm) (sl. 3).



Slika 3. Aparatura za LEAKAGE-test

Rezultati merenja brzine kretanja radionuklida u odgovarajućem vremenskom periodu omogućavaju da se uz veliki stepen aproksimacije proračuna vreme posle koga možemo očekivati ispiranje radionuklida iz realnog sistema — »inžinjerskih tranšeja«. Vreme koje se očekuje je reda veličine 300-500 godina.

Materijali korišćeni za izradu betonskih epruveta su bili:

- 1) cement: PC-20Z 45 MPa (C_1)
PC-55 MPa (C_2) (Beočinska fabrika cementa)
- 2) pesak i granulat »Moravac« u frakcijama: 0-2 mm; 2-4 mm; 4-8 mm i 8-15 mm
»Standard beton« — Beograd
- 3) voda prema JUS-u
- 4) aditivi: FLUIDAL VX-OC (A_1) i SUPERFLUIDAL (A_2) »Chromos« — Zagreb
- 5) 55,5 MBq CO^{60} /po aparaturi.

Za svaku od kombinacija cementa i aditiva izrađeno je 10 formulacija betona u skladu sa građevinskim propisima o »Granulometrijskom sastavu mešavine agregata«. Sve formulacije betona za kontejnere razređene su na bazi dužnih ispitivanja i u skladu sa normama IAEA. Korišćeni su isključivo domaći materijali, što je od izuzetnog značenja.

Ispitivanje mehaničkih osobina betona i permeabilnosti izvršeno je na svih 40 formulacija, dok je ispitivanje curenja radionuklida kroz betonske uzorke ispitane samo na tri formulacije, koje su posle prve dve optimizacije ocenjene kao najbolje: K III₅; K IV₃ i K IV₉. Formulacije sastava betona prikazane su na tabeli 1.

Tabela 1. 10 sastava betona za kontejnere (računato na 1000 cm³ betona)

Formulacija N°	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Cement (gr)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Pesak										
0-2 mm (gr)	858	626	625	525	692	822	662	525	750	590
Granulat 2-4 mm (gr)	95	69	69	50	75	91	73	50	83	65
Granulat 4-8 mm (gr)	536	576	437	475	423	595	317	450	417	476
Granulat 8-15 mm (gr)	496	715	853	935	794	476	933	960	734	853
Voda (ml)	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Aditiv (ml)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

3. REZULTATI

Rezultati ispitivanja 40 formula smeše betona za izradu kontejnera prikazani su na tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja tri najvažnije karakteristike betona za izradu kontejnera

Cement	Aditiv	N°	Otpornost na pritisak (MPa) posle 28 dana	Permeabilnost (cm ²) posle 28 dana	Brzina curenja radion (cm/dan) posle 300 dana
C ₁	A ₁	KI			
		1	42,1	4,69 · 10 ⁻¹²	
		2	47,6	6,50 · 10 ⁻¹²	
		3	48,1	6,60 · 10 ⁻¹²	
		4	43,4	1,48 · 10 ⁻¹²	
		5	43,2	8,16 · 10 ⁻¹³	
		6	40,6	1,50 · 10 ⁻¹³	
		7	37,0	8,94 · 10 ⁻¹³	
		8	40,0	8,16 · 10 ⁻¹³	
		9	47,0	6,05 · 10 ⁻¹³	
10	42,0	9,38 · 10 ⁻¹³			
C ₂	A ₂	KII			
		1	44,4	2,68 · 10 ⁻¹³	
		2	36,8	1,04 · 10 ⁻¹³	
		3	46,3	7,61 · 10 ⁻¹³	
		4	46,0	8,20 · 10 ⁻¹³	
		5	44,6	9,71 · 10 ⁻¹³	
		6	42,3	1,08 · 10 ⁻¹²	
		7	37,0	1,94 · 10 ⁻¹²	
		8	40,0	4,02 · 10 ⁻¹³	
		9	47,0	2,34 · 10 ⁻¹³	
10	42,0	5,21 · 10 ⁻¹³			

Cement	Aditiv	N°	Otpornost na pritisak (MPa) posle 28 dana	Permeabilnost (cm ²) posle 28 dana	Brzina curenja radion (cm/dan) posle 300 dana
C ₁	A ₁	KIII			
		1	44,2	2,80 · 10 ⁻¹³	
		2	44,2	1,15 · 10 ⁻¹³	
		3	49,8	1,17 · 10 ⁻¹³	
		4	44,0	1,28 · 10 ⁻¹³	
		*5	51,2	2,66 · 10 ⁻¹³	8,60 · 10 ⁻⁵
		6	43,0	5,30 · 10 ⁻¹³	
		7	38,0	8,12 · 10 ⁻¹³	
		8	43,4	4,17 · 10 ⁻¹³	
		9	47,5	6,62 · 10 ⁻¹³	
10	43,0	9,38 · 10 ⁻¹³			
C ₂	A ₂	KIV			
		1	43,2	4,30 · 10 ⁻¹³	
		2	47,2	1,07 · 10 ⁻¹³	3,66 · 10 ⁻⁶
		*3	52,0	1,12 · 10 ⁻¹³	
		4	46,2	1,56 · 10 ⁻¹³	
		5	47,4	3,41 · 10 ⁻¹³	
		6	43,0	5,20 · 10 ⁻¹³	
		7	45,0	2,81 · 10 ⁻¹³	
		8	44,0	2,62 · 10 ⁻¹³	1,68 · 10 ⁻⁴
		*9	50,0	4,08 · 10 ⁻¹³	
10	44,1	2,88 · 10 ⁻¹³			

4. ZAKLJUČAK

Svi dobijeni rezultati zadovoljavaju osnovne kriterijume IAEA. Rezultati merenja permeabilnosti su izuzetno solidni, što potvrđuje tezu male poroznosti našeg peska, koja je i te kako značajna u procesu izlaza radionuklida iz solidifikovanih radioaktivnih otpadnih materijala. Brzina curenja radionuklida kroz tri ispitana uzorka betona: K III₅, K IV₃ i K IV₉, ne prelazi 1,70 · 10⁻⁴ (cm/d), što obezbeđuje zadržavanje radionuklida u solidifikovanom mediju preko 300 g. Rezultati prikazani u ovom radu predstavljaju deo do sad obavljenih trogodišnjih ispitivanja betona, na osnovu kojih će se pristupiti projektovanju sistema »inženjerskih tranšėja« za buduće jugoslovensko centralno skladište RAO niskog i srednjeg aktiviteta.

LITERATURA

- [1] I. Plećaš, »Comparative Study of French and Yugoslav Radioactive Waste Forms«, Waste Management '83, Tucson, Arizona, USA, 2, pp 185, 1983.
- [2] I. Plećaš, »Some Important Characteristics of Concrete Containers in Radioactive Waste Package«, XI Regional Congress of IRPA, Vienna 1983.

* Formulacije na kojima su ispitivane sve tri karakteristike.

- [3] I. Plećaš, »Beton of Conteneurs pour Dechets Radioactifs«, Specification Technique, STA/LBR/81-DT-615, CEN SACLAY, France, 1981.
- [4] I. Plećaš, A. Kostadinović, B. Stojanović, »Razrada metoda za ispitivanje permeabilnosti betona i maltera u tehnologiji solidifikacije RAO koji nastaju u radu nuklearnoenergetskih postrojenja«, **Tehnika**, 4, str. 561, 1983.

KEY WORDS: RADIOACTIVE WASTE, CONCRETE, CONTAINERS, STORAGE

SOME IMPORTANT CONCRETE CHARACTERISTICS FOR CONTAINER CONSTRUCTION IN TECHNOLOGY OF RADIOACTIVE WASTE CONDITIONING

In the article are described some mechanical and physical-chemical characteristics of concrete for construction of containers for low and medium active radioactive waste. Characteristics are measured and analyzed.

EINIGE WICHTIGE BETONCHARAKTERISTIKEN FÜR DIE HERSTELLUNG VON CONTAINERN IN DER TECHNOLOGIE DES KONDENZIONIERENS DER RADIOAKTIVEN ABFLUSSMATERIALEN

Es wurden mechanische und physikalisch chemische Charakteristiken von einigen Betonarten für die Herstellung von Containern für die Lagerung des minder und mittelradioaktiven Abflusses gemessen und mit einem analytischen Rückblick beschrieben.

НЕКОТОРЫЕ СУЩЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Механические и физико-химические характеристики нескольких сортов бетона для изготовления контейнеров для хранения отходов с низким и средним уровнем радиоактивности измерены и описаны в статье, включая беглый аналитический обзор.

Naslov pisaca:

dr Ilija Plećaš, dipl. ing.
Ljiljana Mihajlović,
Andreja Kostadinović
Institut za nuklearne nauke
»Boris Kidrić« — Vinča, 11001
Beograd, p. fah 522

Uredništvo primilo rukopis:
1984-04-18

S A V E Z
INŽENJERA
I TEHNIČARA

SITH

HRVATSKE

I. SAVJETOVANJE O OBRAZOVANJU NA TEMU

OBRAZOVANJE ZA VLASTITI TEHNOLOŠKI RAZVOJ

ZAGREB, 27. i 28. lipnja 1985.

PRIJAVA REFERATA DO 20. VELJAČE, A TEKST REFERATA
PREDATI DO 10. SVIBNJA 1985.

BERISLAVIĆEVA 6
41000 Z A G R E B
TEL. (041) 422-932

EKSTREMNE METEOROLOŠKE PRILIKE NA LOKACIJI NUKLEARNE ELEKTRANE

mr Marijana Gajić-Čapka, Zagreb

UDK 629.039.5 : 551.51

PREGLEDNI RAD

Rad obraduje ekstremne meteorološke varijable koje je potrebno poznavati pri evaluaciji meteoroloških karakteristika lokacije. Varijable koje definiraju ekstremne meteorološke prilike jesu temperatura zraka, oborine, brzina vjetra i isparavanje.

Ključne riječi: analiza ekstremnih veličina, Gumbelov model, nuklearna elektrana.

1. UVOD

Meteorološke studije za potrebe projektiranja nuklearne elektrane obavljaju se radi dobivanja podataka za zaštitu okoline i za definiranje projektnih veličina za konstruktivne proračune objekata elektrane.

Podaci za konstruktivne proračune traže praćenje i studij mnogih meteoroloških veličina, kao i meteoroloških pojava. Neke od tih veličina mogu poprimiti vrijednosti koje signifikantno djeluju na sigurnost. U svijetu su izdane smjernice za meteorološke studije u vezi s izgradnjom nuklearnih elektrana. Tako je 1981. IAEA u Beču izdala Safety Guide STI /PUB/ 614 u kojem se daju preporuke zemljama članicama u vezi sa zahtjevom za osiguranje njihove vlastite sigurnosti od nuklearnih elektrana, a koje se odnose na ekstremne meteorološke prilike na lokaciji nuklearne elektrane, izuzimajući tropske ciklone.

Analize ekstremnih vrijednosti meteoroloških parametara moguće je provesti na podacima koji se dobivaju iz redovne mreže meteoroloških motrenja. Pri tome se zahtijeva dugogodišnji niz podataka koji pokriva barem minimalno razdoblje od 30 godina. Katkada je potrebno prihvatiti kraći niz podataka. Međutim, tada konačne procjene ekstrema imaju veću nesigurnost.

Ako na samoj lokaciji nuklearne elektrane ne postoji stanica iz redovne mreže motrenja koja raspolaže dugogodišnjim podacima, odabiru se one u okolici elektrana čiji podaci su najreprezentativniji za meteorološke uvjete tražene lokacije. Ti podaci upotpunjuju se komparacijom s istovrsnim podacima dobivenim kao rezultat meteoroloških mjerenja i motrenja u kraćem vremenskom razdoblju na samoj lokaciji nuklearne elektrane. Time je omogućeno dobivanje slike o ekstremnim meteorološkim prilikama u »normalnoj« klimi na traženoj lokaciji.

U konkretnom slučaju koji je prezentiran u ovom radu, proveden je proračun ekstrema s podacima o vjetru, temperaturi zraka, oborini i snijegu koji se odnose na opservatorij Zagreb — Maksimir koji pripada osnovnoj mreži meteoroloških stanica SR Hrvatske i na specijalnu meteorološku stanicu Oborovo na lokaciji buduće nuklearne elektrane.

Podaci o brzini vjetra odnose se na 3-sekunde perioda maksimalnih udara vjetra. Podaci o maksimalnoj i minimalnoj dnevnoj temperaturi zraka odnose se na nivo klasične meteorološke kućice na 2 m iznad tla. Podaci o količini oborine svedeni su na 24-satni period i u ovoj analizi za potrebe osnova projektiranja obrađuju se maksimalne dnevne vrijednosti. Utjecaj pojave snijega na sigurnost objekta ovisi o visini snježnog pokrivača i gustoći snijega. Opterećenje koje oni daju na površinu (kg/m^2) kvantitativna je karakteristika uzeta za procjenu ekstremnih snježnih prilika.

Na lokaciji nuklearne elektrane Prevelika specijalna meteorološka stanica radi od 1. 12. 1974. Maksimalne i minimalne dnevne temperature zraka i maksimalne dnevne količine oborine obrađene su za razdoblje 1975-1982. za stanice Oborovo i Zagreb — Maksimir te istovrsni podaci iz 30-godišnjeg razdoblja 1953-1982. za opservatorij Zagreb — Maksimir. Za analizu maksimalnih udara vjetra uzeti su podaci Oborova iz razdoblja 1975-1982. i uspoređeni s istovrsnim podacima na opservatoriju Zagreb — Grič gdje postoji potreban 30-godišnji niz podataka o vjetru, kojim se ne raspolaže u Maksimiru.

Procjena ekstremnih snježnih prilika za potrebe sigurnosti objekta nuklearne elektrane dakle maksimalnog opterećenja zbog snježnog pokrivača provedeno je samo za Zagreb — Maksimir u razdoblju zima 1962/63. do zime 1982/83. bez podataka u 1973/74. i 1974/75. Na specijalnoj meteorološkoj stanici Oborovo ne mjeri se gustoća snježnog pokrivača, pa stoga

nije bilo moguće provesti procjenu sadržaja vode u snježnom pokrivaču (mm) odnosno opterećenja zbog snijega (kg/m^2) na samoj lokaciji elektrane. Međutim, zbog sličnosti klimatskih prilika u lokalitetu Maksimira i Oborova rezultati procjene mogu se upotrijebiti za NEP. Zbog otvorenosti terena vjerojatnost padanja snježnih oborina u lokalitetu buduće NE Prevlaka nešto je veća nego u Maksimiru.

Prema napatku /4/, 8-godišnja meteorološka mjerenja na lokaciji vezana su na mjerenja u meteorološkoj mreži za razdoblje od 30 godina. Provedene su teorijske procjene očekivanih ekstremnih temperaturnih, vjetrovnih i oborinskih prilika. Na temelju postojećih podataka temperature vode rijeke Save i istovremenih meteoroloških veličina relevantnih za isparavanje proračunata je njegova ekstremna vrijednost u promatranom razdoblju.

Radi računanja statistike ekstrema utvrđena je jedna ekstremna vrijednost za svaku godinu u promatranim razdobljima za sve odabrane varijable osim isparavanja i tako nastali nizovi ekstrema korišteni su za izračunavanje.

2. PROCJENA EKSTREMNIH VRIJEDNOSTI

Analiza ekstremnih vrijednosti meteoroloških varijabli provedena je pomoću statističke analize historijskih događaja radi procjene ekstremnog događaja koji za danu vjerojatnost neće biti premašen.

U analizi ekstrema temperature, oborine, snijega i vjetra za potrebe sigurnosti nuklearne elektrane Prevlaka korišten je Gumbelov model /2/, /4/.

U svrhu njegove primjene određivane su sljedeće veličine:

- 1) parametar lokacije
- 2) parametar skale
- 3) procjena ekstremne veličine X za dani povratni interval T (odnosno vjerojatnost P ili reduciranu varijantu y)

$$X = \alpha \beta y$$

$$y = -\ln(-\ln P(x)) = -\ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right)$$

- 4) varijantu od x , odnosno standardnu devijaciju od x $\text{var}(x) = qQ_n$

gdje je q_2 faktor proporcionalnosti a

$$Q_n = (A_n y^2 + B_n y + C)^2$$

A, B, C su konstante za dani n .

- 5) efikasnost E prilagođavanja teorijske krivulje empiričkim podacima

$$E = \frac{Q_0}{N \text{ var}(x)}$$

Teorijska krivulja koja daje procjene ekstrema dana je dvostrukom eksponencijalnom krivuljom oblika

$$p(x) = \exp \{ - \exp [- (x - \alpha) / \beta] \}.$$

Ucrtavajući na papiru vjerojatnosti ekstrema za svaku procjenu varijable x vrijednosti x i σ , dobivaju se gornje granice povjerenja. One predstavljaju vrijednost koju neće premašiti 84 % događaja s određenim srednjim povratnim intervalom (sl. 1-5).

Gumbelov model daje linearnu vezu između varijable x i reducirane varijate y te omogućava da slučajna varijabla ide u beskonačnost. U prirodi ne postoje energetske mogućnosti za takvu pojavu, tako da u ovom modelu nastaju greške. Greške u Gumbelovom modelu su utoliko veće ukoliko je veći povratni period /3/. One se javljaju u smislu precjenjivanja očekivanih vrijednosti za dulje povratne intervale, što daje određenu sigurnost za korisnika. Procjene ekstrema za potrebe sigurnosti nuklearne elektrane traže se za kraće povratne intervale, pa ih ima smisla tražiti prikazanim modelom.

2.1. Rezultati

Proračunate teorijske raspodjele ekstremnih vrijednosti odabranih meteoroloških parametara prikazane su na »papirima vjerojatnosti ekstrema« pravcima. Na osi apscise nalazi se reducirana varijata y (linearna skala) i uz to vjerojatnost $P(x)$ te povratni interval $T(x)$ (dvostruka logaritamska skala na koju se nanose vrijednosti varijable x). Uz teorijske krivulje na sl. 1-5 ucrtane su i empiričke vrijednosti (križići).

Kada su procjene bazirane na kraćim nizovima podataka kao što su oni s kojima se raspolaže na lokaciji Oborovo, malo je vjerojatno da prikazuju one vrijednosti koje treba očekivati u »normalnoj« klimi tog područja. Kraći nizovi meteoroloških elemenata omogućuju dobivanje samo slike klimatskih prilika tog kratkog vremenskog razdoblja. Potrebno je raspolagati duljim nizom meteoroloških motrenja koji bi obuhvatio što više klimatskih varijacija mogućih na promatranom području i na temelju njih napraviti procjenu ekstrema. Proračunate teorijske krivulje daju tada ekstreme za razne povratne intervale koje treba očekivati u normalnoj klimi.

Da bi se procjene ekstrema provedene pomoću Gumbelovog modela na kratkom nizu Oborova svele na teorijske procjene ekstrema u normalnoj klimi, najprije su procijenjeni ekstremi za Zagreb — Maksimir u 8-godišnjem razdoblju 1975-1982. koje odgovara razdoblju Oborova, a zatim u 30-godišnjem nizu 1953-1982. Pretpostavlja se da se razlike koje se pojavljuju u procjenama između ova dva razdoblja u Maksimiru mogu primijeniti na Oborovo. Naime, pretpostavlja se da su isti fizikalni faktori koji su kod Zagreb — Maksimira uzrokovali razlike kod ekstrema između kratkog i dugog niza utjecali i na ekstremne prilike Oborova jer se nalazi u istom klimatskom području. Prema tome, kad bi na toj lokaciji postojali »dugi« nizovi motrenja, vjerojatno bi za njih proizašle procjene ekstrema korigirane za isti iznos kao i kod Zagreb — Maksimira. Zato su razlike (Δ) u procjeni ekstrema maksimalne i minimalne

temperature zraka, maksimalnog udara vjetra i maksimalnog opterećenja od snijega, te kvocijenti (k) u procjeni maksimalne dnevne količine oborina između kratkog i dugog niza dobiveni za Zagreb — Maksimir, primijenjeni i na procjene ekstrema u kratkom razdoblju za Oborovo. Rezultati tako dobivenih procjena ekstrema koje treba očekivati u »normalnoj« klimi Oborova prikazani su na sl. 1-5.

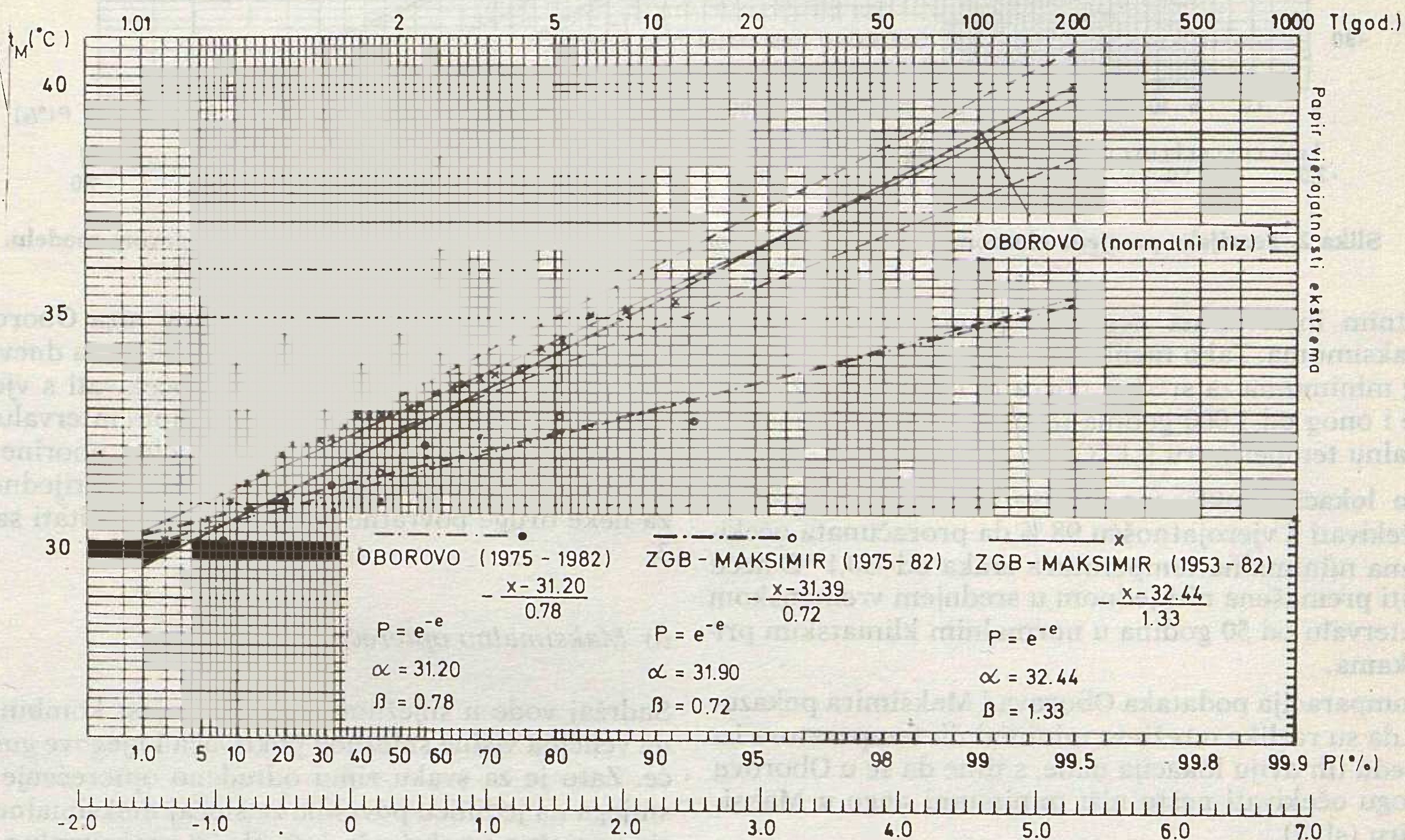
Za procjene ekstrema odabranih meteoroloških parametara u Maksimiru, a na temelju dugogodišnjeg niza, izračunati su intervali povjerenja $t \pm \sigma$. Oni predstavljaju granice unutar kojih će pasti 68 % događaja koji imaju pojedine srednje povratne intervale. Kao što se vidi sa sl. 1-5, za veće povratne intervale širi se interval povjerenja.

Efikasnost E , tj. mjera prilagodavanja teorijske razdiobe ekstrema empiričkim podacima, to je slabija, što se radi o većem povratnom intervalu.

a) Maksimalne temperature zraka

Razlike Δ ($^{\circ}\text{C}$) između procjena maksimalnih temperatura zraka za klimu dugog vremenskog razdoblja od 30 godina (1953-1982) i kratkog od 8 godina (1975-1982) za Zagreb — Maksimir poprimaju pozitivne vrijednosti. To znači da je promatrano 8-godišnje razdoblje u smislu maksimalnih temperatura bilo hladnije nego što je to prosječna klimatska karakteristika tog područja. Razlike su to veće što se o dužem povratnom intervalu radi. Na temelju izračunatih razlika korigirane su procjene za kratak niz u Oborovu. Dobivene su vrijednosti maksimalnih temperatura zraka očekivanih na lokaciji nuklearne elektrane u normalnoj klimi i prikazane grafički na sl. 1.

Procjene maksimalnih temperatura u Zagreb — Maksimiru i Oborovu gotovo se ne razlikuju, što ukazuje na stabilnost termičkog režima na tom području.



Slika 1. Teorijske procjene ekstrema apsolutnih maksimalnih temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) prema Gumbelovom modelu

Dakle, prema rezultatima procjene ekstrema Gumbelovim modelom za referentni vremenski interval od 50 godina, očekivani ekstrem iznosi $37,7^{\circ}\text{C}$. Vjerojatnost da ova teorijski procijenjena maksimalna temperatura bude premašena jednom u 50 godina iznosi 2 %. Stabilnost termičkog režima ovog područja (male varijacije istovrsnog temperaturnog parametra, u ovom slučaju maksimalne dnevne temperature zraka) odražava se i u vrijednostima procjena za duge povratne periode. Tako za povratni period od 200 godina može se očekivati ekstrem od samo 2°C viši u odnosu na 50-godišnju očekivanu maksimalnu vrijednost.

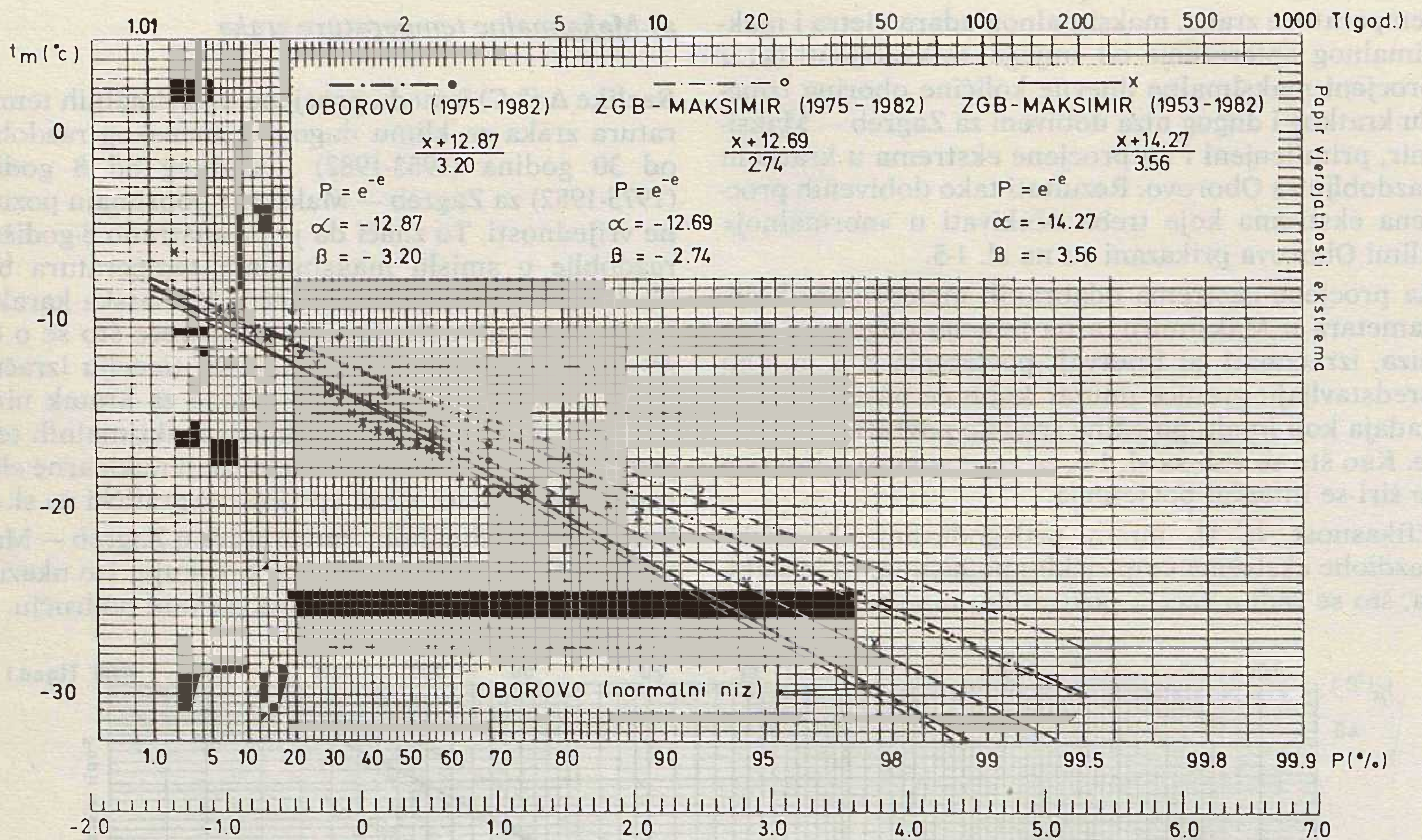
One najveće vrijednosti maksimalnih temperatura koje se prema teoriji mogu očekivati jednom u T go-

dina u termičkom režimu promatrane lokacije mogu se očitati sa sl. 1.

b) Minimalne temperature zraka

Procjenu najnižih minimalnih temperatura važno je odrediti jer se time, uz poznavanje očekivanih maksimuma temperature, dobiva raspon unutar kojeg se može očekivati javljanje temperaturnih ekstrema za pojedine srednje intervale.

Veće varijacije minimalnih temperatura od maksimalnih odražavaju se i na bržem padu minimalnih temperatura od kraćih prema duljim srednjim pov-



Slika 2. Teorijske procjene ekstrema apsolutnih minimalnih temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) prema Gumbelovom modelu.

ratnim intervalima nego što je porast očekivanih maksimuma. Tako razlika između teorijski očekivanog minimuma za srednji povratni interval od 2 godine i onog od 1 000 godina iznosi $26,3^{\circ}\text{C}$, a za maksimalnu temperaturu $9,1^{\circ}\text{C}$.

Na lokaciji nuklearne elektrane Prevlaka može se očekivati s vjerojatnošću 98 % da proračunata očekivana minimalna temperatura zraka od $-30,1^{\circ}\text{C}$ neće biti premašena niti jednom u srednjem vremenskom intervalu od 50 godina u normalnim klimatskim prilikama.

Komparacija podataka Oborova i Maksimira pokazuje da su razlike u režimu minimalnih temperatura između tih dviju lokacija male, s time da se u Oborovu mogu očekivati nešto niži minimumi nego u Maksimiru (sl. 2).

c) Maksimalne dnevne količine oborine

Oborina pripada među vrlo varijabilne elemente u prostoru i vremenu. Promjenjivost u prostoru je to veća što se radi o količinama oborine koje padnu u kraćem vremenskom razdoblju (dan, sat, minuta).

Usporedba podataka maksimalnih dnevnih količina oborine Zagreb — Maksimira i Oborova iz kratkog niza pokazuje da su u Oborovu iz godine u godinu izmjereni niži ekstremi i da se o najvećoj međusobnoj razlici radi kod najvećeg ekstrema. Može se očekivati da će se sličan odnos zadržati između ovih lokacija i u duljem razdoblju. Stoga su koeficijenti (k) između procjena maksimalnih dnevnih količina oborine Zagreb — Maksimira za dugi i kratki niz podata-

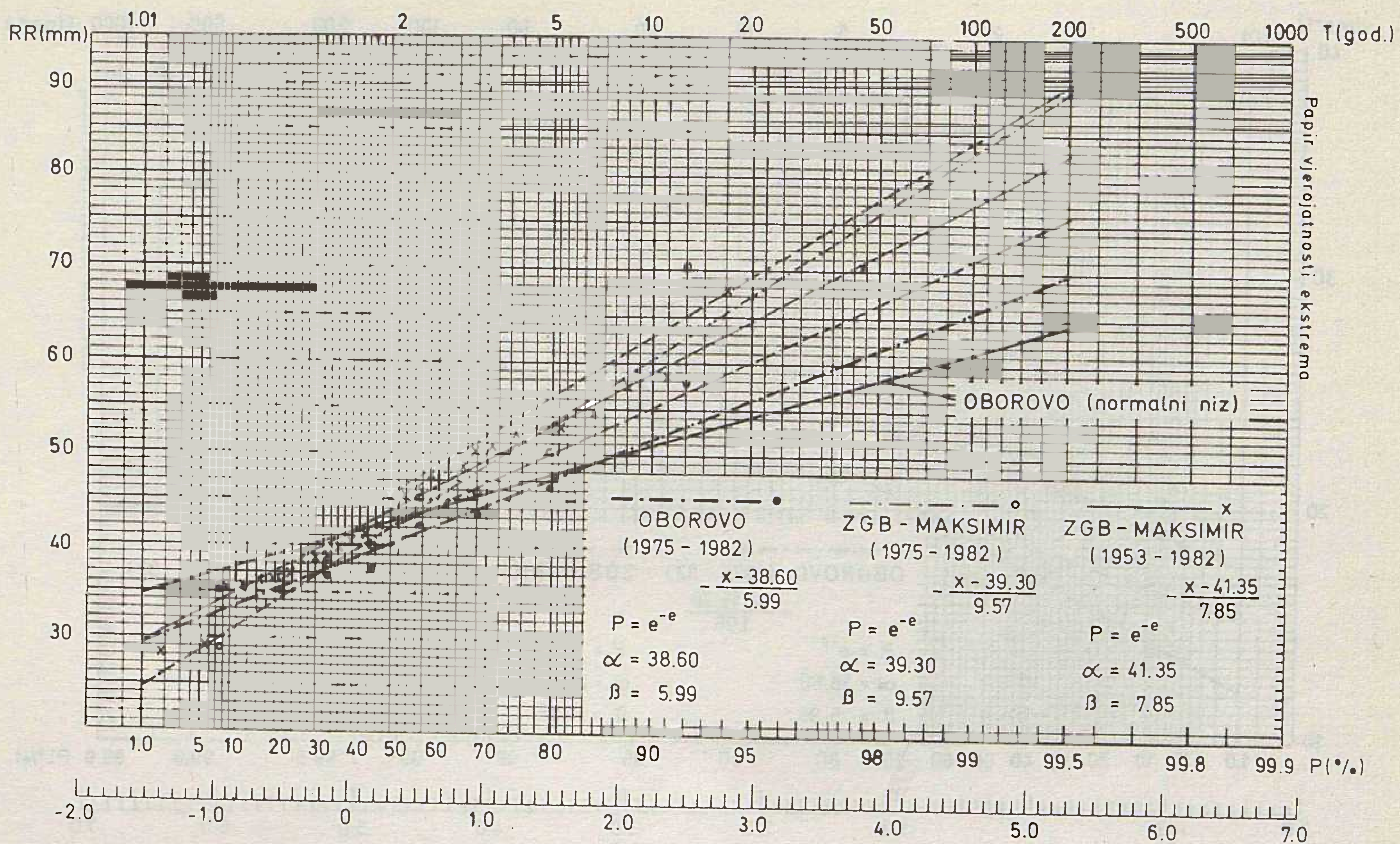
ka primijenjeni za korekciju kratkog niza Oborova. Tako se u prosječnim oborinskim prilikama dnevnih količina oborina u Oborovu može očekivati s vjerojatnošću 98 % da u srednjem povratnom intervalu od 50 godina maksimalna dnevna količina oborine od 58,2 mm neće biti premašena. Očekivane vrijednosti za neke druge povratne periode lako je očitati sa sl. 3.

d) Maksimalno opterećenje od snijega

Sadržaj vode u snježnom pokrivaču jest kombinirana veličina visine snježnog pokrivača i njegove gustoće. Zato je za svaku zimu određeno opterećenje od snijega na jedinicu površine za slučaj maksimalne visine snježnog pokrivača i za slučaj maksimalne gustoće snijega. Kao maksimalno opterećenje od snijega za pojedinu zimu izdvojena je veća vrijednost od izračunata dva podatka.

Procjena maksimalnog opterećenja od snijega provedena je na temelju 19-godišnjeg niza podataka Zagreb — Maksimira i daje sliku jednog parametra ekstremnih snježnih prilika u normalnoj klimi područja u koje se uklapa i lokacija nuklearne elektrane Prevlaka.

U analiziranom nizu posebno se izdvaja jedan podatak. To je maksimalno opterećenje od snijega određeno u zimi 1980/81. koje iznosi $164,9\text{ kg/m}^2$ i znatno odstupa od prosječnog maksimalnog opterećenja ($S = 39,1\text{ kg/m}^2$) koje se javlja na tom području. Ispitivanje kvalitete tog podatka dovelo je do spoznaje da se radi o situaciji kada je pala kiša na snježni pokrivač koji se i dalje zadržao. Time se povećala gusto-



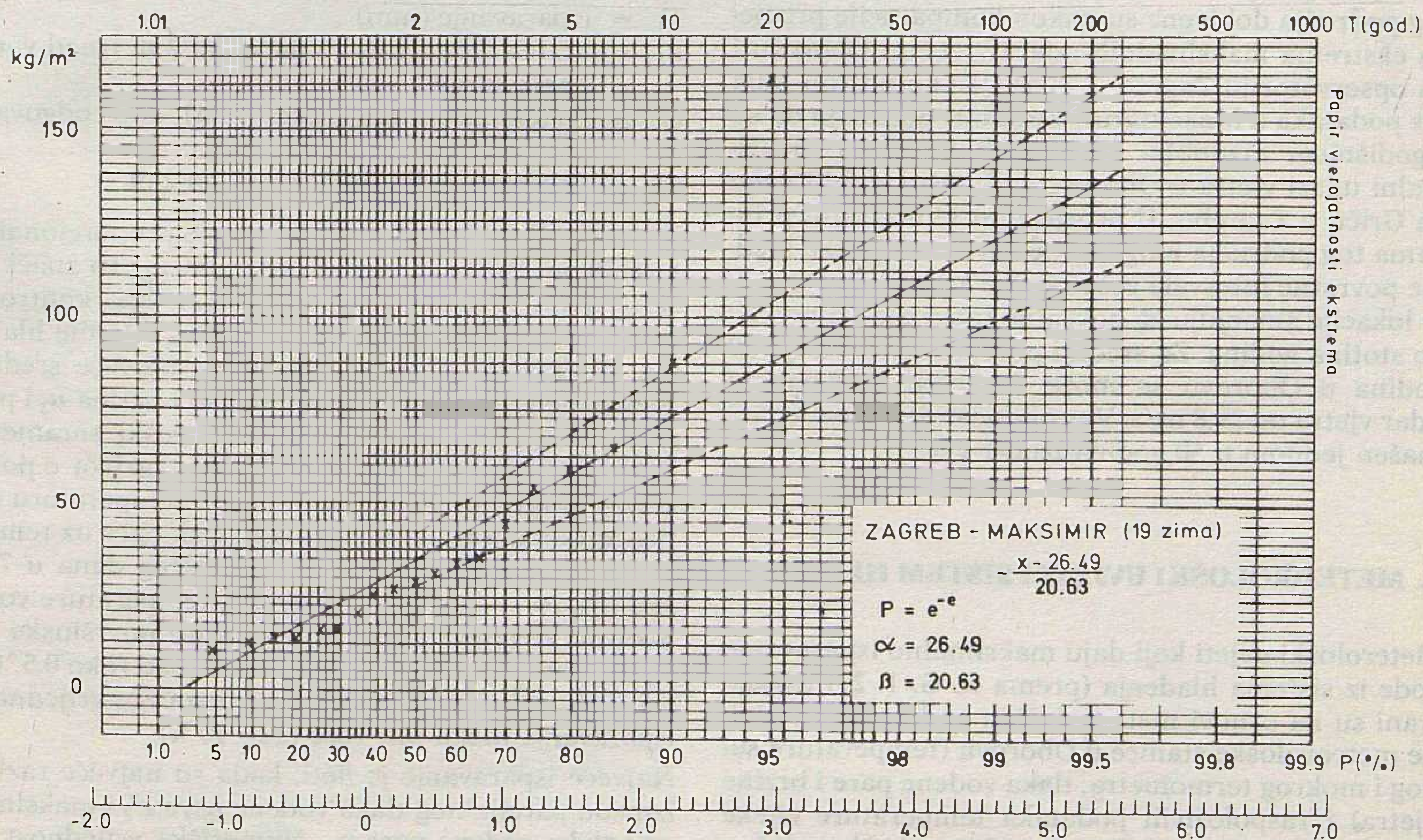
Slika 3. Teorijske procjene ekstrema maksimalnih dnevnih količina oborine (mm) prema Gumbelovom modelu

ća snijega i snježni pokrivač je znatno opterećivao podlogu. Dakle, s ovakvim situacijama treba računati iako se javljaju rijetko. Prema provedenom proračunu ovakvo opterećenje se javlja jednom u srednjem povratnom intervalu od oko 820 godina.

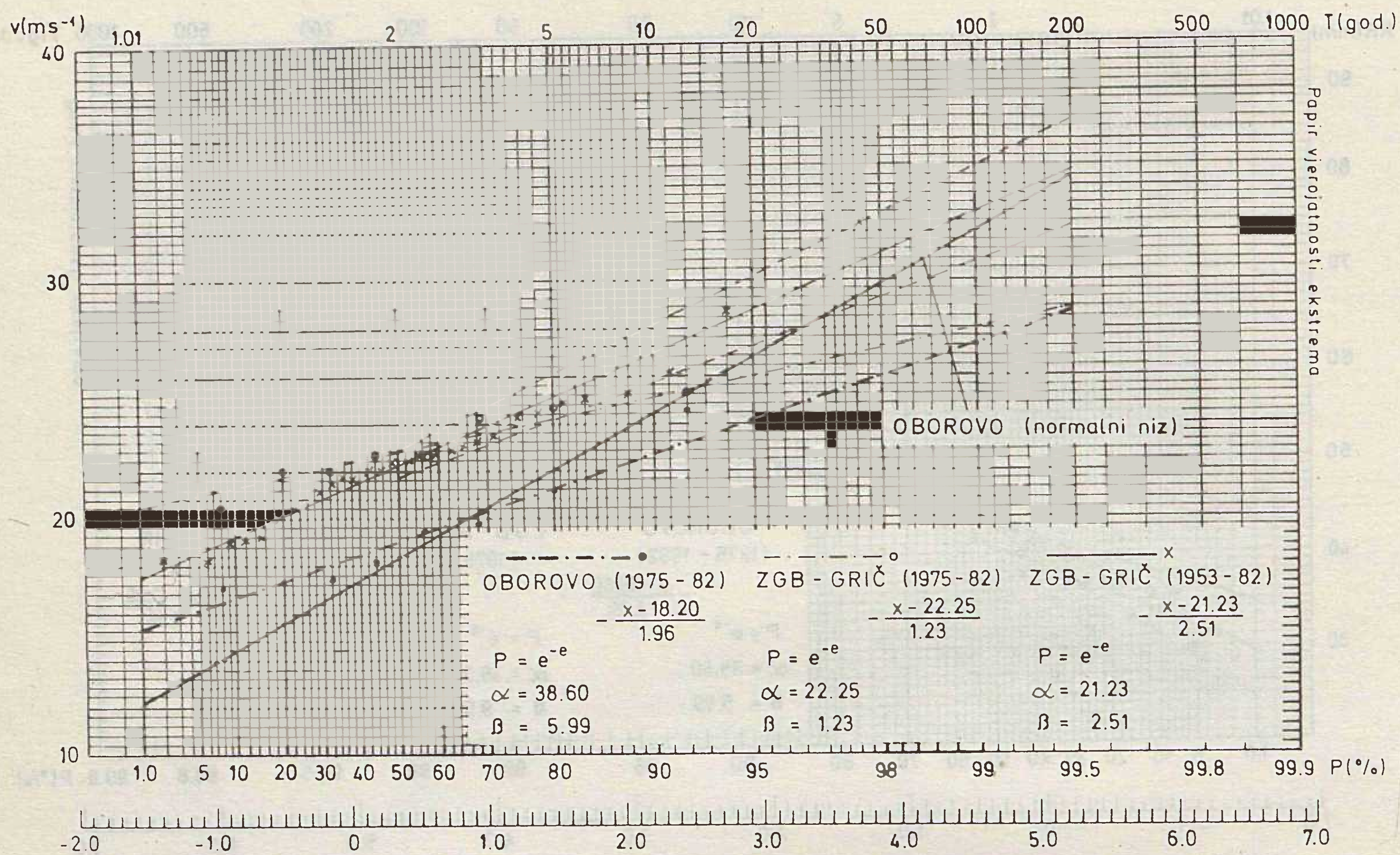
Budući da je utvrđena realnost tog podatka, on je uključen u proračun, a rezultati procjene maksimal-

nog opterećenja zbog snijega prikazani su na sl. 4.

Maksimalno opterećenje od snijega veće od 100 kg po kvadratnom metru površine može se očekivati već za srednji povratni interval od 36 godina. Za $T = 50$ godina opterećenje iznosi prema teorijskoj procjeni 107 kg/m².



Slika 4. Teorijska procjena ekstrema maksimalnog opterećenja od snijega (kg/m²) prema Gumbelovom modelu



Slika 5. Teorijske procjene ekstrema maksimalnih udara vjetra (m/s) prema Gumbelovom modelu

e) Maksimalni udari vjetra

Podaci o maksimalnim udarima vjetra odnose se na najveće 3-sekundne brzine vjetra registrirane u pojedinoj godini.

Teorijske procjene za Oborovo u »normalnoj« klimi tog područja dobivene su nakon komparacije procjena ekstrema maksimalnih udara vjetra u Oborovu i na opservatoriju Zagreb — Grič (jer ne postoji dugi niz podataka u Maksimiru). Rezultati pokazuju da su 8-godišnjem razdoblju specijalnih mjerenja maksimalni udari vjetra u Oborovu bili nešto slabiji nego na Griču u Zagrebu. U prosječnim klimatskim prilikama tog područja mogu se očekivati za kratke srednje povratne intervale veće razlike koje se za ove dvije lokacije smanjuju za povratne intervale od nekoliko stotina godina. Za srednji povratni interval od 50 godina u Oborovu se može očekivati maksimalni udar vjetra od 29,8 m/s. Vjerojatnost da on bude premašen jednom u 50 godina iznosi 2 %.

3. METEOROLOŠKI UVJETI I SISTEM HLAĐENJA

Meteorološki uvjeti koji daju maksimalno isparavanje vode iz sistema hlađenja (prema R. G. 1. 27) razmatrani su na osnovi meteoroloških podataka specijalne meteorološke stanice u Oborovu (temperature suhog i mokrog termometra, tlaka vodene pare i brzine vjetra) i raspoloživih podataka temperature rijeke Save kod Rugvice (6 km uzvodno od Oborova) u razdoblju IV-IX mjesec 1975-1982.

Prema WMO, Technical Note No 83, isparavanje s vodene površine može se odrediti metodom prijenosa mase, pomoću jednadžbe koja glasi:

$$E_L = 0.13 (1 + 0.72 u_2) (e_w - e'_2)$$

gdje je

- E_L = isparavanje (mm)
- u_2 = brzina vjetra (ms^{-1}) na visini 2 m iznad vodene površine
- e_w = maksimalni tlak pare (hPa) koji odgovara temperaturi površinske vode
- e'_2 = tlak pare zraka (hPa) na visini 2 m.

Iz te relacije slijedi da je isparavanje proporcionalno s razlikom $\Delta e = e_w - e'_2$ i brzinom u_2 . To znači da se te dvije veličine mogu promatrati kao kontrolni parametri za isparavanje. Za kritično vrijeme hlađenja sistema od 30 dana tražene su najveće srednje 30-dnevne vrijednosti razlika Δe kao i brzina u_2 i promatrani istovremeni ostali meteorološki parametri. Kod izračunavanja srednjih dnevnih razlika e podatak e'_2 odnosi se na srednju dnevnu temperaturu dotičnog dana, a e_w na maksimalni tlak pare uz temperaturu površinske vode Save sljedećeg dana u 7,30 sati ujutro kada postoje mjerenja temperature vode. Stvarne srednje dnevne temperature površinske vode nešto su više od jutarnjih vrijednosti (oko 0.5°C u prosjeku u VII i VIII mjesecu) zbog čega vrijednosti isparavanja mogu biti veće (oko 10 %).

Najveće isparavanje je ljeti, kada su najveće razlike između parcijalnog tlaka vodene pare e'_2 i maksimalnog tlaka vodene pare e_w . Numerička vrijednost tih razlika može biti i nekoliko puta veća od srednjih

brzina vjetra, pa, prema tome, razlika parcijalnog tlaka vodene pare kod temperature površinske vode s većom težinom pridonosi isparavanju nego strujanje zraka. Taj je parametar izdvojen kao osnovni indikator isparavanja, izračunavan je za svaki dan i određivani su njegovi klizni 30-dnevni srednjaci. Na osnovi takve statističke obrade izdvojene su situacije kada je srednja 30-dnevna razlika tlakova vodene pare bila najveća u toplom dijelu godine u razdoblju 1975-1982. To je 30-dnevno razdoblje 1.-30. VIII 1977, kada je srednja razlika $e_w - e'_2$ iznosila 13,3 hPa; istovremena srednja brzina vjetra na 2 m iznad tla bila je $1,4 \text{ ms}^{-1}$. Srednje dnevne brzine mjerene su na visini 12 m iznad tla, zbog čega je odgovarajuća vrijednost u na 2 m iznad tla određena pomoću izraza

$$u_2 = \frac{\left(\frac{2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{12}{z_0}\right)} u_{12}$$

gdje je »hrapavost« nad površinom vode uzeta $z_0 = 0,05 \text{ cm}$. Uz ove podatke isparavanje s vodene površine iznosi 103,7 mm, tj. litara po kvadratnom metru u navedenih 30 dana.

4. ZAKLJUČAK

Provedeno ispitivanje pokazalo je potrebu i opravdanost provođenja meteoroloških mjerenja na samoj lokaciji nuklearne elektrane. Tek komparacija dugogodišnjih nizova meteoroloških podataka sa stanice koja pripada redovnoj meteorološkoj mreži i kratkoročnih mjerenja in situ daje pravu sliku o prosječnim klimatskim prilikama lokacije nuklearne elektrane.

Ekstremne meteorološke prilike Oborova odnosno NE Prevlaka uklapaju se u ekstremni režim koji se u »normalnoj« klimi može očekivati na lokaciji Zagreb — Maksimira. U temperaturnim prilikama razlike su malene, što je posljedica stabilnosti termičkog režima na tom području.

Oborinski režim vezan je za veću prostornu promjenjivost. Za slučaj maksimalnih dnevnih količina oborine procjene za Oborovo su nešto niže nego za Zagreb — Maksimir. Procjena maksimalnog opterećenja od snijega provedena je na podacima Zagreb — Maksimira i daje sliku jednog parametra ekstremnih snježnih prilika u normalnoj klimi područja u koje se uklapa i lokacija NE Prevlaka.

U prosječnim klimatskim prilikama za kratke srednje povratne intervale mogu se očekivati veće razlike u vrijednostima maksimalnih udara vjetra između Oborova i Zagreb — Griča, dok se one smanjuju za povratne intervale od nekoliko stotina godina.

Postojeći niz meteoroloških podataka na lokaciji, kao i istovremeni podaci o temperaturi rijeke Save

omogućili su dobivanje prve informacije o isparavanju, parametru koji je potrebno poznavati radi rješenja sistema hlađenja.

LITERATURA

- [1] Gajić-Čapka M., 1984: Prethodni sigurnosni izvještaj za NE Prevlaka. Regionalna i lokalna meteorologija, RHMZ SRH, Zagreb
- [2] Gumbel, E. J., 1958: Statistics of Extremes, Columbia University Press, New York.
- [3] Jenkinson, A. F., 1969: Statistics of Extremes, Chapter 5 of »Estimation of Maximum Floods«, Technical Note No 98, WMO-No 233, TP 126, WMO, Geneve.
- [4] Safety Guide, 1981: Extreme Meteorological Events in Nuclear Power Plant Siting, Excluding Tropical Cyclones. IAEA, Vienna.
- [5] Smith, K., 1975: Principles of Applied Climatology, London.
- [6] World Meteorological Organization, 1966: Some Methods of Climatological Analysis. Technical Note No. 81, WMO-No 199 TP 103, Geneve.

KEY WORDS: EXTREME VALUE ANALYSIS, GUMBEL MODEL, NUCLEAR POWER PLANT

EXTREME METEOROLOGICAL CONDITIONS IN NUCLEAR POWER PLANT SITING

This article deals with the extremes of meteorological variables for the purpose of determining the design bases. For evaluating extreme meteorological variables at nuclear power plant siting at Prevlaka, data collected over a long period of time (30 years) at observatory Zagreb-Maksimir are accomplished by making comparisons with similar data obtained as a result of an on-site short-term (8 years) meteorological data collection. The variables characterizing the meteorological environment dealt with in this article are air temperature, precipitation wind speed and evaporation.

EXTREME METEOROLOGISCHE WETTERBEDINGUNGEN AUF DEM GEBIET DES KERNKRAFTWERKES

Die Arbeit behandelt extreme meteorologische Variablen die man bei der Evaluation der meteorologischen Lokations-charakteristiken kennen sollte. Die Variablen durch die extreme meteorologische Bedingungen definiert werden sind: Lufttemperatur, Niederschläge, Windstärke und Verdunstung.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В работе рассматриваются предельные метеорологические переменные, познания которых необходимы при оценке достоинства метеорологических характеристик местоположения. Переменными, определяющими предельные метеорологические условия, являются: температура воздуха, осадки, скорость ветра и испарения.

Naslov pisca:

mr Marjana Gajić-Čapka
Republički hidrometeorološki
zavod SRH
Centar za meteorološka
istraživanja
41000 Zagreb, Grič 3

Uredništvo primilo rukopis
 1984-10-23

UKRATKO O PUBLIKACIJI »RAZVOJ ELEKTRIFIKACIJE HRVATSKE«

Javna elektrifikacija počinje na tlu današnje SR Hrvatske početkom devedesetih godina prošlog stoljeća, no električna rasvjeta u industrijskim pogonima zasjala je mnogo ranije. Prošlo je dakle već jedno stoljeće što se služimo blagodatima elektrike, ali put koji je doveo do nuklearke i 400 kV mreže nije bio bez muke i poteškoća.

U Zajednici elektroprivrednih organizacija Hrvatske odlučili su obilježiti ovu stogodišnjicu izdavanjem dviju knjiga u kojima je obuhvaćen razvoj elektrifikacije Hrvatske od njenih početaka.

Ova ideja ubrzo je realizirana zahvaljujući upravo Zajednici elektroprivrednih organizacija SRH koja je našla potrebna financijska sredstva, pa je prva knjiga već izašla, a druga je u pripremi.

Izdavanje takve knjige nije lagan posao. Autori vrlo teško dolaze do podataka, naročito do onih koji se odnose na razdoblje odmah poslije rata.

Autori ove publikacije su priznati stručnjaci u elektroprivredi s bogatim radnim iskustvom. Neki od njih podatke za ovu knjigu čuvaju u svojim sjećanjima i svojim bilješkama, pa nije svejedno objavi li se takva knjiga danas ili za nekoliko godina.



Ovom prilikom treba odati puno priznanje odgovornim ljudima u elektroprivredi Hrvatske koji su pokazali veliko razumijevanje za ovu kulturno-historijsku akciju kojom se mladoj generaciji, na jednom mjestu, u sažetom obliku daje, kao što je rekao Vojislav Roksandić, direktor ZEOH-a u uvodu prve knjige »poticaj za nove napore na izučavanju i primjeni svih ideja koje čovječanstvo vode boljem i sretnijem životu i miru«.

PRIJENOSNA MREŽA SR HRVATSKE U RAZDOBLJU 1990-2000.GODINE

mr Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.316.1

PREGLEDNI RAD

U članku se iznose rezultati ispitivanja perspektivne prijenosne mreže SR Hrvatske. Posebna pažnja posvećena je razradi podloga za mrežu nazivne 1990. godine, jer se za taj presjek opterećenja analizira i pojačavanje mreže 110 kV naponskog nivoa.

Cljučne riječi: SR Hrvatska, prijenosna mreža, izgradnja 1990-2000.

Za pripremu podloga za petnaestogodišnji plan razvoja elektroprivrede SR Hrvatske analizirana je potrebna izgradnja prijenosne mreže u razdoblju 1990-2000. godina. Podređeno svrsi, provedeno istraživanje rezultira *globalnim sagledavanjem* potrebne izgradnje, a točnija i sigurnija planska pozicija pojedinih objekata prijenosne mreže utvrdit će se studijom srednjoročnog plana. Mreža 110 kV ispitivana je za presjek opterećenja koji se očekuje 1990. godine, dok su ostali petogodišnji presjeci promatrani samo kroz opterećenje superponirane 400 kV i 220 kV mreže. Za 2000. godinu rađene su varijante s obzirom na moguće lokacije nuklearne elektrane u Hrvatskoj.

ELEKTROENERGETSKE PODLOGE

Potrebni elektroenergetski podaci razrađeni su za *maksimalnu potrošnju* Hrvatske salgedavanu sa praga elektrana prema strategiji dugoročnog razvoja energetike SR Hrvatske:

1990. godine	2908 MW
1995. godine	3850 MW
2000. godine	4622 MW

Najveća je pažnja posvećena razradi potrošnje 1990. godine jer je svedena na razinu 110 kV mreže: uzele su se u obzir orijentacijske proporcije učešća i faktori istovremenosti koji postoje između potrošnje elektroprivrednih područja Osijeka, Rijeke, Splita i Zagreba i Hrvatske u cjelini te onih koji postoje između logičnih cjelina unutar područja. Tako dobivena potrošnja po područjima raspodijeljena je po postojećim i planiranim čvorištima. Detaljna razrada i noveliranje odnosa potrebnih za takvu razradu su u toku, pa su moguće promjene, no većih odstupanja sigurno neće biti. Što se tiče jalove snage, s obzirom na namjenu ispitivanja, usvojeno je modeliranje potroš-

nje sa $\cos \varphi = 0,95$ na sekundarnoj strani transformacije 110/x kV. Za ispitivanja samo superponirane mreže poslije 1990. godine potrošnja Hrvatske promatrana je kao istovremena. Pri tome su kritički korištene relacije ustanovljene u mreži 1990. godine, a vršena je i kontrola iz aspekta potencijalne 110 kV mreže.

Za 1990. godinu dobivene su navedenom razradom za područja slijedeće veličine, koje dajemo i po strukturi potrošnje, MW:

	Osijek	Rijeka	Split	Zagreb
distribucija	370	404	543	1108
spec./dir. potr.	26	10	317	122
gubici	13	13	27	38
ukupno	409	427	887	1268

Suma ove neistovremene potrošnje elektroprivrednih područja je 2 991 MW, a zbroji li se konačna neistovremena potrošnja po čvorištima 110 kV mreže Hrvatske dobiva se 3 317 MW (koju, uz dodatak 91 MW gubitaka, trebaju zadovoljiti angažirani izvori).

Aktualnost tog predviđanja potrošnje komentirat ćemo iz perspektive *ostvarenja* posljednjih godina. Računajući s predviđenim trendovima porasta potrošnje energije

3,7 % u razdoblju 1980 – 1985.

4,5 % u razdoblju 1985 – 1990.

i u istom iznosu projiciranim na snagu, ocijenjena je prognoza za 1990. godinu na bazi postignute potrošnje (kako je dana u »Mjesečnim izvještajima ZEOH-a«).

Hrvatska (prognoza: 2908 MW)

1980. 2 003 MW što daje u 1990. godini 3 002 MW

1981. 1 988 MW 2 874 MW

1982.	1 985 MW	2 766 MW
1983.*	2 063 MW	2 764 MW

Osijek (prognoza: 409 MW)

1980.	293 MW	što daje u 1990. godini	439 MW
1981.	296 MW		426 MW
1982.	291 MW		404 MW
1983.	296 MW		397 MW

Rijeka (prognoza: 427 MW)

1980.	297 MW	što daje u 1990. godini	446 MW
1981.	290 MW		419 MW
1982.	293 MW		407 MW
1983.	301 MW		403 MW

Split (prognoza: 887 MW)

1980.	596 MW	što daje u 1990. godini	894 MW
1981.	616 MW		887 MW
1982.	595 MW		827 MW
1983.	618 MW		828 MW

Zagreb (prognoza: 1268 MW)

1980.	860 MW	što daje u 1990. godini	1 290 MW
1981.	842 MW		1 217 MW
1982.	868 MW		1 206 MW
1983.	861 MW		1 154 MW

Za dopunu podataka o ostvarenim vršnim snagama navodimo samo za Hrvatsku i ostvarenu potrošnju električne energije (dakle, bez korekcija zbog redukcija)

1980.	11 607 GWh	porast 80/79.	7,46%
1981.	11 860 GWh	porast 81/80.	2,17%
1982.	11 649 GWh	porast 82/81.	1,80%
1983.	12 012 GWh	porast 83/82.	3,11%

Za 1990. godinu prognozirana je tzv. »očekivana« potrošnja 17 450 GWh. S predviđenim trendovima porasta uzevši ostvarenje 1980. godine dobiva se 17 343 GWh u 1990. godini, a s ostvarenjem 1983. godine slijedi 15 974 GWh u 1990. godini.

Te provjere pokazuju neizvjesnost sukladnog ostvarenja prognozirane potrošnje i odgovarajuće godine pa je očito *bolje govoriti o planiranoj »mreži 3 300 MW« nego o »mreži 1990. godine«*, iako je zornije izražavanje godinom. Tu se vezu s odgovarajućom potrošnjom ne smije gubiti iz vida kada se ova nazivna 1990. godina promatra iz današnje perspektive.

Za podmirenje očekivane potrošnje na raspolaganju su u 1990. godini, uz danas postojeće elektrane unutar republičkih granica i one zakupljene, sljedeći novi izvori s instaliranom snagom:

HE Dale	40 MW
HE Dubrava	80 MW
HE Brodarci	10 MW
CHE Obrovac	276 MW
TE Plomin 2	200 MW

*Ovaj maksimum Hrvatske ostvaren je u veljači; u studenom maksimalna je potrošnja bila 1 946 MW, a u prosincu 1 937 MW—no treba uvažiti postojanje redukcija pa bi ove veličine trebalo povećati za 7-10 %.

Do 1995. godine planiraju se

HE Đurđevac	145 MW
HE Manojlovac 2	108 MW
HE Krčić	18 MW
HE Lešće 1	22 MW
HE Lučice	15 MW
HE Prevlaka	950 MW

a TE Plomin 1 (125 MW) se više ne bilancira. Nuklearna elektrana locirana je u Prevlaci. Za potrebe Hrvatske bilancira se sa pola snage — tako da je od 1995. u bilanci Hrvatske po pola snage iz Krškog i Prevlake. Trebat će još izgraditi 600 MW u SRH ili izvan nje: najvjerojatnije 200 MW na ugljen iz Koroča i 400 MW nominalno na Kosovu.

Godine 2000. planiraju se još raspoložive:

HE Primišlje	7 MW
HE Blaževci	12 MW
HE Ključarić	6,8 MW
HE Zvečaj	6,8 MW
HE Damalj	10,3 MW
HE Podsused	41 MW
HE Drenje	30 MW
HE Barč	40,9 MW
HE Krupa	12,2 MW
HE Zbijeg	8 MW
HE Novigrad	21 MW
HE Žegar	6,6 MW
NE III	1 000 MW

Od termoelektrana neće se više bilancirati TE Sisak 1 (210 MW), a prestaje i zakup TE Tuzla IV (220 MW). U Hrvatskoj će se sagraditi još jedna nuklearna elektrana instalirane snage 1 000 MW, čije su alternativne lokacije: u Prevlaci (uz već postojeću), u Slavoniji, u Dalmaciji.

Za ispitivanje mreže izvori su u 1990. godini početno angažirani prema najvjerojatnijem voznom redu iz dosadašnjeg iskustva. Da bi logika zaključivanja bila što koherentnija, takvo početno angažiranje zadržano je i u idućim presjecima potrošnje i dopunjavano potrebnim novim izvorima. Angažiranje izvora je provedeno da bude što nepovoljnije obzirom na prijenosnu mrežu, tj. takvo da naglašava njenu ulogu.

Struktura je tog angažiranja (u MW):

	1990.	1995.	2000.
Zakup van rep. granica ili u participiranju unutar rep. granica	995	1 968	1 786
HE	83	209	209
TE	600	972	790
NE	312	787	787
izvori potpuno za SRH	2 410	1 882	2 836
HE	1 097	881	885
CHE	124	—	—
TE	1 192	1 001	1 001
NE	—	—	950
	3 408	3 850	4 622

U ispitivanjima prijenosne mreže sve su elektrane locirane tamo gdje se one fizički nalaze, pa je utoliko razlika između »prijenosne« i »elektroprivredne« bilance.

Ostali dio Jugoslavije modeliran je za 1990. godinu prema podacima u studiji »Osnovno rješenje prenosne 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije za godinu 1990. uz dopunsko angažiranje 1 800 MW iz bazena Kosova za potrebe republika i Autonomne Pokrajine Vojvodine«, Z. Tonković, Institut za elektroprivredu, Zagreb 1982, a za ostala petogodišta korišteni su i prilagođeni podaci iz studije »Razvoj elektroprivrede Jugoslavije do 1985. godine s osvrtom na 1990. godinu i vizijom 2000. godine«, Elektrotehnički institut »Nikola Tesla«, Beograd 1979. Opterećenje SR Slovenije za 1995. i 2000. godinu razrađeno je prema referatu »Perspektiva razvoja superponirane mreže Slovenije«, Bakića, Pehanija i Plapera, na XVI Savjetovanju elektroenergetičara Jugoslavije, Opatija, 1983.

Ispitivana je *varijanta razvoja sistema bez podrške UCPTE* bilo u djelatnoj bilo u jalovoj snazi.

POSTAVKE I ISPITIVANJA

Za zadano elektroenergetsko stanje prijenosna mreža ispitivanja je i pojačavana da zadovolji uvjet *ispada jednog dalekovoda pri neraspoloživosti najveće proizvodne jedinice u zapadnom dijelu sistema*. Pri tako postavljenom uvjetu naponi u čvorištima moraju ostati u dozvoljenim granicama, instalirane snage transformacije trebaju zadovoljavati, a vodovi ne smiju biti opterećeni preko svoje termičke granice (dane u »Elektroprenosu«, br. 166, decembar 1983). Izvori moraju biti angažirani prema svojim mogućnostima. To se posebno odnosi na proizvodnju jalove snage u naponski reguliranim čvorištima.

Polazna mreža pretpostavljena je prema najnovijim sagledavanjima i tendencijama razvoja i prodiskutirana je u prijenosnim organizacijama.

REZULTATI ISPITIVANJA

Superponirana 400 kV mreža

Superponirana mreža ispitivana je iz dva osnovna aspekta: prijenosa na Zapad (područja Slovenije, Zagreba i Rijeke) te sigurnosti povezanosti splitskog područja. Potreba njezina pojačavanja na teritoriju SR Hrvatske uvjetovana je i tranzitom za Sloveniju, a donekle i izgradnjom u Sloveniji — za koji se ne raspolaze točnijim i noveliranim podacima, pa to relativizira zaključke. U 1990. god. deficit Slovenije je 192 MW, a kasnije do 1 160 MW.

Budući da je ukupni manjak Zapada prema bilanci 1990. godine 401 MW i da se u slučaju ispada NE Krško povećava na 1 025 MW, zbog uvjeta ($n - 1$) u topologiji mreže trebat će pojačati 400 kV mrežu.

Ispitivanja pokazuju da je najkorisnije sagraditi vod Bosna i Hercegovina (Prijevor) — Zagreb kao rezervu vodu Ernestinovo — Zagreb, a donekle i Mostar — Konjsko, te jedan od vodova Krško — Ljubljana ili Melina — Zagreb — prvenstveno jer se ispadom NE Krško gubi na Zapadu veliki izvor jalove snage. Ta su dva voda vrlo konkurentna i prioritet gradnje ostaje otvoren. Načelna ispitivanja pokazuju da je vod Krško — Ljubljana bolje iskorišten u normalnom pogonu, a Melina — Zagreb u najtežem havarijskom slučaju (ispad NE Krško), i to pri snažnijem angažiranju izvora na južnom potezu za drugačiji raspored izvora te se prednosti smanjuju. Ne ulazeći u širu problematiku dalje izgradnje 400 kV mreže Jugoslavije i interkonekcija, u mreži Hrvatske 1990. godine vod Melina — Zagreb u prijenosnom smislu još se ne može smatrati dovoljno opravdanim. Treba još jednom napomenuti: *ovo je izvedeno uz pretpostavku da nema veze sa UCPTE!* Uz zaključak o perspektivnoj potrebi pojačavanja veze Centar — Zapad, što naravno ovisi i o izgradnji proizvodnih kapaciteta i mreže u regijama Centra i Istoka, treba spomenuti da nije svejedno na kojoj se naponskoj razini pojavljuju manjkovi, a može se pokazati da utječe i njihova lokacija: ako se uvjet ispada najveće proizvodne jedinice na Zapadu orijentacijski ekvivalentira s ispadom TE Sisak i TE Rijeka (obe na 220 kV), čime je deficit Zapada 899 MW, moguć je pogon i sa sistemom današnje izgrađenosti.

U **1995. godini** udvostručava se bilancni deficit Zapada, a pojava velikog izvora u području Zagreba (NE Prevlaka) aktualizira izgradnju voda Melina — Zagreb prvenstveno zbog raspodjele snaga na Zapadu u poremećenim stanjima: ispad (nepostojanje) voda Krško — Ljubljana, a naročito ispad Obrovac — Melina (vrlo realno mogućnost duže neraspoloživosti upravo pri maksimalnim opterećenjima, kako to pokazuju padovi dalekovoda prošlih godina). Njegova je potreba još naglašenija pri povećanom prijenosu na Zapad. Ispitivanja pokazuju da će uskoro poslije nivoa opterećenja 1995. godine trebati pojačavati vezu Dalmacije i Hercegovine. U 220 kV mreži trebat će veza Plomin — Vodnjan, no još nije nužna na nazivnom naponu. Vod Konjsko — Brinje uvođenjem u Bilice osigurat će konzum šibenskog područja (274 MW samo direktni i specijalni potrošači!). Detaljnijim analizama trebalo bi utvrditi potrebu potpore južne Dalmacije jednim čvorištem superponiranog napona (Neretva), kako je to predlagano za ovaj nivo potrošnje u nekim ranijim sagledavanjima. Što se tiče interkonekcije 400/220 kV na teritoriju zapadne Hrvatske, ona bi sigurno učvrstila sistem s obzirom na neizvjesnost oko pogona elektrana na tekuće gorivo te mogućih havarijskih situacija u mreži — no perspektiva TS 400/110 kV Zagreb — istok relativizira njezino značenje.

U **2000. godini** dogradnja superponirane mreže ovisi o lokaciji naredne nuklearne elektrane. Izgradnja u Prevlaci, uz postojeću, ne zahtijeva nikakvo pojačavanje mreže, tako da je sa stajališta ulaganja u mrežu takva lokacija najpogodnija. Zapad je sada u deficitu 334 MW — za ostale lokacije deficit se povećava za

veličinu instalirane snage elektrane. Nuklearna elektrana u Dalmaciji traži vod Obrovac-B i H (Bihać) da se skрати put energije prema Zapadu, naročito za slučaj ispada voda Zadar — Melina. Bude li sljedeća nuklearna elektrana u Slavoniji trebat će udvostručiti vezu područja Slavonije i Zagreba i graditi vod prema Vojvodini. To udvostručenje trebalo bi i uz nuklearnu elektranu u Dalmaciji uskoro poslije nivoa opterećenja 2000. godine. U nekim ranijim sagledavanjima (iz 1978) moguća je pojava još jednog čvorišta superponiranog napona u južnoj Dalmaciji (Dubrovnik), čime bi se na tom području zatvorila jedna petlja najvjerojatnije 220 kV napona. Moguće je da će se i na karlovačkom području pokazati potreba 220 kV čvorišta.

Mreža 110 kV

U uvodu je već rečeno da je 110 kV mreža analizirana samo za stanje 1990. godine: za neistovremenu potrošnju 3300 MW na nivou 110 kV čvorišta. Ulazna je pretpostavka da na 110 kV nema razmjene sa susjednim republikama, nego da postoji samo između susjednih područja unutar SR Hrvatske. U ovim analizama nije ispitivana potreba rekonstrukcija mreže zbog dotrajalosti.

Na području **Osijeka** bit će zatvorena zamka Valpovo — Beli Manastir, dok se ona Cementara Našice — Slavenska Požega još može odgoditi. Malo poslije 1990. godine može se pomaknuti izgradnja drugih vodova Đakovo — Slavonski Brod i Ernestinovo — Vinkovci. Što se tiče izgradnje transformatorskih stanica u području Osijeka, radi se o drugim gradskim stanicama: u slučaju Vukovara II u pitanju je samo 110 kV dio postrojenja, Slavonski Brod II u funkciji je rekonstrukcije Slavanskog Broda I kao i napajanja Bosanskog Broda i industrije, a Slavenska Požega II nameće predviđeni razvoj industrije na tom području. Ako se te druge gradske 110 kV stanice ne izgrade, postojeće bi mogle prema svojoj instaliranoj snazi preuzeti cjelokupno opterećenje. Pri ovakvom zaključku nisu ispitivane mogućnosti razvoda energije niženaponskom mrežom. Područje Osijeka dobro je povezano sa superponiranom mrežom i tu ne treba nikakvih pojačavanja.

Na području **Rijeke** primarno je zatvaranje petlje oko Istre, jer se ispadom voda Plomin — Pazin konzum zapadne Istre ne može napajati iz Kopra i Pule. To zatvaranje implicira izgradnju Rovinja kao 110 kV stanice. Za ovaj nivo opterećenja još se može odgoditi gradnja (220) 110 kV voda Plomin — Vodnjan, ali ne daleko nakon 1990. godine. Isto tako se još može odgoditi rekonstrukcija veze Pehlin — Matulji. Od stanice Delnice su preuzele funkciju Vrbovskog, a u pogonu je i druga pulska stanica prvenstveno zbog kvalitete napajanja pulskog konzuma. Veza sa superponiranom mrežom je dobra i nema potrebe za pojačavanjem.

Splitsko područje promatrano je u manjim logičnim konzumnim cjelinama. Na zadarskom području tre-

bat će osigurati teret koji gravitira Zadru (Nin) još jednim vodom iz Obrovca, a sam Obrovac je nužno povezati s pojnom točkom superponiranog napona u RHE Obrovac. Na užem splitskom području trebat će uskoro poslije 1990. godine rekonstruirati vezu Zakućac — Kraljevac. Iz raspodjele opterećenja na potezu Kraljevac. . . Opuzen može se zaključiti da iz energetskih razloga još ne bi trebalo zatvarati zamku vodom Makarska — Kardeljevo, ali je to preporučljivo zbog sigurnosti. Povezanost područja sa superponiranom mrežom je dobra, osim uskog grla u transformaciji HE Zakućac.

Zagrebačko područje ima vrlo nesigurno napajanje.

Poboljšanje takvog stanja ispitivano je gradnjom interkonekcije 400/220 kV načelno u Mraclinu te gradnjom TS 400/110 kV Zagreb — istok. Interkonekcija u Mraclinu praktički anulira posljedice neraspodjelivosti TE Sisak na 220 kV odnosno ispad voda Brinje — Mraclin (gubitak ispomoći riječkog područja, što može značiti i smanjeno angažiranje riječkih elektrana). Nova 400 kV stanica svakako je kvalitetnije rješenje kojom se postiže upravo ono što se želi: rasteretiti postojeću stanicu (TS Tumbri) uz istovremeno mnogo povoljniju raspodjelu u 110 kV mreži i smanjene gubitke sistema. Ipak, ostaje sumnja da je takva investicija preuranjena, pa je rješenje problema otvoreno. Sigurnost napajanja grada Zagreba još bi se u 1990. godini i mogla osigurati trećim transformatorom u postojećoj 400 kV stanici (Tumbri), s kojim bi se u idućem razdoblju formirala nova stanica (Istok). Analizirajući razvod energije iz pojmih stanica grada Zagreba, za povećanje sigurnosti treba uvesti vodove iz Zdenčine i Karlovca II u TS 400/110 kV Tumbri, rješavajući time kvalitetu napajanja i zagrebačkog i karlovačkog konzuma. U sjevernom dijelu područja trebat će nedugo poslije 1990. godine zatvoriti petlju Virje — Virovitica zbog moguće razmjene sa Slavonijom i oterećivanja voda Mraclin — Ivanić u periodima maksimalnih opterećenja i niske Drave. Minimalna izgradnja na užem gradskom području zahtijeva rasterećenje čvorišta TE-TO i Resnik: u minimalnoj izgradnji prema pretpostavljenim opterećenjima najdjelotvornija je nova stanica Centar. Ako materijalni razlozi ne omogućavaju zatvaranje petlje, priključak Centra na El-TO ili TE-TO otvoreno je pitanje: sa stajališta ulaganja kraća je kabela dionica El-TO Centar (3,7 km) od one TE-TO Centar (5,7 km), ali se vezivanjem na El-TO dobivaju dvije stanice serijski spojene na Jarun. Kabela petlja Jarun. . . TE TO ionako neće moći raditi paralelno s nadzemnom, nego će je trebati sekcionirati (kao i petlju preko Rafinerije na sisačkom području). Prema analizama dalji rast konzuma na ovom dijelu i pojavu novih čvorišta kao Žitnjak, trebat će poduprijeti novom 400 kV stanicom. Na sisačkom području potrebno je definitivno riješiti priključak Željezare »teškim« vodovima, kao i vod TS-TE Sisak, a u daljnjem periodu i ojačati sistem uvođenjem voda TE Sisak — Međurić u Kutinu. Za sigurnost konzuma Karlovca II tehnički je najpovoljnije rješenje da se u to čvorište uvede vod Delnice-Tumbri (prije Rakitje).

ZAKLJUČAK

Promatrajući omjer instalirane snage transformacije i ukupnog vršnog opterećenja područja (MVA/MVA) — što može biti *grubi pokazatelj* iskorištenja transformacije, odnosno preostale rezerve u transformaciji, a samo donekle i mogućnosti napajanja potrošača — dobiva se za minimalnu izgradnju 1990. godine slijedeća slika (blok (1) u tablici):

	(1)			(2)		
	instal.	vršno	omjer	instal.	vršno	omjer
	MVA	MW	MVA/MVA	MVA	MW	MVA/MVA
Osijek	829	456	1,73	829	430	1,83
Rijeka	952	559	1,62	952	549	1,65
Split	1 795	990	1,72	1 370,5	735	1,77
Zagreb	2 376	1 312	1,72	2 103	1 190	1,68
Hrvatska	5 952	3 317	1,70	5 254,5	2 904	1,72

Ovakav raspored rezervi u transformaciji (1) pokazuje mnogo izjednačeniju situaciju nego što je to danas. Ovdje je uzeta ukupna vršna potrošnja (zbog mogućnosti usporedbe s ostvarenim rezultatima), no indikativniji je omjer instalirane snage i vršne distributivne potrošnje (MVA/MVA) — blok (2) u tablici — koji pokazuje veće rasipanje po područjima. Radi egzaktnosti treba navesti da je u ovoj distributivnoj potrošnji sadržan i dio specijalnih potrošača koji nemaju posebnu transformaciju. Određenu netočnost unosi i potrošnja JŽ, koja je u omjerima bloka (1) bez snage transformacije. Faktor snage potrošnje pretpostavljen je sa 0,95. Za dalju suptilniju valorizaciju trebat će ispitati rezerve u transformacijama između naponskih nivoa (110/srednji napon kV i 110/10 kV, te srednji napon/10 kV) te diferencirati grad i područje manje gustoće potrošnje. Za Hrvatsku u omjeru je suma neistovremene ukupne (1), odnosno suma neistovremene distributivne potrošnje (2). Za maksimalnu istovremenu ukupnu (2 908 MW) odnosno distributivnu potrošnju (2500 MW) dobiva se odnos 1,98 (1) odnosno 2,00 (2). Netočnosti su kao i u gornjoj tablici. Za ilustraciju rasipanja omjera instalirane snage i ukupne vršne potrošnje dajemo rezultate za 1980. i 1982. godinu (prema »Godišnjaku elektroprivrede SR Hrvatske« i »Mjesečnim izvještajima ZEOH-a«) pretpostavljajući $\cos \varphi = 0,95$ na granici prijenos/distribucija:

	1980.			1982.		
	instal.	vršno	omjer	instal.	vršno	omjer
	MVA	MW	MVA/MVA	MVA	MW	MVA/MVA
Osijek	587	293	1,91	673	291	2,20
Rijeka	644	297	2,06	744	293	2,42
Split	1 450	596	2,31	1 521,5	595	2,43
Zagreb	1 543,5	860	1,71	1 580	868	1,73
Hrvatska	4 224,5	2 003	2,00	4 518,5	1 985	2,16

Na kraju pogledajmo retrospektivno *studije mreže koji su prethodile* ovoj razradi. Na osnovi elektroenergetskih podloga u »Zajedničkom programu razvoja proizvodnje i prijenosa i globalnom programu distribucije i električne energije u Hrvatskoj za razdoblje 1976-1980. godine (Izbor elektrana kontinuiteta)«, ZEOH, 1978. godine, izrađena je studija »Optimiziranje elektroenergetskog sistema Hrvatske — Izbor konfiguracije prijenosne mreže 110-400 kV za 1985. godinu«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979. godine. Maksimalna potrošnja Hrvatske za 1985. godinu tada se predviđala 2 970 MW — pa su, prema tome, rezultati te studije donekle relativni za današnje sagledavanje 1990. godine (2908 MW). Tu studiju i onu iz 1979. razlikuju drukčija metodologija (u smislu formiranja opterećenja čvorišta) i promijenjeni pristup istraživanju razvoja mreže (ispitivanja koliko još postojeća mreža može zadovoljavati; kriterij »minimalne izgradnje«, no neki se zaključci nedvosmisleno potvrđuju prvenstveno u vezi s aspektom superponirane mreže. Na primjer, za prijenos na Zapad od oko 1 100 MW potrebna su za zadovoljenje postavljenog uvjeta (n-2) tri 400 kV voda (uz postojeća tri 220 kV); vod Prijedor — Zagreb počinje sudjelovati u prijenosu na Zapad tek pri deficitu Zapada većem od oko 400 MW (u elaboratu iz 1979. taj je prag nešto viši: oko 600 MW), a njegovu korist za Zapad trebalo bi ispitati s obzirom na njegovu funkciju u sistemu Bosne i Hercegovine, vezu 400 kV Hercegovina — Dalmacija još ne treba pojačavati, potencijalni vod Zagreb — Melina nisko je opterećen, interkonekcija 400/220 kV na području Zagreba još nije potrebna, a sljedeća TS 400/110 kV korisnija je na istoku zagrebačkog područja (nego na zapadu, i ta je prednost to veća što je manja proizvodnja na zagrebačkom području) i u elaboratu iz 1979. godine njezina je potreba sagledana oko 1987, što za današnje novelirano opterećenje znači klizanje od oko pet godina; vrlo je korisno uvođenje 110 kV vodova Vinodol — Rakitje u Tumbri; između splitskog i šibenskog područja nije potreban i četvrti 220 kV vod, itd.

Druga studija koja se odnosila na dugoročni razvoj prijenosne mreže Hrvatske jest »Osnovni pravci razvoja prijenosne mreže za 1995. godinu«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979, a izrađena je na podlozi »Elektroenergetskih osnova za 15-godišnji plan razvoja izgradnje izvora električne energije u Hrvatskoj do 1995. godine, s osvrtom na 2000. godinu«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1979. Maksimalno opterećenje Hrvatske za 1995. godinu tada se sagledavalo 5 665 MW (sada: 3850 MW). U ovoj je studiji utvrđena nužnost 400 kV transformacije na istoku užeg zagrebačkog područja, a pokazuje se i potreba treće stanice ili barem trećeg (rezervnog) transformatora u jednoj od postojećih, interkonekcija 400/220 kV na zagrebačkom području još nije neophodna, (sa stajališta Zagreba) između Dalmacije i Hercegovine su dvije 400 kV veze. Ostali su rezultati vezani za specifičnosti zadatka i nisu usporedivi s ovom studijom.

KEY WORDS: CR CROATIA, TRANSMISSION NET, CONSTRUCTION IN 1990 -- 2000 YEAR

TRANSMISSION NET IN SR CROATIA IN PERIOD FROM 1990 TO 2000 YEARS

In the article are presented results of examination of perspective transmission net in SR Croatia. Special attention is given to base data for net in 1990 year, because for that average consumption is analyzed reinforcement of 110 kV net.

UBERTRAGUNGSNETZ DER SR KROATIEN IM ZEITABSCHNITT VON 1990-2000

In der Arbeit werden die Forschungsergebnisse des zukünftigen Übertragungsnetzes der SR Kroatien behandelt. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Ausarbeitung der Netzunterlagen für das Jahr 1990, weil man für diesen Durchschnitt der Belastung auch die Verstärkung des 110 KV Netzes des Spannungsniveaus analysiert.

СЕТЬ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СР ХОРВАТИИ В ПЕРИОД С 1990 по 2000 гг.

В статье приводятся результаты исследований перспективной сети линий электропередачи СР Хорватии. Особое внимание уделено разработке предложения сети номинального 1990 года, ибо для данного среднего значения нагрузки анализируется также усиление сети 110 кВ уровня напряжения.

Naslov pisca:

mr Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1984-10-12.

	1990	2000
Hrvatska	4 238,5	2 603
Zagreb	1 242,5	880
Split	1 450	525
Rijeka	664	397
Osijek	287	193

U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja perspektivne mreže električnih linija u SRH za razdoblje od 1990. do 2000. godine. Posebno je pozornost posvećena osnovnim podacima za mrežu za 1990. godinu, jer se za to razdoblje analizira prosječna opterećenost i potreba za jačanjem mreže 110 kV. U radu su prikazani rezultati istraživanja mreže za 1990. godinu, jer se za to razdoblje analizira prosječna opterećenost i potreba za jačanjem mreže 110 kV. U radu su prikazani rezultati istraživanja mreže za 1990. godinu, jer se za to razdoblje analizira prosječna opterećenost i potreba za jačanjem mreže 110 kV.

	1990	2000
Hrvatska	4 238,5	2 603
Zagreb	1 242,5	880
Split	1 450	525
Rijeka	664	397
Osijek	287	193

NEKA VLASTITA RJEŠENJA ZAŠTITE I LOKALNE AUTOMATIKE U POSTROJENJIMA 35/10 kV »ELEKTROSLAVONIJE«

Damir Karavidović i ostali, Osijek

UDK 621.316.9

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Opisana je koncepcija centralizirane zemljospojne zaštite primijenjena u distributivnoj visokonaponskoj mreži Elektroslovonije. Iznesen je tehnički opis uređaja za automatsko traženje zemljospoja te dijagram toka centralne zemljospojne zaštite, kao i opis pojedinih elemenata i utjecajnih faktora.

Ključne riječi: zemljospoj, relejna zaštita, distributivna visokonaponska mreža.

1. UVOD

Izgradnja elektroenergetskih sustava s različitim naponskim nivoima nije potisnula stalna nastojanja za modernizaciju sustava zaštite od kvarova na svim naponskim nivoima. Ovaj rad bavit će se zaštitom od zemljospoja i automatikom ponovnog uključanja u razdjelnim mrežama nominalnog napona 10 kV, no neke postavke vrijede i općenito. Pristup pitanjima zaštite i lokalne automatike u postojećoj i budućoj mreži 10 kV sadržavao je kako tehničke kriterije efikasne zaštite, tako i kriterij niske cijene koštanja, potonje zbog velikog broja postrojenja koji bi se njome opremao.

Koncept zaštite od jednofaznih zemljospoja koji ovdje prikazujemo odnosi se na radijalnu, pretežno zračnu, slabo razgranatu mrežu 10 kV u postrojenjima 35/10 kV. Mreža radi s izoliranom neutralnom točkom i karakteriziraju je male kapacitivne struje jednofaznih zemljospoja (max. 3A).

Male kapacitivne struje zemljospoja određuju veću vjerojatnost samogašenja zemljospoja (što pokazuje i praksa), pa se pretpostavlja da će velik broj ovih mreža i u budućnosti raditi s izoliranom neutralnom točkom. Koristilo bi se, naime, osnovno pozitivno svojstvo ovakvog tretmana neutralne točke, a to je samogašenje zemljospoja. Potonje ne zahtijeva izuzetnu brzinu u izdvajanju vode sa zemljospojem iz pogona. Ovo je moment koji je odlučan u koncipiranju selektivne zemljospojne zaštite na razini postrojenja.

Poznato je da u mrežama s izoliranom točkom pravu opasnost čini pojava dvostrukih zemljospoja. Vjerojatnost nastanka razmjerna je drugom stupnju

ukupne dužine vodova mreže, a direktno dužini trajanja pogona sa zemljospojem [L_1 , L_2]. Inače, dvofazni zemljospojevi mogu biti ograničenje za primjenu izolirane neutralne točke mreže tamo gdje se zaštitom ili nadzorom od operativnog osoblja ne može jamčiti otklanjanje zemljospoja u vremenu kraćem od 24 h. U našim uvjetima dužine mreža su takve da se vjerojatnost pojave dvostrukog zemljospoja znatno smanjuje ako se kvar otkloni unutar 2 h [L_4].

Istina, s dužinom trajanja kvara raste vjerojatnost koincidencije istovremenog opasnog približavanja i kvara na stupovima zračne mreže.

Očito da »male« zračne mreže, o kakvima je zapravo riječ, ne izražavaju potrebu vrlo brzog isključenja jednofaznog zemljospoja. Osnovni razlozi su uvjeti za samogašenje i mala vjerojatnost nastupa dvostrukog zemljospoja.

Da bismo imali pouzdane pokazatelje događaja u ovim mrežama 10 kV, konstruirali smo vremenske brojače zemljospoja. Brojali smo samogaseće zemljospojeve po vremenu trajanja, u 9 stupnjeva (0-9 sekundi) u periodu 6 mjeseci proljeća i ljeta.

Statistička obrada dobivenih podataka kaže da ukupan broj kvarova s trajanjem manjim od 1,0 sek. iznosi oko 84 %. Nadalje, unutar 3,0 sek. se samo gasi 98 % zemljospoja. Poslije ovog vremena zemljospojevi uglavnom ostaju i pomoć u gašenju luka može doći za veći broj, beznaponskim pauzama ponovnog uključanja. Trajnih kvarova u mreži bez ponovnog uključanja je oko 1,0 %. Potonja razmatranja i ova statistika naznačila su da se u ovim mrežama može upotrijebiti automatsko selektivno traženje voda u zemljospoju umjesto selektivne zemljospojne zaštite

Vrijeme trajanja	$t_{0.9''}$	$\geq 1''$	$t \geq 2''$	$t \geq 3''$	$t \geq 4''$	$t \geq 5''$	$t \geq 6''$	$t \geq 7''$	$t \geq 8''$
Broj zemljospoja	2102	335	28	23	17	15	14	14	12

pridjeljene svakom vodu, jer s otkrivanjem voda u zemljospoju ne moramo »žuriti«.

Također, da bismo smanjili broj trajnih zemljospojeva, vrijedno je upotrijebiti automatsko ponovno uključenje. Razrađena je centralizirana (jedan uređaj APU za cijelo postrojenje) i decentralizirana (za svaki vod jedan uređaj za APU) shema.

2. CENTRALNA ZEMLJOSPOJNA ZAŠTITA ZA OTKRIVANJE VODA U KVARU

Polazne pretpostavke u stvaranju koncepta primjene centralne zemljospojne zaštite u mreži 10 kV »Elektroslavonije« bile su [L₃]:

- postojeće stanje zemljospojne zaštite u postrojenjima 35/10 kV s malim kapacitivnim strujama koristi samo signalizaciju zemljospoja
- električne prilike u kojima će ove mreže raditi u budućnosti uvjetovat će pogon s izoliranom neutralnom točkom 10 kV.
- u budućnosti će ova postrojenja biti bez stalne posade, a pod daljinskim nadzorom preko nekolicine grupnih signala (prenos UKW-vezama)
- električne prilike za izolaciju mreža (pretežno zračne) ne pogoršavaju se ponešto produženim trajanjem zemljospoja (3-10 sek.), već se zapravo koriste pozitivne osobine ovakvih mreža — samogašenje luka na mjestu kvara.

Bit rješenja zemljospojne zaštite s jednim usmjerenim zemljospojnim relejem i automatikom za izbor voda u kvaru prikazuje sl. 1.

Start izborne logike potječe od prenaponskog releja koji mjeri postojanje nultog napona [U_0]. On se pojavljuje u odnosu na nastanak zemljospoja s vremenskim kašnjenjem koje odgovara mjerenom vremenu samogašenja najvećeg broja jednofaznih zemljospojeva (već spomenuto brojanje u ovakvim mrežama pokazalo je da se radi o vremenu — 3 sek.).

Izborna logika upravlja sustavom releja preko kojih dovodimo jednom usmjerenom zemljospojnom releju od svakog voda $3I_0$ (napon U_0 dobiva direktno).

Kod voda za koga usmjereni zemljospojni relej ustanovi smjer reaktivne energije od sabirnica prema vodu, prestaje izbor te se vod isključuje, odnosno s lokalnom automatikom se izvodi ciklus ponovnog uključjenja (APU).

Ponovno uključjenje s prekidačem voda pod zemljospojem provodi se s dvije sheme:

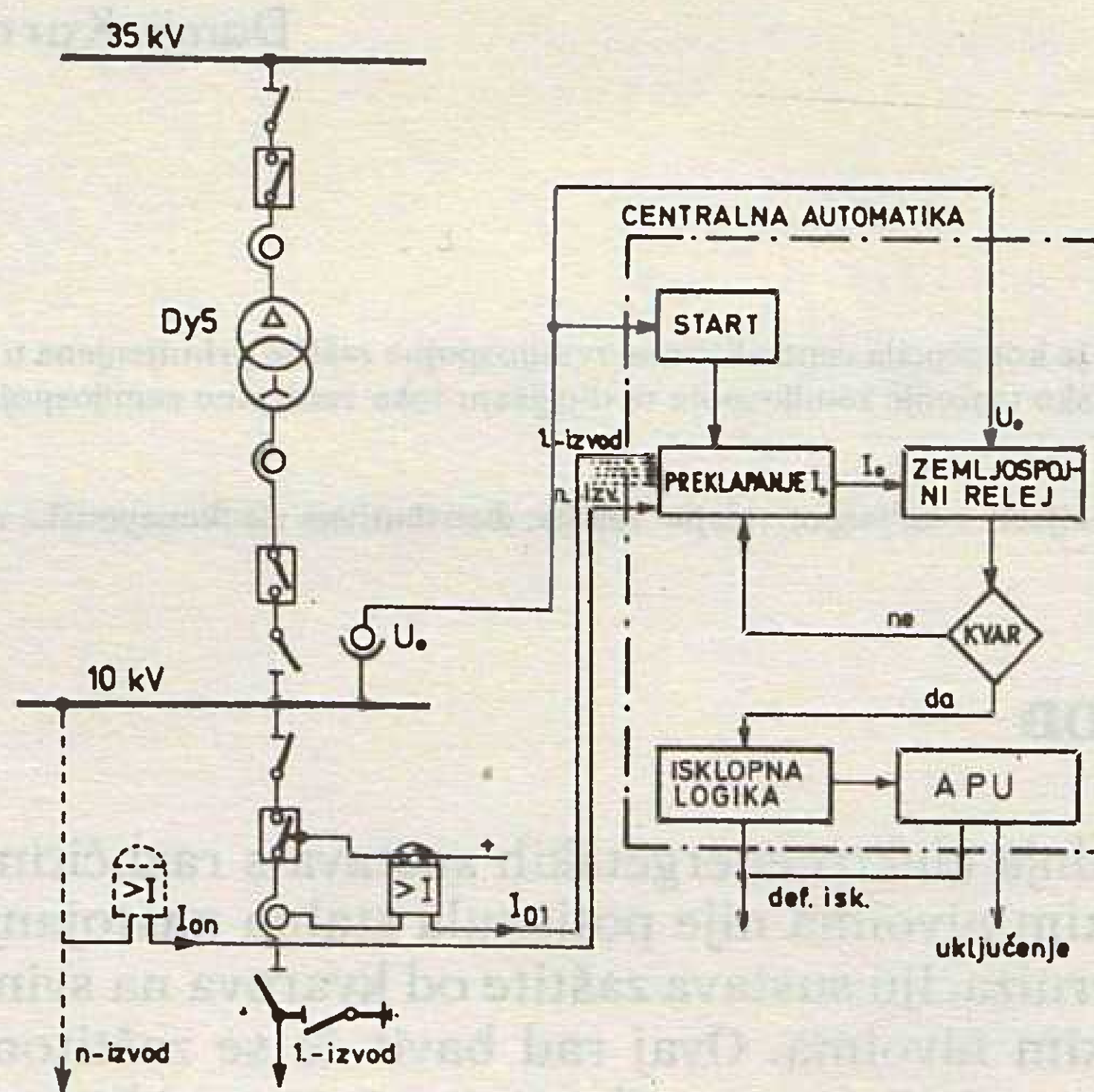
- uređaj za APU pripada svakom polju, ili
- uređaj za APU je zajednički za više polja.

Dogodi li se za vrijeme tretmana zemljospoj na drugom vodu u istoj fazi trajat će dok se završi tretman prvog.

Dogodi li se zemljospoj na drugom vodu u različitoj fazi ostvaruju se uvjeti za proradu nadstrujne zaštite (svaki vod ima), to će na drugom vodu doći do postupka ponovnog uključjenja (kod decentraliziranih ur-

edaja za APU), odnosno do definitivnog isključenja (kod centraliziranog APU).

Kod »centraliziranog« koncepta automatskog ponovnog uključjenja zapravo smo shemu ostvarili s dva uređaja (do sada smo radili s modificiranjem uređaja RU575) za APU. Time smo ostvarili veću fleksibilnost (dio vodova pokriva jedan a druge vodove drugi uređaj) i rezervu u slučaju kvara jednog.



Slika 1.

Zbog ograničenog prostora ne dajemo sheme djelovanja kojima realiziramo koncept centralne zemljospojne zaštite i automatskog ponovnog uključjenja.

3. TEHNIČKI OPIS UREĐAJA ZA AUTOMATSKO TRAŽENJE VODA U ZEMLJOSPOJU

3.1. Uvodna gledanja

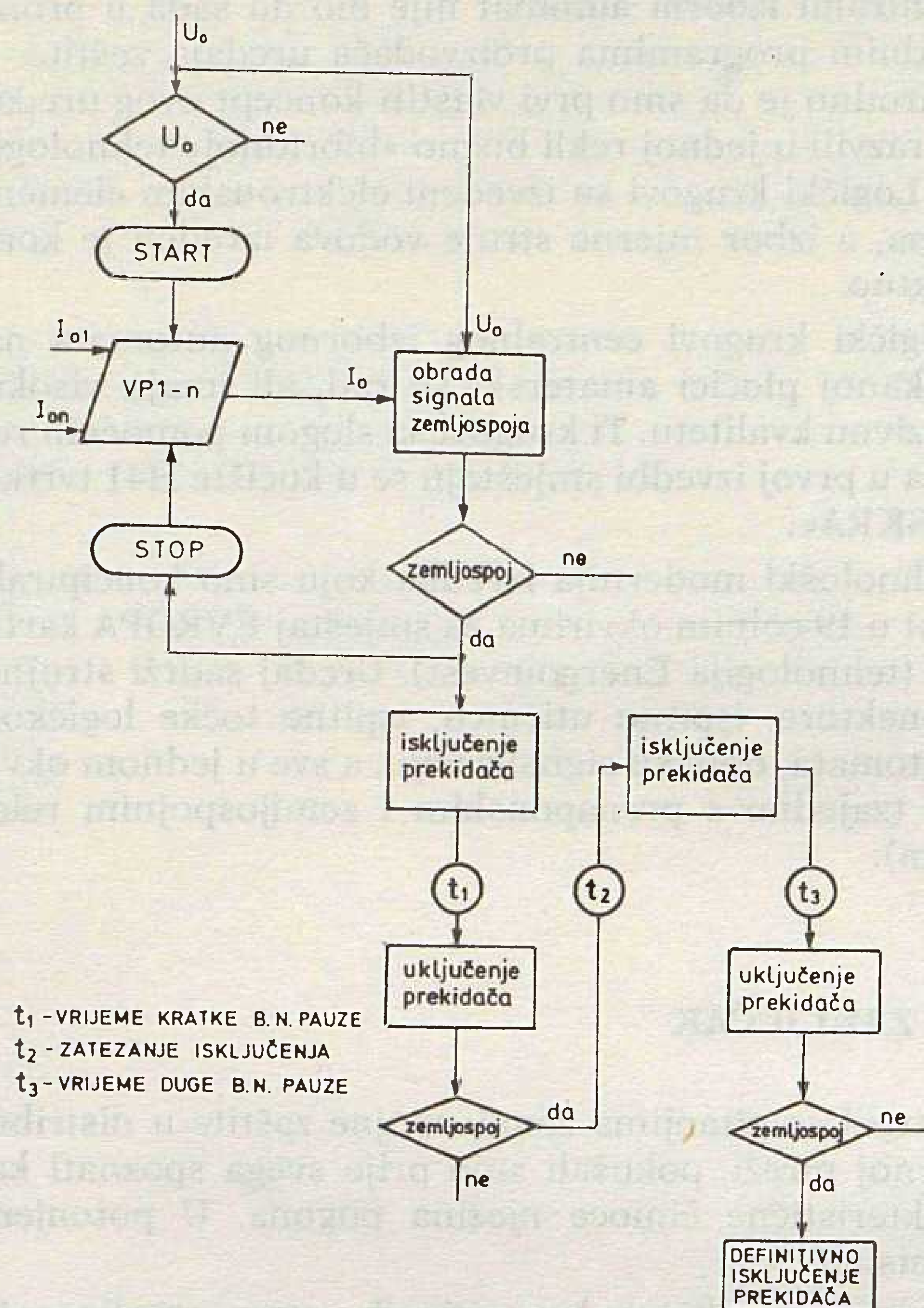
O konceptu centralne usmjerene zemljospojne zaštite već smo govorili, te sada ne bismo ponovo opisivali pristup u razvoju ove zaštite već bi opisali rad izborne automatike s razvojnim imenom CIA.

Prema tome centralnu zemljospojnu zaštitu čine:

- releji za kontrolu napona neutralne točke mreže (U_0),
- centralni izborni automat (CIA),
- usmjereni zemljospojni releji ($U_0 \cdot I_0$).

Dijagram toka rada centralne zemljospojne zaštite prikazuje sl. 2.

Releji za kontrolu napona neutralne točke mreže i usmjereni zemljospojni releji su uređaji koji se standardno pojavljuju u okviru sustava zemljospojne zaštite te ih posebno nećemo opisivati, već ćemo u ovom opisu detaljnije obraditi centralni izborni automat (CIA).



Slika 2.

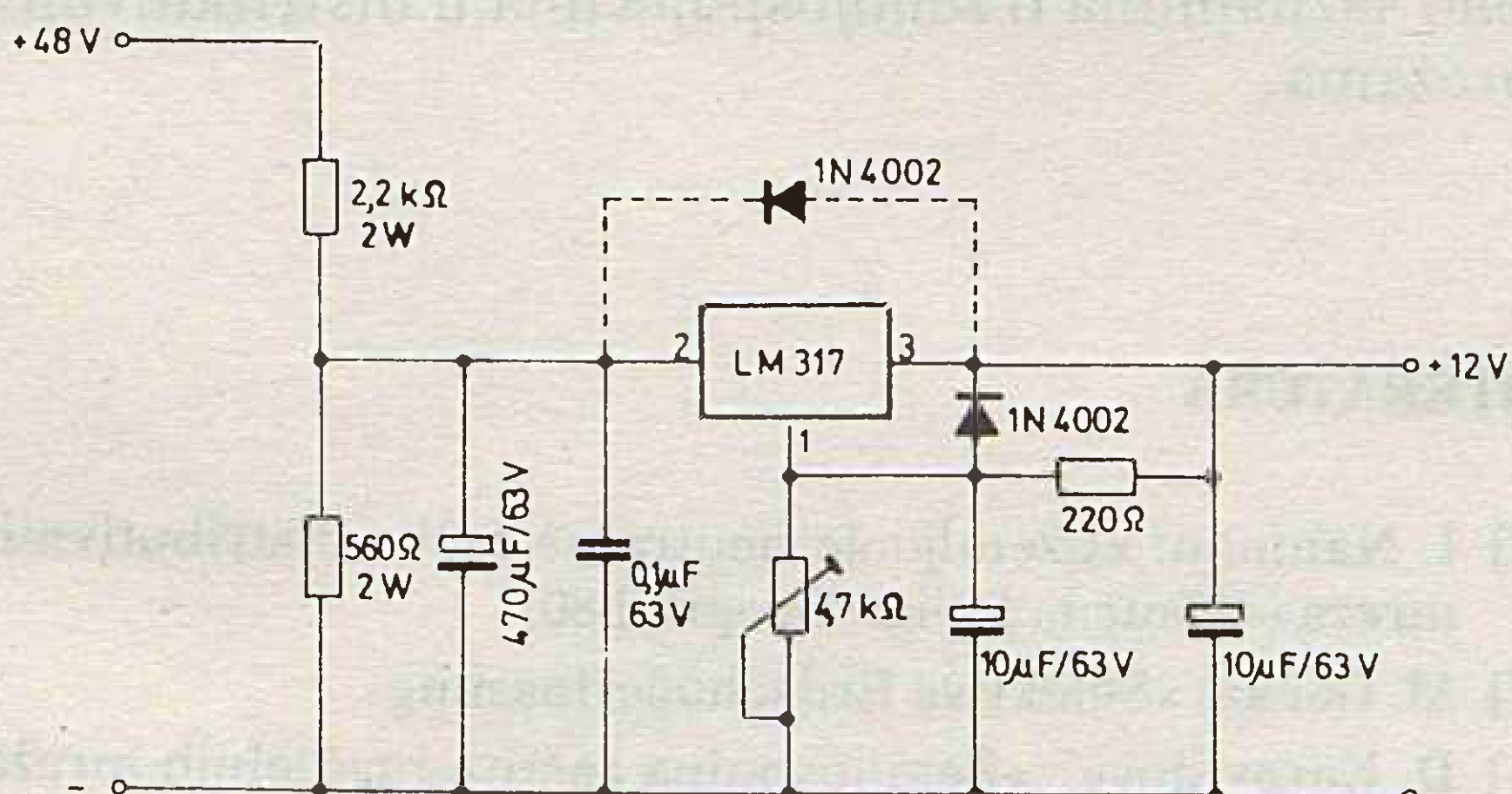
3.2. Opis elemenata centralnog izbornog automata

Osnovni elementi centralnog automata su:

1. napojna jedinica,
2. logički krug automata,
3. slog pomoćnih releja.

3.2.1. Napojna jedinica

Radni napon logičkog kruga izbornog automata je 12 V = pri maksimalnom opterećenju od 20 mA. Pomoćni istosmjerni napon prisutan u postrojenju smanjuje se otpornim djeliteljima, a potom stabilizira integriranim stabilizatorom napona (sl. 3).



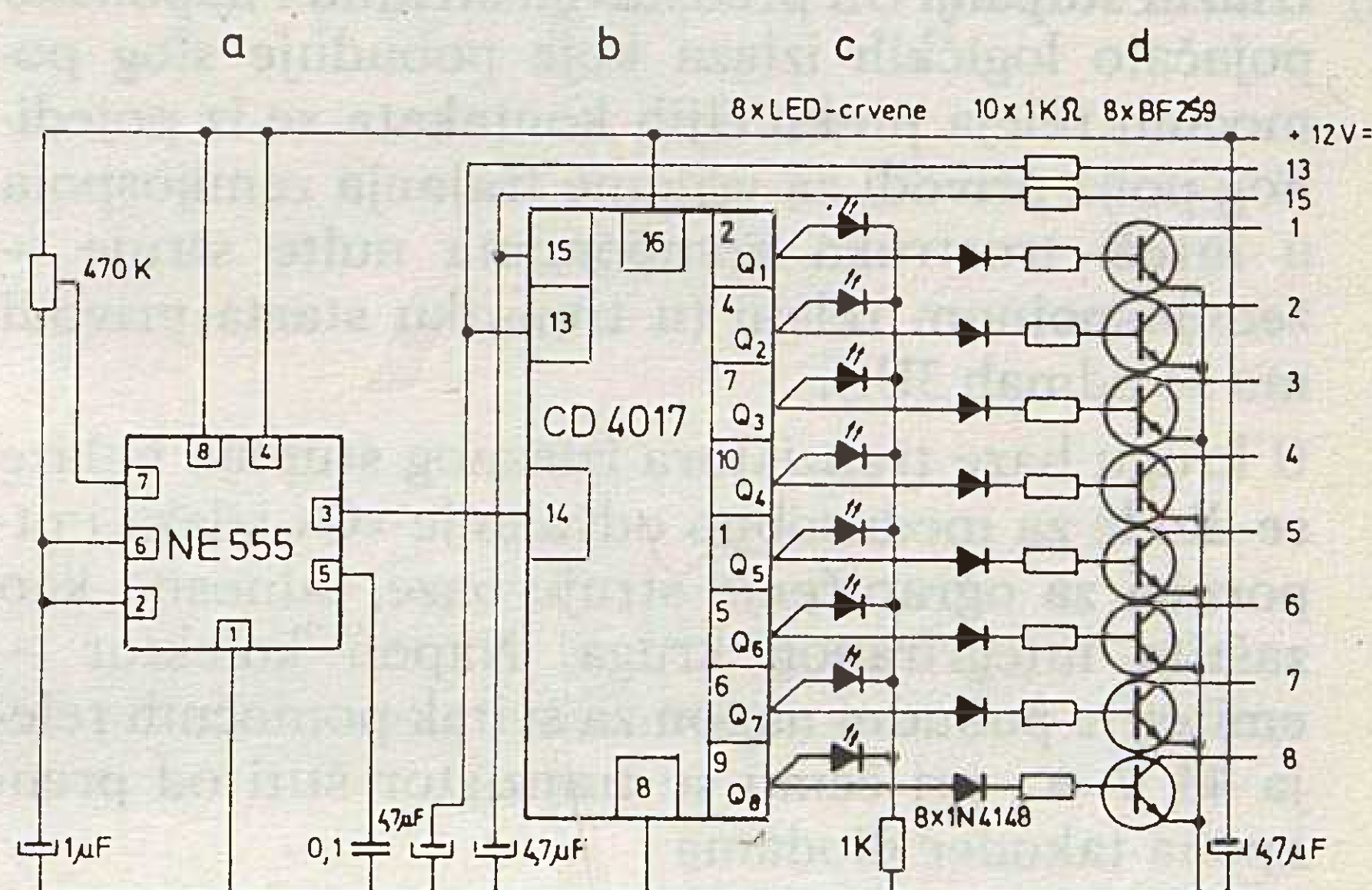
Slika 3.

Izlazni napon ugada se trimmer-potenciometrom, a zbog male disipacije integriranog kruga kao hladilo koristi se mala aluminijska pločica.

3.2.2. Logički krug automata

Logički krug izborne automatike smješten je na tiskanoj pločici na kojoj su smješteni svi elektronički elementi za ostvarenje logičkih funkcija izbornog automata. Elemente po ulozi možemo podjeliti u sljedeće grupe (sl. 4):

- a) generator taktnog impulsa,
- b) dekadski djelitelj,
- c) optički indikator,
- d) izlazni stupanj.



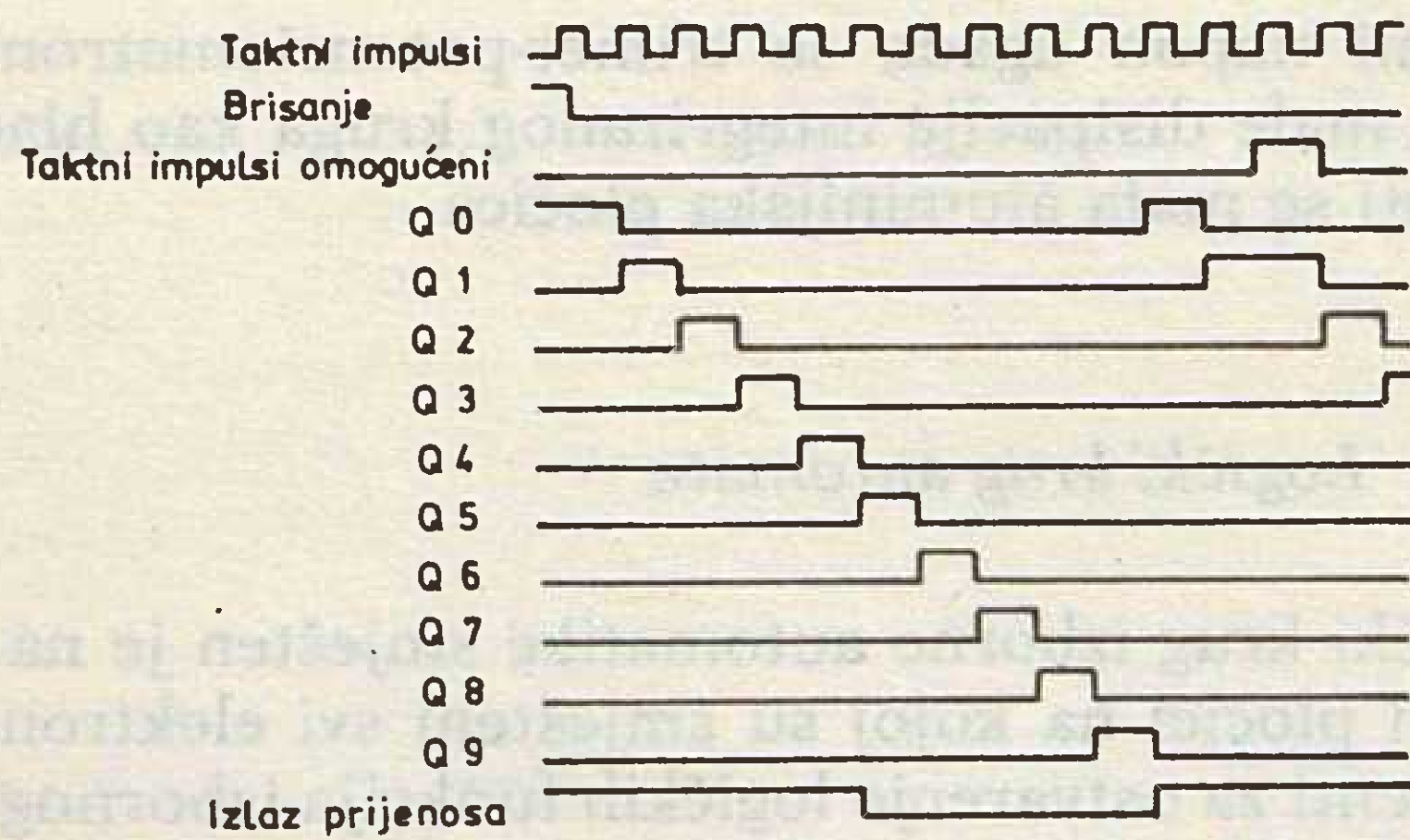
Slika 4.

- a) **Generator taktnog impulsa** ostvaren je integriranim krugom NE 555 u spoju astabilnog multivibratora. Perioda takt impulsa određena je kondenzatorom kapaciteta 1 μ F i trimmer potenciometrom od 470 KΩ. Ovaj period može se izabrati unutar opsega 0,2 — 2,0 sek. Izabrani generator osigurava jednostavni spoj s dekadnim djeliteljem (ne treba međustupanj), a i vrlo pouzdan.

Generator je stalno u radu od trenutka kada mu se privede napajanje.

- b) **Dekadski djelitelj CD 4017.** Rad djelitelja vezan je za start cjelokupne automatike prema dijagramu toka. Izlazi djelitelja omogućuju privođenje (preko sloga pomoćnih releja) struje I_0 od štice vodova prema usmjerenom zemljospojnom releju. Rad djelitelja zaustavlja se »shvaćanjem« usmjerenog zemljospojnog releja da je kvar na vodu čiji mu je I_0 trenutno priveden. Trajanje jednog nivoa nekog od »Q« izlaza djelitelja određeno je periodom takta impulsa, a unutar njega mora se obaviti mjerenje zemljospojnog releja. Oscilogram rada dekadskog djelitelja prikazuje sl. 5.

Rad djelitelja je u funkciji i kada je impuls »starta« posljedica kvara na više vodova, ali se zaustavlja na prvootkrivenom, sve do eliminacije njegove identifikacije (rad zemljospojnog releja), nakon čega traži drugi vod.



Slika 5.

- c) **Optički indikator.** Ostvaren LED-diodama na »Q« izlazima djelitelja, omogućuje vizualno praćenje rada izborne automatike (sl. 4).
- d) **Izlazni stupanj.** On predstavlja strujno i naponsko pojačalo logičkih izlaza koje pobuđuje slog pomoćnih releja preko čijih kontakata se iz pojedinog polja privodi za vrijeme trajanja zemljospoja u mreži trostruka komponenta nulte struje — zemljospojnom releju (u trenutku starta privodi mu se odmah $3U_0$).

U krugu baze tranzistora izlaznog stupnja nalaze se diode za međusobno odvajanje »Q« izlaza i otpornici za ograničenje struje baze, odnosno kao zaštita integritetnog kruga. Napon kolektor — emiter je pobudni napon za svitak pomoćnih releja $48\text{ V} =$, pri čemu se tranzistor štiti od prenapona također diodama.

3.2.3. Slog pomoćnih releja

Iz dosadašnjeg izlaganja već je proizašla funkcija sloga pomoćnih releja koji su zapravo izlazi izbornog automata. Koriste se uobičajeni pomoćni releji PR 59, napona koji odgovara pomoćnom naponu u postrojenju.

Osim toga što preko pomoćnih releja privodimo zemljospojnoj zaštiti mjernu struju, preko njih se također oblikuje krug isključenja prekidača vodnog polja za koga usmjereni zemljospojni relej ustanovi da je u kvaru, odnosno start automatike ponovnog uključanja.

3.3. Tehnološka izvedba automatskog traženja voda u zemljospoju

Predmijeva se ovakvu zaštitu od zemljospoja koristiti u postrojenjima čiju mrežu 10 kV karakterizira relativno mala kapacitivna struja zemljospoja. Potonje kada je riječ o zemljospojnoj zaštiti od nje zahtijeva visoku osjetljivost. Pridružimo li tom zahtjevu i pouzdanost na određivanje smjera, dolazimo do statičke izvedbe uređaja usmjerene zemljospojne zaštite. U istoj tehnološkoj izvedbi predlažemo i relej za kontrolu napona neutralne točke mreže.

Centralni izborni automat nije bio do sada u proizvodnim programima proizvođača uređaja zaštite. I prirodno je da smo prvi vlastiti koncept ovog uređaja razvili u jednoj rekli bismo »hibridnoj« tehnologiji. Logički krugovi su izvedeni elektronskim elementima, a izbor mjerne struje vodova izveden je kontaktano.

Logički krugovi centralnog izbornog automata na tiskanoj pločici amaterski su rad, ali imaju visoku nazivnu kvalitetu. Ti krugovi sa slogom pomoćnih releja u prvoj izvedbi smještaju se u kućište H41 tvrtke »ISKRA«.

Tehnološki modernija izvedba koju smo koncipirali jest u 19-colnim okvirima za smještaj EVROPA kartica (tehnologija Energoinvest). Uređaj sadrži strujne konektore, ispitnu utičnicu, ispitne točke logičkog automata, optičku signalizaciju, a sve u jednom okviru (zajedno s prenaponskim i zemljospojnim relejem).

4. ZAKLJUČAK

Baveći se pitanjima zemljospojne zaštite u distributivnoj mreži, pokušali smo prije svega spoznati karakteristične činioce njezina pogona. U potonjem smislu:

- utjecaj veličina kapacitivnih struja zemljospoja kod pogona s izoliranom neutralnom točkom na samogasivost luka na mjestu kvara
- vrijeme trajanja prolaznih zemljospojeva
- vjerojatnost pojave dvostrukih zemljospojeva
- prenapone i napone opasnosti.

Praćenjem pojava zemljospoja u mreži 10 kV općenito smatramo da će mreže s malim kapacitivnim strujama zemljospoja i u dalekoj budućnosti raditi s izoliranom neutralnom točkom. Želeći podići nivo zaštite pogona ove mreže u slučaju zemljospoja, a na temelju mjerenja njihovih pojava odlučili smo se za centraliziranu koncepciju prije svega zemljospojne zaštite, a zatim i ponovnog uključanja.

Koncept i izvedba logičkih automata, kao i prilagodnje uređaja za APU su vlastito rješenje koje se u pogonu pokazalo na nivou teorijskih razmatranja.

Ostvarene su neke uštede u odnosu na klasične koncepte, a usputno je operativno osoblje znatno obogaćeno saznanjima o zemljospojevima u distributivnim mrežama.

LITERATURA

- [1] I. Nahman: »Uzemljenje neutralne tačke distributivnih mreža« (Naučna knjiga Beograd 80)
- [2] M. Gacka: »Selektive Erdschußerfassung«
- [3] D. Karavidović: »Zemljospojna zaštita razdjelnih mreža Elektroslovanije« (elaborat 1983)
- [4] »Zbirka elektrotehničkih propisa« (1982)

KEY WORDS: RELAY PROTECTION, DISTRIBUTION HIGH VOLTAGE NET

SOMME OWN SOLUTIONS FOR PROTECTION AND LOCAL AUTOMATIC IN 35/10 KV SUBSTATIONS OF »ELEKTROSLAVONIA«

In the article is described a concept of centralised ground connection in distribution high voltage net of Elektroslavonija. Presented are technical description of equipment for automatic location of ground connection, flow diagram for central ground connection protection as well as description of some parameters.

EINIGE EIGENE LÖSUNGEN DES SCHUTZES UND DER LOKALEN AUTOMATIK IN DEN ANLAGEN 35/10 KV »ELEKTROSLAWONIEN«

Hier wurde die Konzeption des zentralisierten Schutzes des Erdkurzschlusses, der in dem Hochspannung Distributionsnetz Slawoniens angewendet wurde, beschrieben. Dargelegt wurde die technische Beschreibung der Anlage für die automatische Suche des Erdkurzschlusses sowie ein Diagramm des Ablaufes des zentralen Schutzes des Erdkurzschlusses sowie die Beschreibung einzelner Elemente und wichtiger Faktoren.

НЕКОТОРЫЕ СОБСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАЩИТЫ И МЕСТНОЙ АВТОМАТИКИ В УСТАНОВКАХ 35/10 КВ »ЭЛЕКТРОСЛАВОНИИ«

Описана концепция централизованной защиты от замыканий на землю, применяемая в высоковольтной распределительной сети »Электрославонии«. Приводится техническое описание устройств автоматического поиска замыкания на землю, а также график протекания центральной защиты от замыканий на землю, а также описание отдельных элементов и влияющих факторов.

Naslov pisca:

**Damir Karavidović, dipl. inž.
i ostali
»Elektroslavonija« Osijek
54000 OSIJEK, Divaltova b.b.**

Uredništvo primilo rukopis
1984 — 08 — 10

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OUR Elektroprenos

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:
prijenos električne energije, izrađuje studije,
razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje
elektroprijenosnih postrojenja i telekomunikacio-
nih uređaja, te svojim vozilom marke

Kaelble

i prikolicom

Scheuerle

prevozi teški teret do 120 tona.

OUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB

Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

MOGUĆNOST DUGOROČNOG KORIŠTENJA PRIRODNOG (ZEMNOG) PLINA U ZAGREBU

mr Zlatko Milanović, Zagreb

UDK 620.91

PREGLEDNI RAD

U članku se daje iscrpan prikaz poznatih rezervi plina u svijetu, razvoju proizvodnje i potrošnje s posebnim osvrtom na uvjete u Evropi, SFRJ i SRH, te u Zagrebu. Autor upozorava na opravdanost upotrebe određenih količina plina u postrojenjima zagrebačkih toplana, koje potroškom viškova plina osiguravaju racionalno korištenje raspoloživih kapaciteta za proizvodnju i transport plina.

Ključne riječi: zemni plin, toplane.

1. UVOD

Danas razvoj svakog društva ovisi o kvaliteti opskrbe energijom. Dovoljne količine i relativno niske cijene energije omogućuju brz razvoj i opće blagostanje društva. S druge strane, nedostatak, čak i samo nekih energetskih oblika stvara ozbiljne društvene krize koje se nastoje ponekad trenutno rješavati. Tako, primjerice, proživljavajući posljednju svjetsku i domaću krizu »naftne politike«, veoma je lako i gotovo bezbolno proglasiti prirodni plin energetskim spasiocem. Pri tome se uzimaju u obzir samo pogodnosti koje nudi prirodni plin.

Zemni plin, uz minimalne rekonstrukcije, može se koristiti u svim postrojenjima, koja koriste tekuće gorivo. Osim toga, plin ima niz drugih prednosti:

- jednostavan transport do krajnjeg potrošača (posebno unutar kontinenta),
- nezamjenjiv je kao sirovina i energetik za niz tehnoloških procesa u industriji
- ekološke prednosti
- u odnosu na kruta i tekuća goriva (oko 5 %) manji su gubici energije u procesu transformacije energije
- pogon je za korištenje u širokoj potrošnji
- lako se regulira na mjestu potrošnje.

Sve te prednosti čine prirodni plin, barem na prvi pogled, gotovo idealnim gorivom, to više što je stjecajem okolnosti zemni plin u SRH još uvijek izrazito jeftino gorivo. U SRH zemni plin je i većim dijelom domaći izvor energije (u 1983. godini udio vlastitih izvora plina u potrošnji SRH je 64,3 %. Zato se zemnim plinom (pa i iz uvoza) često brzopleto nastoji supstituirati dosadašnja potrošnja tekućih goriva. Ipak sve spomenute prednosti plina ne smiju nikako stvoriti zabludu lakog i brzog rješenja naše sadašnje energetsko-devizne krize. Pri donošenju odluke o bitno većem korištenju zemnog plina treba uzeti u obzir sve poznate činjenice, a isto tako i nedostatke. Neke

zablude vezane za zemni plin mogu u idućim godinama dovesti do težih energetske krize od svih dosadašnjih u našoj republici.

Naime, zadnje dvije godine i kod nas i u Evropi iskazuju se trenutni i dugoročni problemi opskrbe zemnim plinom. Podsjetimo se kriza u opskrbi plinom SRH 1982, 1983. i 1984. godine. U vezi s tim poteškoćama INA Naftaplin sasvim je otvoreno 1983. i 1984. godine zatražila da distributeri zemnog plina provedu potpunu zabranu priključenja novih potrošača.

Još i više, INA Naftaplin tražila je da se 1984. godine distributivna potrošnja zemnog plina smanji na nivo 1980. godine. Gotovo istovremeno, krajem 1983. godine predložen je dugoročni razvoj energije u SRH (lit. 27) koji se temelji na bitno povećanoj potrošnji prirodnog plina. Nameće se apsurdnost ovih činjenica, jer se, s jedne strane, planira bitno veća potrošnja, a s druge se zabranjuje razvoj distributivnih potrošača koji bi upravo trebali dugoročno povećati potrošnju.

U 1982. godini zemlje Evropske ekonomske zajednice, prvi put nakon višegodišnjeg porasta, iskazale su smanjenje potrošnje zemnog plina za 6 %. Osnovni razlog su povećano korištenje krutog i tekućeg goriva, koja su dobavljena po konkurentnijim cijenama (lit. 26). Zato u 1983. godini dolazi u Evropi i do smanjenja cijene zemnog plina.

Isticanje ovih podataka ne znači suprotstavljanje većoj potrošnji prirodnog plina (posebno ne u tehnološke svrhe), već inzistiranje na trezvenom predviđanju budućnosti.

2. PREGLED PROIZVODNJE I PROCJENA ZALIHA U SVIJETU

Prije analize poznatih zaliha zemnog plina podsjetit ćemo se pretpostavke koje vrijede za svaku procjenu zaliha energije u svijetu.

- Svaka informacija o zalihama energije košta mnogo i sve više jer su istraživanja energetske zaliha sve dugotrajnija i sve skuplja.
- Svaka informacija o zalihama energije strogo je kontroliran — prerađen podatak, jer informacija o zalihama energije utječe na cijene energije i potrošnju i jer ima utjecaja na ekonomske i političke odnose u svijetu.
- Svaka informacija o zalihama energije veoma je vrijedan podatak. Pokazalo se da otkrivamo upravo onoliko poznatih rezervi energije koliko je to u nekom trenutku interesantno (ekonomski ili politički).

Iz tih pretpostavki proizlazi da je u određenom trenutku scenario zaliha energije u osnovi projekcija trenutnih ekonomskih i političkih interesa. Također na saznanja o zalihama energije utječe nivo tehnike odnosno nivo istraženosti podzemlja.

Utjecaj politike na svjetsku energetiku danas je sve izraženiji. Istovremeno i energetika sve više utječe na svjetsku politiku. Promatrajući dosadašnja iskustva u svijetu, prevladavao je u razvoju energetike ekonomski interes. **Zato nije nikakva slučajnost dosadašnja podudarnost porasta poznatih zaliha energije, potrošnje goriva i cijene energije** (u apsolutnom iznosu). Ako prihvatimo tezu da će cijene primarne energije rasti, proizlazi da će stalno rasti i zalihe energije. Dobro su nam poznate pesimističke prognoze o dugotrajnosti zaliha energije u svijetu. Sve prognoze bitno su utjecale na povišenje cijena energije i pridonele povećanju političkog utjecaja energijom bogatih zemalja. Nasuprot tome, mnogo su manje poznate optimističke energetske prognoze, koje nisu ništa manje argumentirane. Prema optimističkim gledanjima, s izuzetkom povremenih fluktuacija prouzrokovanih lošom srećom ili lošim poslovanjem, svijet ne treba da brine nedostatak energije ili njezina cijena u budućnosti (lit. 16). Za šire prihvaćanje optimističkih prognoza teško je razbiti u nama razvijen osjećaj ograničenosti materijalnog svijeta u kojem živimo.

Pri analizi proizvodnje, potrošnje i zaliha prirodnog plina, u odnosu na druge energente, postoje i neke bitne specifičnosti:

- **Veliki dio svijeta nije sistematski istražen u pogledu plina** (to nažalost, vrijedi i za našu zemlju).
- **Između cijene nafte i plina postoji »pupčana« veza** (s jedne strane isporučio nafte nastoje održavati niske cijene plina kako bi se zalihe plina manje istraživale, a s druge strane isporučio plina nastoje povećati cijene plina do nivoa konkurentnosti).
- **U proizvodnji i potrošnji prirodni plin ima posebne tehničko-tehnološke karakteristike** primjerice između trenutne proizvodnje i potrošnje mora postojati ujednačenost jer se velike sezonske oscilacije teško i skupo amortiziraju.

Promotrimo li svjetske zalihe primarne energije (tablica 1), uočava se da je udio zaliha prirodnog plina veoma malen i iznosi svega 2 %. Nasuprot tome, potrošnja prirodnog plina iznosila je 1980. godine čak

Tablica 1. Svjetske zalihe energije (prema lit. 3, 4 i 5)

	Dokazne rezerve		Vjerojatne rezerve	
	10 ⁹ tona ECU	%	10 ⁹ tona ECU	%
Ugljen	3 000	84	10 27	83
Nafta (uključujući ulj. škrilj. i bitum. pijesak)	227	7	1 440	12
Nukl. goriva	260 (15 600)	7	400	3
Prirodni plin	79	2	276	2
Ukupno	3 566	100	12 243	100

1 kg ECU (ekvalent kamenog ugljena) 29 300 kJ korištenje u oplodnim reaktorima

17 % ukupne potrošnje energije u svijetu (tablica 2). U većini prognoza dugoročnog razvoja potrošnje zemnog plina u svijetu postotni udio plina treba se do 2 000. godine kretati između 16 i 27 %.

Takav nesklad između zaliha i potrošnje plina u svijetu može bitno utjecati na buduće uvjete dobave plina u svijetu.

Tablica 2. Ostvarena i procijenjena potrošnja energije i prirodnog plina u svijetu (prema lit. 15)

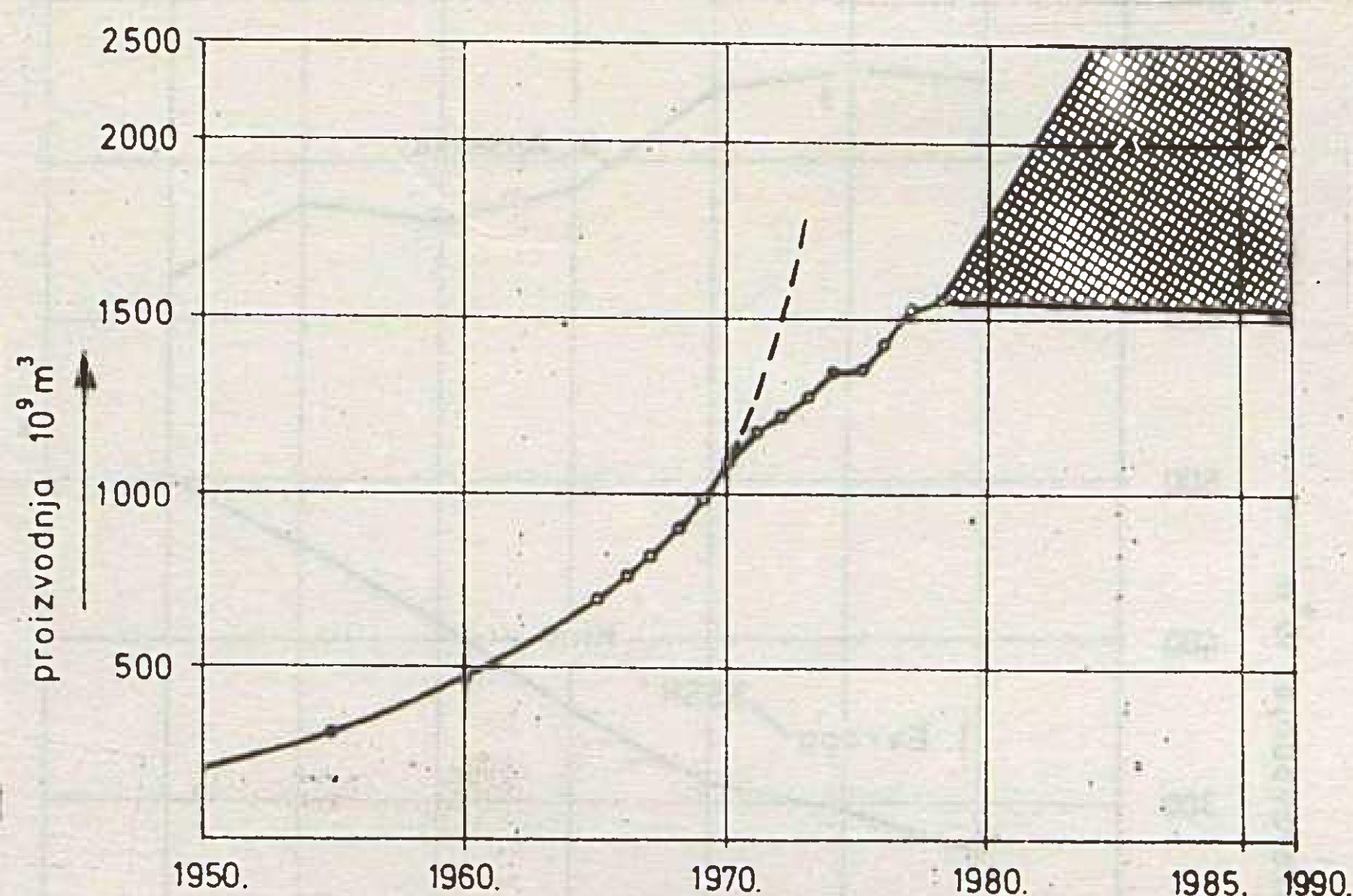
Godina	1960.	1970.	1980.	2000.	2020.
Ukupna potrošnja energije (10 ⁹ t ECU)	4,3	6,6	10,6	17,9	28,6
Potrošnja prirod. plina (10 ⁹ t ECU)	0,6	1,4	1,8	2,9-4,9	3,9-4,3
Postotni udio prirod. plina	14	21 %	17 %	16-27 %	14-15 %

Potrošnja zemnog plina u svijetu između 1960. i 1980. godine tri puta se povećavala, konkretno sa 0,6 na 1,8 · 10⁹ tona ECU (tablica 2). Pri tome se postotni udio prirodnog plina povećao za svega 3 do 4 %. Do 2 000. godine predviđa se daljnji porast postotnog udjela potrošnje plina (do 27 %) u svijetu. Međutim, nakon 2020. godine prognozira se pad i postotnog i apsolutnog iznosa.

U mnogobrojnim dosadašnjim prognozama zaliha prirodnog plina »dokazane rezerve« ne prelaze 100 · 10⁹ tona ECU, a »moguće rezerve« ne prelaze 337 · 10⁹ tona ECU. Usporedimo li te veličine s procijenjenim razvojem potrošnje prirodnog plina, proizlazi da će rezerve plina u svijetu trajati idućih 40 do 60 godina. To je ipak izrazito nepouzdan podatak. Naime, ako usporedimo razvoj potrošnje plina u svijetu s porastom »poznatih« zaliha plina u razdoblju od 1960. do 1980. godine, pokazuje se nevjerojatna podudarnost. **Što je više rasla potrošnja, to su više rasle zalihe plina u svijetu.** Zato je gotovo nemoguće unaprijed pouzdano prognozirati dugotrajnost svjetskih rezervi prirodnog plina. Istaknimo da su do sada (s najuglednijih mjesta) u svijetu objavljene

procjene zaliha plina trajnosti od 10 do preko 1 000 godina!

Dijagram I pokazuje dosadašnji i planirani razvoj proizvodnje (potrošnje) zemnog plina u svijetu. Sve do 1970. godine bio je nesmetan i brz razvoj proizvodnje plina. U osamdesetim godinama dolazi u tri navrata do usporenijeg rasta, što nije teško dovesti u vezu s tada prisutnim poremećajima cijene nafte i plina u svijetu. Nakon 1980. godine pokazuju se veoma velika odstupanja između optimističkih i pesimističkih scenarija razvoja proizvodnje odnosno potrošnje prirodnog plina u svijetu.



Dijagram I. Razvoj proizvodnje plina u svijetu od 1950. do 1980.

Na kraju ovog pregleda svjetskih rezervi i proizvodnje dana je usporedba najnovijih podataka (lit. 30) o deset najvećih proizvođača zemnog plina i o deset zemalja s najvećim dokazanim rezervama prirodnog plina!

Deset najvećih proizvođača prirodnog plina (u 10^9 m^3)

	1982.	1983.	Index 83/82
SSSR	500,8	535,7	107
SAD	522,0	470,0	90
Nizozemska	76,0	77,0	101
Kanada	70,4	69,0	98
V. Britanija	35,8	40,0	112
Rumunjska	39,0	39,0	100
Meksiko	31,5	30,0	95
Norveška	25,4	24,8	98
Alžir	26,0	20,0	77
SR Njemačka	16,8	17,7	105
Ukupno	1 343,7	1 323,2	98

Uočava se da je posljednje dvije godine za 2 % smanjena proizvodnja prirodnog plina, istovremeno poznate rezerve povećane su za čak 6 %. Zato su 1982. godine uz ostvarenu proizvodnju zalihe plina bile dovoljne, uz pretpostavku jednake godišnje proizvodnje, za idućih 53 godine. U 1983. godini pored ostvarene potrošnje prethodne godine rezerve su postale dovoljne za idućih 57 godina.

Deset zemalja sa najvećim zalihama zemnog plina (u 10^9 m^3)

	1982.	1983.	Indeks 83/82
SSSR	35 110	39 640	113
Iran	13 665	13 590	99
SAD	5 775	5 610	97
Saud. Arabija	3 315	3 425	103
Alžir	3 150	3 120	99
Kanada	2 745	2 565	93
Meksiko	2 150	2 135	99
Katar	1 755	1 755	100
Nizozemska	1 470	1 725	117
Norveška	1 640	1 665	102
Ukupno	70 775	75 230	106

Toj usporedbi dodajmo analizu »stanja« 1978. godine, kada su uz proizvodnju $1308 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ poznate rezerve $59.345 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ bile dovoljne za opskrbu narednih 45 godina. Dakle, za promatranih devet najznačajnijih zemalja posljednje 4 godine, uz minimalno povećanje godišnje proizvodnje, neprekidno rastu dokazane zalihe prirodnog plina. Proistječe da se zalihe plina ne troše, već da se pune!

3. SAZNANJA O POTROŠNJI I PROIZVODNJI U EVROPI

Poznato je da postoje tehnički i ekonomski problemi kod interkontinentalnog (prekooceanskog) transporta prirodnog plina. Zato je potrebno analizirati raspored svjetskih zaliha i svjetske potrošnje prirodnog plina.

Pokazuje se da su u odnosu prema nafti, zalihe zemnog plina nešto ravnomjernije raspoređene (tablica 3). Ističe se izrazito povoljan geografski položaj Evrope, koja u transportno dohvatljivim granicama može koristiti preko 70 % danas poznatih (sigurnih) rezervi prirodnog plina. Dugoročno Evropa može dobavljati plin iz Sjeverne Afrike, Sibira, S Bliskog istoka i iz Sjevernog mora.

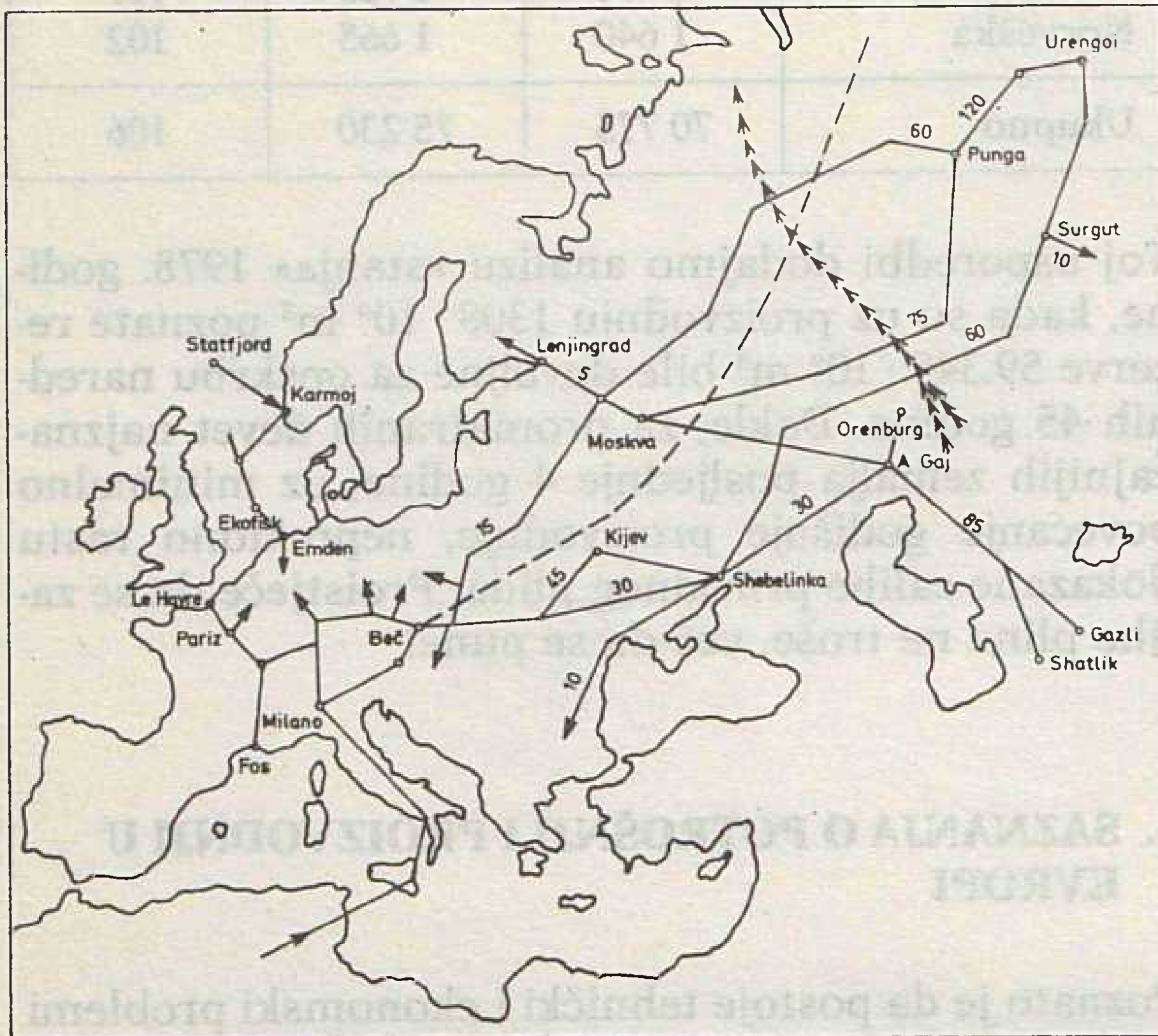
Ukupno za Evropu to su sigurne rezerve od 55 000 do $70 000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, odnosno procijenjene rezerve od $190-225 000 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ plina.

Za korištenje tih zaliha Evropa je već izgradila tri osnovna pravca magistralnih plinovoda koji omogućuju korištenje rezervi plina u Sibiru, Sjevernoj Africi, Sjevernom moru i indirektno Iranu (slika 1). Transportni kapaciteti i dalje se povećavaju izgradnjom novih plinovoda, što je solidna osnova za prognozirano znatno povećanu potrošnju plina u Evropi do 2000. godine.

Ako analiziramo potrošnju zemnog plina u svijetu (tablica 3), pokazuje se da je od ukupne svjetske potrošnje od oko $1 600 \text{ m}^3$ (1980. godina) u Sjevernoj Americi i Evropi potrošeno (odnosno proizvedeno) čak 86 %. Tako visoka koncentracija potrošnje plina u samo dvije svjetske regije uzrokuje veće ili manje nestabilnosti svjetskog tržišta zemnim plinom. U

Tablica 3. Pregled zaliha i potrošnje zemnog plina u svijetu

	Sjeverna Amerika	Južna Amerika	Zapadna Evropa	Istočna Evropa	Afrika	Bliski Istok	Ostali
Udio zaliha regije u svjetskim zalihama	13 %	3 %	8 %	33 %	12 %	26 %	5 %
Udio potrošnje regije u svjetskoj potrošnji (ostvarenje 1980. godine)	43 %	4 %	13 %	30 %	1 %	3 %	6 %

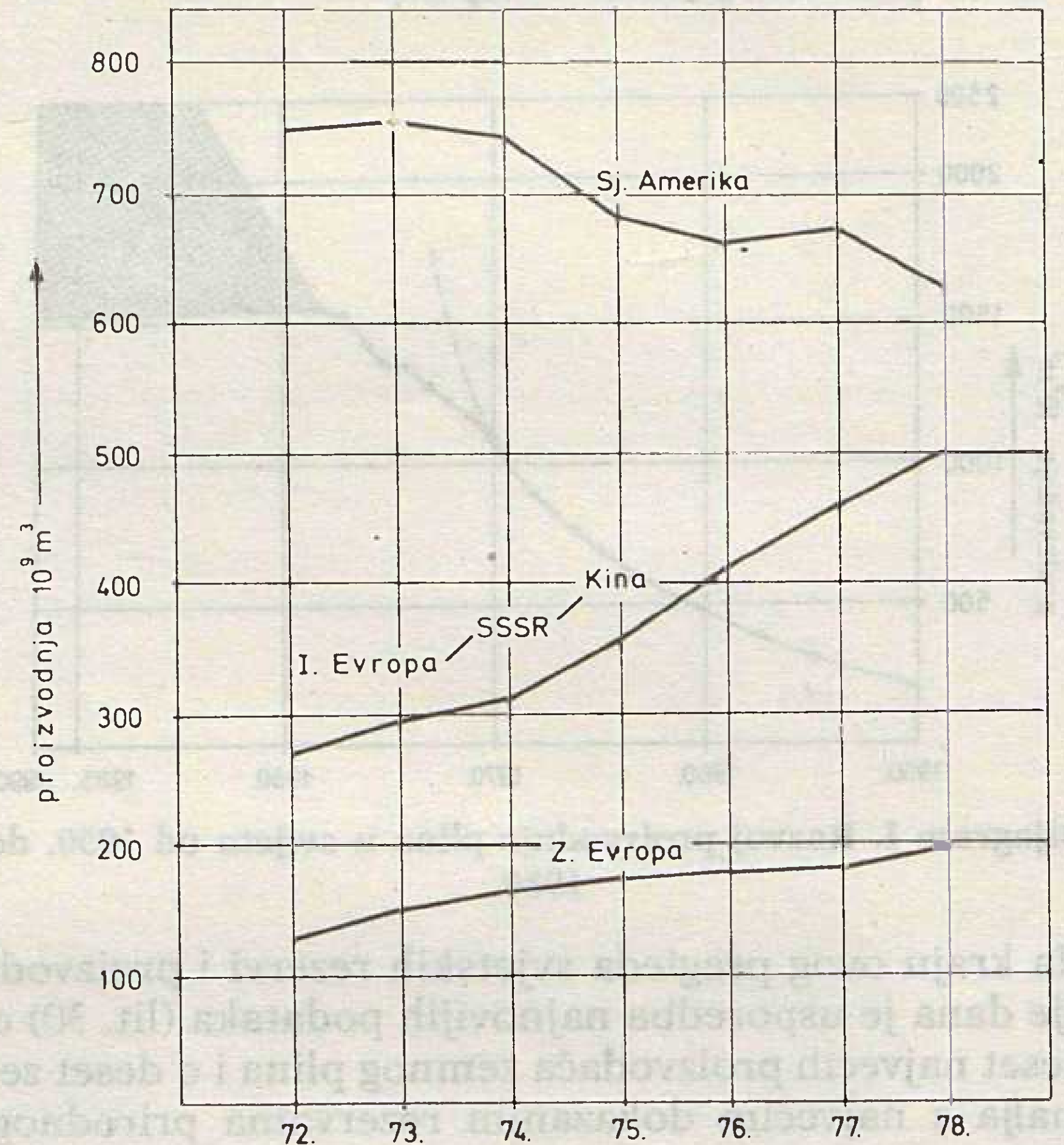
Slika 1. Glavni magistralni plinovodi Evrope (brojevi označavaju godišnji kapacitet u $10^9 m^3$)

tom pogledu veoma je nepovoljan položaj Sjeverne Amerike, koja u svjetskim zalihama sudjeluje sa svega 13 %, a u potrošnji sa 43 %. Zato je razumljivo što je u sedamdesetim godinama došlo do bitnog smanjenja proizvodnje (potrošnje) prirodnog plina u Sjevernoj Americi.

Nasuprot Sjevernoj Americi Evropa je sedamdesetih godina počela s brzim povećanjem proizvodnje, odnosno potrošnje zemnog plina (dijagram II). Potkraj sedamdesetih godina najveći porast proizvodnje plina ostvaren je u Istočnoj Evropi. Početkom osamdesetih godina Evropa je, sa preko 43 %, na čelu svjetske proizvodnje i potrošnje plina. Do 2000. godine planira se da će Evropa uglavnom zadržati sadašnji udio u svjetskoj potrošnji plina od oko 45 % (tablica 4).

Zapadna Evropa sve do 2000. godine ostvaruje i planira mnogo brži porast proizvodnje (potrošnje) plina od svjetskog prosjeka. Veoma bitnu ulogu u tome ima uvoz plina, koji se već danas uspješno realizira iz SSS-a, Alžira, Irana i Libije. Od ukupne potrošnje plina Zapadne Evrope, uvezeno je 1981. godine svega 13 %, tj. oko $29 \cdot 10^9 m^3$.

Dugoročno gledano Zapadna Evropa, zbog planiranog smanjenja vlastite proizvodnje, morat će povećati ovisnost od uvoza plina. Ipak, struktura dobavljenog



Dijagram II. Prikaz razvoja proizvodnje zemnog plina u svijetu od 1972. do 1978. godine

Tablica 4. Ostvarena i planirana proizvodnja (potrošnja) prirodnog plina u Evropi i svijetu (prema lit. 15)

Godina	1960.	1970.	1980.	2000.	2020.
Ukupno svijet $10^9 m^3$	523,8	1 211,3	1 613,8	4 269,0	3 719,0
Indeks	1,0	2,3	3,1	8,2	7,1
Istočna Evropa $10^9 m^3$	66,3	272,5	477,5	1 656,3	847,5
Indeks	1,0	4,1	7,2	25,0	12,8
Zapadna Evropa $10^9 m^3$	13,8	92,5	211,3	258,8	65,0
Indeks	1,0	6,7	15,3	18,8	4,7

prirodnog plina u Z. Evropu bila je do sada mnogo povoljnija od strukture dobavljene nafte.

Za dugoročnu opskrbu plinom Zapadne i Istočne Evrope ključnu ulogu ima dobava velikih količina zemnog plina iz SSSR-a.

I za Jugoslaviju (barem do 1990. godine) uvoz plina iz SSSR-a ima odlučujuću energetska ulogu. Zato se u nastavku nešto detaljnije analiziraju podaci o prirodnom plinu iz SSSR-a.

4. PRIRODNI PLIN IZ SSSR-a

SSSR je zemlja bogata raznim oblicima primarne energije. To još uvijek ne znači da i ova zemlja nema energetska problema. U ukupnim svjetskim iskorištenim zalihama konvencionalne energije SSSR, prema raspoloživim podacima, sudjeluje sa:

- oko 30 % u zalihama ugljena,
- oko 30 % u zalihama plina,
- oko 12 % u zalihama nafte.

Analiza proizvodnje primarne energije u SSSR-u za razdoblje od 1965. do 1985. godine pokazuje bitno smanjenje udjela ugljena sa 43 % na svega 21 %. Istovremeno se proizvodnja prirodnog plina povećava u strukturi sa 15 % na čak 32 %. Ako se uzme u obzir ostvareno povećanje ukupne proizvodnje energije, vidi se koliko je bio brz rast proizvodnje plina. Udio proizvodnje nafte u SSSR-u istovremeno se ne bi bitno promijenio (39 % — 1985. godine, umjesto 36 % 1965. godine). Udio nuklearne i hidro energije povećat će se 1985. godine do 6 %.

Tablica 5. Sigurne rezerve i proizvodnja plina u SSSR-u

u 10^9 m^3

Godina	rezerve		Ukupno	Proizvodnja
	evropski dio	azijski dio		
1950.	—	—	—	5,8
1960.	1600	900	2500	45,3
1970.	3600	12200	15800	197,9
1980.	7000	29500	36500	435,2
1985. (plan)	—	—	—	633,0

Koliko je bio brz dosadašnji razvoj proizvodnje plina u SSSR-u, pokazuje tablica 5. Posebno je interesantno da su paralelno s porastom proizvodnje plina rasla i saznanja o veličini sigurnih zaliha. Čudnom koincencijom uvijek su sigurne rezerve zemnog plina bile dovoljne za najmanje 70 godina trenutne godišnje proizvodnje plina u SSSR-u.

Oko 81 % danas poznatih sigurnih zaliha plina SSSR-a odnosi se na azijski dio (Sibir, Daleki Istok i Srednju Aziju). S istom dinamikom, kako su se mijenjala saznanja o rasporedu zaliha plina u SSSR-u, tako se mijenjala lokacija proizvodnje. Konkretno, 1980. godine iz evropskog dijela SSSR-a proizvodilo se 38 %, a iz azijskog dijela 62 % ukupne proizvodnje zemnog plina SSSR-a.

S proizvodnjom od $435,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ plina u 1980. godini SSSR je sudjelovao u svjetskoj proizvodnji plina sa 27 %. Prema prognozama do 2000. godine, SSSR će povećati proizvodnju prirodnog plina na oko

$1500 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Na taj način udio proizvodnje plina SSSR-a u svjetskoj proizvodnji plina povećat će se na 35 %. SSSR tako postaje najveći proizvođač prirodnog plina i istovremeno najveći izvoznik plina (tablica 6).

Tablica 6.

	Godina			
	1970.	1980.	1983.	1985. (plan)
Vlastita proizvodnja 10^9 m^3 (indeks)	197,9 (1,0)	435,2 (2,2)	535,7 —	630,0 (3,2)
Vlastita potrošnja 10^9 m^3 (indeks)	198,2 (1,0)	379,9 (1,9)	— —	557,0 (22,8)
Izvoz 10^9 m^3 (indeks)	3,3 (1,0)	57,8 (17,7)	— —	79,0 (23,9)

Pokazuje se, da s porastom proizvodnje u SSSR-u naglo raste i potrošnja plina, naročito početkom osamdesetih godina. Vlastita potrošnja plina 1980. godine iznosila je, pored bitno povećanog izvoza, čak 87,2 % proizvodnje. Do 1985. godine taj postotak vlastite potrošnje treba se povećati preko 88 %.

Od 1980. godine izvanredno brzo povećavao se i izvoz zemnog plina iz SSSR-a. Odlučujuću ulogu u povećanju izvoza plina ima izgradnja magistralnih plinovoda od plinskih polja u SSSR-u do zemalja uvoznica. Izvoz plina iznosi oko 13 % vlastite proizvodnje. Od toga u socijalističke zemlje 1980. godine izvezilo se $33,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (77 %). Do 1985. godine u socijalističke zemlje izvoz plina povećat će se $43,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, pri čemu će se postotni udio u proizvodnji plina ipak smanjiti na 6,9 %. U zemlje zapadne Evrope 1980. godine izvelo se $24,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ plina (5,6 %), a do 1985. godine izvoz se treba povećati na $35,9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (5,7 %).

Dugoročna orijentacija na uvoz plina iz SSSR-a uzrokovala je u zemljama zapadne Evrope brojne energetske i političke konfrontacije. Uz dosta napora Z. Evropa je 1982. godine donijela odluku o gradnji novih transportnih pravaca dobave plina iz Sibira, pri čemu se morala sukobiti i s embargom plinske tehnologije od strane SAD. Početkom izgradnje novih plinovoda za Z. Evropu pojavili su se, međutim, i novi problemi. U toku 1983. godine pomalo neočekivano dolazi do smanjenja cijene sirove nafte i ugljena na svjetskom tržištu. Također su cijene energije u apsolutnom iznosu toliko visoke da racionalizacija korištenja energije bitno utječe na smanjenje potrošnje. Zato dolazi do bitnog smanjenja interesa za zemnim plinom.

Početkom 1984. godine neke zemlje Z. Evrope (Belgija) javno odustaju od sporazuma o kupovini plina u SSSR-u. U 1984. godini pojavljuju se i prva razmišljanja o otkazivanju ugovora o uvozu plina iz SSSR-a

zbog političkih razloga (Italija — znanstvenik Saha-rov).

Interesantno je da uz izvanrednu veliku vlastitu proizvodnju plina SSSR stalno uvozi prirodni plin (1985. godine — $6,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$). U tablici 6. iskazana razlika između izvoza — potrošnje i proizvodnje plina odgovara uvoznim količinama plina u SSSR-u.

5. ZEMNI PLIN U ENERGETICI JUGOSLAVIJE

a) Dosadašnji razvoj plinifikacije

Jugoslavija je počela koristiti zemni plin prije drugoga svjetskoga rata (tablica 7). Sve do 1952. godine potrošnja plina u Jugoslaviji bila je veoma malena, isključivo vezana za mjesto proizvodnje.

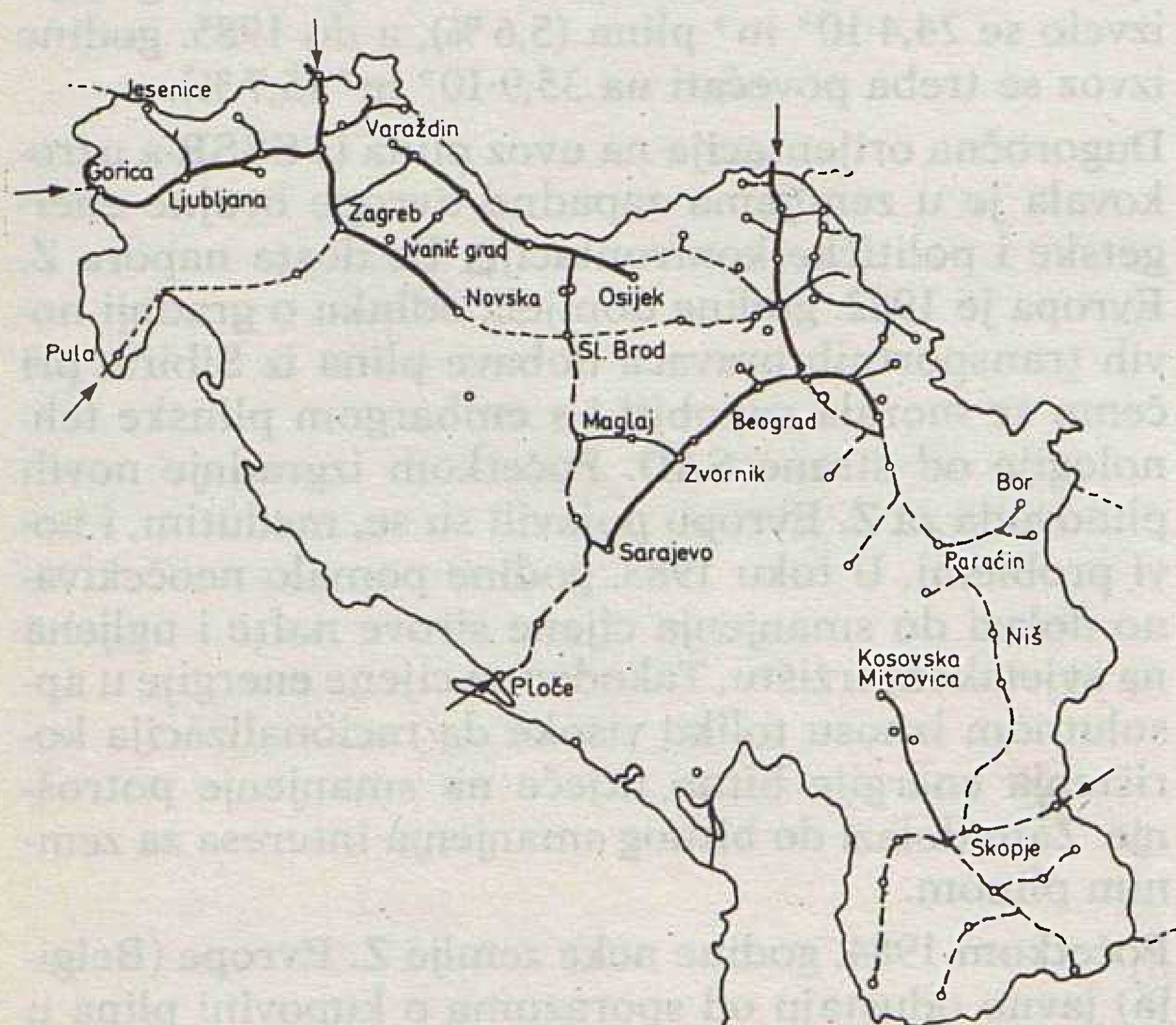
Prve veće količine plina transportiraju se od 1952. godine plinovodom od plinskog polja Velika Greda do Vršca. Od 1952. godine do 1958. godine u SR Hrvatskoj je izgrađen magistralni plinovod Janja Lipa — Zagreb dug 100 km i promjera oko 170 mm. Godine 1960. na ovaj plinovod spojen je priključak od Popovače do Siska (Željezara). Godine 1963. u Vojvodini je izgrađen magistralni plinovod Kikinda — Pančevo, s produžetkom do Smedereva (Metalurški kombinat).

Izgradnjom magistralnih plinovoda stvoreni su početni uvjeti za brži razvoj potrošnje, pa time i proizvodnje plina u Jugoslaviji. Od 1960. do 1965. godine proizvodnja prirodnog plina šest puta se povećala (tablica 7).

Daljnji intenzivniji razvoj izgradnje magistralnih plinovoda ostvaren je nakon 1975. god. U to vrijeme počela je izgradnja:

Tablica 7. Ostvarena proizvodnja i potrošnja prirodnog plina u Jugoslaviji

Godina	Proizvodnja						Uvoz (SSSR) 10^6 m^3 (%)		potrošnja 10^6 m^3
	INA		NAFTAGAS		UKUPNO				
	10^2 m^3	%	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%			
1939.	—				2,6				2,6
1946.					8,5				8,5
1956.					38				38
1960.					53				53
1965.	156	(50 %)	156	(50 %)	330	(sa SSSR)			330
1970.	504	(50 %)	502	(50 %)	1 020	(sa SSSR)			1 020
1975.	792	(48 %)	848	(52 %)	1 640				1 640
1980.	983	(29 %)	876	(26 %)	1 859	(50 %)	1 500	(45 %)	3 359
1981.	1108	(26 %)	1032	(25 %)	2 140	(51 %)	2 016	(49 %)	4 156
1982.	1245	(25 %)	823	(17 %)	2 068	(42 %)	2 881	(59 %)	4 949
1983.	1188	(24 %)	958	(19 %)	2 146	(43 %)	2 862	(57 %)	5 008



Slika 2: Razvoj magistralne plinske mreže u Jugoslaviji

— magistralnog plinovoda istočnog dijela zemlje od Horgoša (granica Mađarske) preko Beograda do Niša, s odvojkom Batajnica — Zvornik — Sarajevo (1979. g)

— magistralnog plinovoda zapadnog dijela zemlje (1978. — 1979. godine) od Ceršaka (granica Austrije) do Rogateca, s jednim odvojkom za Vodice (Ljubljana) — Šempeter (N. Gorica) i drugim odvojkom za Zabok (SR Hrvatska); uvoz plina je počeo već 1. VII 1978. (oko $42 000 \text{ m}^3/\text{h}$).

Od 1980. godine stvoreni su svi uvjeti da istočni i sjeverozapadni dio zemlje počnu trošiti znajane količine zemnog plina (uvoznog). Ukupna potrošnja plina time se mogla odmah udvostručiti (tablica 7). Izgradnja magistralnih plinovoda i povećana potrošnja plina omogućili su krajem sedamdesetih godina veoma agresivan razvoj industrije plinske opreme i montaže.

Prijenosna i distributivna mreža plinovoda se šire. Stvoreni su i svi uvjeti za izgradnju jedinstvenog plinskog sistema Jugoslavije (slika 2). Danas su po-

stojeći distributivni kapaciteti plinovoda i opreme spremni za mnogo veću potrošnju plina (npr. u Zagrebu distributivna organizacija izgradila je osnovne redukcijske stanice za tri do četiri puta veću satnu potrošnju od ostvarenja zadnjih nekoliko godina).

Ukupna potrošnja prirodnog plina 1983. godine u SFRJ iznosila je $5\,008 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, što je približno isto kao 1982. godine. U pokrivanju potrošnje plina vlastita proizvodnja plina u Jugoslaviji rasla je prema sljedećoj dinamici:

1970.	$1\,020 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
1980.	$1\,859 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (indeks 80,17 = 182)
1983.	$2\,146 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (indeks 83/80 = 1151, 83/70 = 210)

U istom razdoblju udio vlastite proizvodnje plina u potrošnji plina smanjivao se prema ovoj dinamici:

1970.	100 %
1980.	55 % (indeks 80/75 = 55)
1983.	43 % (indeks 83/70 = 76)

Vlastita proizvodnja plina od 1970. do 1983. godine povećala se godišnje prosječno oko 6 %. Povećanje vlastite proizvodnje, nije međutim, ni približno pokrivalo potrošnju. Od 1980. godine postotni udio vlastite proizvodnje plina veoma se brzo smanjuje. To je posebno nepovoljna tendencija. Sa 43 % udjela vlastite proizvodnje plina Jugoslavija ima sličnu strukturu potrošnje plina kao Italija (46 %) i Austrija (38 %), povoljniju strukturu od SR Njemačke (30 %), Francuske (28 %), Belgije i Španjolske, a nepovoljniju od Velike Britanije (87 %) i Nizozemske (91 %).

U pokrivanju ukupne potrošnje plina 1983. godine plin proizveden u SR Hrvatskoj sudjeluje sa 24 %, a plin iz SAP Vojvodine sa 19 %.

Do sada zemni plin se isključivo uvozi iz SSSR-a. Iako postoje tehničke mogućnosti i za uvoz plina iz Alžira, one se ne realiziraju zbog visoke cijene (posebno transporta). Prema dogovoru predstavnika vlada Alžira i Jugoslavije iz svibnja 1984. godine, trebalo bi se ipak od 1986. do 1987. godine početi s uvozom plina iz Alžira. Do 1990. godine trebali bismo uvoziti čak $1,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ plina iz Alžira.

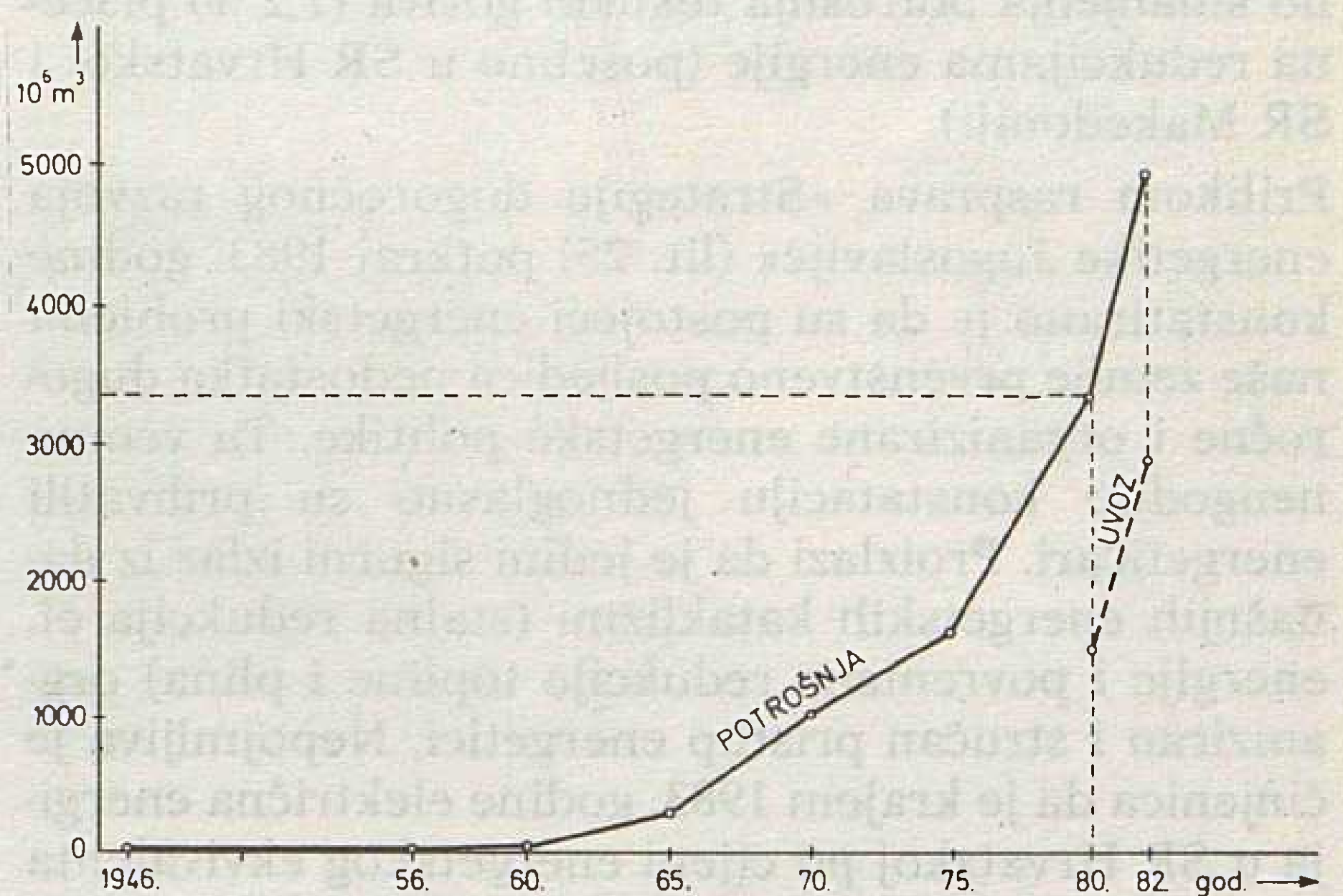
Prema postojećem dugoročnom ugovoru sa SSSR-om, SFRJ raspolaže godišnje sa $3\,170 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ uvoznog plina. Od ukupnih količina uvoznog plina SR Srbija raspolaže sa oko 44 % (od toa SAP Vojvodina 8,5 %) SR Slovenija sa oko 25 %, SR Hrvatska sa oko 20 %, i SR BiH sa oko 11 %. U 1983. godini ostvaren je sljedeći raspored uvoznih količina plina u Jugoslaviji: Vojvodina 27 %, Slovenija 29 %, BiH 13 %, Hrvatska 23 % i uža Srbija 8 %. Ukupno je uvezeno 1983. godine $2\,862 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ plina, što je 57 % potrošnje.

Već danas uvozni plin nije atraktivno gorivo. Osnovni razlog je visoka cijena i relativno nesigurna dobava u kritičnim razdobljima. Poznato je da izvoznik plina zahtijeva u toku čitave godine jednakomjernu potrošnju. Svako odstupanje od tog zahtjeva izaziva plaćanje penala. Za uvoz plina SFRJ morala je 1980. godine izdvojiti 1,8 milijardi klirinških dolara. Prema stanju iz početka 1980. godine na svjetskom tržištu, cijena plina na granici zemlje isporučioća kretala

se između 0,75 i 0,82 cijene sirove nafte. Na tu cijenu treba dodati za nas još veoma hitne troškove transporta plina od zemlje isporučioća (SSSR, Alžir, Iran) do Jugoslavije. Posebno je bitno da transportne troškove kroz zemlje zapadne Evrope treba plaćati konvertibilnom valutom ili odstupanjem određenih količina plina. U svijetu je prisutna tendencija svih izvoznika prirodnog plina (SSSR, Nizozemska, Kanada, Alžir, Novreška) da izjednače cijene plina i sirove nafte, što se iskazuje smanjenjem ukupne potrošnje plina.

b) Prognoza razvoja proizvodnje i potrošnje prirodnog plina

U prognozama razvoja proizvodnje i potrošnje plina u Jugoslaviji postoje danas ozbiljna razmimoilaženja stručnjaka. Mnogi vide u zemnom plinu spasonosno rješenje naših deviznih i energetskih problema. Javno iznošenje ovakvih mišljenja neopravdano stvara klimu lakog i brzog rješavanja prisutnih problema energetike. Koliko su sve to prognoze velike vlastite proizvodnje zemnog plina nesigurne, najbolje ilustrira podatak o smanjenju proizvodnje plina u SRH 1983. godine za $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. U usporedbi s 1981. godinom godišnja proizvodnja plina u Jugoslaviji bila je 1982. godine manja za 3,5 %. To su direktno suprotne tendencije od predviđanja velikog porasta vlastite proizvodnje plina.



Dijagram III. Razvoj potrošnje zemnog plina u Jugoslaviji od 1946. do 1982.

U tablici 8 je prikaz ostvarene i prognozirane strukture potrošnje primarnih oblika energije u SFRJ (literatura 25).

Od 1950. sve do 1980. godine smanjivao se udio krutih goriva (prvenstveno ugljena) u ukupnoj potrošnji energije. Istovremeno smanjivao se udio vlastitih izvora primarne energije, koji je 1980. godine iznosio samo 63,6 %. Stalno je rasla ukupna potrošnja energije, koja se sve više oslanjala na uvozna tekuća goriva. Sa 44,9 % nafta je 1980. godine postala osnovni energent Jugoslavije. Neshvatljiva je činjenica da je Jugoslavija, usprkos svjetskoj krizi nafte, od 1970. do

Tablica 8. Ostvarena i prognozirana struktura potrošnje primarne energije u SFRJ (prema 25)

u %

Godina	Kruta goriva	Tekuća goriva	Plinovita goriva	Hidro-energija	Nuklearna energija (ostalo)	Udio vlastitih izvora energije
1950.	90,15	7,80	0,25	1,80	—	93,00
1960.	83,80	11,24	0,44	4,52	—	88,60
1970.	54,63	34,30	4,67	6,40	—	74,00
1980.	40,10	44,90	8,10	6,90	—	63,60
1982.	40,80	37,70	11,60	8,00	1,90	64,49
1985.	42,50	40,70	7,70	6,40	2,70	66,30
1990.	46,80	32,80	10,50	6,70	2,20	77,80
2000.	52,30	22,10	11,90	6,60	7,10	87,20
2010.	54,90	20,90	9,80	4,60	9,70	82,20

1980. godine znatno povećala ukupnu potrošnju tekućih goriva, koja su se uvozila po sve višim cijenama. Nakon 1980. godine dolazi razdoblje opće društvene stabilizacije. Zbog nedostatka konvertibilnih sredstava uvozi se svake godine sve manje nafte. Zato naglo opada potrošnja tekućih goriva. Redovito se donosi zakonska zabrana gradnje novih postrojenja na tekuća goriva, te ekonomski stimulira prelazak s tekućih goriva na kruta. Također izvanredno brzo raste cijena tekućih goriva. Usprkos svim tim mjerama, prvenstveno zbog velike ovisnosti o nafti, do 1980. još uvijek je 1983. i 1984. godine velika potražnja za tekućim gorivima. Zato je od 1980. godine bitno smanjenja potrošnja tekućih goriva (7,2 %) plaćena redukcijama energije (posebno u SR Hrvatskoj i SR Makedoniji).

Prilikom rasprava »Strategije dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije« (lit. 25) potkraj 1983. godine konstatirano je da su postojeći energetske problemi naše zemlje prvenstveno posljedica nedostatka dugoročne i organizirane energetske politike. Tu veoma neugodnu konstataciju jednoglasno su prihvatili energetičari. Proizlazi da je jedini sigurni izlaz iz današnjih energetske katastrofe (stalna redukcija el. energije i povremene redukcije topline i plina) organiziran i stručan pristup energetici. Nepojmljiva je činjenica da je krajem 1983. godine električna energija u SR Hrvatskoj po cijeni energetske ekvivalenta bila najjeftinija. Istovremeno je SRH potkraj 1983. godine imala do sada najveće redukcije električne energije. Nelogičnost vođenja naše energetike danas najbolje pokazuje usporedba bilančnih rezervi energije i strukture korištenja primarne energije u Jugoslaviji (tablica 9).

Godine 1982. udio tekućih i plinovitih goriva u potrošnji iznosio je još uvijek veoma visokih 49,3 %, dok su rezerve tih goriva samo 2,5 %. Sasvim suprotna je situacija kod krutih goriva, gdje su vlastite rezerve u postotnom udjelu dvostruko veće od ostvarene potrošnje 1982. godine.

Potrošnja plina u Jugoslaviji naglo se povećala u apsolutnom i relativnom iznosu od 1960. godine. Pokazuje se da je iza 1980. godine povećana potrošnja plina (prije svega uvoznog plina) bila jedina osnova za

Tablica 9. Usporedba bilančnih rezervi i potrošnje primarne energije u SFRJ

Bilančna rezerva	Korištena energija 1982. godine
— ugljen 84,0 %	— kruta goriva 40,8 %
— nafta 1,4 %	— tekuća goriva ... 37,7 %
— hidropotencijal 11,5 %	— hidro-energija .. 8,0 %
— nukl. energija ... 2,0 %	— nukl. energ. 1,9 %
— zemni plin 1,1 %	— plinov. goriva ... 11,6 %

pokrivanje povećanog nedostatka primarne energije u našoj zemlji.

U daljnjem razvoju strukture primarne energije planira se:

- maksimalno mogući razvoj domaćih izvora energije (ugljen, prirodni plin)
- maksimalno moguće smanjenje uvoza energije (nafte).

Osnovni energent u Jugoslaviji do 2020. godine jest ugljen, čiji udio u ukupnoj potrošnji dostiže 54,9 % (tablica 8).

Do 2000. godine planira se porast udjela zemnog plina na 11,9 %. Nakon 2000. godine udio plina naglo pada. Karakteristično je da udio plina 1985. godine treba iznositi 7,7 %. Međutim, 1980. godine udio plina je već iznosio 8,1 % a 1982. godine čak 11,6 %. Kod ove prognoze (lit. 25) potrošnja zemnog plina bitno se razlikuje od prognozirane proizvodnje plina (tablica 10).

Podaci o prognoziranom razvoju proizvodnje i potrošnje plina u SFRJ iz tablice 10. još više zbunjuju, to više što su korišteni iz materijala izrađenih 1983. i 1984. godine na saveznom nivou. Prije svega, uočava se da su materijali rađeni s različitim energetske saznanjima. Tako je »Strategija dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije« (lit. 25) znatno opreznije prognozirala razvoj potrošnje plina, uz veoma smione prognoze razvoja vlastite proizvodnje plina. Zato su već 1985. godine prognozirane količine proizvodnje plina dvostruko veće od planirane potrošnje! Ističe se istovremeno nelogičnost planirane potrošnje pli-

na 1985. godine od $3,93 \cdot 10^9 \text{m}^3$ jer je već 1983. godine ostvarena potrošnja veća od $5,0 \cdot 10^9 \text{m}^3$.

Tablica 10. Usporedni pregled posljednjih prognoza razvoja proizvodnje i potrošnje plina u Jugoslaviji (lit. 25 i lit. 28)

Godina	Prognoze proizvodnje s uvozom			Prognoza potrošnje	
	lit. 25		lit. 28	lit. 25	lit. 28
	V/točka 10	tab. 3.7.			
1985.	6,0	8,05	7,0 (4 + 3)	3,93	7,0
1990.	10,0	11,5	8,00 (5 + 3)	6,45	8,0
1995.	13,0	13,2	10,0 (7 + 3)	8,30	10,0
2000.	15,0	15,2	13,0 (10 + 3)	10,60	12,0

S druge strane, prijedlog »Dogovora o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj energetike do 2000. godine (lit. 28) prognozira bitno manju vlastitu proizvodnju prirodnog plina, ali zato se planira znatno veća potrošnja plina. Pri tome nema nikakvih rezervi za eventualne poremećaje razvoja vlastite proizvodnje.

Razlike između navedenih prognoza su suštinske i pokazuje neke od prisutnih dilema u razvoju plinifikacije Jugoslavije. Kada bismo uzeli u obzir sve do sada izrađene prognoze razvoja plinifikacije, još više bi se iskazale »špekulacije« s plinom kao spasiocem naših energetske problema.

Osnovna karakteristika svih prognoza proizvodnje plina u SFRJ jest ta što se prognozira bliže razdoblje proizvodnja je sve manja. U prognoziranju daljnjih razdoblja redovito se pojavljuju velike količine plina, koje su u pavilu skup nerealnih planova energetske želja. Zato se nameće zaključak da naše prognoze razvoja plinifikacije do 2000. godine nisu realno ostvarljive, posebno bez bitno drukčijeg pristupa problemima energetike. Kao i kod prognoze vlastite proizvodnje plina, u prognozama potrebe uvoza plina postoje velike razlike. Po nekim prognozama (želje republika), uvoz plina već do 1985. godine povećao bi se na $6,7 \cdot 10^9 \text{m}^3$, a do 1990. godine na $7,73 \cdot 10^9 \text{m}^3$ (u 1982. godini uvezeno je $2,9 \cdot 10^9 \text{m}^3$). Pri tome se planira osim uvoza iz SSSR-a uvoz plina iz Alžira (preko Italije) i iz Irana (preko SSSR-a). Raspored tako prognoziranih uvoznih količina plina prikazan je u tablici 11. Uočljivo je da i SR Makedonija planira 1985. godine uvoz plina iz SSSR-a (preko Bugarske). S tako velikim uvoznim količinama plina, udio uvoznog plina u potrošnji plina idućih godina porastao bi sa sadašnjih 57 % na preko 70 %.

Povećanim uvozom zemnog plina povećat će se još više ovisnost naše zemlje o uvoznoj energiji.

Prema drugim prognozama (posebno prema lit. 25) uvoz plina teba stagnirati, pa čak i opadati. Razlozi za smanjenje uvoza plina pri tome su:

- mogućnost direktnog i trenutnog političkog djelovanja ili izvoznika ili transportera
- smanjenje ovisnosti vlastite energetike o uvozu energije

Tablica 11. Prognozirani raspored uvoznih količina prirodnog plina u SFRJ (1980)

u 10^6m^3

	Iz SSSR-a		Iz Alžira		Ukupno	
	1985.	1990.	1985.	1990.	1985.	1990.
SR Srbija	2 300	2 600	500	500	2 800	3 100
SR Hrvatska	630	630	210	210	840	840
SR Slovenija	790	790	320	320	1 110	1 110
SR BiH	340	340	550	550	890	890
SR Makedonija	1 060	1 790	—	—	1 060	1 790
Ukupno SFRJ	5 120	6 150	1 580	1 580	6 700	7 730

— veoma nepovoljni tehnološki uvjeti za preuzimanje uvoznog plina.

Izvoznik plina zahtijeva konstantno preuzimanje ugovorenih količina (snage) plina u toku cijele godine. To je veoma teško osigurati kada je velik postotni udio uvoznog plina u potrošnji. Posebne poteškoće nastaju ako je u strukturi potrošnje velik udio ogrjevnih potrošača (široka potrošnja). Rješenje tih zahtjeva izvoznika plina jest u akumulaciji u posebnim skladištima plina, što opet uzrokuje gubitke količine plina i zahtijeva velika investicijska ulaganja. Uvoz plina također znači i veće devizne izdatke ne samo izvozniku plina, već i svim zemljama koje do nas transportiraju plin.

Vjerojatno najteži problem daljnjeg razvoja uvoza plina bit će cijena. Kao što je već rečeno, svi izvoznici plina žele izjednačiti cijene plina s cijenama sirove nafte. Cijena transporta plina također sve su veće. Međutim, plin kao sirovina i energetik iskazuje i ozbiljne tehnološke mane. U odnosu na naftu, primjena plina je mnogo uža. Osim toga, plin je izrazito teško uskladišti. **U uvjetima približno izjednačene energetske cijene nafte i plina, povoljnije je zato uvoziti naftu.**

Na kraju opet, čak u istim materijalima, koji govore protiv uvoza plina (lit. 25), spominje se povećani budući uvoz prirodnog plina, kao rezerva za:

- manju vlastitu proizvodnju plina
- manju vlastitu proizvodnju mrkog ugljena
- neostvarivanje plana oplemenjivanja lignita.

Konkretno, u 1984. godini sve republike su tražile povećanje uvoza sa $3 000$ na $4 000 \cdot 10^6 \text{m}^3$ ali SIV je to u prvi čas odbio. U svim prognozama stručnjaci se ipak slažu da za realiziranje veće vlastite proizvodnje plina **treba odmah osigurati potrebna sredstva za vlastita istraživanja**. Bez većeg ulaganja u eksploataciju i istraživanja plina, posve je sigurno, da će nakon 1990. godine doći do pada proizvodnje plina u Jugoslaviji.

c) Zalihe prirodnog plina

U današnjoj proizvodnji plina u Jugoslaviji isključivo se koristi plići dio panonskog sedimentnog bazena.

Danas postoje tri neistražena potencijalna sedimentna bazena:

- **primorje Jadrana** (istražen samo sjeverni dio platformom »Panon« do dubine 90 m; nabavom nove platforme »Zagreb I« sa stranim partnerom počelo se sa istraživanjem dubine do 360 m, u srednjem i južnom Jadranu, istraživanja južnog Jadrana provodi Crna Gora također sa stranim partnerom).
- **panonski tercijarni sedimenti bazen** (danas se eksploatiraju samo plići dijelovi sa 28 naftnih i plinskih polja; ukazuje se na nova nalazišta plina u velikim dubinama s enormno visokim pritiscima i temperaturama, te s visokim sadržajem korozivnih primjesa)
- **Dinaridi**, (najveći bazen u SFRJ, s oko 100 000 km²; tek su počela istraživanja; postoji mogućnost otkrivanja nalazišta ugljikovodika na dubinama većim od 5 000 m).

Pokazuje se da u svim potencijalnim područjima rezervi nafte i plina predstoje opsežni i skupi istražni radovi. Istraživanja podmorja su do deset puta skuplja od istraživanja na kopnu. Sličan je odnos za istraživanja u velikim dubinama. Jeftinih i lako pristupačnih novih nalazišta zemnog plina u Jugoslaviji više nema. To znači da se mora osigurati, kontinuirano veće društveno ulaganje u istraživačke radove. To bi trebalo ponajprije osigurati putem cijene plina, ali i udruživanjem zainteresiranih organizacija i zajednica. To je i zaključak Sabora iz veljače 1984. godine.

U tablici 12. je novija prognoza geoloških i potencijalnih rezervi zemnog plina u Jugoslaviji. Ukupne geološke rezerve su $142,4 \cdot 10^9 \text{m}^3$, od čega je 63,1 % u SR Hrvatskoj, a 36,9 % u SR Srbiji. U dosadašnjoj proizvodnji plina ostvareni su slični omjeri. SRH 1982. sudjelovala sa 60,2 %, a SAP Vojvodina sa 39,8 %. Na XI. svjetskoj konferenciji o energiji 1980. godine objavljene su predvidive rezerve plina u Jugoslaviji od $38 \cdot 10^9 \text{m}^3$, što je gotovo četiri puta manje od prognoze iz tablice 12.

Tablica 12. Rezerve zemnog plina (naftnog, suhog) u SFRJ prema lit. 25, lit. 27)

	Murska depresija	Dravska depresija	Savska depresija	sjeverni Jadran	Ukupno SRH	Banat	Bačka	Ukupno SR Srbija	Ukupno SFRJ
Geološke rezerve (A + B + C1) 10^9m^3	0,2 (0,1)	50,8 (44,1)	31,9 (14,)	7,0 (7,0)	89,9 (66,1)	44,8 (37,8)	7,7 (5,9)	52,5 (43,7)	142,4
Udio u ukupnim geološkim rezervama plina SFRJ	0,1 %	35,7 %	22,4 %	4,9 %	63,1 %	31,5 %	5,4 %	36,9 %	
Potencijalne rezerve (A + B + C1 + C2 + D1 + D2) 10^9m^3	—	—	—	—	608,0	—	—	81,9	690,7

Potencijalne rezerve zemnog plina su čak $690,7 \cdot 10^9 \text{m}^3$, od čega su 88 % rezerve u SRH. Naime, u SRH su potencijalne rezerve gotovo sedam puta veće od geoloških rezervi, a u SR Srbiji svega 50 %.

Uzimajući u obzir prognoziranu vlastitu proizvodnju plina, geološke rezerve plina u Jugoslaviji mogu se eksploatirati još oko 20 godina. Potencijalne rezerve, razumljivo, nude mnogo duži vijek eksploatacije. To je još jedan dokaz da je nužno intenzivirati naše istražne radove. Bez novih plinskih polja već je godine 1990. ugrožena vlastita proizvodnja plina, a time sasvim sigurno i opskrba Jugoslavije energijom.

U istraživanju potencijalnih rezervi prirodnog plina najveće mogućnosti vide se danas u primorju Jadrana. Ističe se činjenica da Italija iz Jadrana već koristi godišnje $7 000 \cdot 10^6 \text{m}^3$ plina. Kod nas dva plinska polja »Ivana« i »Ika« nedaleko od Pule INA priprema za eksploataciju od oko $300 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Planira se početak korištenja prvih naših plinskih polja u Jadranu za 1986. ili 1987. godinu. U korištenju plina iz Jadrana danas postoje tehnološki problemi. Jadran kao

potencijalno nalazište ugljikovodika podijeljen je u dvije zone: **sjevernu zonu**, u kojoj je more plitko i tu se uglavnom do sada istraživalo, **te srednjo-južnu zonu**, koja je na velikim dubinama i koju tek treba istražiti. Zbog visoke cijene istražnih radova (bušotina) sklopljen je ugovor s nekoliko stranih kompanija (AGIP, CHEVRON, TEXACO, HISPANOIL) o zajedničkom ulaganju. Od ukupnih 54 000 km² podmorja zajednički se treba istražiti 12 000 km², i to uz otoke Mljet, Jabuka i Palagruža (ukupno 8 bušotina). Bez bušenja, koja su veoma skupa, do 1 000 milijuna dolara po bušotini — pogotovo na velikim dubinama i u podmorju — današnja tehnologija ne može definitivno utvrditi zalihe ugljikovodika. Zato je jedina garancija buduće opskrbe zemnim plinom iz vlastite proizvodnje povećano društveno ulaganje u istražne bušotine. Za potrebe INE upravo se u domaćem brodogradilištu »Viktor Lenac« dovršava treća platforma »Labin«, koja će sigurno ubrzati istražne radove. Na žalost, zbog nedostatka sredstava odustalo se privremeno od narudžbe za našu četvrtu platformu.

d) Perspektive proizvodnje sintetičkog plina

Za perspektivu razvoja potrošnje zemnog plina u Jugoslaviji bitno je analizirati mogućnost proizvodnje »sintetskog plina«. Prema »Strategiji dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije« predviđa se nakon 1985. godine brzi razvoj proizvodnje sintetičkog plina iz ugljena. Proizvodnja sintetičkog plina treba se u Jugoslaviji već do 1990. godine povećati sa $500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ na $3\,000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, a u 2000. godini čak na $14\,600 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. To su bitno veće količine od planirane proizvodnje zemnog plina u Jugoslaviji.

Ne ulazeći detaljnije u probleme proizvodnje sintetskog plina iz gljena slabije kvalitete, treba naglasiti da danas postoje ozbiljni tehnički i ekonomski problemi. Postupci za proizvodnju »supstituta prirodnog plina« (SNG) iz ugljena još uvijek se u svijetu istražuju.

Međutim, proizvodnja sintetičkog plina (ogrjevne moći $17,5 \text{ Mj/m}^3$, a to je dvostruko manja nego za zemni plin) iz ugljena danas je tehnološki moguća. Kod nas već nekoliko godina rudnik lignita na Kosovu ima postrojenje za proizvodnju sintetskog plina prema postupku Lurgi. Kapacitet postrojenja je $480 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ plin godišnje. To postrojenje do sada radi sa svega četvrtinu kapaciteta jer nije bilo dovoljno potrošača. Zato je dosta smiono planirati ozbiljnije oslanjanje naše energetike na sintetski plin iz domaćeg ugljena.

6. PRIRODNI PLIN U ENERGETICI SR HRVATSKE

a) Dosadašnji razvoj

U SRH prirodni plin otkriven je u Bujevici 1918. godine. Nešto kasnije otkriveno je i plinsko polje Gojilo, koje se počinje koristiti izgradnjom tvornice čađi u Kutini 1923. godine. Tako je počela industrijska, upotreba plina u Hrvatskoj. Istovremeno počelo se koristiti zemni plin u kućanstvima, ali samo u neposrednoj blizini plinskih polja.

Početak tridesetih godina predlagala se i izgradnja termoelektrane na plin iz Gojla. Ova ideja, iako ekonomski veoma zanimljiva, propala je zbog raznih interesa stranog kapitala u Hrvatskoj.

Godine 1944. otkriveno je novo plinsko polje Janja Lipa, koje će kasnije biti polazna točka prvog hrvatskog magistralnog plinovoda (1952. godine Janja Lipa — Zagreb). Time je bitno povećano konzumno područje zemnog plina, ali još uvijek plin je bio izrazito zapostavljen. U to vrijeme plin se pretežno javlja kao nužni pratilac nafte — naftni plin, koje se često ili beskorisno spaljivao ili sve više koristio u mrežama malih lokalnih distributivnih potrošača.

Šezdesetih godina (Okoli, 1964. i Žutica, 1968) i sedamdesetih godina (Legrad 1973. i Bokšić, 1974) otkrivena su nova plinska polja u SR Hrvatskoj. Potkraj sedamdesetih godina otkrivene su nove veće ko-

Tablica 13. Proizvodnja zemnog plina u SR Hrvatskoj (10^6 m^3)

God.	Proizvodnja	God.	Proizvodnja	God.	Proizvodnja
1945.	3,2	1961.	58,0	1977.	1 064,5
1946.	6,3	1962.	64,4	1978.	986,4
1947.	5,3	1963.	82,3	1979.	850,3
1948.	6,3	1964.	138,2	1980.	1 037,1
1949.	5,3	1965.	159,3	1981.	1 168,8
1950.	5,3	1966.	199,4	1982.	1 244,5
1951.	6,3	1967.	244,8	1983.	1 188,0
1952.	6,3	1968.	348,2		
1953.	7,4	1969.	426,2		
1954.	12,7	1970.	502,2		
1955.	19,0	1971.	577,1		
1956.	21,1	1972.	600,3		
1957.	24,3	1973.	645,7		
1958.	29,5	1974.	711,1		
1959.	35,9	1975.	792,3		
1960.	41,0	1976.	961,1		

ličine plina na poljima Bokšić-Molve, Kalinovac i Stari Gradec. Paralelno s otvaranjem novih plinskih polja brzo je rasla godišnja proizvodnja prirodnog plina u SRH (tablica 13). Od $82,3 \text{ milijuna m}^3$ 1963. godine proizvodnja prirodnog plina u SRH povećala se 1970. godine na $502,2 \text{ milijuna m}^3$. Sedamdesetih godina nastavlja se snažna eksplozija vlastite proizvodnje plina, koja već 1977. godine prelazi $1\,000 \text{ milijuna m}^3$. U strukturi proizvodnje zemnog plina sve je veći udio »slobodnog« plina. Ostvarena je struktura potrošnje plina od: 50 % — slobodni plin vlastite proizvodnje, 35 % — uvozni plin 15 % vlastiti naftni plin.

Sa 17 % udjela u ukupnoj potrošnji primarne energije SRH prirodni plin postaje drugi energent. Istovremeno ulažu se znatna društvena sredstva u izgradnju novih magistralnih i distributivnih plinova, te redukcijsko mjernih stanica, ali na žalost samo u sjevernom dijelu republike.

Daljnji razvoj plinifikacije SRH 1977. godine definira se osnovnim smjernicama koje je usvojio i Sabor:

1. Prirodni plin je plemeniti energent, te ga u uvjetima nedovoljnih količina treba usmjeravati ostvarivanju maksimalnih društvenih efekata.
2. Vlastita proizvodnja i uvoz prirodnog plina nisu dovoljni za pokriće rastućih potreba, te se potrošnja ograničava na mjesta proizvodnje i lokacije uz postojeće magistralne plinovode.
3. Shodno prethodnim stavovima uvedena je kategorizacija prioriteta u potrošnji:

I kategorija — široka potrošnja u gradovima, kao i sva dosad obuhvaćena široka potrošnja (do 20 % godišnje proizvodnje plina),

II kategorija — plin kao sirovina za kemijsku industriju (do 30 % godišnje proizvodnje plina),

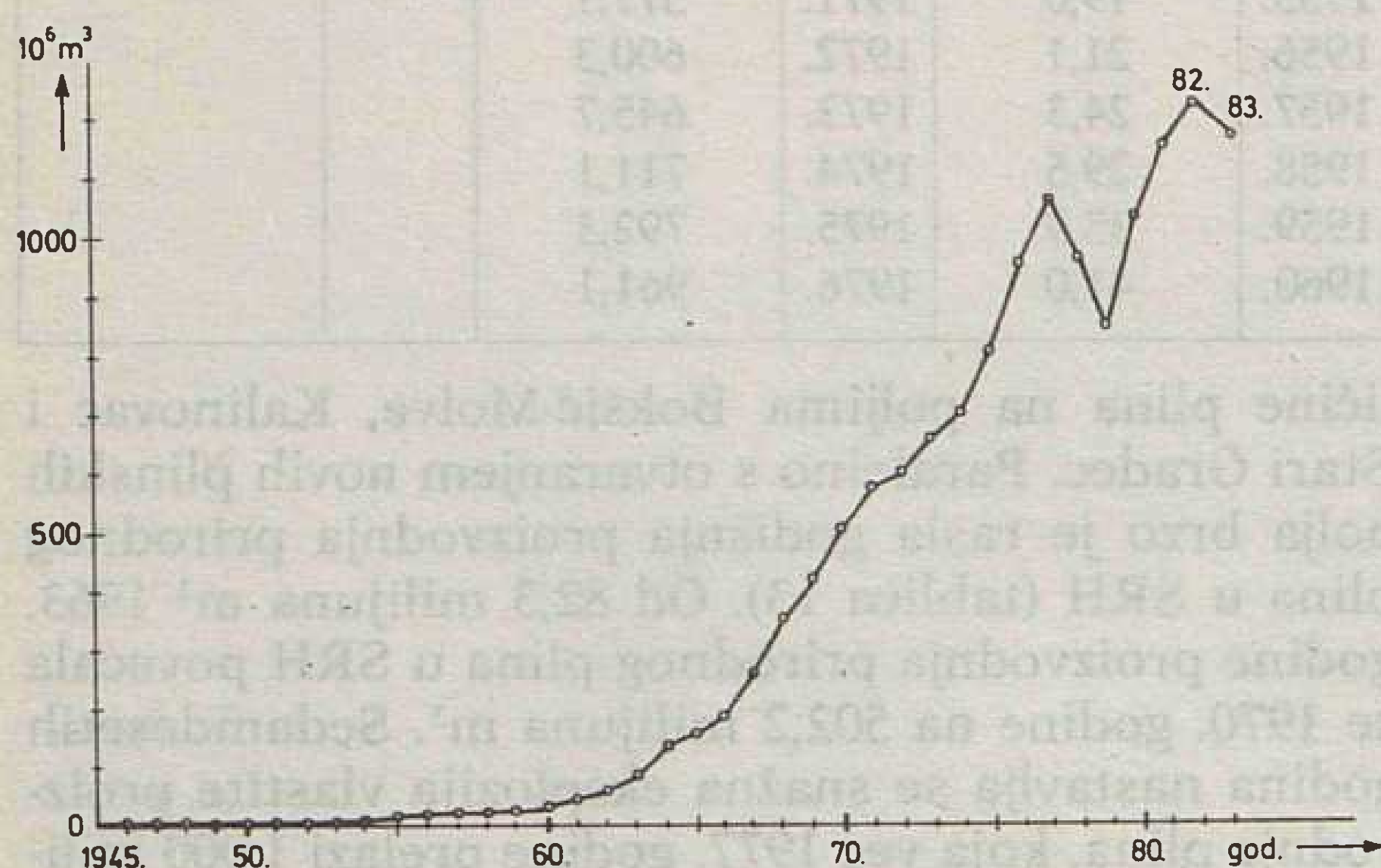
III kategorija — plin kao tehnološko gorivo za proizvodnju kod koje je upo-

treba plina uvjet tehnologije procesa (čeličane, tvornice stakla, do 10 % godišnje proizvodnje plina),

IV kategorija — plin kao energetska gorivo za proizvodnju toplinske energije (oko 40 % godišnje proizvodnje plina),

V kategorija — termoelektrane i toplane (eventualni viškovi).

Posebno se zahtijevalo da svi potrošači III, IV i V kategorije moraju imati rezervno gorivo (drugi plin, tekuće ili kruto) za slučaj prekida dobave prirodnog plina iz bilo kojeg razloga.



Dijagram IV: Proizvodnja plina u SR Hrvatskoj (prema 24)

4. Izjednačiti cijene prirodnog plina s drugim energentima, vodeći brigu o njegovim prednostima.
5. Radi racionalizacije potrošnje uvesti diferentne tarifne cijene (prije svega sezonske cijene zima — ljeto).
6. Distribuciju s povremenim potrošačima (uglavnom V i djelomično IV kategorije) izjednačavati oscilacije u potrošnji, jer, ugovorno, uvozni plin mora se trošiti ravnomjerno, a vlastita proizvodnja iz ekonomskih razloga zahtijeva također ravnomjernu potrošnju.
7. Sve potencijale treba maksimalno angažirati na istraživanje novih nalazišta prirodnog plina.
8. Ulagati napore za osiguravanje uvoza novih količina plina.
9. Širiti plinske mreže u nova područja, uz uvjet da se osiguraju nove količine plina.
10. Izraditi kompleksan program plinifikacije u SRH, uzimajući u obzir sve plinovite energente

(plinifikacija urbanih sredina nije uvjetno vezana samo za prirodni plin).

11. Formirati SIZ proizvođača, distributera i potrošača plina.

Danas među stručnjacima postoje različita mišljenja o svrsishodnosti tih smjernica. Prvenstveno se nameće pitanje može li se energetska politika voditi separatno. Plin je samo jedan energent opće energetske bilance, čija potrošnja ovisi od potrošnje drugih goriva, ali i čija potrošnja utječe na razvoj potrošnje drugih goriva. Zato je teško opravdati smjernice koje tretiraju dugoročnu politiku jednog energenta.

Neke od ovih smjernica, iako ih je prihvatio Sabor, do danas nisu provedene, što također ukazuje na njihovu svrsishodnost.

Posebno diskutabilan je dio smjernica u kojima se daje apsolutni prioritet (I kategorija) širokoj potrošnji, **bez uvođenja diferentnih cijena**. Danas je sasvim sigurno da upravo zbog ovako usmjerenog razvoja plinifikacije dolazi redovito tokom ogrjevnice sezone u SRH do dramatičnih redukcija potrošnje plina. U sezoni 1983/1984. godine redukcije široke potrošnje provedene su u značajnom opsegu, u periodima najnižih vanjskih temperatura.

Ipak, ne može se izbjeći i konstatacija da su neke od smjernica odigrale pozitivnu ulogu u razvoju plinifikacije SRH.

Nakon dugih priprema 1978. godine odnosno 1979. počeo je uvoz zemnog plina iz SSSR-a za SRH. Od tada uvozni plin s jedne strane spasonosno je pokrivaio neplanirane podbačajne vlastite proizvodnje plina 1978, 1979. i 1983. godine), a s druge strane omogućio je nastavak izvanredno brzog razvoja potrošnje plina u SRH. Konkretno, uvezeno je 1980. godine $453,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, 1981. g. $563,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ a 1983. g. $653 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Nakon stagnacije vlastite proizvodnje plina, od 1977. do 1980. godine, 1981. i 1982. godine, došlo je ponovno do povećanja proizvodnje. U 1982. godini proizvedeno je rekordnih 1 244,5 milijuna m^3 zemnog plina. Međutim, već 1983. godine, iako je planirana i bučno najavljuvana proizvodnja od čak $1 501 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ponovno je došlo do smanjenja proizvodnje plina (tablica 13). Kao razloge tog podbačaja INA je navela »nedostatak deviznih sredstava za nabavu prijeko potrebnih rezervnih dijelova opreme i repromaterijala«.

Usporedba ostvarenja proizvodnje i potrošnje zemnog plina u SR Hrvatskoj za zadnje dvije godine sa planom za 1984. godinu daje ove vrijednosti:

	1982.		1983.		1984. (plan)	
	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%
— vlastita proizvodnja	1 244,5	(69)	1 188,0	(65)	1 316	(63)
— uvoz iz SSSR	562,8	(31)	653,0	(35)	764	(37)
— ukupna potrošnja	1 807,3	(100)	1 841,0	(100)	2 080	(100)

Pokazuje se, da je 1983. godine povećan postotni udio uvoznog plina u potrošnji. Također, prema 1979. godini, kada je počeo uvoz plina, ni 1982. godine porred rekordne vlastite proizvodnje, nije se smanjila ovisnost od uvoza plina. Ta konkretno znači da se od 1979. godine cjelokupan razvoj plinifikacije SRH temelji na uvoznom plinu. Vlastita proizvodnja zemnog plina pri tome nije mogla slijediti ni porast potrošnje.

Tablica 14. Struktura utrošenih primarnih oblika energije i pokrivenost vlastitim izvorima energije (u %) (lit. 27)

	1960.		1970.		1980. (plan)	
	Jugoslavija	SRH	Jugoslavija	SRH	Jugoslavija	SRH
kruta goriva	83,8	69,4	54,6	25,4	42,6	10,8
tekuća goriva	11,2	21,21	34,3	51,9	44,5	59,1
plin	0,5	1,3	4,7	10,7	5,6	17,0
hidro-energ.	4,5	8,1	6,4	12,0	7,3	13,1
Udio vlastitih izvora	88,6	85,5	74,8	75,5	62,4	63,7

Usporedimo li ukupnu potrošnju primarnih oblika energije u Jugoslaviji i SRH (tablica 14), pokazuje se da je u razdoblju od 1960. do 1980. godine bitno smanjena pokrivenost potrošnje vlastitom proizvodnjom primarnih oblika energije. Za SRH pokrivenost potrošnje vlastitom energijom smanjila se sa 85,5 % na svega 63,7 % 1980. godine. Osnovni uzroci povećane ovisnosti od uvoza energije jesu povećana ukupna potrošnja energije u promjeni strukture. U razdoblju od 1960. do 1980. godine u SRH postotni udio krutih goriva smanjio se za oko sedam puta. Istovremeno, oko tri puta povećao se udio tekućih goriva. Godine 1980. vlastita proizvodnja nafte pokrivala je svega 51,87 % potrošnje, dok je 1961. godine proizvodnja nafte u SRH bila dvostruko veća od potrošnje. Sa 59,1 % udjela tekućih goriva 1980. godine SRH je osigurala mjesto u svjetskom vrhu. Kod ugljena, zbog zatvaranja rudnika, osim smanjenja potrošnje bitno se smanjila pokrivenost potrošnje vlastitom proizvodnjom. Konkretno, sa 61 % 1960. godine pokrivenost vlastitom proizvodnjom ugljena u SRH smanjila se 1980. godine na oko 23 %. U promatranom razdoblju (tablica 14) najbrže je rasla potrošnja prirodnog plina, koja se povećala oko 14 puta! Sa 17 % udjela plin je postao drugi energent. Treba naglasiti da je realno moguće povećati udio plina i do 30 %, ali se pri tome mora imati na umu sve veći udio uvoznog plina.

b) Prognoza razvoja proizvodnje i potrošnje prirodnog plina

Niz faktora utjecat će na razvoj proizvodnje i potrošnje prirodnog plina u SRH. Veoma je važno sve faktore predvidjeti kako se ne bi ponovila neka do sada neugodna iskustva.

Podsjetimo se da je osamdesetih godina zbog bitnog smanjenja ogrijevne vrijednosti zemnog plina iz vla-

Povremenom energetsom bilancom SR Hrvatske za 1984. godinu planirana je ukupna potrošnja zemnog plina od 2,08 milijarde m³, što je oko 13 % više od ostvarenja 1983. godine. Vlastita proizvodnja plina u 1984. godini planira se povećati za oko 11 %, a uvoz plina za čak 17 %. Zbog toga se udio uvoznog plina ponovo povećava i planira udjelom od 37 %.

stite proizvodnje (izdvajanje teških ugljikovodika) bitno porasla volumna potrošnja plina. Također »sasvim nenadano« 1982. i pogotovo 1983. godine, početkom rada TUG Kutina, nastaju ozbiljni problemi s opskrbom plinskih potrošača u SRH. Za 1984. godinu TUG Kutina planirala je potrošnju od 560 milijuna m³, što je gotovo 50 % veća količina od ukupne godišnje potrošnje plina³ Zagreba. Istovremeno, zbog nedostatka plina u Zagebu dugogodišnji potrošači plina ostaju početkom 1984. godine bez plina. Do 1985. godine TUG Kutina planira povećati potrošnju do 700 milijuna m³, što je 60 % sadašnje vlastite proizvodnje plina SRH. Usprkos sadašnjim problemima s pokrivanjem potrošnje plina u idućem razdoblju planira se izvanredno veliko povećanje proizvodnje i potrošnje zemnog plina u SR Hrvatskoj. Povećanje proizvodnje plina u SRH predviđa se s mnogo većom stopom od prosjeka Jugoslavije, tako da se udio SRH u proizvodnji plina Jugoslavije treba povećati sa sadašnjih 55 % na nevjerojatnih 91,7 % u 2000. godini. U apsolutnim iznosima prema »Konceptiji i dugoročnom razvoju energetike SR Hrvatske« (lit. 27) prognoziran je sljedeći razvoj proizvodnje i potrošnje prirodnog plina, prema odobrenoj varijanti A4:

(ostvarenje)	Vlastita proizvodnja	Potrošnja	Manjak/višk
1983. god.	1 188	18 841	— 653
1985. god.	2 000 (2 097)	2 532	— 132 (— 435)
1990. god.	5 000	3 820	+ 1 180
2000. god.	9 500	6 659	+ 2 841

Ta usporedba prikazuje gotovo idealnu sliku, jer iza 1985. godine u SRH stalno se iskazuje »višk« proizvodnje plina, koji je idealna energetska rezerva tvorcima koncepcije. »Rezerve« za promašaje u proizvodnji plina iznose od 30 % (1990. g.) do preko 40 % (2000 god.) da bi »iskoristili« višk proizvodnje plina SRH,

autori koncepcije dugoročnog razvoja energetike predvidjeli su čak i izvoz plina iz SRH u druge republike.

Interesantno je istaći da je prethodno navedeno povećanje vlastite proizvodnje plina u SRH službeno potvrđeno i usvojeno u sklopu Društvenog plana 1981. — 1985. godine (Delegatski vjesnik broj 167, godina VII).

Međutim, sasvim je sigurno da se ovako prognozirana proizvodnja plina u SRH neće realizirati. Za tu konstataciju ima nekoliko argumenata:

- Potpuno je nepouzđano prognozirati proizvodnju plina iza 1990. godine jer se temelji na potencijalnim, a ne dokazanim rezervama plina.
- Već danas je sigurno da se 1985. godine neće ostvariti planirana proizvodnja plina od $2,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, pa ni $2,1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, te je realno pretpostaviti da se neće ostvariti ni planirana proizvodnja plina od $5,0 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ u 1990. godini; treba naglasiti da i autori »Koncepcije dugoročnog razvoja energetike u SRH« nisu mogli povjerovati u planiranu proizvodnju plina 1985. godine, već su analizirali varijantu sa 20 % manjom proizvodnjom.

— Već danas postoje ozbiljniji tehnički problemi u korištenju novih nalazišta zemnog plina (pijesak, korozija) koji bitno usporavaju dinamiku razvoja proizvodnje.

— Postoje i različita mišljenja u pogledu brzine eksploatacije dokazanih rezervi plina, što opet direktno utječe na proizvodnju.

Navedene činjenice vjerojatno su bile poznate i autorima »Koncepcije dugoročnog razvoja energetike SRH«. Zato je teško razumljiva ova optimistička prognoza. Ako su osnove za planirano povećanje proizvodnje plina u SRH potencijalne rezerve plina od $608 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ koje omogućuju proizvodnju plina barem idućih 70 godina, treba također naglasiti da su dokazane rezerve svega $89,9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ tj. 12,9 % (tablica 12). Te rezerve jedva su, međutim, dovoljne za planiranu potrošnju plina u SRH do 2000. godine.

Razlike su goleme i očito je da baratanje sa potencijalnim rezervama, koje tek treba dokazati i eventualno pripremiti za eksploataciju, stvara nepotrebno klimu lakog rješenja problema energije.

Tablica 15. Struktura prognozirane proizvodnje zemnog plina u SRH (lit. 27)

Godina (ostv.)	Proizvodnja iz otkrivenih rezervi — Panon		Proizvodnja iz potencijalnih rezervi						Ukupna proizvodnja
	10^6 m^3	%	Panon		Jadran		Ukupno		
			10^6 m^3	%	10^6 m^3	%	10^6 m^3	%	
1983.	1 188	—	—	—	—	—	—	—	1 188
1985.	2 400 (2 097)	100	—	—	—	—	—	—	2 200 (2 097)
1990.	1 600	32	1 900	38	1 500	30	3 400	68	5 000
1995.	1 300	15,5	2 600	34	3 900	49,5	6 600	83,5	7 900
2000.	1 000	10,5	3 000	32	5 500	57,5	8 500	89,5	9 500

Napomena: Potencijalne rezerve procijenjene su na temelju rezultata dobivenih geološko geofizičkim radovima.

Tablica 15. pokazuje koliko su nepouzđane optimističke prognoze razvoja proizvodnje plina u SRH, posebno nakon 1990. godine. Već 1990. godine udio proizvodnje iz otkrivenih rezervi pada sa 100% na 32% tj. na svega $1 600 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, od ukupno planiranih $5 000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Iste godine prognozirana je potrošnja plina u SRH od $3 820 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Znači da je 1990. godine čak $2 220 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ odnosno 58,2 % planirane potrošnje iz nedokazanih rezervi. Evidentno je da se ta količina plina neće moći lako osigurati iz uvoza, te se čitava koncepcija razvoja energetike dovodi u pitanje. Uzgred, podsjetimo se da se prema »Koncepciji« već 1990. godine ne predviđa nikakav uvoz plina. Čak se planira i izvoz zemnog plina.

Ako realnije u sklopu bilance energije SRH računamo sa plinom, tada se iskazani manjak primarne energije može nadomjestiti samo ugljenom, odnosno nuklearnom energijom. Ti energenti, međutim, zahtijevaju dugoročnu pripremu i organizirano investira-

nje. Zato je svaka kalkulacija s lako proizvedenim količinama zemnog plina mnogo privlačnija. Međutim, istraživanja i pripreme za eksploataciju nalazišta plina također su veoma skupi, a k tome i prilično neizvjesni. Posebno zabrinjava u izrađenim prognozama razvoja energetike konstatacija da se podbačaji u proizvodnji prirodnog plina SRH trebaju zamijeniti domaćim mrkim ugljenom. Ne navodi se, međutim, iz kojih se lokacija treba dobiti ugljen i kako ga na vrijeme osigurati. Ugljen može biti sigurna rezerva samo ako se na vrijeme (to znači odmah) dostigne dogovor s proizvođačima ugljena, te ako odmah pripremimo način eksploatacije ugljenokopa.

Tablica 16. Jedna od prognoza uvoza prirodnog plina u SRH od 1982. do 2000 g.

(ostvarenje)	10^6 m^3			
1983.	1985.	1990.	1995.	2000.
653	545 do 840	545 do 1 200	564 do 1 200	564 do 1 200

Rezerva za podbačaje vlastite proizvodnje zemnog plina je i uvozni prirodni plin. Jedna od brojnih prognoza uvoza prirodnog plina za SRH nalazi se u tablici 16. Nemoguće je u jednoj kraćoj analizi obraditi sve do sada izrađene varijante s uvoznim količinama prirodnog plina za SRH.

Tablica 17. Prognoza razvoja strukture potrošnje zemnog plina u SRH

	1985.	1990.	1995.	2000.
Raspoložive količine 10^6 m^3	2 532	5 000	7 900	9 500
Prognozirana potrošnja 10^6 m^3	2 532 (100 %)	3 820 (100 %)	5 317 (100 %)	6 659 (100 %)
1. mali potrošači	13 %	18 %	29 %	32 %
2. industrija	28 %	24 %	26 %	28 %
3. ind. toplane i kotlovnice	13 %	12 %	12 %	11 %
4. termoelektrane i toplane	12 %	17 %	13 %	10 %
5. petrokemija	21 %	20 %	13 %	12 %
6. gubici proizv. i transporta	11 %	8 %	6 %	6 %
7. plinare	2 %	1 %	1 %	1 %

Na kraju, u tablici 17. iskazana je usporedba planirane potrošnje i dobave prirodnog plina s planiranim promjenama strukture potrošnje. Uočava se posebno brz porast udjela široke potrošnje, tako da 2000. godine mali potrošači trebaju potrošiti čak 32 % ukupne potrošnje zemnog plina u SRH. U odnosu na 1985. godinu to je oko 2,5 puta veći postotni udio. Međutim, u apsolutnim veličinama razlike su mnogo veće. Godine 2000. treba široka potrošnja koristiti $2\,139 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ plina, što je 7 puta više od količine planirane za 1985. godinu.

7. OPSKRBA ZAGREBA ZEMNIM PLINOM

a) Dosadašnji razvoj plinifikacije

Zagreb kao koncentrirana urbana i privredna sredina ima sasvim specifične energetske karakteristike. S jedne strane ističe se velika potrošnja energije, a s druge strane konstatacija da Zagreb ne raspolaže nikakvim većim izvorom primarne energije. Za sada su u Zagrebu otkrivene samo skromne zalihe geotermalne energije i ogrjevnog drva.

Dosadašnji razvoj energetike u Zagrebu kompleksno je obrađen u studiji »Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine« (lit. 29). Prema podacima iz te studije, 1978. godine u Zagrebu je korišteno $56\,856 \text{ TJ}$ (odnosno $1940 \cdot 10^6 \text{ kg ECU}$) bruto raspoložive energije za energetske svrhe. Iste godine usporedba energije predane korisnicima po stanovniku (p. c.) u Zagrebu, SRH i svijetu pokazuje sljedeće odnose:

— Zagreb	2 114 kg ECU p.c.
— SRH	1 849 kg ECU p.c.
— Z. Evropa	5 204 kg ECU p.c.
— I. Evropa	5 254 kg ECU p.c.
— S. Amerika	12 032 kg ECU p.c.

Do sada je najviše neočekivanih promjena bilo upravo kod uvoznog plina. Zato i ubuduće tu može doći do sasvim nepredvidivih promjena količina, pa se i objavljene prognoze uvoza zemnog plina u SRH kreću od 0 do 1 200 milijuna m^3 .

Ta usporedba pokazuje da u odnosu na SR Hrvatsku Zagreb ima znatno veću specifičnu energetska potrošnju (14 %), ali i da u odnosu na razvijene zemlje u Evropi i Sjevernoj Americi još uvijek troši dva do šest puta manje energije po stanovniku.

Tablica 18. Usporedba strukture korištene primarne energije u Zagrebu, SR Hrvatskoj i Jugoslaviji (lit. 27 i 29)

	Zagreb 1978. g.	SR Hrvatska 1980. g.	Jugoslavija 1980. g.
1. ugljen			
2. drvo	12,4 %	10,8 %	42,56 %
3. tekuće gorivo	51,7 %	59,1 %	44,51 %
4. plinovita goriva	25,8 %	17,0 %	5,61 %
5. el. energija (hidro)	7,8 %	13,1 %	7,32 %
6. ind. otpad (ostalo)	2,3 %	—	—

Usporedba ostvarene strukture korištene primarne energije u Zagrebu s ostvarenjima u SRH i Jugoslaviji (tbl. 18) pokazuje, da je sa 25,8 % udjela plinovitih goriva, još 1978. g. Zagreb daleko iznad prosjeka naše republike 1980. godine (17 %) i pogotovo iznad prosjeka Jugoslavije, također 1980. godine (5,6 %). Kako je od 1978. godine u Zagrebu nastavljen brz razvoj plinifikacije, konkretno 1984. godine potrošena je u odnosu na 1978. godinu 30 % veća količina prirodnog odnosno gradskog plina (tablica 19), sigurno je da se do danas udio plinovitih goriva još više povećao. Zahvaljujući velikom učešću plinovitih goriva, Zagreb u odnosu na SRH iskazuje nešto manji udio tekućih goriva. Ipak, zbog veoma malog udjela krutih goriva (12,4 %) (14,7 %) u Zagrebu, u odnosu na prosjek Jugoslavije (42,56 %), Zagreb je trošio i trošit će više tekućih goriva (Jugoslavija 44,51 %, a Zagreb 51,47 %).

Takva energetska struktura sasvim je realna s obzirom na veoma dugu tradiciju korištenja prirodnog i posebno gradskog plina u Zagrebu. Još 31. 10. 1863.

Zagreb je počeo koristiti gradski plin, koji se proizvodio iz ugljena (odnosno iz drva na samom početku razvoja plinifikacije u Zagrebu). Od samog početka plinifikacija se u Zagrebu veoma brzo razvijala. Tako je plinska rasvjeta sve do 1907. godine u Zagrebu uspješno konkurirala javnoj električnoj rasvjeti. Međutim, paralelno s brzim razvojem grada uvijek se nanovo pojavljivao problem premalih kapaciteta uređaja za proizvodnju gradskog plina. Zato su, pored stalnih rekonstrukcija i proširenja, proizvodni kapaciteti gradskog plina bili stalno ograničavajući faktor razvoja potrošnje plina u Zagrebu.

Do kraja 1940. godine potrošnja plina u Zagrebu dosegla je gotovo 8 milijuna m³. Pri kraju drugog svjetskog rata proizvodnja i potrošnja plina u Zagrebu su prepolovljene, te iznose nešto više od 4 milijuna m³. Od 1945. do 1950. godine proizvodnja plina povećava se na 12,5 milijuna m³. Tada, međutim, dolazi do potpune stagnacije. Sve do 1959. godine proizvodnja gradskog plina u Zagrebu nije se povećala preko 13 milijuna m³.

Tablica 19. Ostvarena potrošnja gradskog i zemnog plina u Zagrebu

Godina	10 ⁶ m ³	Godina	10 ⁶ m ³	
	(gradski)		gradski	zemni
1880.	0,480	1972.	83,76	124,05
1890.	0,750	1973.	91,73	126,75
1900.	1,450	1974.	90,16	147,15
1910.	2,550	1975.	93,50	163,47
1915.	3,980	1976.	99,34	193,13
1920.	2,400	1977.	104,54	225,75
1930.	5,650	1978.	108,73	267,36
1940.	7,900	1979.	100,96	346,36
1945.	4,300	1980.	107,36	376,37
1950.	12,500	1981.	94,14	394,78
1955.	12,000	1982.	90,50	376,00
1960.	17,000	1983.	77,57	373,8
1965.	41,000			

Donja ogrijevna vrijednost: gradski plin 15 280 kJ/m³
zemni plin 33 700 — 35 000 kJ/m³

Potkraj 1955. godine dovršena je izgradnja magistralnog plinovoda od plinskih polja u okolini Ivanić-Grada do Zagreba. Iste godine Gradska plinara Zagreb (GPZ) donijela je odluku da se prijeđe na proizvodnju gradskog plina iz zemnog plina, koristeći se katalitičkim i cikličkim sistemom konverzije. Međutim, novo postrojenje, koje se sastojalo od dvije linije konverzije prirodnog u gradski plin, pušteno je u rad tek početkom 1959. godine. Od tada ponovo raste godišnja proizvodnja i potrošnja gradskog plina u Zagrebu. Već 1965. godine ostvarena je potrošnja od 41 milijuna m³. Rekordna proizvodnja gradskog plina realizirana je 1978. godine u iznosu 108,7 milijuna m³. Nakon toga proizvodnja gradskog plina u Zagrebu stalno se smanjivala (tabl. 19) da bi 1983. godine iznosila svega 77,57 milijuna m³.

Od 1955. godine postepeno se u Zagrebu povećavala i potrošnja zemnog plina. Na početku zemni plin

trošio se samo u industriji. Tek šezdesetih godina prirodni plin počinju koristiti zagrebačka domaćinstva. Godine 1966. ukupna potrošnja prirodnog plina nadmašila je potrošnju gradskog plina, čija su proizvodna postrojenja još jednom postala premalena. Tada je konačno i donesena odluka da se daljnji razvoj plinifikacije u Zagrebu isključivo temelji na prirodnom plinu. Također je odlučeno da se postepeno, shodno tehničkim i financijskim mogućnostima, svi potrošači gradskog plina prebace na prirodni plin. Prema današnjim sagledavanjima, najkasnije do 1993. godine svi potrošači plina u Zagrebu koristit će se prirodnim plinom. Planove metanizacije potrošača gradskog plina treba svakako podržati i maksimalno ubrzati. Naime, konverzija zemnog u gradski plin povezana je s gubicima energije u proizvodnji od 12 do 15 %, te s gubicima energije zbog kompresije od 8 do 10 %. Osim toga zemni plin, zbog mnogo veće ogrjevne vrijednosti osigurava veću snagu plinskih instalacija, odnosno jeftinije instalacije.

Posebno brz i značajan razvoj plinifikacije u Zagrebu ostvaren je sedamdesetih godina (tabl. 19). Evidentno je da je u tome presudnu ulogu imalo sve veće korištenje zemnog plina. Treba naglasiti da 1 m³ zemnog plina ima dvostruko veću energetska vrijednost od 1 m³ gradskog plina. Zato potrošnja od 373,85 milijuna m³ prirodnog plina 1983. godine odgovara potrošnji od oko 832 milijuna m³ gradskog plina.

Tablica 20. Struktura potrošnje zemnog plina u Zagrebu

Godina	Toplane		Industrija		Široka potrošnja (domaćinstva)		Ukupno prodano zemnog plina 10 ⁶ m ³
	10 ⁶ m ³	%	10 ⁶ m ³	%	10 ⁶ m ³	%	
1973.	74,0	58	46,5	37	6,3	5	126,8
1978.	150,2	56	75,0	28	42,2	16	267,4
1979.	183,3	53	116,8	33	46,7	14	346,8
1980.	175,4	47	138,7	36	62,5	17	376,3
1981.	182,9	46	147,9	38	64,00	16	394,8
1982.	162,0	43	147,8	39	66,2	18	376,0
1983.	138,0	37	143,5	38	92,3	25	373,8

Promjena strukture potrošnje prirodnog plina u Zagrebu od 1973. do 1983. godine prikazana je u tablici 20. U promatranom razdoblju ističe se brz razvoj »široke potrošnje«, koja se u apsolutnom iznosu povećala gotovo 15 puta. Konkretno, dok je 1973. godine »široka potrošnja« sa 6,3 milijuna m³ sudjelovala u ukupnoj potrošnji zemnog plina u Zagrebu sa svega 5 %, u 1983. g. sa 92,3 milijuna m³ »široka potrošnja« sudjelovala je čak sa 25 %. Iako na točnost ove usporedbe donekle utječe akontacijski sistem naplate i akcija metanizacije, proizlazi da se zadnjih deset godina uvođenju zemnog plina u zagrebačka domaćinstva daje evidentna prednost.

U istom razdoblju stalno se smanjivao udio toplana. Tako je 1983. godine postotni udio toplana iznosio svega 37 %, što je dvostruko manje nego 1973. godine (58 %). Međutim, apsolutna količina plina potrošenog u toplanama 1983. godine bila je 138 milijuna m³, što je opet u odnosu na 1973. godinu dvostruko

više. Dakle, u zadnjih deset godina postotni udio potrošnje plina u Zagrebačkim toplanama dvostruko se smanjio, ali se ukupna količina potrošenog plina u toplanama dvostruko povećala. Ipak, od 1981. godine toplane imaju na raspolaganju sve manje količine zemnog plina. Do sada rekordna potrošnja plina u zagrebačkim toplanama ostvarena je još 1979. godine u iznosu od 183,3 milijuna m^3 .

Potrošnja prirodnog plina u industriji tri puta se povećala, i to sa 46,5 milijuna m^3 1973. godine, na 143,5 milijuna m^3 1983. godine. Interesantno je da se postotni udio industrije u ukupnoj potrošnji plina nije bitno mijenjao (36 do 39 %).

Ako se uzme u obzir da je u zadnjih deset godina ukupna potrošnja zemnog plina u Zagrebu tri puta povećana, proizlazi da se industrijska potrošnja plina razvijala paralelno s razvojem plinifikacije Zagreba. Potrošnja plina u toplanama do 1980. godine, zbog zaostajanja široke potrošnje, izvanredno je brzo rasla. Zadnje četiri godine ponovo se naglo povećava »široka potrošnja«, iako se ukupne količine plina u Zagrebu ne mijenjaju. Zato dolazi do bitnog smanjenja udjela toplana, koje u pravilu koriste samo slobodne količine (viškove) prirodnog plina.

b) Aktualna problematika opskrbe Zagreba zemnim plinom

Aktualna problematika opskrbe Zagreba prirodnim plinom detaljno je do 1982. godine obrađena u materijalu »Problematika opskrbe Zagreba plinom« (lit. 12), koji je izradila Gradska plinara Zagreb (GPZ). Kao četiri osnovna problema redovne opskrbe Zagreba zemnim plinom GPZ istakla je:

- osiguranje dovoljnih količina plina za sve priključene potrošače
- pokrivanje vršnih dnevnih opterećenja, posebno u danima sa najnižom temperaturom zraka
- cijene zemnog plina
- provođenje plana metanizacije.

Prema »Dogovoru o osnovama Društvenog plana grada Zagreba za razdoblje od 1981. do 1985. godine na području razvoja gradske komunalne infrastrukture«, Zagreb je trebao dobiti značajno veće količine plina. Zbog prisutnih problema u razvoju plinifikacije SRH, koji su obrađeni u prethodnom poglavlju GPZ, do sada je dobivala od proizvođača plina do 30 % manje količine plina od potrebnih (tabl. 21).

Tablica 21. Usporedba planiranih i ostvarenih količina prirodnog plina³ za grad Zagreb od 1981. do 1985. godine

Godina	Količina utvrđena od 1981. do 1985. g.	Isporučeno za GP Zagreb	Indeks
1981.	453 · 10 ⁶ m ³	444,67 · 10 ⁶ m ³	98
1982.	480 · 10 ⁶ m ³	408,00 · 10 ⁶ m ³	85
1983.	540 · 10 ⁶ m ³	478,85 · 10 ⁶ m ³	70
1984.	580 · 10 ⁶ m ³	—	—
1985.	600 · 10 ⁶ m ³	—	—

Ne ulazeći u detaljniju analizu zašto INA Naftaplin nije isporučio GPZ dogovorene količine zemnog plina, konstatirajmo da je početkom osamdesetih godina u Zagrebu ostvarena stagnacija prodaje zemnog plina (tabl. 20). ali i smanjenje dobavljenih ukupnih količina (tabl. 21) za oko 15 %.

Zato su u nekoliko zadnjih ogrjevnih sezona, a posebno na početku 1984. godine, morale biti provedene oštre redukcije potrošnje zemnog i gradskog plina u Zagrebu. I kod ostalih distributera zemnog plina u SRH bile su provedene slične redukcije. Koliko su te redukcije potrošnje plina kod distributera posljedica podbačaja vlastite proizvodnje plina u SRH, koliko početka rada TUG Kutina, a koliko postojećih nederferentnih cijena plina, teško je odrediti. Međutim, sasvim je sigurno da bi redukcije bile manje, ako ne bi bile i izbjegnute, da su za sve potrošače zemnog plina uvedene diferentne cijene plina. Naime, redovito u toku ljetnih mjeseci, odnosno u periodima viših dnevnih temperatura, pojavljivali su se viškovi količine zemnog plina u instalacijama distributera.

Da bi se donekle ublažile posljedice redukcija i u plinskoj mreži Zagreba, slične kao u SRH, provedena je kategorizacija potrošača:

- I kategorija, potrošnja prirodnog plina za proizvodnju gradskog plina (uglavnom široka potrošnja),
- II kategorija, široka potrošnja prirodnog plina,
- III kategorija, mali industrijski potrošači,
- IV kategorija, veliki industrijski potrošači (Tvornica cementa »Sloboda«, TE-TO i EL-TO).

Osnovni uvjet svakog isporučioaca plina, pa i INA Naftaplina jest da distributer osigurava i u najhladnijim danima ravnomjernu snagu, tj. približno istu satnu potrošnju. Gradska plinara Zagreb (GPZ), kao i svi drugi distributeri plina, pri tome ima mnogo problema. Sve do 1980. godine, zbog velike snage potrošača IV kategorije, GPZ je mogla relativno lako osigurati ravnomjernu satnu potrošnju plina. Do 1980. godine GPZ je praktično bila kompenzacioni potrošač proizvođača plina. To znači da je Zagreb koristio viškove plina iz sistema SRH. Međutim, stalnim porastom postotnog udjela široke potrošnje (tabl. 20) a smanjivanjem udjela snage kompenzacionih potrošača i u Zagrebu nastaju ozbiljne poteškoće s pokrivanjem vršnih opterećenja plinskog sistema. Proizlazi da je probleme s opskrbom prirodnim plinom u Zagrebu za vrijeme najhladnijih dana trebalo i očekivati nakon 1980. godine.

Naime, porastom udjela široke potrošnje i ogrjevnih potrošača naglo su porasla i vršna opterećenja plinskog sistema GPZ.

Grafički prikaz mogućnosti pokrivanja vršnih opterećenja plinskog sistema GPZ u toku 24 sata nalazi se na slici 3. Odmah se uočava izvanredno značenje zagrebačkih toplana (TE-TO i EL-TO) za kompenzaciju dnevnih oscilacija satne potrošnje plina — iscrtkano polje. Elastičnim kompenzacijskim radom toplana, koje koriste plin kao gorivo samo ako postoje viškovi, postiže se:



Slika 3: Krivulja dnevne potrošnje zemnog plina u Zagrebu za različite kategorije potrošača (temperatura vanjskog zraka iznad $10^{\circ}C$)

- u toku svih 24 sata ravnomjernija distributivna potrošnja plina;
- korištenjem svih viškova plina kod distributera, pa i proizvođača plina, povećanje ukupno prodane godišnje količine plina i time direktno povećava prihod i dohodak distributera plina
- veća snaga (satna potrošnja) plina za široku potrošnju za vrijeme zimskih dana s najnižim dnevnim temperaturama.

U Zagrebu su toplane direktnom telefonskom vezom stalno spojene s Dispečerskim centrom GPZ. Na taj način moguće je da postrojenja zagrebačkih toplana veoma brzo prate sve promjene u plinskom sistemu. Postojeća tehnička rješenja u TE-TO i EL-TO omogućuju da u roku od 15 do 30 minuta obje toplane prijeđu sa potrošnje plina na tekuće gorivo ili obrnuto, uz maksimalnu snagu od $2 \times 30\,000\ m^3/h$, što je gotovo pun dobavni kapacitet GPZ.

Međutim, promatrajući sliku 3, uočava se da se sa toplanama, tj. kompenzacijskim potrošačima mogu pokriti vršna dnevna opterećenja od 8 do 18 sati samo ako ta vršna opterećenja potrošača I do III kategorije ne prelaze ukupno dobavljene satne količine. Znači, da ako distributer priključi izvanredno veliku snagu vršnih ogrjevnih potrošača, mora očekivati u najhladnijim danima velike probleme s opskrbom plina.

Zato je uvijek prisutan poseban interes distributera odnosno proizvođača plina za svakim kompenzacijskim potrošačem. Ako u mreži nema dovoljno kompenzacijskih potrošača, mora se:

- ili uvesti redukcije svih potrošača plina
- ili osigurati druge načine kompenzacije, tj. skladištenje plina. Ne računajući štete koje nastaju u domaćinstvima zbog redukcija potrošnje plina (korištenjem npr. električne energije za grijanje), istaknimo samo da su posljednjih nekoliko godina pojedini industrijski potrošači zbog nedostatka plina bili isključeni i po 12 dana!

Zbog toga je nepotrebno izgubljeno nekoliko desetaka tisuća radnih sati u zagrebačkoj industriji, te smanjena proizvodnja, prihod i dohodak. Ne treba zaboraviti ni političko nezadovoljstvo uzrokovano neizvjesnom opskrbom potrošača plina u Zagrebu. S druge strane, plin koji se treba osigurati za pokrivanje vršnih opterećenja plinskog sistema:

- kontinuirano distribuirani plin indeks 100,
- plin akumuliran u visokotlačnim plinovodima indeks 150 do 180
- plin akumuliran u visokotlačnim rezervoarima indeks 200
- plin akumuliran u podzemnim skladištima indeks 280,
- plin akumuliran u tekućem stanju indeks 320.

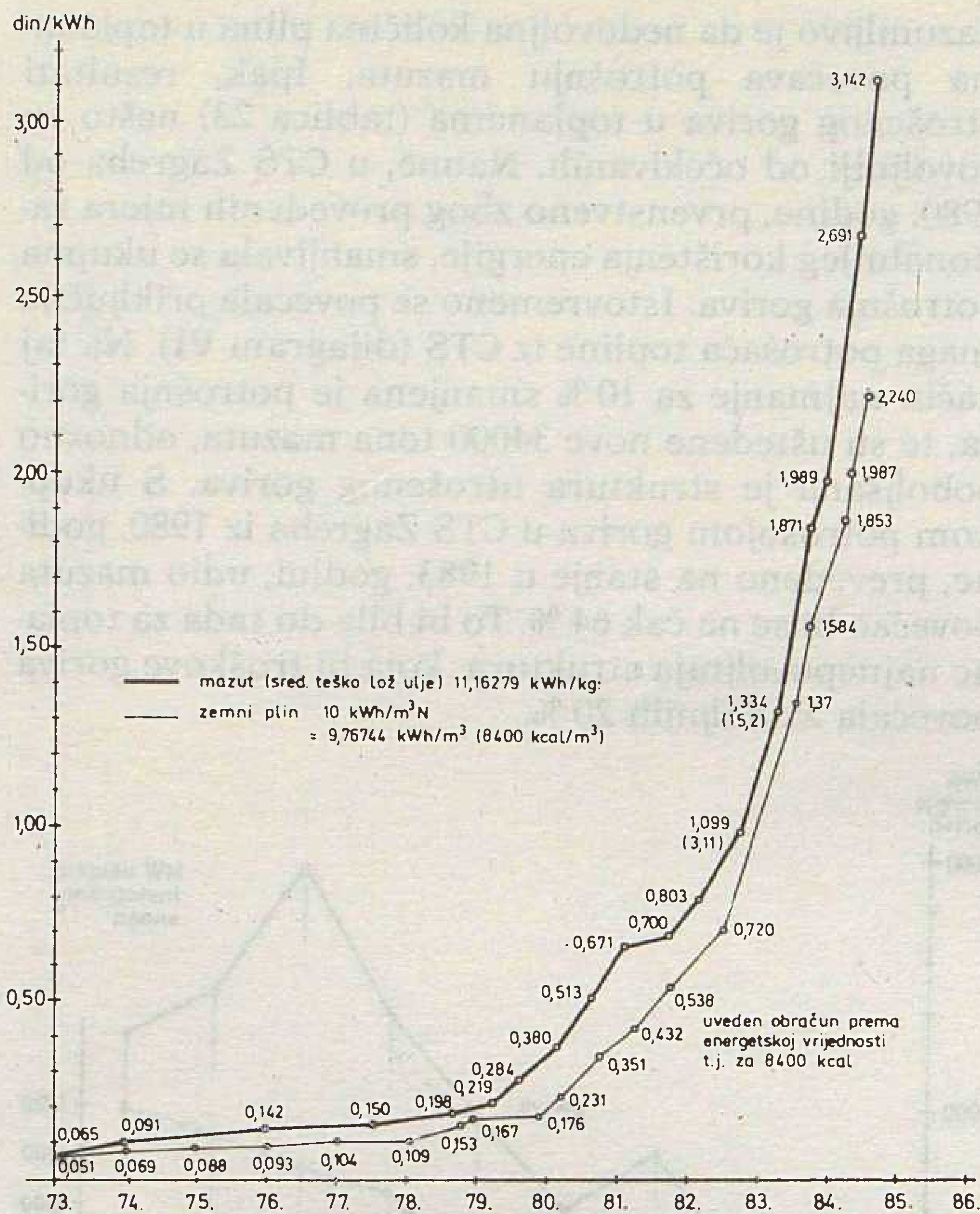
Dakle, u najboljem slučaju vršne količine zemnog plina iz skladišta skuplje su od 50 do 80 %. Međutim, upravo akumulacija u visokotlačnim plinovodima distributera plina ne može osigurati skladištenje značajnijih količina plina. To znači da se moraju koristiti drugi načini skladištenja, što opet povećava cijenu vršnih količina plina dva do tri puta. Svako skladištenje plina zahtijeva i velika početna investicijska ulaganja.

U 1983. godini GPZ mogla je u visokotlačnim plinovodima akumulirati oko $50\,000\ m^3$, a u rezervoarima gradskog plina još oko 10 % dnevne potrošnje, odnosno oko $45\,000\ m^3$. Zbog povećanog udjela vršnih plinskih potrošača, uz smanjenu isporuku plina od dobavljača, ova skladišta GPZ nisu bila dovoljna.

Na osnovi iznesenih činjenica o problemima s redukcijama i skladištenjem plina nije teško zaključiti koliko su toplane i svi drugi kompenzacijski potrošači važan tehnološki potrošač za GPZ. Međutim, da bi kompenzacijski potrošači bili spremni trošiti samo viškove plina, tj. podvrći se zahtjevima dispečera plinskog sistema, mora postojati njihov jasno definirani »ekonomski interes«. Svako prebacivanje postrojenja s tekućeg goriva na plinovito i obratno zahtijeva dodatno angažiranje smjenskih radnika, uz stalnu opasnost od eventualnih pogrešaka. Također kod prebacivanja goriva u postrojenju se iskazuju veći ili manji problemi sa izgaranjem goriva i time smanjuje efikasnost rada. Posebno su neugodna dosadašnja iskustva, koja su pokazala da se radni vijek kod postrojenja loženih s plinom i tekućim gorivom može bitno smanjiti. **Zato kompenzacijska potrošnja plina u zagrebačkim toplanama dolazi u obzir samo ako je ekonomski stimulirana.**

c) Problematika cijene prirodnog plina

Stjecajem okolnosti, do sada su cijene prirodnog plina u Zagrebu uglavnom bile niže od cijene srednje teškog lož-ulja, računajući cijenu iste energetske jedinice (slika 4). Ipak, u određenim periodima (1973, 1979. i 1983. godine) dolazilo je do izjednačavanja cijene, kada, razumljivo, prestaje svaki interes toplane za kompenzacijskom potrošnjom plina. Od 1979. godine, izuzimajući neka razdoblja, u 1983. godini, uglavnom se povećavala razlika između energetske jedinice tekućeg i plinovitog goriva. U nekim periodi-



Slika 4: Cijene jedinica energije goriva

ma tekuće gorivo za toplane bilo je skuplje i 50 % (slika 4).

Razumljivo da su ovakvi odnosi cijene goriva za toplane bili dovoljno stimulativan element, posebno uz (nekoliko zadnjih godina) prisutne probleme s osig-

uranjem dovoljnih količina tekućeg goriva za zagrebačke toplane.

Međutim, ako cijenu plina detaljnije analiziramo, vidjet će se da je do sada u Zagrebu i SRH utvrđena cijena plina bila izvanredno niska zbog velikog udjela domaćeg plina niske cijene. Uvozni plin je u pravilu do sada bio do pet puta skuplji! Nakon dosta napora i uvjeravanja domaćih proizvođača plina, u Jugoslaviji je usvojena politika izjednačavanja cijene domaćeg plina s uvoznim. To znači da idućih godina treba očekivati brži porast cijena plina, s jedne strane zbog porasta cijene uvoznog plina, a s druge strane zbog izjednačavanja cijene domaćeg i uvoznog plina. Na taj način zemni plin će dobiti realniju tržišnu vrijednost, te će se vjerojatno smanjiti pritisak novih potrošača plina u idućim godinama.

Istovremeno, niska cijena zemnog plina za široku potrošnju u Zagrebu nepotrebno pogoduje stvaranju konkurentne atmosfere između plinskog sistema i centralizirane opskrbe toplinom (CTS). U takvoj situaciji toplane nemaju posebnog interesa da surađuju s konkurentskim plinskim sistemom. Umjesto da se ova dva sistema u Zagrebu komplementarno dopunjuju, osiguravajući optimalan energetske rad, za oba sistema nametnuti su odnosi konkurentnosti, tj. isključivosti. Zadnjih nekoliko godina (od 1979. godine) za toplane se situacija sve više pogoršava. Naime toplane dobivaju sve manje količine plina (tabl. 22) i moraju trošiti sve veće količine skupljeg tekućeg goriva. Na taj način nepovoljno se mijenja struktura goriva CTS i u toplanama mora izvanredno poskupljivati proizvedena toplina.

Zbog stvorene atmosfere konkurentne isključivosti, toplane se osjećaju ugroženim upravo od distributera plina u Zagrebu.

Tablica 22. Usporedba proizvodnje i potrošnje zemnog plina u SRH, Zagrebu i zagrebačkim toplanama

(10⁶ m³)

Godina	SRH		Zagreb		Indeks			
	proizvodnja	potrošnja	Ukupno nabava	toplane	Ukupno Zagreb		toplane	
1	2	3	4	5	6 = 4 ²	6 = 4/3	7 = 5/2/3	
1973.	645,7	645,7	174,6	74,0	27	27	12	12
1978.	986,4	986,4	324,1	153,7	33	33	16	16
1982.	1 244,5	1 807,3	396,3	162,0	32	22	13	9
1983.	1 188,0	1 801,0	378,85	138,0	32	21	12	8

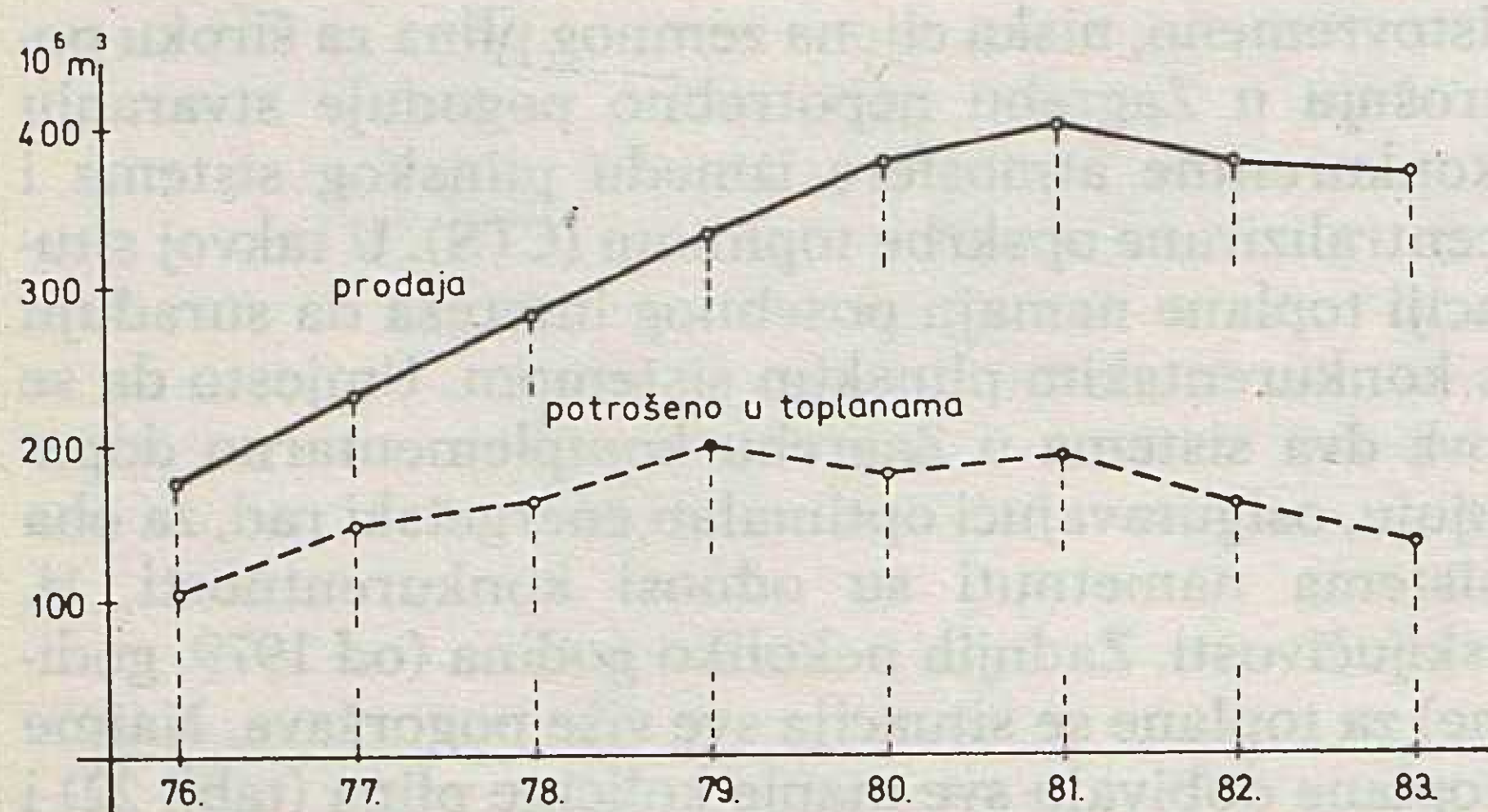
= proračunata vrijednost iz tablice 19 (1 m³ z.p. = 1,91 g. p. cm³)

U tablici 22. je uspoređena proizvodnja i potrošnja prirodnog plina u SRH s dobavljenim količinama plina u Zagrebu, te s potrošnjom plina u zagrebačkim toplanama. U promatranom razdoblju od 1973. do 1983. godine udio plina isporučenog GPZ, u odnosu na ukupno potrošnju zemnog plina u SRH, smanjio se sa 33 % (27 %) na svega 21 %. Posebno zabrinjava podatak da su 1983. godine dobavljene količine plina u odnosu na 1978. godinu povećane tek 16 %, što odgovara prosječnom godišnjem porastu od jedva 2 %. Istovremeno, utrošene količine plina u SRH ukupno

su uvećane tri puta, a prosječno su se povećavale oko 10 % godišnje. To je pet puta brže prosječno povećanje od ostvarenja u Zagrebu. Takvo nazadovanje plinifikacije u Zagrebu, iako se opskrba plinom urbanih sredina nalazi u prvim prioritetima SR Hrvatske, svakako da iznenaduje. Zato Zagreb mora zaustaviti sadašnju tendenciju zaostajanja vlastite plinifikacije u odnosu na prosjek SRH.

Slično kao što se smanjivao udio GPZ u potrošnji plina SRH, smanjio se i udio potrošnje plina u zagrebačkim toplanama sa 16 % (12 %) na 8 %. Sa 138 mili-

juna m³ utrošenog plina u 1983. godini toplane su sudjelovale sa 36,5 % u dobavljenim količinama plina u Zagreb. To su do sada najniži postoci udjela potrošnje plina u toplanama. Ukupna količina plina utrošenog u zagrebačkim toplanama povećala se od 1973. do 1983. godine za 64 milijuna m³, čemu odgovara prosječni godišnji porast od oko 5,5 %. Međutim, od 1979. godine do 83. godine toplane su raspolagale sa sve manjim količinama plina, iako i GPZ i posebno SRH bilježe porast potrošnje prirodnog plina. Uporedni grafički prikaz prodaje plina u Zagrebu s potrošnjom plina u toplanama nalazi se u dijagramu V. U dijagramu se lako uočava kako se smanjenjem potrošnje plina u toplanama od 1979. godine oslobadaju sve veće količine plina za druge potrošače.



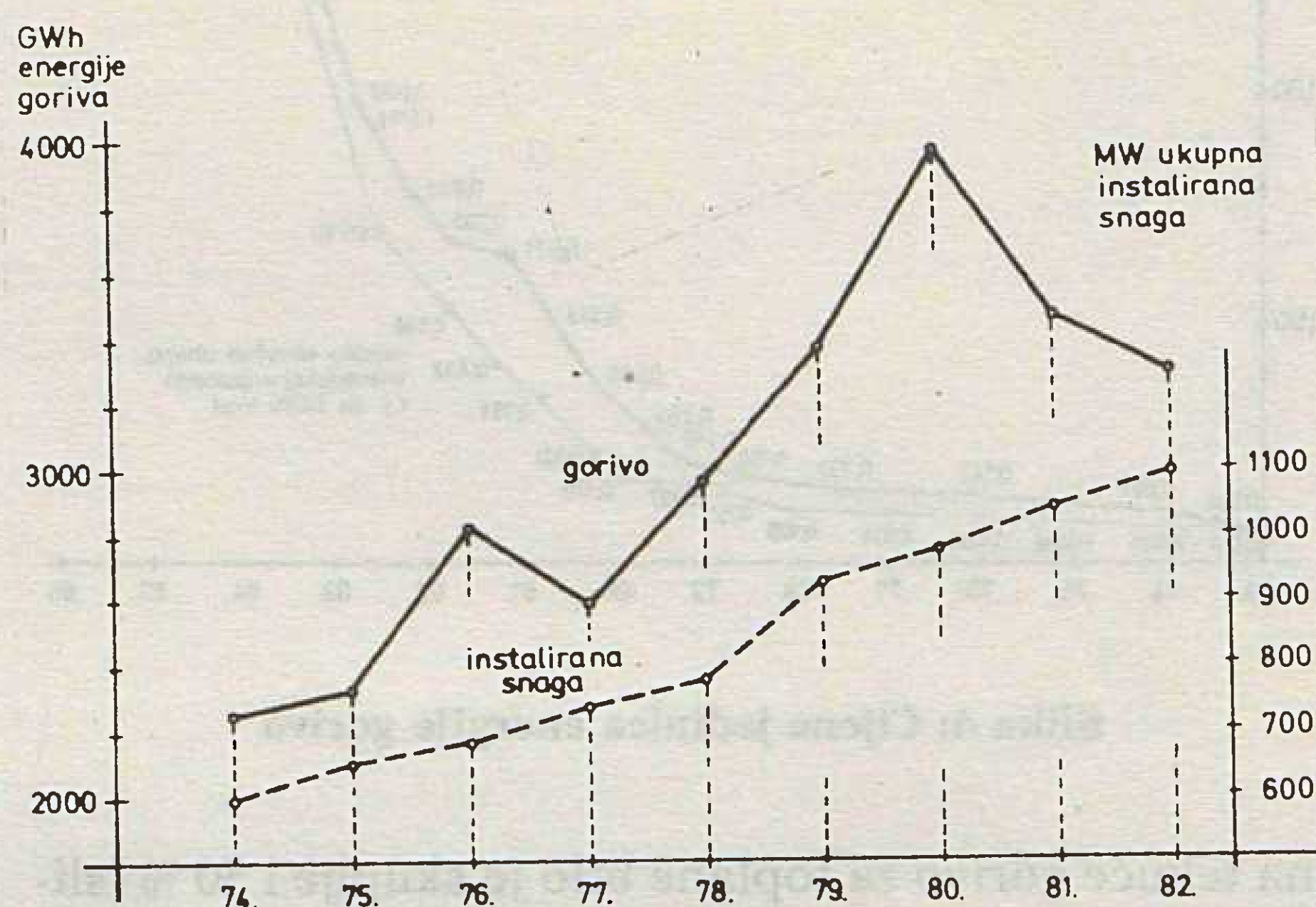
Dijagram V: Prodaja zemnog plina u Zagrebu i potrošnja plina u zagrebačkim toplanama

Tablica 23. Utrošak goriva u centraliziranom toplinskom sistemu (CTS) Zagreb

Godina	mazut		zemni plin		Ukupno MWh	Indeks porasta
	tona	%	10 ³ m ³	%		
1974.	121 201	60,2	91 483	39,8	2 246 496	—
1975.	129 331	62,4	88 999	37,6	2 312 988	103
1976.	157 566	62,3	109 100	37,7	2 824 504	122
1977.	109 685	47,4	138 900	52,6	2 581 089	91
1978.	131 949	49,5	153 700	50,5	2 974 175	115
1979.	139 595	46,0	187 200	54,0	3 386 735	114
1980.	191 668	55,1	178 400	44,9	3 882 062	115
1981.	152 453	48,9	181 900	51,1	3 479 615	90
1982.	154 482	52,1	162 000	47,9	3 306 806	95
1983.	177 132	59,5	138 025	40,5	3 325 439	101

U tablici 23. su prikazani utrošci goriva u zagrebačkim toplanama od 1974. do 1983. godine. Pokazuje se, da se od 1977. godine u pravilu stalno smanjuje postotni udio zemnog plina, a raste udio mazuta u ukupnoj potrošnji goriva toplana. U 1983. godini udio mazuta dosegao je 60%, a udio plina smanjio se na 40%. Zbog velike razlike cijene mazuta i plina (slika 4) ova promjena strukture goriva znatno povećava troškove goriva. Proračuni pokazuju da su zbog promijenjene strukture utrošenog goriva u toplanama u 1983. godini, u odnosu na 1977. godinu, troškovi goriva povećani za oko 300 milijuna dinara, tj. za čak 20%!

Razumljivo je da nedovoljna količina plina u toplanama povećava potrošnju mazuta. Ipak, rezultati utrošenog goriva u toplanama (tablica 23) nešto su povoljniji od očekivanih. Naime, u CTS Zagreba od 1980. godine, prvenstveno zbog provedenih mjera racionalnijeg korištenja energije, smanjivala se ukupna potrošnja goriva. Istovremeno se povećala priključna snaga potrošača topline iz CTS (dijagram VI). Na taj način najmanje za 10 % smanjena je potrošnja goriva, te su uštedene nove 34000 tona mazuta, odnosno poboljšana je struktura utrošenog goriva. S ukupnom potrošnjom goriva u CTS Zagreba iz 1980. godine, prevedeno na stanje u 1983. godini, udio mazuta povećao bi se na čak 64 %. To bi bila do sada za toplane najnepovoljnija struktura, koja bi troškove goriva povećala za daljnjih 20 %.

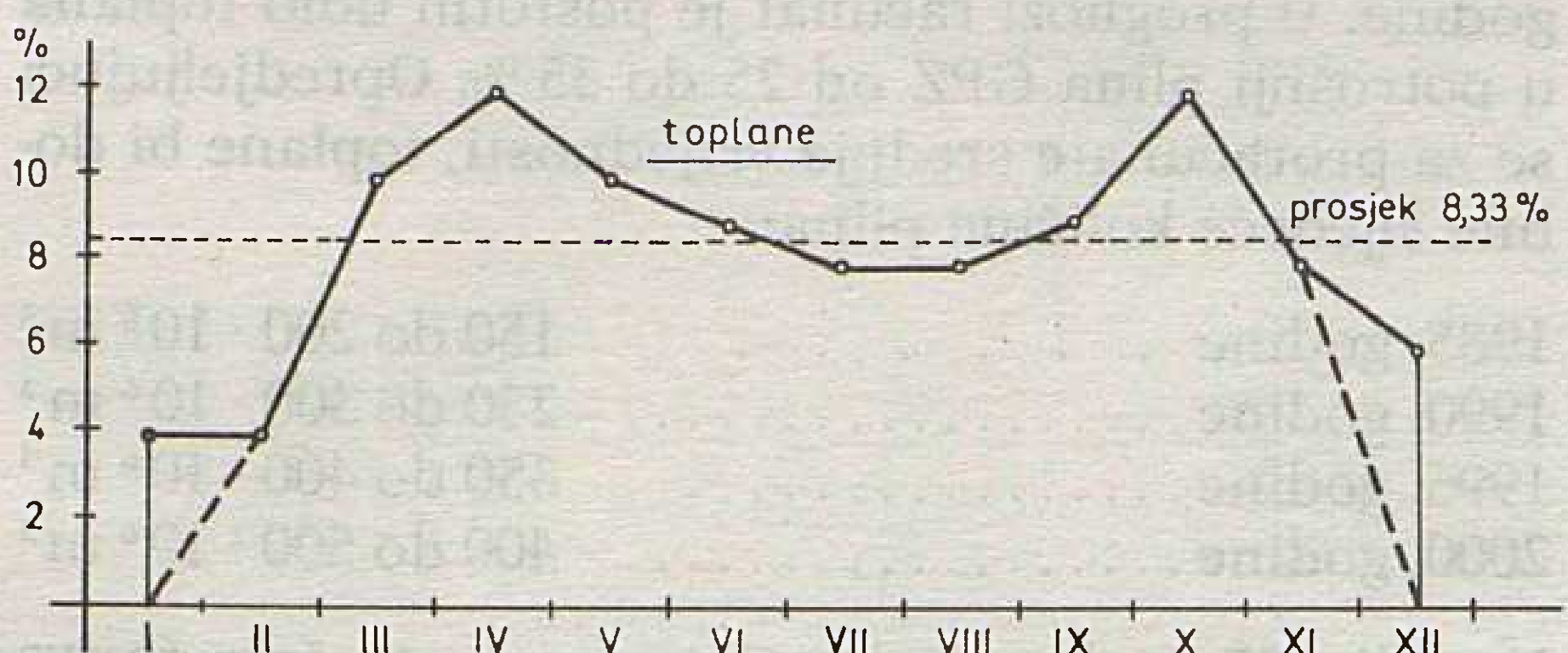
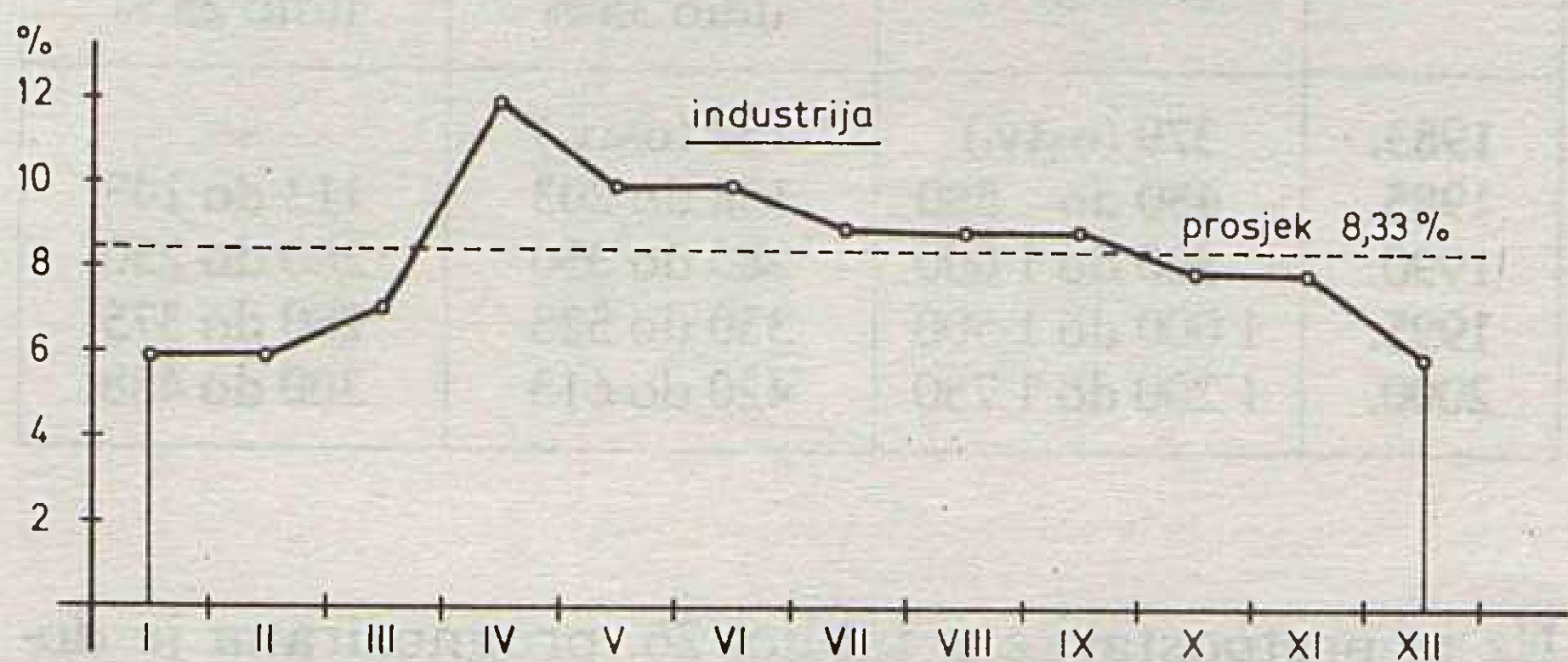
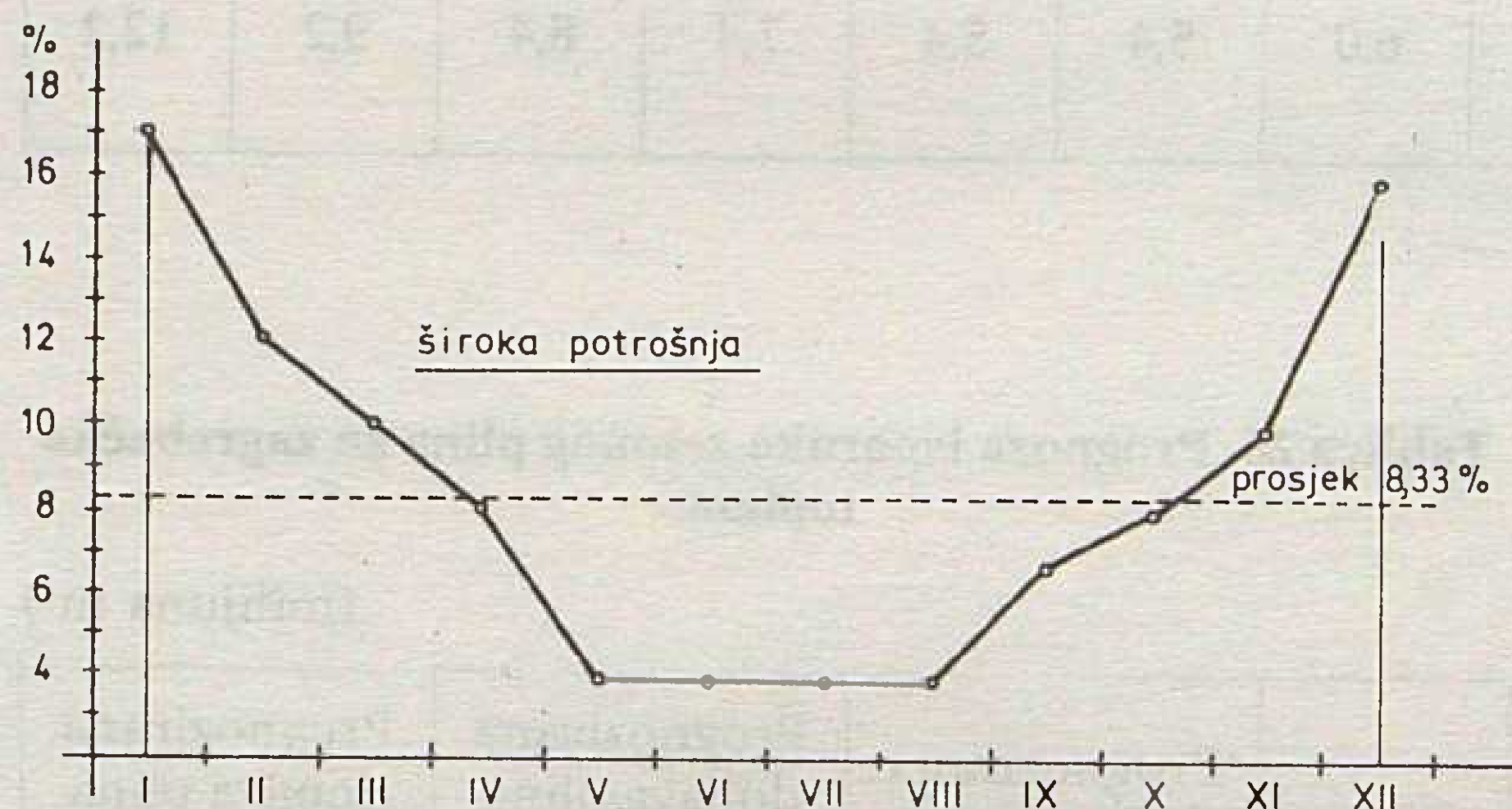


Dijagram VI: Ukupno korištena energija goriva i instalirana snaga potrošača u zagrebačkim toplanama (TE-TO i EL-TO) od 1974. do 1982. godine.

Razumljivo je da su takve nepovoljne i nagle promjene strukture utrošenog goriva u zagrebačkim toplanama ozbiljno ugrozile daljnji razvoj CTS Zagreba. Nemoguće je očekivati da potrošači topline iz CTS uz dosadašnje poraste cijena tekućeg plinovitog goriva (slika 4) moraju u samo nekoliko godina platiti i povećanje cijene topline od 20 % zbog promjene strukture. S druge strane, cijena prirodnog plina u Zagrebu, odlukom nadležnog organa društveno političke zajednice, dodatno je opterećena. U pravilu radi se o davanjima za: plan metanizacije, povećano investiciono održavanje, kompenzaciju cijene potrošačima tekućeg plina i slično. Konkretno, u 1983. godini ta su davanja povećala cijenu plina u Zagrebu oko 4 dinara po m³. Preračunato na ukupnu potrošnju plina u toplanama 1983. godine, to »zagrebačko« povećanje cijene plina povećalo je neopravdano troškove goriva toplana za najmanje 550 milijuna dinara! Da bi snizile cijenu plina, zagrebačke toplane ponovo su u 1983. godini zatražile, kao veliki — specijalni potrošač direktni priključak svojih redukcijских stanica na magistralni plinovod INA Naftaplina. Međutim, tim se zahtjevom ne rješava u osnovi problematika diferentnih cijena, koje su se trebale uvesti još 1977. godine prema odluci Sabora SRH. S druge strane, zahtjevom za odvajanjem toplana iz mreže GPZ još više se kompliciraju međusobni odnosi.

d) Prognoza razvoja potrošnje plina do 2000. godine

Prije prognoze razvoja potrošnje plina u Zagrebu detaljnije će se analizirati godišnja potrošnja plina po vrsti potrošača. Prema dijagramu VII, široka potrošnja u toku ljetnih mjeseci koristi oko 4 % godišnje potrošnje. U toku zimskih mjeseci mjesečni prosjek potrošnje plina u širokoj potrošnji prelazi i 16 %, što je 4 puta više od potrošnje u ljetnim mjesecima. Vršna dnevna potrošnja za vrijeme najhladnijih dana razumljivo, ima još veća trenutna opterećenja. Industrija je u osnovi prosječan potrošač, koji ne može biti dobar kompenzacijski potrošač. Prije svega, industrija obuhvaća niz manjih potrošača koji teško mogu brzo pratiti promjene u plinskom sistemu. Osim toga, velik broj industrijskih potrošača u Zagrebu nema mogućnost korištenja tekućeg goriva. Toplane (dijagram VII) su veoma dobar kompenzacijski potrošač, što je prethodno objašnjeno. Smanjenje potrošnje plina, iz dijagrama VII, u toku ljeta isključivo je uzrokovano visokom cijenom plina. Zato je proizvodnja električne energije iz toplana u toku ljeta postala neatraktivna, što je direktno smanjilo potrošnju plina. To vrijedi posebno za proizvodnju električne energije u kondenzacijskom pogonu. Izrazito visoke cijene zemnog plina za zagrebačke toplane po-



Dijagram VII: Prosječna ostvarenja godišnje potrošnje plina za različite kategorije potrošača u Zagrebu

sljednje dvije godine mogle bi ugroziti i ekonomičnost protutlačne proizvodnje električne energije u ljetnom razdoblju. Osnovni razlog su trenutni nerealni odnosi cijena mazuta i plina u odnosu na ugljen. Zbog toga već od 1981. godine SRH ne koristi vlastite izvore za proizvodnju električne energije (TE Sisak, TE Rijeka, TE Jertovec), već se nabavlja električna energija iz drugih republika. U bližoj budućnosti može se očekivati stvaranje realnijeg odnosa cijena goriva, što je i predvidjela »Strategija dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije«. Promišljenom tarifnom politikom tada će plin postati ponovo konkurentno gorivo za proizvodnju električne energije. Razumljivo, kada ga bude u višku.

Proistječe da će se maksimalna iskoristivost plinskog sistema u Zagrebu moći ostvariti samo stvaranjem pravilne strukture potrošača. Analiza prosječnog mjesečnog potroška zemnog plina u Zagrebu za razne strukture potrošnje prikazana je u tablici 24.

Uspoređeno je pet raznih struktura potrošnje, pri čemu se udio toplana mijenjao od 15 do 40 %, udio industrije od 20 do 40 %, a udio široke potrošnje od 20 do 65 %. Pokazuje da što više raste udio široke potrošnje, to se više povećava zimska potrošnja. Prema lit. 9 prognozirani je udio široke potrošnje preko 50 % što će bitno povećati probleme pokrivanja vršnih opterećenja (4 struktura tabl. 24). Realnije je stoga očekivati nešto manji udio široke potrošnje, te se predviđa u Zagrebu ostvarenje sljedeće strukture potrošnje zemnog plina:

	prognoza do 2000 g.	(ostvarenje 83.)
— široka potrošnja	40 %	(25 %)
— industrija	35 %	(38 %)
— toplane	25 %	(37 %)

Međutim, mnogo je teže prognozirati buduće količine prirodnog plina raspoložive za Zagreb. Razlog su nesigurne prognoze razvoja vlastite proizvodnje plina i nedogovorena politika raspodjele plina u republici. Jedna prognoza raspoloživih količina plina za Zagreb dana je u tablici 25. Pretpostavljeno je učešće Zagreba u potrošnji plina SRH od 20 do 23 %. Ako pretpostavimo učešće Zagreba od 15 % već 1985. godine, dobiva se samo $330 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ plina. Udio od 30 %, s druge strane, daje veoma velike količine plina od 600 do $870 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ plina 1985. godine. S obzirom na energetske karakteristike Zagreba i spremnost postrojenja i instalacija plina u Zagrebu, realno je i u idućem razdoblju očekivati učešće od 20 %. Na temelju tih podataka može se prognozirati korištenje sljedećih količina prirodnog plina u Zagrebu:

1983. (ostvar.)	$379 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	(58 000 m^3/h)
1985	450 do $580 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	(69 do 83 000 m^3/h)
1990	800 do $1 000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	(114 do 143 000 m^3/h)
1995	1 000 do $1 500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	(143 do 220 000 m^3/h)
2000	1 200 do $1 750 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	(200 do 410 000 m^3/h)

Tako dobivene količine plina i potrebne satne dohave veoma su velike. Danas je teško pretpostaviti da će se one organizirano moći utrošiti. Zato je realnije

Tablica 24. Analiza prosječnog mjesečnog potroška zemnog plina u Zagrebu, za razne strukture potrošnje (u postocima godišnje potrošnje)

	Mjeseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1) struktura												
toplane 40 %												
industr. 40 %	7,4	6,6	8,8	11,0	8,6	8,2	7,6	7,6	8,4	9,4	8,4	8,0
šir. potr. 20 %												
2) struktura												
toplane 40 %												
industr. 25 %	9,1	7,3	9,1	10,2	7,8	7,5	6,7	6,7	8,0	9,4	8,7	9,5
šir. potr. 35 %												
3) struktura												
toplane 25 %												
industr. 40 %	9,4	7,6	8,7	10,2	7,8	7,7	6,8	6,8	8,0	8,8	8,7	9,5
šir. potr. 35 %												
4) struktura												
toplane 25 %												
industr. 25 %	11,0	8,5	9,0	9,6	6,8	6,6	6,1	6,1	7,6	8,6	9,0	11,1
šir. potr. 50 %												
5) struktura												
toplane 15 %												
industr. 20 %	12,6	9,6	8,9	8,9	6,1	6,0	5,4	5,4	7,4	8,4	9,2	12,2
šir. potr. 65 %												

(idealni mjesečni prosjek je $\frac{100\%}{12} = 8,33\%$)

Tablica 25. Prognoza isporuke zemnog plina za Zagreb

Prognoza potrošnje u SRH (milijuna m ³) (ostvarenje)		Prognoza isporuke za Zagreb (milijuna m ³)	
		23 %	20 %
1983.	1 841	—	379
1985.	2 000 do 2 900	460 do 670	400 do 580
1990.	3 500 do 4 500	805 do 1 035	700 do 900
1995.	5 000 do 7 500	1 150 do 1 725	1 000 do 1 500
2000.	6 000 do 8 700	1 380 do 2 000	1 200 do 1 740

u daljnjim analizama računati s manjim ili srednjim iznosima. Međutim, i niže vrijednosti nisu dovoljno sigurne. Istaknimo samo da je već spomenutim »Dogovorom o osnovama društvenog plana grada Zagreba za razdoblje 1981. do 1985. godine« za 1985. godinu planirana dobava od $60 \cdot 10^6$ m³. Međutim, uz sadašnji razvoj potrošnje plina u SRH i minimalno prognozirana količina od $450 \cdot 10^6$ m³ za Zagreb ostvarit će se s dosta napora, iako je Zagreb još 1981. godine ostvario dobavu prirodnog plina od 445 milijuna m³.

Prema izrađenoj studiji o opskrbi Zagreba energijom (lit.9) prognozirana je ista potrošnja plina u 2000. godini. Ista je studija pokazala da se, ako se budu raspolagalo s tim količinama u Zagrebu 2000. godine, one mogu i potrošiti. Međutim, potrošnja od 1,74 milijardi m³ plina u Zagrebu povećat će udio široke potrošnje na čak 70 %. Istovremeno povećava se satna dobava na nevjerojatnih 410 000 m³.

Tablica 26. Prognoza isporuke zemnog plina za zagrebačke toplane

Godina	Prognozirana dobava plina za Zagreb	Prognozirana dobava plina za toplane — (milijuna m ³)	
		udio 35 %	udio 25 %
1983.	379 (ostv.)	138 (ostv.)	—
1985.	450 do 580	158 do 203	113 do 145
1990.	800 do 1 000	280 do 350	200 do 250
1995.	1 000 do 1 500	350 do 525	250 do 375
2000.	1 200 do 1 750	420 do 613	300 do 438

Uz te pretpostavke u tablici 26. prognozirana je dobava zemnog plina za zagrebačke toplane do 2000. godine. U prognozi računat je postotni udio toplana u potrošnji plina GPZ od 25 do 35 %. Opredjeljujući se za proračunate srednje vrijednosti, toplane bi dobile sljedeće količine plina:

1985. godine	150 do $200 \cdot 10^6$ m ³
1990. godine	250 do $300 \cdot 10^6$ m ³
1995. godine	350 do $400 \cdot 10^6$ m ³
2000. godine	400 do $500 \cdot 10^6$ m ³

U tablici 27. je dana jedna prognoza potrošnje goriva u zagrebačkim toplanama do 2000. godine. U toj prognozi računalo se 1995. godine s ulaskom NE Prevlava

ka u bilancu energije. Dobivene količine goriva preračunate su u ekvivalent tone mazuta. Potrebne količine goriva za zagreačke toplane utrostručit će se do 2000. godine. Sa 312 000 tona ekvivalent mazuta 1981. godine prognozira se da će potrošnja goriva u 2000. godini na oko 980 000 tona ekvivalent mazuta. Od tih količina oko 75 % treba se koristiti za proizvodnju toplinske energije, a ako 25 % za proizvodnju električne energije (izuzimajući gorivo NE Prevlaka za proizvodnju električne energije).

Tablica 27. Prognoza potrošnje goriva u zagrebačkim toplanama (prema 9)

(u ekvivalent tonama mazuta)

Godina (ostv.)	Količina goriva za toplinsku energiju u toplanama			Procjena količine goriva za el. energ. (27 %)	Ukupne količine goriva za toplane
	za ogr. topl.	za tehnol. paru	Ukupno		
1981.	115 000	113 000	227 000	85 000	312 000
1985.	172 000	145 000	317 000	117 000	434 000
1990.	275 000	151 000	426 000	158 000	584 000
1995.	305 000	164 000	469 000	174 000	643 000
2000.	404 000	312 000	716 000	265 000	981 000

1 kg ekvivalent mazuta = 40 186 kJ

Tablica 28. Jedna prognoza pokrivanja potrošnje goriva u zagrebačkim toplanama

Godina (ostv.)	Ukupno potrebne količine goriva t. ekv. mazuta	Prognozirana dobava plina		Udio urana		Udio krutih otpadaka (smeća)		Udio mazuta (ugljena)	
		10 ⁶ m ³	%	tona ekv. mazuta	%	tona ekv. mazuta	%	tona ekv. mazuta	%
1981.	312 000	182	51	—	—	—	—	152 550	49
1985.	434 000	150-200	32-40	—	—	—	—	302 750-259 000	60-68
1990.	584 000	250-300	40-45	—	—	45 000	8	320 250-276 506	47-52
1995.	643 000	350-400	51-53	250 000	39	50 000	8	36 750	0 - 2
2000.	981 000	450-500	39-44	300 000	31	55 000	6	276 000-188 510	19-24

(1 m³ plina = 35 162 kJ = 0,875 kg ekvival. mazuta)

U tablici 29. je jedna već i službeno usvojena prognoza razvoja strukture goriva za toplane u SRH. Prema ovoj prognozi toplana bi trebala dobiti još veće količine plina (čak 64 % 2000. godine), što bi još više smanjilo potrebne količine mazuta.

Tablica 29. Prognoza strukture goriva za javne toplane u SRH

Godina	Ugljen %	Loživo ulje %	Zemni plin %
1970.	1,85	67,82	30,33
1975.	—	62,72	37,21
1980.	—	53,66	46,34
1985.	—	47,00	53,00
1990.	—	41,00	59,00
1995.	—	38,00	62,00
2000.	—	36,00	64,00

Konačni rezultat navedenih prognoza kumuliran je u tablici 28. U definiranju strukture potrošnje goriva u toplanama kao osnovno gorivo uzima se raspoloživa količina energije dobivena spaljivanjem smeća i toplina preuzeta iz NE Prevlaka. Ostatak se pokriva prvenstveno zemnim plinom. Prema današnjim spoznajama toplane sigurno mogu računati s potpunom opskrbom plina u V, VI, VII, VIII i IX mjesecu, te sa djalomičnom opskrbom u IV i X mjesecu. To je oko 35 % ukupne potrošnje goriva. Ako uračunamo i eventualne noćne i dnevne viškove plina u XI, II i III mjesecu, pokazuje da se postotni udio plina stvarno može kretati između 40 i 45 %, kao što je i dobiveno u tablici 28.

Iz iste tablice proizlazi da i nema mjesta za jednu novu veliku toplanu koja bi se temeljno opskrbljivala ugljenom, kao što je planirano literaturom 9.

Sigurno je da se ipak, zbog nužne fleksibilnosti sistema u zagrebačkim toplanama, u daljnjem razvoju treba oslanjati na izgradnju postrojenja koje će moći koristiti kruto, odnosno tekuće i plinovito gorivo. To je nužno ako dolazi u pitanje izgradnja NE Prevlaka, odnosno ako se zakasni s puštanjem u pogon.

Međutim, iskustvo sa dolazećom 1985. godinom pokazuje da toplane moraju za slučaj dobave manjih količina plina računati i s većim količinama mazuta. To je posebno ozbiljan problem, vezano na dosadašnju i buduću politiku cijena tekućih goriva. Preuzimajući u budućem razvoju rizik kompenzacije plinskog sistema, toplane moraju imati povoljniju cijenu zemnog plina. Ta razlika u cijeni plina između toplane i široke potrošnje mora pokrivati riziko visoke cijene mazuta.

Ako se ne prihvati za toplane uloga kompenzacijskog potrošača plinskog sistema, toplane moraju prići organiziranju razvoja na bazi jeftinijeg i sigurnijeg goriva — ugljena. Na drugoj strani plinski sistem bez kompenzacijskih potrošača, zbog pokrivanja vršnih opterećenja snage, mora graditi veoma skupe i nesigurne akumulacije (skladišta) prirodnog plina. Te ak-

umulacije moraju biti u tom slučaju velike. Svrsishodno je zato i u idućem razdoblju planirati potrošnju viškova količine prirodnog plina u zagrebačkim toplanama.

LITERATURA

- [1] Šoč Dejan: »Stanje i koncepcija razvoja plinifikacije u SR Hrvatskoj« »Nafta« broj 6, Juni 1979.
- [2] Maack Jürgen: Wird Gas billiger als Heizöl bleiben? BZ — Sonderteil Industrielle Energietechnik?
- [3] Nenad Džajić: »11. Svetska konferencija o energiji« Klimatizacija — grejanje, hlađenje, broj 41/1980.
- [4] Kalus Barthel, Siegfried Freiburger: »Kraftwerke bauen, damit wir länger Erdöl haben?, Wweiterer Sonderdruck aus der Siemens — Zeitschrift, Heft 4/1980.
- [5] : »Das weltweite Eennen nach mahr Energie« IZE Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e. V. Nr. 3;
- [6] : »Zukunftssicherung durch Energieforschung« Brennst-Wärme Kraft (1979) Nr. 5, Mai;
- [7] : »Oil and Gas Journal 1979. (CPDP Petrole 79);
- [8]: »Welterdgasförderung 1981«, gwf — gas/erdgas 123 (1982) H. g.
- [9] : »Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine« Institut za elektroprivredu Zagreb, mart 1982. g.
- [10] : »Nachrichten« HLH (1981) nr. 8 August
- [11] : »Scurvay of energy resources 1980« prepared by BRG — FEDERAL INSTITUTE FORM GEOSCIENCES AND NATURAL RECOURCES, HANOVER, FRG, for 11-tf WORLD ENERGY CONFERENCE, Munich, 8-12. IX 1980.
- [12] : »Problematika opskrbe Zagreba plinom« Gradska plinara Zagreb, svibanj 1982.
- [13] Šunjić M.: »Kako pokriti vršnu potrošnju plina« — Plinarac — Zagreb, 1982. g.
- [14] Fischer A. K.: »Die Erdgasindustrie (1960 bis 1965) gwf — gas/erdgas (1980) HGg.
- [15] Giorgis E. A.: »Natural gas in shanging world« 11 th World Energy Conference, Vol 2, 1980.
- [16] Simon J. L.: »The Ultimate Rescurce« Pregled — 291, 1982. godine,
- [17] Rill Z.: »Neke odrednice opće ekonomike energetike, značajne za poslovanje plinske privrede, III savjetovanje o plinu, Split, 1980. g.
- [18] H. Požar: »Osnove energetike« Školska knjiga Zagreb, 1976. g.
- [19] : »Gas hat Zukunft« Energie, Jahrg. 33. Nr. 8/9 August/September 1981.
- [20] : »Die holändische Erdgasplanung bis zum Jahr 2005« gwf — gas/erdgas, 123, (1982) H. G.
- [22] Lj. Janachek: »Die Erdgasversorgung, ind Osterreich«, gwf — gas/erdgas 123 (1982) H. G.
- [23] F. Warner: »Flüssiggas spaichern und transportieren«, europa industrie revue — 5, 1980.
- [24] : »Izvorni energije i oprema za energetiku«, savjetovanje Beograd, 12-15. I 1983.
- [25] : »Strategija dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije«, Beograd XI/1983.
- [26] : »Weniger Gas verbraucht« Energie, Jahrg. 35, Nr. 4 April 1983.
- [27] : »Koncepcija i dugoročni razvoj energetike u SR Hrvatskoj«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.
- [28] : »Dogovor o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj energetike Jugoslavije do 2000. godine« (radni tekst nacrt), Beograd, V/1984.
- [29] : »Usmjeravanje opskrbe energijom Zagreba do 2000. godine«, Institut za elektroprivredu Zagreb, 1982/83.

KEY WORDS: NATURAL GAS, HEATING POWER STATION

POSSIBILITY FOR LONG TERM USE OF NATURAL GAS IN ZAGREB

In the article is given a review of known gas reserve in the world, development of production and consumption with review of conditions in Europe, SFRJ, SRH and Zagreb. It is stated rightness of use of determined quantites of gas in heating power plant in Zagreb because surplus gas quantites are burned for rational exploatation of capacity for production and transport of gas.

MÖGLICHKEITEN EINER LANGFRISTIGEN NUTZUNG DES ERDGASES IN ZAGREB

Im Artikel wird eine umfassende Schilderung der bekanntesten Erdgasreserven im Ausland, sowie die Entwicklung und der Verbrauch mit einem kurzen Rückblick auf die Bedingungen in Europa, SFRJ und SRH sowie in Zagreb gegeben. Der Autor macht auf die Berechtigung bestimmter Erdgasmengen in den Anlagen deer Zagreber Warmwasserkraftwerke die durch den Vebrauch des überflüssigen Gasmengen einen ratinellen Verbrauch der zur Verfügung stehenden Kapazitäten für die Herstellung und den Gastransport sichern.

ВОЗМОЖНОСТЬ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В г. ЗАГРЕБЕ

В статье дан исчерпывающий обзор известных мировых ресурсов газа, развития производства и потребления; особо отмечаются условия в Европе, СФРЮ и СР Хорватии и, наконец, в г. Загребе. Автор обращает внимание на целесообразность потребление определенных количеств газа в загребских теплоцентралях, обеспечивающих рациональное использование раснолагаемых мощностей по выработке и транспорту газа потреблением избытков газа.

Naslov pisca:

mr Zlatko Milanović, dipl. ing.
»Elektrana — Toplana«, Zagreb
41000 Zagreb, Zagorska 1

Uredništvo primilo rukopis:
1984-10-29.

NOVI TARIFNI SISTEM ZA PRODAJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Benito Tocigl, Split

UDK 621.3.003.13

PREGLEDNI RAD

Ukratko je prikazan novi tarifni sistem za prodaju električne energije uz napomenu da je u dugoročnom interesu potrošača i društva u cjelini da električna energija bude proizvedena u uvjetima optimalne produktivnosti i efikasnosti, i da njezina cijena odražava stvarne troškove isporuke.

Ključne riječi: tarifni sistem, električna energija, prodaja.

KEY WORDS: TARIFF SYSTEM, ELECTRIC ENERGY, SALE

NEW TARIFF SYSTEM FOR ELECTRIC ENERGY SALE

New tariff system for sale of electric energy is briefly shown, whereby it is mentioned that the production of electric energy should be realized under optimal productivity and efficiency conditions and that the price of electric energy should reflect the real supply costs, what is also the long term interest of consumers and of the society as a whole.

UVOD

Električna energija, u svom upotrebnom obliku, nije raspoloživa u prirodi, pa je potrošači mogu koristiti samo ako se proizvodi »preradom« nekog izvora primarne energije kao što su ugljen, nafta, vodene snage, prirodni plin i uran. Tako dobivena sekundarna energija može se lako distribuirati potrošačima i transformirati u korisnu energiju pod raznim oblicima kao što je rasvjeta, grijanje, kemijski procesi, rashlađivanje, motorna snaga, informatika i telekomunikacije.

Električna energija postaje zbog toga vektor koji omogućava potrošaču da u vrlo povoljnim uvjetima, u čistoći i komoditetu iskorištava bilo koji izvor primarne energije iz udaljenih nedostupnih krajeva, pri čemu mijenjanje izvora primarne energije ne zahtijeva bilo kakvu promjenu u instalacijama potrošača. Stupanj korištenja električne energije u odnosu na korištenje drugih oblika energije zavisi za sve potrošače o cijeni električne energije. Tarifiranje predstavlja stoga determinirajući faktor konkurencije između električne energije i drugih oblika energije.

U dugoročnom interesu svih potrošača i društva u cjelini potrebno je da električna energija bude proizvedena u uvjetima optimalne produktivnosti i efikasnosti i da njena cijena odražava u cijelosti stvarne troškove isporuke.

Proizlazi da se cijene električne energije moraju zasnovati na troškovima proizvodnje, prenosa i distribucije do krajnjeg potrošača i da one trebaju biti različite za različite kategorije potrošača u ovisnosti o troškovima koje te pojedine kategorije stvarno proizvode.

Uz dobar tarifni sistem potreban je i prikladan sistem informiranja potrošača o realnim troškovima proizvodnje kako bi se potrošač mogao razumno opredijeliti između električne energije i nekog drugog oblika energije.

Ovo je kratak sažetak sadržaja deklaracije koju je za predstojeći kongres UNIPEDE pripremio Studijski komitet za ekonomska i tarifna pitanja na svojoj sjednici od 31. do 22. 3. 1985. u Antwerpenu i koji su jednoglasno usvojili predstavnici elektroprivreda svih zapadnoevropskih zemalja, Grčke, naše zemlje i Poljske (što otvara mogućnost da su vjerojatno i ostale elektroprivrede zemalja članica SEV-a suglasne s iznesenim principima).

Novi tarifni sistem elektroprivrednih organizacija Hrvatske koji su jednoglasno usvojili delegati Skupštine ZEOH-a, a sa samo jednim uzdržanim i jednim glasom protiv i delegati Skupštine RSIZ-a na zajedničkoj sjednici od 16. 2. 1985. u svojim osnovnim koncepcijama prihvaća u cijelosti ove postavke.

ZNAČENJE TARIFNIH SISTEMA I AKTUALNI PROBLEMI TARIFIRANJA

Razvoju tarifnih sistema za prodaju električne energije posvećena je značajna pažnja, uz mnogostruke studijske zahvate, u razdoblju kasnih pedesetih i ranih šezdesetih godina ovog stoljeća.

Nove studije francuskih i švedskih stručnjaka propagirale su nove ideje u konkretnoj primjeni opće prihvaćene i već okoštale formule binomne tarife. Praktična primjena novih postavki u toku šezdesetih godina izazvala je veliku pažnju, a postignuti izvanredni rezultati u racionalizaciji potrošnje i ostvarene uštede u izgradnji premašile su najoptimističkija očekivanja.

Naši istaknuti stručnjaci (inž. Lučev i Šermazanov) prihvatili su nove ideje i uspjeli su ih afirmirati (bar u svojoj početnoj fazi) u našoj zemlji u sretnom razdoblju elektroprivrede kada je na mreži prijenosa postojao samo jedan tarifni sistem.

Nakon toga drugi su rapidno evoluirali i napredovali, a mi smo kaskali i živjeli na ostavštini ovih naših eminentnih stručnjaka. Koliko je značenje tarifnih sistema u zapadnoevropskim elektroprivredama doka-

zuje i činjenica da su ljudi koji su razvili nove tarifne ideje postali zatim, u pravilu, vodeći rukovodioci svojih organizacija, kao što je to bilo u Francuskoj, Italiji, Švedskoj i Belgiji.

U odnosu na današnje stanje i mogući budući razvoj tarifa na visokom i niskom naponu trenutačno dominiraju dvije teme:

- grijanje električnom energijom
- socijalne tarife.

To su u stvari iste teme koje su u sasvim novim oblicima regulirane našim novim tarifnim sistemom, a koje su zbog toga naišle na iznenađujuće nerazumijevanje kod sredstava javnog informiranja.

Potrebno je stoga kratko obraditi jedan, a zatim i drugi problem.

GRIJANJE STAMBENIH I POSLOVNIH PROSTORIJA

Ova se problematika različito tretira u pojedinim zemljama, u ovisnosti o strukturi proizvodnih jedinica u elektroprivredi. Koliko su gledišta različita, pokazuju npr. ekstremni slučajevi Norveške, Francuske i Italije.

Norveška proizvodi samo u hidroelektranama i ima takve rezerve u kapacitetima da čak ni najsušnija godina ne ugrožava plan potrošnje. Prema tome, jasna je orijentacija i propagandni slogan elektroprivrede: »Grijte se ljudi na struju jer je to najjeftinija energija kojom raspoložemo«. U toj zemlji domaćinstva koja troše više od 20 000 kWh godišnje (u nas prosjek je oko 3 000 kWh) nisu rijetkost, već pravilo.

Zbog naglog razvoja nuklearnih elektrana Francuska elektroprivreda je sve do ovogodišnje zime praktički reklamirala noćno grijanje da bi osigurala pokriće visokog tehničkog minimuma NE i zato je uvela povoljne dvotarifne oblike, dok Italija, koja još uvijek veći dio proizvodnje realizira u elektranama na tekuće gorivo, nema u svojoj tarifi dvotarifnu dnevnu koncepciju, tako da danas sva domaćinstva u Italiji nemaju nijedno jedino dvotarifno brojilo, a obračun se zasniva na jednotarifna brojila s ugrađenim limitatorima (za angažiranje snage preko 3 kW) uz progresivnu blok-tarifu, pri čemu stvarni značajni popust nemaju svi (kao što će imati kod nas u visini od 20%), već samo oni koji troše manje od 150 kWh mjesečno. Kod ovih potrošača tarifni stav je čak polovična od tarifnog stava za sljedeću tranšu.

Protekla zima 1984-1985. god. dovela je, međutim, do izvjesnog izjednačavanja i usklađivanja stavova koje je potaknuto i od činjenice da je došlo u svim zemljama do rapidnog rasta broja potrošača koji se griju »na struju«.

U toku zime došlo je u pojedinim danima u gotovo svim evropskim zemljama i na istoku i na zapadu do pojave vrlo niskih temperatura (do -30°C), kada normalno dimenzionirane akumulacione peći nisu u toku dana, naročito oko 17-18 sati — kada se djeca vraćaju iz škole, a zaposleni sa radnih mjesta — mogle održati podnošljive temperature, pa su u većini ku-

ćanstva upotrijebljene dodatne grijalice, nađene u ostavama ili »ad hoc« nabavljene u robnim kućama. Došlo je tako do koncentracije opterećenja baš u vrijeme uobičajene »špice« i do potrebe angažiranja svih preostalih raspoloživih najskupljih elektroprivrednih kapaciteta. Tako nastala dodatna opterećenja mogla su se, dakle, pokriti samo marginalnim elektranama, pri čemu je u pojedinim slučajevima dolazilo i do opasnosti »black outa«. Treba tome dodati uočeni trend rasta grijanja na električnu energiju koji u posljednjim godinama postaje izrazit čak i u nekim nordijskim zemljama koje su tradicionalno koristile za grijanje druge energente.

Očito je da će kod iste ili približno iste cijene svih energenata svatko pametan preferirati električnu energiju čak ako je i nešto skuplja.

Shvatljivi su stoga panični stavovi predstavnika Švedske koji u svojem izvještaju o razvoju tarifa na niskom naponu (izvještaj je izradio kao predsjednik stručne grupe UNIPEDA-a za razvoj tarifa) konstatira nagli rast potrošnje za grijanje i predviđa katastrofalne posljedice predviđenog razvoja. (U Švedskoj je 1984. god. udio električne energije u grijanju stanova bio oko 35%, a predviđa se da će 1990. god. iznositi oko 70%.) Francuzi sa istom zabrinutošću gledaju na taj problem, pa jedni i drugi predlažu nove tarifne koncepcije koje će ekonomskim i tehničkim sredstavima spriječiti rast grijanja električnom energijom ili bar spriječiti dopunsko grijanje u najhladnijim danima godine.

Pri tome svi konstatiraju da iako ne postoji tržište električne energije pogotovo ne u međunarodnim razmjerima, ipak u svakoj pojedinoj zemlji postoji integrirano tržište energije na kojemu ekonomske zakonitosti normalno djeluju i pri čemu sve raspoložive energije korištene u funkciji grijanja mogu biti uporedne, mogu biti konkurentne, pa se samo ekonomskom prisilom (višestruko većim cijenama u pojedinim razdobljima godine, mjeseca ili dana) može smanjiti potrošnja električne energije u pojedinim kritičnim razdobljima.

Šveđani predlažu stoga bivalentnu diferencijalnu tarifu koja će korektnim tarifiranjem za ta razdoblja primijeniti kratkoročne marginalne troškove proizvodnje, što praktički znači cijenu najskuplje elektrane koja bude angažirana za pokriće tih izvanrednih opterećenja.

Francuzi su se opredijelili za opcionalnu tarifu kod koje će potrošači koji ugovorom odustanu od grijanja kroz 22 neodređena dana godine (pri čemu je neodređeni broj sati u toku dana) dobiti velik popust na cijenu potrošene električne energije u toku cijele godine. Kritične dane određuje elektroprivreda »ad hoc«, a to su u pravilu najhladniji dani u godini. Potrošaču koji na to pristane bit će u tim danima sistemom dvostrukih limitatora svedena potrošnja na minimum (1 do 2 kW) preko sistema telekomuniciranja uz prethodni upozoravajući svjetlosni i zvučni signal. Treba napomenuti da je na dan 31. 12. 1984. više od 95% domaćinstva bilo već povezano telekomunikacijskim sistemom s isporučiocima.

Švedani će novi tarifni sistem uvesti u cijelosti u roku od 10 godina. Francuzi su već počeli koristiti svoj sistem od 1. 1. 1985. »eksperimentalno«. Do kraja siječnja 1985. godine ugovor je potpisalo svega 22 000 domaćinstva. Očekuju se izuzetno povoljni rezultati u budućnosti. Anketa provedena na mali broj uzoraka domaćinstava (svega 1 500) pokazuje da nove mjere podržava više od 70% anketiranih, uz napomenu da među njima ogromna većina raspolaže mogućnostima grijanja uz korištenje drugih energenata. Nepovoljna je reakcija kod onih potrošača koji su ograničeni na isključivo korištenje električne energije.

Dovoljne su ove konstatacije da bi se dokazalo kako uvođenje u novom tarifnom sistemu sezonskih tarifa za kategoriju 0,4 kV ima svoje logično opravdanje i da stimulacija na manje korištenje električne energije za grijanje stanova proizlazi iz neminovnosti tehnološkog i ekonomskog karaktera. S druge strane, apsurdna bi bila izgradnja novih kapaciteta za zadovoljenje potreba koja iznenadno narastaju samo nekoliko dana u toku godine. Podaci iz Instituta za elektroprivredna istraživanja (EPRI) iz Palo Alta u Kaliforniji pokazuju da je u toku protekle zime i u SAD došlo do prisilnih parcijalnih iskapčanja nakon neuspjeha apela i reklamnih slogana, zbog preopterećenja sistema. (Podatke je iznio 21. 3. 1985. u Antwerpenu inž. Garzenini iz ENEL-a.)

Ako takve situacije ne može prebroditi ni američka privreda, jasno da to ne možemo ni mi u okvirima naše elektroprivrede. Nameće se stoga potreba zaustavljanja rasta grijanja na struju kako imperativ racionalnog korištenja elektroenergetskih kapaciteta. Jasno je da nismo u stanju regulirati to pitanje s rješenjima koje predlažu Švedani ili Francuzi i koje će prihvatiti Belgijanci i drugi jer nove mjere pretpostavljaju potpuno usklađenu međusobnu (isporučilac — potrošač) teledirigiranu komunikaciju uz uvođenje vrlo sofisticiranog sistema mjerenja. Može se možda razmišljati o manje kompliciranim sistemima uz daljnje korištenje dosadašnjih elektromehaničkih brojila, ali se telekomuniciranje ne može zanemariti.

Ove su informacije unesene u ovaj materijal da bi se dokazalo da je uvođenje sezonskih tarifa na niskom naponu u novom tarifnom sistemu samo logična posljedica razvoja elektroenergetske situacije, ali one istovremeno pokazuju koliki je raskorak između svjetske prakse i naših mogućnosti. Tamo negdje u već dalekoj 1955. god., zahvaljujući naprednim shvaćanjima u elektroprivredi, krenuli smo u primjenu novih tarifnih oblika, od kojih je jedan bio pretstavljen i limitatorima (čiji je prototip već bio izrađen u domaćoj industriji već u šezdesetim godinama). Zatim smo od 1960. god. do danas tapkali na mjestu i danas smo uglavnom tamo gdje smo bili 1960., dok su drugi krenuli »zvjezdanim stazama«. Stoga danas novim tarifnim sistemom elektroprivrede Hrvatske pokušavamo inicirati pomak iz tridesetogodišnjeg zaptupljajućeg zastoja, ali i ovog puta uz punu podršku privrede nailazimo i na nerazumijevanje i na otpore ljudi koji i dalje brane sitne, uske, parcijalne interese.

SOCIJALNE TARIFE

Postoji danas u svijetu i elektroprivrednim krugovima jedan vrlo aktualan i vrlo akutan problem koji smo i na našem nivou pokušali bar djelomično riješiti novim koncepcijama tarifnog sistema (popust od 20% na potrošnju registriranu u domaćinstvima s jednotarifnim brojilima), a to je pitanje postojanja i primjene »socijalnih tarifa« u isporuci električne energije domaćinstvima.

Koncepcija se rodila u situaciji rasta inflatorskih kretanja, ali pretežno inicirana naglim rastom nezaposlenosti u zemljama zapadne Evrope i nekim socijalnim potresima kao što je dugotrajan štrajk britanskih rudara.

Inicijativa je potekla negdje od sindikata, a negdje od državne administracije, koja u tom slučaju refundira elektroprivredi odobrene razlike u cijeni, ili od samih elektroprivrednih organizacija.

Možemo navesti nekoliko primjera.

U Velikoj Britaniji socijalno ugroženi dobivaju već nekoliko godina od elektroprivrede neku vrstu legitimacije koja daje pravo na besplatnu potrošnju određenih količina električne energije ili na popust na propisane tarife. Vrijednost tako ustupljene električne energije po posebnim uvjetima refundira država. U ostalim elektroprivredama ova socijalna »davanja« financiraju ostali potrošači većom cijenom svoje potrošnje.

U Italiji, na pritisak sindikata, već godinama postoji posebna cijena za tzv. siromašniji sloj potrošača, pa tako za prvih 150 kWh mjesečne potrošnje tarifa je (danas oko 70 lit/kWh) upola manja od cijene sljedeće tranše. Analize su pokazale da dobar dio takvih potrošača nema veza sa »siromaštvom«.

U Belgiji posebna socijalna tarifa (prix social) obuhvaća potrošnju do 850 kWh/ godišnje. Od 1. 1. 1985. domaća privatna elektroprivredna društva (EBES — Intercom i drugi) po nalogu »državne kontrolne komisije za elektroprivredu i plin« formiraju poseban fond (u 1985. god. 184 000 000 BF) iz kojeg će se financirati potrošači domaćinstva kojima zbog neplaćanja bude prekinuta isporuka električne energije ako je do neplaćanja došlo iz socijalnih razloga.

U Francuskoj postoji posebna niža tarifa za potrošače koji angažiraju snagu manju od 3 kW.

U drugim zemljama koje su za domaćinstva propisale progresivne tarifne stavove prva tranša može imati socijalni karakter, ali se zato posljednja tranša isporučuje po prohibitivnoj cijeni većoj od ekonomske s karakterom zaporne tarife. Među tim zemljama iznimka je Japan koji u najnovijim tarifama slijedi također progresivnu tarifnu koncepciju, ali i ekonomsku logiku, pa zadnja najskuplja tranša ne može biti veća od troškova marginalne elektrane. Negdje se, međutim, takve progresivne tarife koriste radi suzbijanja veće potrošnje, ali to ulazi u već obrađenu temu limitiranja grijanja na električnu energiju koja poprima još jednu do sada neobrađenu varijantu.

U globalu gledano, intencija određivanja tarifa u ovisnosti o socijalnom momentu je jasna. Nije, me-

đutim, jasno kako da to u nas u sredstvima javnog informiranja gotovo nitko (s časnim izuzetkom »Slobodne Dalmacije«) nije naznačio. Konstatirano je da su vlasnici dvotarifnih brojila, a oni uglavnom i pišu i javno se izjašnjavaju, oštećeni dok se pažnja uopće nije obratila na dvotrećinsku većinu vlasnika jednotarifnih brojila koji dobivaju 20% jeftiniju struju. Ako u nas ima socijalno ugroženih, onda je vjerojatno da se nalaze među ovom drugom kategorijom.

SVJETSKE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Pri razradi koncepcije novih tarifnih sistema i na nivou ZJE i na nivou ZEOH-a te kod određivanja polaznih nivoa cijena bio je konstantno prisutan problem izražen kroz jedan pojam koji je dobio »placet« i najviših saveznih organa u našoj zemlji i koji je uzet u obzir kao temeljni argument nekih opredjeljenja i kao osnova za određivanje nekih elemenata smjernica i rezolucija, a to je tzv. »svjetska cijena električne energije«. Na svjetskom tržištu proizvoda i usluga svjetske cijene su dobro poznate ekonomske kategorije. Međutim, već od momenta početka proizvodnje i komercijalne distribucije električne energije bila je uvijek prisutna konstatacija da definicija koja bi zvučila kao »svjetska cijena električne energije« nema mogućnost afirmacije jer neovisno o nizu poznatih i davno uočenih argumenata ne postoji ni svjetsko tržište električne energije niti postoji mogućnost da se u svjetskim razmjerima utvrdi paralelno integrirano tržište energije. Autor ovih redaka sjeća se jedne diskusije od prije desetak godina na tu temu u sklopu UNIPEDE kada je tadašnji predsjednik »British electricity council« smjelo utvrdio: Svjetska cijena električne energije ne spada u ekonomske kategorije; u najboljem slučaju može se razvrstati u humoriističke kategorije. Čak je u većini svjetskih ekonomskih i elektroprivrednih udruženja koji se bave i cijenama električne energije (OECE, OECDE, UNIPEDE, EPRI — CRIEPI), osporena i mogućnost međunarodne usporedbe nacionalnih cijena električne energije.

Pri tome poteškoće u utvrđivanju metodološkog pristupa koincidiraju s činjenicom da je u nizu elemenata onemogućena usporedba jer u pojedinim zemljama, neovisno o sistemu usporedbe, cijena električne energije proizlazi iz sasvim različitih situacija i okolnosti koje čak i bez osvrta na specifičnosti same robe (istovremenost proizvodnje i potrošnje, nemogućnost skladištenja, nemogućnost odgađanja kupnje ili prodaje, itd.) direktno ovise o specifičnosti proizvodnih i distributivnih sistema u odnosu na:

- korištenu primarnu energiju (struktura proizvodnih kapaciteta)
- uvjete distribucije, gustinu populacije, geografsku konfiguraciju
- intenzitet potrošnje, običaje, tradicije
- razne tarifne politike i političke mjere u korist pojedinih potrošača

— stimulaciju odnosno destimulaciju pojedinih kategorija potrošnje i usmjeravanje potrošnje električne energije.

Posebna stručna grupa Studijskog komiteta za ekonomska i tarifna pitanja UNIPEDE početkom osamdesetih godina dobila je zadatak da utvrdi mogućnosti i metode usporedbe. Došla je do uvjerenja da bar teoretski postoje tri metodološke mogućnosti usporedbe:

- svođenjem cijena u nacionalnim valutama na zajednički nazivnik jedinstvene valute uz pomoć tečajnih lista
- usporedbom troškova radne snage
- standardom kupovne moći.

Nakon ispitivanja svih metoda uz odgovarajuće kvantifikacije nakon isteka gotovo dvogodišnjeg roka, stručna grupa je zaključila: »Analiza rezultata od svih članova grupe dovodi do jednoglasnog zaključka da nijedna od upotrebljenih metoda ne udovoljava u cijelosti postavljenom zadatku i da prema tome i ne mora postojati dovoljno prihvatljiva metoda usporedbe međunarodnih cijena električne energije.«

Tom zaključku može se dodati jedna vrlo prozaična konstatacija: nelogično je pozivanje na neku fantomatičnu svjetsku cijenu u situaciji kad mi danas u našoj zemlji uz najbolju volju ne možemo izračunati »jugoslavensku cijenu« za bilo kojeg odabranog tipskog potrošača (prema standardima UNIPEDE ili ekonomsko-statističke komisije EEK). Moći ćemo na osnovi važećih tarifnih sistema i tarifnih stavova dobiti osam različitih cijena, ali jednu jedinu nikako. Mogli bismo teoretski nekakvim ponderiranjem dobiti i tu jednu koja, međutim, ne predstavlja ništa, jer bi bila konglomerat sasvim različitih uvjeta isporuke i korištenja električne energije i sasvim različitih obračunskih odnosa.

Neovisno o svim ovim konstatacijama možemo pokušati primjenom tečajnih lista koje su utvrđene

Zemlja	Potrošnja 600 kWh/god.	Potrošnja 3 500 kWh/god. od toga 1 300 u MT
Poljska	d/kWh 3,46	2,80
Mađarska	d/kWh 3,66	3,09
Norveška	d/kWh 7,23	6,41
Švedska	d/kWh 9,63	6,52
Italija	d/kWh 10,23	25,08
Finska	d/kWh 12,86	8,64
Portugal	d/kWh 11,42	9,86
Švicarska	d/kWh 14,84	9,80
Hrvatska	d/kWh 15,53	9,24
Španjolska	d/kWh 19,87	12,66
V. B. (London)	d/kWh 19,83	10,55
Austrija (Beč)	d/kWh 20,81	16,68
Francuska	d/kWh 25,44	16,82
SR Njem. (Hamburg)	d/kWh 30,85	16,98
Belgija	d/kWh 32,83	18,92

(U cijene su uključene takse koje se kreću od 7% u Hrvatskoj do 31% u Francuskoj.)

1. 1. 1985. svesti u dinare kalkulatívne (praktično i ostvrene) prosječne cijene električne energije na dan 1. 1. 1985. za tipske potrošače domaćinstva koji troše 600, odnosno 3 500 kWh godišnje pri čemu u drugom slučaju (3 500 kWh) potrošnja u manjoj dnevnoj tarifi iznosi 1 300 kWh. Cijene su izračunate franko potrošač, tj. sadrže sve eventualne takse i doprinose. Imamo sada sliku cijena za pojedine tipske potrošače (na osnovi podatka iz ankete UNIPEDE na dan 1. 1. 1984. korigiranih za objavljena povećanja u 1984. god.). Netko bi nam trebao kazati kako se iz ovih ili iz nekih drugih kompletnijih podataka može izračunati »svjetska cijena«.

KONSTATACIJA I EFEKTI NOVOGA TARIFNOG SISTEMA

Dva su osnovna elementa djelovala na promjene izvršene u dosadašnjim koncepcijama tarifnog sistema elektroprivrede Hrvatske, a to su:

- Studija »Izgradnja tarifnog sistema u elektroprivredi Hrvatske« koju je u listopadu 1983. god. izradio »Institut za elektroprivredu« — Zagreb
- Samoupravni sporazum o osnovnim principima tarifnog sistema koji je u ZJE potpisan od svih republičkih i pokrajinskih elektroprivrednih organizacija 19. 12. 1984.

Polazna koncepcija tarifnih sistema zasniva se na određivanju nivoa cijena po naponskim nivoima. Studija Instituta trebala je dati relativne odnose po naponima kao osnove tarifnog sistema na principu objektiviziranja troškova koja izazivaju pojedine kategorije potrošača.

U kalkulaciji tarifnih stavova — prema elementima koji se određuju tarifnim sistemom — utvrđena ili društveno odobrena **ulazna cijena** (nivo cijene koji proizlazi iz potrebnih troškova proizvodnje, prenosa i distribucije i eventualnih sredstava za proširenu reprodukciju, a koji se utvrđuje prema propisanim kriterijima i mjerilima uz suglasnost nadležnih društvenih organa za kontrolu cijena) raspoređena po naponskim nivoima čini osnovu za utvrđivanje tarifnih stavova pojedinih kategorija potrošnje iz kojih za svakog potrošača u ovisnosti o načinu korištenja električne energije proizlaze, individualne **izlazne prosječne prodajne cijene**.

Imajući na umu sve te činjenice, studija Instituta je utvrdila osnovne proporcije tarifa u obliku relativnih tarifnih stavova po naponskim nivoima za elektroenergetski sistem SRH, koji su dobiveni prema rezultatima u studiji izvršenih proračuna. Ti relativni odnosi su trebali iznositi:

potrošač na 110 kV	1,00
potrošač na 35 kV	1,12
potrošač na 10 kV	1,44
potrošač na 0,4 kV	2,23.

Postojeći odnosi prije studije utvrđivani su samo djelomično prema objektivnim troškovima, a većim dijelom konvencijama koje su postizane »ad hoc« kod izrade pojedinih tarifnih sistema i tarifnih stavova.

S obzirom na to da nema sasvim jasnih tragova ranije izvršenih kalkulacija, teško je precizno utvrditi relativne odnose koji su postojali u času izrade novih tarifnih koncepcija, jer je to jednostavno i lako za visoki napon gdje su prosječni odnosi tarifnih stavova (ponderiranjem tarife za snagu i energiju u omjeru 50 : 50) bili približno ovakvi:

potrošač na 110 kV	1,00
potrošač na 35 kV	1,18
potrošač na 10 kV	1,46.

Gotovo je nemoguće precizno utvrditi relativni odnos za potrošače na 0,4 s obzirom da tarifni stav za energiju postoji u četiri varijante, dok tarifni stav za snagu, tamo gdje ga ima, proizlazi iz sasvim različitih odnosa i proporcija, pa se za usporedbu može (vrlo problematičnom kalkulacijom) utvrditi da je taj iznos između 170 i 180.

Prema tome, relativni odnosi utvrđeni studijom predstavljaju značajnu promjenu postojećih relacija troškova samo za kategoriju 0,4. Kod kategorija visokog napona nema bitnijih promjena. U tom smislu tarifni stavovi za visoki napon, kao i efekti koji će proizaći iz postignutih prosječnih cijena rezultirat će samo iz dosljedne primjene ponovno uspostavljenih normalnih odnosa snaga i energije (50 : 50) i veće i manje dnevne tarife (2 : 1) koji su odlukama SIV-a bili poremećeni u dosadašnjim tarifnim stavovima. Kalkulativne analize na tipskim potrošačima visokog napona pokazuju da primjenom novih tarifnih stavova dolazi u odnosu na obračun po tarifnim stavovima koji su vrijedili do 1. 4. 1985. do globalnog povećanja nivoa prodajne cijene na 110 kV od 1 do 2% a kod 10 kV napona od 2 do 3%, dok taj nivo na 35 kV opada za oko 5%. U globalu realizacija na visokom naponu bit će nešto niža nego ona koja bi se postigla sa starim tarifama. Individualno gledano nešto bolje nego do sada proći će potrošači s visokim korištenjem angažirane snage, kao i oni potrošači koji rade kontinuirano, pa imaju veću potrošnju u manjoj dnevnoj tarifi.

S druge strane, vrlo značajne promjene predviđene su zaključcima Studije za kategoriju potrošnje 0,4 gdje efektivni rast tarifa, kao logična posljedica ponovno uspostavljenih realnih odnosa troškova koji su na niskom naponu godinama još od 1953. god. bili umjetno potiskivani, proizlazi iz rasta novih relativnih tarifnih odnosa i koji je trebao iznositi 31,17% (223 : 170). Budući da su u toku godina i unutar kategorije 0,4 kV obavljena prestrukturiranja u korist »kućanstva«, očito je da realna sagledavanja odnosa troškova pokazuje potrebu da se postojeći polazni nivo cijene za kućanstva treba korigirati na više za najmanje 50%, neovisno o povećanju općeg nivoa cijena koji određuje SIV.

U razradi i konkretnoj primjeni rezultata studije radna grupa tarifnog odbora ZEOH-a i sam Tarifni odbor Skupštine ZEOH-a našao se pred situacijom da se opredijeli za konkretan rast tarifnih stavova grupe potrošnje »kućanstvo«, uz prisutnu činjenicu da je 1. 10. 1984. provedeno poskupljenje od 29,31%, a da je već 27. 12. 1984. došlo do daljnjeg povećanja od

33,50%, što bi značilo da kod prihvatanja relativnih odnosa koji proizlaze iz Studije treba od 1. 4. povećati tarifne stavove za »kućanstvo« u odnosu na stanje prije 1. 10. 1984. za čitavih 158,9%. Prema ocjeni Tarifnog odbora, takav nagli rast izazvao bi reakciju svih zainteresiranih, pa se stalo na stanovište da prestrukturiranje troškova treba odgoditi odnosno pomaknuti u vremenu, a u prvoj fazi koja nastupa 1. 4. 1985. koristiti svega nešto preko 10%. Na taj način tarifni stavovi predloženi od Tarifnog odbora s važnošću od 1. 4. 1985. dali su kategoriji kućanstva rast od oko 10% iznad rasta ostalih kategorija potrošnje, pa ukupno globalno povećanje nivoa prosječnih cijena te kategorije iznosi na dan 1. 4. 1985. u odnosu na razdoblje prije 1.10. 1984. oko 90%. Ovu koncepciju Tarifnog odbora javna rasprava je uglavnom negativno ocijenila. Većina sudionika u raspravi tražila je da se dosljedno primijene odnosi iz Studije i da se prestrukturiranje troškova obavi odmah neovisno o posljedicama. Karakterističan je primjer sastanka koji je održan u Zajednici općina Split 9. 11. 1984. i koji je zaključio »da se odgodi donošenje Tarifnog sistema dok se ne izvrše potrebne korekcije u skladu sa prihvaćenom studijom Instituta«. Tom sastanku prisustvovali su predstavnici Republičkog komiteta za energetiku, Izvršnog vijeća Zajednice općina Split, Republičke samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije, autori Studije Instituta za elektroprivredu, Privredne komore, ZEOH-a, Elektroprivrede Dalmacije, svih velikih i specijalnih potrošača Dalmacije, Komiteta za privredu ZOS i Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu. Tarifni odbor je javno kritiziran što nije izradio tarifne stavove prema proporcijama koje je jednoglasno bio prihvatio i stručni savjet za recenziju studije. Pošto su 26. 2. 1985. dvije skupštine (RSIZ-a i ZEOH-a) koje meritorno odlučuju o pitanjima vezanim za tarifni sistem praktički jednoglasno usvojile i novi tarifni sistem i nove tarifne stavove nastupila je kontraofenziva sredstava javnog informiranja sa stavovima suprotnim od onih koji su afirmirani u javnoj raspravi. Članovi Tarifnog odbora mogu se stvarno zapitati što je trebalo raditi pa da svi budu zadovoljni, odnosno tko koga zastupa u ovim javnim raspravama.

Na niskom naponu, međutim, osim posljedica prestrukturiranja djeluje i niz novih elemenata koji su kao »novosti« uvedeni u tu kategoriju potrošnje naročito u grupi potrošnje »kućanstvo«, a to rezultira iz sljedećih podgrupa:

1. Potrošači s jednotarifnim brojilima koji uz isti tarifni stav za snagu kao i kod potrošača sa dvotarifnim brojilima imaju jedinstven tarifni stav za energiju koji je za 20% niži od tarifnog stava za veću dnevnu tarifu kod potrošača s dvotarifnim brojilima.
2. Potrošači s dvotarifnim brojilima koji uz doprinos za snagu po brojilu plaćaju tarifni stav posebno za potrošnju u doba veće dnevne tarife (7-13 i 16-22), a posebno za potrošnju u doba manje dnevne tarife (13-16 i 22-7).

3. Potrošači s limitiranom potrošnjom kod kojih se utvrđuju jedinične tarife za snagu po angažiranom kW (1/16 od vrijednosti osnovnog doprinosa iz točke 1 i 2) dok tarifni stavovi za veću i manju dnevnu tarifu su isti kao pod 2. Manjkavost je tarifnog sistema što za ove potrošače nije predviđena posebna niža tarifa za radnu energiju.
4. Potrošači s dirigiranom potrošnjom koji uz tarife iz grupe 2. imaju poseban popust na tarifne stavove za radnu energiju potrošenu u doba manje dnevne tarife pod uvjetom da imaju odvojenu instalaciju sa posebnim priključkom za termička trošila čiju potrošnju dirigira isporučilac. Predviđeni popust iznosi 40 odnosno 25% u ovisnosti o tome postoji li odvojeno mjerenje dirigirane potrošnje.

Potrošači se u svim ovim kombinacijama kategorija, grupa i podgrupa još ne snalaze pa sasvim opravdano postavljaju najjednostavnije pitanje: Kako će se ove promjene odraziti na cijenu koju plaćaju za potrošeni kWh?

Za potrošače koji se koriste jednotarifnim brojilom odgovor je prilično jasan. Ti će potrošači u 1985. godini platiti nešto nižu cijenu od one koju bi platili da nije donesen novi tarifni sistem, odnosno da nisu promjenjeni tarifni stavovi koji su važili na dan 1. 1. 1985.

Može se čak i precizirati da će to sniženje iznositi, pri prosječnoj potrošnji, oko 2%, pri čemu je očito da će ti potrošači izbjeći dodatni porast cijena grupe »kućanstvo« od oko 10%. Jasno je da ovo vrijedi ako ne dođe do novog povećanja cijena na saveznom nivou.

Iz te konstatacije proizlazi činjenica da se rast grupe kućanstva utvrđen preraspodjelom troškova prevlađuje u cijelosti na potrošače s dvotarifnim brojilima, jer je za tekuću godinu teško pretpostaviti pojavu značajnijeg broja potrošača ostalih podgrupa (limitirana i dirigirana potrošnja).

Koliko će stvarno biti to povećanje za svakog pojedinog potrošača u odnosu na tarife od 1. 1. 1985, teško je odrediti, jer ovisi o tome kako će ti potrošači reagirati na uvođenje sezonskih tarifa.

Može se, međutim, pretpostaviti da će taj rast iznositi oko 13% za potrošače koji se ne griju ili se samo djelomično griju »na struju«, a oko 20% za one potrošače koji uglavnom za grijanje stanova koriste električnu energiju.

Prosječne cijene potrošnje koja se registrira s dvotarifnim brojilima bit će još uvijek niže od potrošnje koja se registrira jednotarifnim brojilima kod potrošača koji u manjoj dnevnoj tarifi troše bar 40% od ukupne dnevne potrošnje, ali su te razlike značajnije smanjene čak i kod velikog učešća potrošnje u vrijeme manje dnevne tarife, pa se opravdano postavlja pitanje, koje je bilo prisutno i u raspravi o jugoslavenskom SAS-u, da li je popust od 20% previsok, jer je teško pretpostaviti da su vlasnici jednotarifnih brojila trošili u vrijeme manje dnevne tarife više od 20 do 30% ukupne potrošnje. S druge strane, za socijalne namjene o kojima smo govorili u ovom tekstu i popust od npr. 10% bio bi dovoljan.

Ozbiljnije analize pokazuju da fiksni doprinos za snagu za sve potrošače kućanstva koji nemaju limitatore nije sasvim logičan. SAS na nivou Jugela ne daje odrednice za taj slučaj, ali je sigurno da isti iznos za potrošače koji angažiraju snagu od 25 W ili 16 kW ne blista po pravičnosti. Uvođenjem limitatora ta će se nepravda postepeno ispravljati, ali za to treba mnogo vremena. Ostaje dojam da bi bilo logičnije vezati progresivni rast doprinosa za snagu za neke veličine bilo električne ili prostorne.

Limitirana potrošnja ima sigurnu budućnost, ali je neophodno udovoljiti nižim pretpostavkama da bi se to moglo ostvariti. To se odnosi i na tarifni i na tehničko-tehnološki dio.

Potrošač koji svjesno pristaje na limitiranje svoje potrošnje izlaže se određenim neugodnostima i ponekoj žrtvi. S druge strane, elektroprivreda može iz takve potrošnje, a činjenice su do sada to obilato potvrdile, izvući ogromne koristi i uštede u izgradnji budućih kapaciteta.

Prema tome, uvođenje jedinične cijene (po kW) za stvarno angažiranu snagu samo je logična posljedica postavljanja limitatora, ali s time izostaje stimulacija potrošača pa se određivanje nižih tarifnih stavova za radnu energiju (koji postoje u svakom tarifnom sistemu koji predviđa limitiranje potrošnje) nameće kao neizostavna korekcija sadašnjeg tarifnog sistema.

U odnosu na tehničko-tehnološke probleme, treba podsjetiti na izjave predstavnika »Iskre« iz Kranja koji su u prošlosti u više navrata najavili da će prići izradi limitatora kada budu predviđeni jugoslavenskim tarifnim sistemima. Prilika je tu pa bi na nivou Jugela trebalo uspostaviti odgovarajuće kontakte. Danas se u evropskim elektroprivredama koriste uglavnom magnetski i diferencijalni limitatori. Razlika je u preciznosti limitiranja i u cijeni. Prema informacijama dobivenim od generalnog direktora distribucije talijanske elektroprivrede (ENEL-a), cijena za prve (u susjednoj Italiji) kreću se oko 2 500 a za druge oko 3 800 dinara prema današnjem tečaju.

Dirigirana potrošnja može predstavljati značajan element reguliranja odnosa između isporučilaca i potrošača u savremenim uvjetima isporuke električne energije i može predstavljati bitan element racionalnije potrošnje električne energije. Treba stoga prorađiti u okviru raspoloživih sredstava, na ostvarivanju njene osnovice, telekomunikacija između elektrodistributivnih elektroprivrednih organizacija i potrošača.

Cilj ovog napisa nije bio deteljan opis novog tarifnog sistema, već realistički prikaz novih elemenata, pogotovo onih koji su izazvali polemičke rasprave u sredstvima javnog informiranja i koji su se u posljednje vrijeme našli u centru pažnje svih potrošača električne energije.

Treba na kraju napomenuti način na koji novi tarifni sistem regulira odnose između elektroprivrede i tzv. »specijalnih potrošača«.

Institut za elektroprivredu iz Zagreba, na inicijativu specijalnih potrošača odnosno Privredne komore

Dalmacije, izradio je dodatnu Studiju »Prilagodavanje rada specijalnih potrošača mogućnostima elektroenergetskog sistema i efekti takvog rada«.

Na osnovi dosadašnjih tarifnih rješenja i postavki iz navedene studije, u dogovoru između potrošača i elektroprivrede pronađena su neka nova tarifna rješenja koji su, kao kompromis između elektroprivrede i većine tih potrošača, unesena u novi tarifni sistem.

U odnosu na prijašnje tarifne propise smanjeno je vrijeme trajanja ograničenja potrošnje (od 75 do 60 dana godišnje) a u skladu s koncepcijom Studije prepolovljena je visina popusta za proizvođače aluminijske (od 31 na 16%) uz povećanje vjerojatnosti nastupa ograničenja.

Neovisno o tim praktičnim rješenjima u situaciji kada raste izvozna orijentacija ovih potrošača i konjunktura njihovih proizvoda na svjetskom tržištu, pitanje nivoa cijena električne energije više ne razdvaja potrošače i elektroprivredu, već ih zajednička briga i suradnja u osiguranju svih potrebnih količina električne energije ujedinjuje u postizanju korisnih ciljeva za sebe i za širu društvenu zajednicu.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Nakon duljeg vremena novi tarifni sistem elektroprivrede Hrvatske polazi od koncepcija usklađenih na jugoslavenskom nivou i predstavlja razumnu osnovicu za daljnje usklađivanje i izjednačavanje stavova na području tarifiranja električne energije, uključujući i mogućnost zajedničkog utvrđivanja nivoa cijena.

Sukobi interesa još su uvijek prisutni kako između elektroprivrednih organizacija pojedinih republika i pokrajina, tako i između proizvodnih i distributivnih organizacija unutar svake elektroprivrede. Pojedina tarifna rješenja koja su za proizvodnju od životnog interesa zbog racionalizacije i uštede u razvoju još uvijek često predstavljaju za distributivne djelatnosti samo dodatno nametnuti trošak.

Zbog toga i u ovom tarifnom sistemu kao i u onima u ostalim republikama, postoji još uvijek niz kompromisa koji onemogućuju dostizanje suvremene razine tarifnih sistema u razvijenim zemljama svijeta.

Trebat će s toga mnogo dobre volje i strpljenja da se sadašnja rješenja i dalje usavršavaju i osuvremenjuju.

Pažljivo analitičko promatranje rezultata primjene novih koncepcija samo će pridonijeti da se taj cilj ostigne.

Naslov pisca:

Benito Tocigl, dipl. ek.
»Elektroprivreda Dalmacije«
58000 Split Radničko šet. 42,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1985-04-02

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

PONAŠANJE DALEKOVODA POD UTJECAJEM DINAMIČKIH SILA

Dalekovodi visokog napona kao vrlo izduženi građevinski objekti izloženi su osim statičkim i dinamičkim opterećenjima. Dinamička opterećenja nastaju zbog dvojakog djelovanja. Djelovanja vjetra koji izaziva visokofrekventne vibracije i niskofrekventne koje se iskazuju kao galopiranje vodiča i udarna opterećenja.

Visokofrekventne vibracije nastaju pri relativno malim brzinama vjetra od 0,5 do 10 m/s, dok niskofrekventna (1 do 4 Hz) izazivaju brzine od 5 do 25 m/s. Teoriju visokofrekventnih vibracija razradio je mađarski fizičar Karman, a zatim je potvrđena eksperimentalno. Vibracije se pojavljuju na užetima dalekovoda, pa ih dovode do oštećenja prvenstveno na nosnim stezaljkama, a rjeđe na oponskim. Poseban problem za užeta jest činjenica da svako uže ima više vlastitih frekvencija, a ovisi o sili zatezanja i vrsti užeta. Vibracije nastaju pri rezonanciji s udarima vjetra.

Snopovi vodiča imaju s obzirom na vibracije svoje specifičnosti, jer odstoynici predstavljaju čvrste točke za valove. Na čeličnoreškastim stupovima mogu se pojaviti vibracije koje su posljedica vibracija užeta, ali mogu nastati i tada kad užeta nisu ugrađena. U praksi su se pokazala oštećenja kao posljedica ovakvih pojava. Čak su se štete pojavile i na temeljima.

Visoko frekventne vibracije mogu se prigušiti, odnosno reducirati različitim odgovarajućim mjerama. Što se vodiča tiče, u obzir dolazi sniženje naprezanja ili ugradnja samoprigušnih vodiča (centralno uže uvučeno u šuplji vodič). Vodiči u nosnim stezaljkama zaštićuju se prigušivačima (Stockbridge) koji trebaju biti brižljivo adekvatno izvedeni i montirani. Slično se postiže i spiralnim armaturama (armor rods). Dobre rezultate daju i posebni ovjesni sistemi. Posebne mjere u zateznim točkama su rijetko potrebne. Za snopove se upotrebljavaju samoprigušni odstoynici koji sprečavaju da visokofrekventne oscilacije, koje nastaju u polju, ne stignu da ovjesnih stezaljki.

Stupovi se pak mogu zaštititi ako se predvide čelični štupovi sa sniženim stupnjem vitkosti.

Posljedice galopiranja ili plesanja vodiča možemo svrstati u tri grupe:

- smanjuje se električna sigurnost zbog opasnosti dodira vodiča (faza)
- smanjuje se mehanička sigurnost zbog nastajanja termičkih kvarova
- nastaju dodatna dinamička opterećenja.

Da se spriječi mogućnost ovakvih kvarova, može se:

- izvesti takva konstrukcija voda da galopiranje vodiča može nastati bez štete
- ograničiti galopiranje
- spriječiti galopiranje.

Prvi način poskupljuje vod, jer razmaci faza moraju biti povećani, a stupovi veći i teži. Drugi od navedenih efekata postiže se gladom površinom vodiča (eventualno presvučenog plastikom) ili odstoynicima faza. Kod snopova to se također postiže odgovarajućim odstoynicima.

Na kraju u treću kategoriju mjera pripadaju uređaji koji utječu na dinamičko ponašanje vodiča. Tome služi montaža njihala koja prilagođuje vlastitu torzionu frekvenciju osnovnoj frekvenciji užeta. Na kraju treba naglasiti da ni jedna od navedenih mjera ne predstavlja generalno rješenje kompleksnog problema. Na tom polju treba još u budućnosti mnogo istraživati.

Od kvarova koji nastaju bez utjecaja vjetra treba spomenuti lom vodiča, prekid zateznog izolatorskog lanca, što izaziva sličan efekt, i otpadanje dodatnog tereta (leda). Kvarovi ove vrste mogu biti vrlo opasni, jer mogu imati za posljedicu kaskadni kvar, tj. lom niza stupova, odnosno cijelih odsječaka trase.

Elektrizitätswirtschaft 1984. br. 21

B. M.

ŠTEDNJA NAFTNIH DERIVATA U NJEMAČKOJ

Upotreba naftnih derivata u njemačkim termoelektranama opet je znatno snižena. Oni su u 1983, u proizvodnji električne energije pali na udio od samo 2%. U prvoj polovici 1984. uštedeno je u elektranama 377 000 t loživog ulja. Za usporedbu treba spomenuti da se tom količinom goriva moglo proizvesti 1600 GWh električne energije.

Elektrizitätswirtschaft 1984, br. 20

B. M.

HELIKOPTER U TEHNICI NADZEMNIH VODOVA

Zbog ekonomskih i ekoloških razloga uloga helikoptera od sedamdesetih godina biva u elektroprivredi sve značajnija. Naročito su upotrebljivi pri gradnji i održavanju nadzemnih vodova, gdje su organizirane specijalne radne grupe koje djeluju uz pomoć helikoptera. Prilikom gradnje dalekovoda olakšano je planiranje trase, transport materijala, montaža i polaganje užeta. Kao primjer uzet je vod dužine 18,5 km gdje je takvom tehnikom uštedeno 200 radničkih dana i 54 ha šumske sječe.

Pri održavanju dalekovoda iz helikoptera može se vrlo dobro nadzirati kako vizualno, tako i pomoću instrumenata. Vizualno nadgledanje prema obilasku na terenu iziskuje samo 12% angažiranja osoblja. Troškovi se snižuju na 70% pri nadziranju sredjonaponskih vodova, a na 45% pri vodovima viših napona. Iz letilice moguće je nadalje kontrolirati električna izbijanja na dalekovodu, provesti termografsku kontrolu i pronalaziti mjesta prekomjernog ugrijavanja te pronaći različite kvarove na izolaciji.

Smatra se, međutim, da su nabrojene operacije iz helikoptera tek dio mogućnosti koje još treba primijeniti i iskoristiti.

Elektrizitätswirtschaft 1984. br. 21

B. M.

UDIO NUKLEARNIH ELEKTRANA U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

U prvom polugodištu 1984. udio proizvodnje električne energije nuklearnih elektrana iznosio je 25 % ukupne proizvodnje javnih elektrana u SR Njemačkoj. Osim što je raspoloživost njemačkih nuklearki vrlo visoka, povećanju proizvodnje mnogo su pridonijele dvije nove takve elektrane. Trinaest nuklearnih elektrana i 4 pokusne u SR Njemačkoj proizvele su u ovom polugodištu 42,3 TWh prema 28,6 TWh u istom razdoblju prošle godine. To čini porast od 50 %.

Elektrizitätswirtschaft 1984, br. 17/18

B. M.

MANJE PRAŠINE IZ ELEKTRANA

Količina prašine koja izlazi iz njemačkih termoelektrana iznosi danas tek 20 % one količine iz pedesetih godina, premda je ukupna proizvodnja električne energije u SR Njemačkoj porasla od tada gotovo deseterostruko. Početkom šezdesetih godina mehanički otprašivači zamijenjeni su elektrofiltrima. Time je izbacivanje prašine iz termoelektrana između 1950. i 1966. godine smanjeno od 800 000 t na polovinu. Poboljšanje filtara i ulazak u pogon nuklearnih elektrana smanjilo je emisiju prašine na 150 000 t godišnje. Današnje moderne elektrane na fosilno gorivo imaju uređaje koji su u mogućnosti hvatati 99,8 % prašine. Danas elektrane i toplane imaju još samo 22 % udjela u ukupno izbačenoj prašini u SR Njemačkoj. Ostala industrija 60 %, a domaćinstva i promet po 9 %.

Elektrizitätswirtschaft 1984, br. 17/18

B. M.

20 000 SOLARNIH UREĐAJA U SR NJEMAČKOJ

SR Njemačka ima danas 200 000 m² površine sunčanih kolektora. Njima se ušteduje godišnje 6 milijuna litara tekućeg goriva. Unatoč tome, solarna energija nije ispunila očekivanja. Gradnja takvih uređaja sada se smanjuje.

Elektrizitätswirtschaft 1984, br. 14

B. M.

PROBLEMI KONTROLE PARCIJALNIH IZBIJANJA U VELIKIM TRANSFORMATORIMA U POGONU

Svi veliki visokonaponski transformatori podvrgnuti su nakon završetka izgradnje ispitivanju parcijalnih izbijanja. Ispitivanja se provode u ispitnoj stanici tvornice. Međutim, kasnije u pogonu korisniku transformatora na raspolaganju su samo periodične analize plinova i Buholzova zaštita, što može ukazati na parcijalna izbijanja. Smatra se u mnogim zemljama da ovakva ispitivanja nisu dovoljna, već je potrebno razviti metodu kako bi se nadzor nad parcijalnim izbijanjima mogao provesti što uspješnije i kod korisnika. Identičnu metodu mjerenja kao u ispitnoj stanici tvornice nije uopće uspješno provesti u pogonu zbog vrlo velikih okolnih električnih smetnji. Smetnje iz mreže mogu se ipak kao takve indentificirati, dok smetnje od korone obližnjih uređaja prave poteškoće. Zbog boljeg razlikovanja parcijalnih izbijanja, od smetnji iz okoline moraju se pratiti i po-

trebne akustične pojave. Akustički spektar parcijalnih izbijanja u ulju seže od čujnih frekvencija do frekvencija reda veličine MHz, a vrlo je ovisan o geometriji elektroda (šiljak-ploča, kugla-kugla i sl). Da se pak utvrdi prikladno mjerno područje u akustičnom spektru, treba analizirati ostale uzročnike akustičnih pojava. Mjerenja se provode tako da se svi uređaji priključuju s vanjske strane transformatora, a evidentiraju se električki i akustički fenomeni parcijalnih izbijanja. Električki se fenomeni prate kapacitivno na parovodnim izolatorima, a ultrazvučni se impulsi hvataju pomoću posebnih mikrofona porazmještenih na kotlu transformatora. Svi se signali prenose optičkim vodičima, čime se izbjegnu smetnje (akustički se naravno prije transformiraju u električne). Impulsi se uvode u kompjutorski uređaj gdje se analiziraju. Utvrđuje se s kojeg mikrofona dolaze impulsi i da li su oni istovremeni s električnim impulsima. Ako jesu, određuje se mjesto greške. Podaci se pohranjuju u memoriji i zatim statistički obrađuju. Cilj je cijelog postupka da se korisniku transformatora omogući još jedno sredstvo dijagnoze za dugovremeni nadzor parcijalnih izbijanja uz podatke plinske i uljne analize.

Elektrizitätswirtschaft, 1984. br. 8

B. M.

30 GODINA IZGRADNJE HIDROELEKTRANA NA AUSTRIJSKOM DIJELU DUNAVA (1954-1984)

Kao i u ostalim zemljama Evrope, nakon drugoga svjetskog rata uz obnovu je počeo i nagli privredni razvoj. U toku 1947. uveden je u Austriji novi zakon o elektroprivredi kojim se reguliralo pitanje velikih elektroprivrednih poduzeća, investitora i vlasnika velikih elektrana. Na temelju tog zakona osnovano je 1. VIII 1947. poduzeće Austrijske dunavske elektrane. Poduzeće je trebalo odmah nastaviti gradnju hidroelektrana Ybbs-Persenbeug čija je gradnja započela za vrijeme rata. Kako je pak to gradilište bilo tzv. njemačko vlasništvo, trebalo je o tome pregovarati s okupacijskim vlastima. Napokon je 1953. pitanje bilo riješeno, pa su radovi ponovo započeli 1954. godine. Na austrijskom potezu Dunava, od granice sa SR Njemačkom do granice s Čehoslovačkom, predviđen je lanac od ukupno 11 hidroelektrana. Od toga je već 7 u pogonu, jedna je pri završetku, a ostale su još u projektu. Ukupna instalirana snaga svih stepenica iznosila bi 2 642 MW s godišnjom proizvodnjom od 15 903 GWh. U tim je brojkama obuhvaćena i dunavska hidroelektrana Jochestein (130 MW, 850 GWh/god) koja je na granici Austrije i SR Njemačke, pa samo polovica pripada Austriji.

U tablici 1. navedene su sve elektrane austrijskog dunavskog lanca redom od njemačke granice (HE Jochestein) do granice sa Čehoslovačkom. Iza imena elektrana navedeno je vrijeme gradnje, maksimalna snaga i proizvodnja srednje godine. Za turbine naveden je tip, nazivni pad i kupno gutanje vode, a za generatore broj (koji je identičan s brojem vodnih turbina), nazivna snaga i faktor snage.

Generatore je proizvela austrijska tvrtka ELIN, a turbine su naručene kod više tvrtki (Voith, Nohab, Voest, MFA). Faktor iskorištenja elektrana iznosi 85 do 90 %. Od proizvodnje na generatoru 0,5 % troši se na vlastiti pogon, a 0,5 % su gubici, prvenstveno u transformatorima.

Tablica 1. Hidroelektrane dunavskog lanca u Austriji

	HE	Gradnja od-do godine	Instal. snaga MW	Proizvodnja GWh/god.	Turbine			Generatori		
					Tip	Pad m	Gutanje m ³ /s	Broj	Snage MWA	cos fi
1	Aschach	1959-60	286	1648	kaplan	15	2500	4	85	0,8
2	Ottensheim-Wilhering	1970-73	179	1143	Cijevna-kaplan	9,1	2400	9	21	0,9
3	Abwinden-Asten	1976-79	168	1028	Cijevna-kaplan	7,9	2620	9	20	0,9
4	Wallsee-Mitterkirchen	1965-68	210	1320	Kaplan	9,6	2820	6	42,5	0,8
5	Ybbs-Persenbeug	1954-59	200	1282	Kaplan	10,6	2400	6	45	0,8
6	Melk	1979-82	187	1180	Cijevna-Kaplan	8,3	3000	9	24	0,9
7	Rührsdorf	u projektu	150	800	—	—	—	—	—	—
8	Altenwörth	1973-76	335	1950	Cijevna-Kaplan	14	3250	9	45	0,9
9	Greifenstein	1981-84	293	1720	Cijevna-Kaplan	12,6	3450	9	38	0,9
10	Wien	u projektu	141	907	—	—	—	—	—	—
11	Hainburg	u projektu	360	2075	—	—	—	—	—	—

Proizvodnja dunavskih hidroelektrana čini otprilike trećinu austrijske proizvodnje električne energije, pa je njihova izgradnja vrlo dragocjena za austrijsku elektroprivredu. Na žalost, elektrane daju u zimskim mjesecima manji dio proizvodnje. Od listopada do ožujka 41,9% a od travnja do

rujna 58,1%. Danas, prosječno 1 kWh iz ovih elektrana stoji oko 20 groša.

ÖZE 1984. br. 5/6

B. M.

NOVA DEFINICIJA METRA

XVII generalna konferencija za mjere i utege usvojila je 21. X 1983. u Parizu novu definiciju jedinice za dužinu — metra. Time je izmijenjena definicija iz 1960. godine.

Nova definicija glasi: »Metar je dužina koju svjetlost pređe u vakuumu u vremenu od $1/299.792.458$ sekundi«. Dosadašnja je definicija bazirala na broju valnih dužina zračenja atoma kriptona 86. Dan rađanja metarskog sistema može se smatrati 30. ožujak 1791, kad je francuski kralj Ljudevit XVI ratificirao odluku o uvođenju metra. Pri određivanju njegove dužine bila je osnovna zamisao da se odabere neka dužina iz prirode koju mogu prihvatiti svi ljudi svijeta. Na temelju tada provedenih mjerenja metar je uzet kao jedna četrdesetmilijuntina opsega zemlje na meridijanu. Međutim, ako se uzme u obzir tadašnja točnost geodetskih mjerenja s pogreškom ± 200 mm/km (prema ± 5 mm/km danas), jasno je da je tako definirana dužina bila samo približna. Odmah zatim izrađen je i etalon u obliku štapa od kovane platine, profila $25,3 \times 4$ mm. Taj je etalon vrijedio u toku 90 godina, a mogao se primijeniti s točnošću 0,01 mm. Da se pak dobije prikladniji etalon, izrađen je štاپ od platiniridija X profila na kojemu su precizno ucrtane linije prikazivale dužinu od metra. Taj je etalon nazvan »internacionalni metar«, a pogreška mu je bila iznad $\pm 0,2$ mikrometra, a to je oko polovice valne dužine vidljive svjetlosti. Na VII generalnoj konferenciji za mjere i utege 1927. dana je dodatna definicija. U definiciju je ušao položaj etalona, podloga, tlak zraka i temperatura. Prilikom tog istog zasjedanja definirana je i dužina angstrom jednaka 10^{-10} m, nužna za mjerenja u fizici. Ona je određena na temelju vala kadmijeve crvene linije koja je dobivena spektroskopskim mjerenjima u posebnim uvjetima zraka i temperature. Time su već bila otvorena vrata definiciji metra na temelju svjetlosnog vala.

Daljna su istraživanja pokazala da se točnost mjerenja dužina može povećati ako se pooštre spektralne linije i dužina vala mjeri u vakuumu. Posebno su oštre linije dobivene ako se ne upotrijebi prirodna mješavina izotopa već samo izolira jedan od njih. Konačno su dugotrajni pokusi pokazali da je najprikladnija svjetiljka sa kriptonom 86, koji daje najoštrije spektralne linije. Netočnost je snižena na $\pm 4 \times 10^{-9}$.

Na temelju toga je Generalna konferencija za mjere i utege 1960. godine dala novu definiciju metra kao $1\,650\,763,73$ valnih dužina u vakuumu narančaste linije atoma kriptona 86. Navedena dužina nije promijenila prvobitnu dužinu metra, već samo povećala točnost mjerenja. No pronalaskom lasera pokazalo se da se mogu postići još veće točnosti, i to na temelju brzine svjetlosti. XV generalna konferencija za mjere i utege definirala je 1975. brzinu svjetlosti kao najvažniju prirodnu konstantu od $C = 299\,792\,458$ m/S, pa je ta vrijednost uzeta kao osnova za točno mjerenje dužina. Nakon mnogogodišnjih savjetovanja sa svim kompetentnim faktorima stvorena je najnovija definicija metra kako je na početku navedeno. Takva je definicija bila moguća nakon usvajanja definicije sekunde (1967. godine) koja je utvrđena na temelju frekvencije valova zračenja atoma cezija 133. Time je omogućeno mjerenje vremena s nesigurnošću od 10^{-13} do 10^{-14} .

Predviđa se da će ova najnovija definicija metra ostati na snazi dulje vremena. Njome je također ispunjen uvjet da se osniva na prirodnim mjerama, prvenstveno brzini svjetlosti.

(E u M, 1984. br. 6)

B. M.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

SURADNJA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE I MAĐARSKE

Hidropotencijal Donje Drave

Na dijelu toka kroz SR Hrvatsku Drava je vrlo važan elektroenergetski potencijal. Predviđa se višenamjensko korištenje i to za poljoprivredu, energetiku, vodoopskrbu industrije i pučanstva. U gornjem dijelu toka Drave izgrađene su HE Varaždin i HE Čakovec, a na srednjoj Dravi je za idući petogodišnji plan predviđena gradnja HE Dubrava.

Preostaje korištenje hidroenergetskog potencijala donje Drave. Nizvodno od ušća Mure Drava je pogranična rijeka prema NR Mađarskoj. Na tom dijelu vodotoka interes za njezino korištenje podijeljeno je između Hrvatske i Mađarske. U toku je suradnja dviju zemalja na zajedničkom rješavanju dionice vodotoka od zajedničkog interesa. Elektroprivreda Hrvatske i Mađarske na donjem toku Drave, dugačkom 158 km, zajednički planiraju izgraditi četiri hidroenergetska objekta. Planirana je gradnja hidroelektrana Đurđevac, Barč, Moslavina i Osijek, ukupne snage oko 285-300 MW i srednje godišnje proizvodnje 1 575 GWh električne energije.

Projektima je predviđeno da se kod svih elektrana izgrade akumulacijski bazeni. Namjena bazena je reguliranje dotoka, protjecanje voda Drave i nanosa uključujući i velike vode, obrana zaobalja od poplava, zahvat vode za potrebe poljoprivrede i vodoopskrbe.

Sporazumom elektroprivrede Hrvatske i Mađarske svim poslovima oko izgradnje objekata na donjem toku Drave rukovodit će zajednički komitet.

Lokacija budućih hidroelektrana

Nakon detaljnih istraživanja i prikupljenih hidroenergetskih podataka učinjen je izbor tipa elektrana i određena lokacija pojedinih objekata.

HE Đurđevac, maksimalna snaga 145 MW, prvo je energetska postrojenja na Dravi nizvodno od ušća Mure. To je derivacijsko postrojenje sa zahvatom na lijevoj obali akumulacije Đurđevac, kod sela Repaš. Akumulacijski bazen proteže se od ušća Mure do Rogoša u kupnoj dužini od 16 km. S obzirom na pogranični položaj akumulacije Đurđevac, korist od energetske korištenja će se dijeliti između dvije države razmjerno pripadajućem bruto energetske potencijalu (približno 88 posto Jugoslaviji, 12 posto Mađarskoj).

HE Barč, snage 74 MW, jest pribransko postrojenje locirano u lijevom zaobalju Drave (na mađarskom području). Elektrana je pribranskog tipa smještena uz bok brane. S obzirom na pogranični položaj vodotoka na dionici korištenja za HE Barč, podjela koristi je približno podjednaka.

HE Moslavina, snage 41 MW, također je pribransko postrojenje locirano na desnoj obali Drave, tj. na otoku koji čini rijeka i njen rukavac u blizini sela Martinci. I ovdje je podjela koristi između Jugoslavije i Mađarske podjednaka.

HE Osijek, snage 25 MW, je posljednja u dugom nizu energetske postrojenja na rijeci Dravi. S obzirom na to namijenjena joj je uloga izravnjanja dotoka, pa je njezin instalirani kapacitet manji od uzvodnih HE Barč i HE Moslavina. Locirana je na desnoj obali rijeke podno sela Martinci. Podjela koristi s Mađarskom je s obzirom na geografski po-

ložaj vodotoka na dionici korištenja HE Osijek takav da Jugoslaviji pripada oko 70 posto, a Mađarskoj 30 posto koristi od energetske iskorištenja.

Elektroprivreda Hrvatske za HE Đurđevac i HE Barč, već je izradila idejne projekte, dok je izrada projektne dokumentacije za HE Moslavinu i HE Osijek povjerena na izradu stručnjacima Instituta za elektroprivredu i RO »Elektroprojekt« iz Zagreba.

I. R.

HE ĐERDAP 2 — INSTALIRANE TURBINE

Dinamika radova na gradnji HE »Đerdap 2«, instalirane snage 8 x 27 MW u 1984. godini dobro napreduje i nadoknađeni su propusti iz prethodnih godina.

Prema sporazumu za jugoslavenski dio HE »Đerdap 2« sve radove na glavnim objektima izvodi rumunjski investitor. Jugoslavenski investitor ugovorio je nabavu i vrši montažu hidroagregata koja se ugrađuje u jugoslavenski dio hidroelektrane. Osim toga, naši izvođači rade na zaštiti priobalja, premještanju prometnice, kao i na izgradnji ostalih pomoćnih objekata.

Na rumunjskoj strani hidroenergetskog sistema »Đerdap 2« sagrađena je prelivna brana duga 420 m i visoka više od dvadeset metara. Gradnjom brane s jugoslavenske strane Dunav će biti pregrađen i stvorit će se umjetno jezero. Na rumunjskoj strani već su instalirane turbine i tri grupe generatora. Kao što je projektom utvrđeno, svaka će elektrana imati po osam generatora snage 27 MW i proizvodnja će iznositi po 1,4 milijardu kWh električne energije na godinu.

Paralelno s energetske sistemom gradi se i prevodnica za brodove duga 310 metara.

Na jugoslavenskom dijelu gradilišta montiraju se prva dva turbogeneratora i radovi su u završnoj fazi. U 1985. godini planirana je montaža 4 agregata koji će ući u pogon tijekom 1986. godine.

I. R.

TE PLOMIN 2 — PITANJE ZAGAĐIVANJA SUMPOROM

Završena je javna rasprava o ekološkoj studiji Termoelektrane »Plomin 2«, snage 210 MW, čija bi gradnja trebala početi 1985. godine. Ekološka studija obrađuje problematiku kako spriječiti zagađivanje sumporom koji labinski ugljen sadrži u visokom postotku (8-10 posto).

Javnu raspravu vodila je Sekcija za zaštitu i unapređenje čovjekove okoline — Konferencije SSRNH — Skupština općine Rijeka. Prihvaćeno je kompromisno rješenje koje treba još detaljno razraditi.

Sudionicima rasprave ponudene su dvije varijante — izgradnja elektrane sa dimnjakom visokim 340 m koji bi izbacio sumpor — dioksid na široko područje. Drugo rješenje je izgradnja tehnologije odsumporivanja ugljena. To rješenje je investitor »Elektroprivreda« Rijeka već prije odbacio. Cijena takvog postrojenja procjenjuje se na 4 do 6 milijardi dinara, a to je oko 10 posto ukupne vrijednosti investicije.

Članovi sekcije prihvatili su zaključke stručne Komisije za ocjenu i davanje ekoloških uvjeta gradnje elektrane prema kojima sumporni dioksid ne bi smio prelaziti granice propi-

sane od Svjetske zdravstvene organizacije. Treba stalno pratiti prisutnost zagađivanja na širem području. Nadalje, investitora treba obvezati da nastavi istraživanja o mogućnosti odvajanja urana iz pepela raško-labinskih ugljena, što bi smanjilo prisutnost sumpor — dioksida na polovicu. Isto tako treba tražiti uvjete za prelazak na odsumporivanje. To je trajno rješenje za zaštitu okoline, a dobilo bi se i oko 50 000 tona sumpora. Za to rješenje trebaju biti zainteresirani i korisnici sumpora koji se danas osigurava većinom iz uvoza.

I. R.

SR HRVATSKA

ENERGETSKE POTREBE ZA 1985.

Prema prijedlogu Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske ukupne potrebe za električnom energijom u 1985. godini procjenjuju se na oko 14 000 GWh. Raspoloživa pak električna energija iznositi će iz: Hidroelektrana oko 5 400 GWh, termoelektrana oko 1 200 GWh, posebno TE Plomin oko 500 GWh, Nuklearna elektrana Krško oko 1869 GWh te proizvodnja u drugim republikama s kojima elektroprivreda Hrvatske ima ugovor o isporukama električne energije oko 3 465 GWh. Ukupno se procjenjuje na oko 12 500 GWh. Dakle pojavljuje se deficit za oko 1 500 GWh ili nekih 10 posto ukupnih potreba.

Taj manjak moguće je podmiriti nabavom u zemlji i uvozom iz evropskih zemalja, te štednjom i racionalnim korištenjem električne energije.

Planovi predviđaju potrošnju električne energije oko pet posto veću nego u 1984. godini. Potrošnja direktnih i specijalnih potrošača zasniva se na njihovim vlastitim procjenama i viša je 14,5 posto. Također treba naglasiti da 1985. godine u pogon ne ulazi ni jedan novi izravni potrošač.

Također i RO INA u 1985. godini planira povećanje proizvodnje nafte i prirodnog plina. Proizvodnja nafte u 1984. godini od 2,8 milijuna tona u 1985. trebala doseći tri milijuna tona i domaćeg plina 1,6 milijardi Nm³ (u 1984. godini 1,3 milijarde Nm³ bilo je predviđeno planom.)

Tekućeg plina proizvest će se za petinu više od plana 1984. Znatne su mogućnosti za porast proizvodnje u brojnim novim nalazištima, posebno plina (Molve i sjeverni Jadran), ali i nafte iz više novih izvora.

I. R.

ISTRAŽNI RADOVI ZA PRIJENOSNE OBJEKTE

Radna organizacija »Elektroprenos« Zagreb usvojila je plan studijsko-istražnih radova za gradnju prijenosnih objekata u 1985. godini. U grupi studije i istraživanje radit će se na tipizaciji DV 110 kV, kao nastavak radova iz 1984. godine. Nadalje projekt tipizacije TS 110/x kV, razdvajanje mreže 110 kV na području Zagreba i izrada katastra vodova i studija ugradnje i baždarena mjernih pretvarača.

Na projektima radit će se: Mreža 380 kV — idejni projekt rješenja povezivanja 110 kV mreže Zagreba na 400 i 220 kV mrežu. Izrada idejnih projekata predviđena je za sljedeće objekte:

- uvod DV 110 kV Karlovac — Rakitje (projekt)
- DV 110 kV Čakovec — Prelog i DV 110 kV Prelog — Dubrava

- i DV 110 kV Varaždin — HE Čakovec (projekti),
- DV 110 kV Karlovac — Vojnić i DV 110 kV Klara — Botinec — Rakitje — Samobor (projekti)
- TS 110/35 kV Vojnić (projekt).

Za realizaciju predloženog plana studijsko-istražnih i projektnih radova koji će se izvesti u 1985. godini Elektroprenos će uložiti oko 219 milijuna dinara.

I. R.

URAN IZ RUDNIKA ŽIROVSKI VRH

Privedeni su završni radovi na rudniku urana Žirovski vrh (u SR Sloveniji) kod Škofje Loke čija je gradnja počela prije šest godina. Krajem rujna 1984. počela je pokusna proizvodnja uranovog oksida »žuti kolač«, osnovne sirovine u proizvodnji goriva za nuklearne elektrane.

Potpunim dovršenjem rudnika ostvarit će se godišnja proizvodnja 120 tona uranovog oksida koji će se morati oplemeniti. To će se obavljati u Sjedinjenim američkim državama. Od 120 tona uranovog oksida dobije se oko 16,6 tona oplemenjenog goriva. Ta količina je dovoljna za godišnju zamjenu istrošenog goriva u nukleari »Krško«. Za uređenje rudnika i opremu investirano je oko 6,8 milijardi dinara, a omogućit će se zaposlenje 420 radnika.

Geolozi procjenjuju da se u masivu Žirovskog vrha nalazi više od 30.000 tona uranovog oksida. Ta količina omogućit će osiguranje goriva i za ostale naše nuklearne elektrane koje će se izgraditi do 2000. g. pa i dalje do 2020. godine. Smanjit će uvoz urana što će predstavljati velike uštede.

I. R.

IZGRAĐENA TS 110/20 kV LOVRAN

Završena je gradnja TS 110/20/10 kV Lovran koja je izvedena u planskom razdoblju 1981 — 1984. godine što je zacrtano planovima razvoja poduzeća »Elektroprenos« Opatija.

TS Lovran je prva transformatorska stanica građena za napon 110/20/10 kV i daljinski vođena. Ona je spremna za pogon, što ovisi o elektrodistribuciji kada će se prijeći na 20 kV napon. U novu TS Lovran uveden je dalekovod 110 kV Matulji — Plomin 2 i bit će napajana sa više strana: iz TS Matulji i TE Plomin.

Transformatorska stanica je izvedena s glavnim i pomoćnim sabirnicama. Ima dva dalekovodna polja, trafo-polje, spojno polje i mjerno polje. Prekidače i rastavljače proizvela je tvornica »Rade Končar«.

Daljinsko upravljanje je predviđeno iz TS Pehlin i ručno iz TS Lovran. Upravljanje, zaštita i signalizacija napaja se pomoćnim naponom 220 kV istosmjerne struje kojeg daje akumulatorska baterija na koju je stalno priključen ispravljač s automatskom regulacijom struje.

I. R.

SAVJETOVANJE

PRIMJENJENA ELEKTROTEHNIKE U INDUSTRIJI

U organizaciji Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske — Odbor za suradnju s privredom — održano je Savjetovanje »Primjenjena elektrotehnika u industriji« od 6. do 8. studenog 1984. u Poreču.

Cilj savjetovanja bio je da se putem izlaganja autora referata, a naročito putem rasprava iznesu iskustva i najnovija dostignuća iz prakse u načinu rješavanja raznih problema koji se pojavljuju iz područja primjene elektrotehnika u industriji, te da se donesu odgovarajući zaključci koji će poslužiti za daljnji uspješniji rad. Savjetovanju je prisustvovao velik broj stručnjaka korisnika elektrotehnika, projektanata, proizvođača opreme, distributivnih elektropoduzeća i dr.

U podnešena 23 referata obrađena je problematika korištenja električne energije, stvaranje preduvjeta za racionalno trošenje električne energije u industriji, upravljanje tehnološkim procesima i energetske objektima, označavanje instrumentacije u procesnoj industriji, električna rasvjeta u industrijskim pogonima u uvjetima permanentne elektroenergetske krize i dr.

O pojedinim referatima vođena je diskusija, a na kraju savjetovanja doneseni su i odgovarajući zaključci o primjeni elektrotehnika u industriji.

I. R.

ZAJEDNICA ZA MALE HIDROELEKTRANE

Na inicijativu organizacija udruženog rada koje se bave naučnoistraživačkim radom, projektiranjem, proizvodnjom opreme, izgradnjom i eksploatacijom malih hidroelektrana i elektrodistributivnih poduzeća održana je osnivačka skupština Jugoslavenske zajednice za međusobnu suradnju u izgradnji malih hidroelektrana.

Jugoslavenska zajednica za male hidroelektrane djelovat će pri Savezu strojarških i elektrotehničkih inženjera i tehničara Jugoslavije. Cilj Zajednice je poticanje obnove napuštenih malih hidroelektrana i izgradnja novih, te dogovaranje o racionalnoj proizvodnji strojarške, elektrotehničke, regulacijske i hidrograđevinske opreme, kao i standardizacije i tipizacije opreme i objekata.

Jedan od ciljeva Zajednice je također i međusobno informiranje i povezivanje radi pružanja stručne pomoći i iskustva u izgradnji malih hidroelektrana, zatim organiziranje stručnih skupova i izdavanje stručnih publikacija iz ovog područja.

Na osnivačkoj skupštini Jugoslavenske zajednice za male hidroelektrane izabran je Izvršni odbor koji je već usvojio Program aktivnosti Zajednice.

I. R.

DEVETOMJESEČNA PROIZVODNJA NAFTE I PLINE

U razdoblju od siječnja do rujna 1984. godine s naših naftonosnih polja ostvarena je proizvodnja nafte na području SR Hrvatske 2 102 000 tone i u AP Vojvodini 896 000 tona. Ukupno domaća proizvodnja nafte manja je za oko četiri posto od planiranih količina. Smanjenje proizvodnje domaće nafte dobrim dijelom je uzrokovano time što na vrijeme nije osigurana dobava opreme i rezervnih dijelova pojedinih uređaja.

Također, i proizvodnja prirodnog plina na domaćim poljima znatno je manja nego predviđena planom. Ukupno je ostvarena proizvodnja 1 409 milijuna Nm³ prirodnog plina ili 74 posto od plana. Na području SR Hrvatske proizvedeno je 920 milijuna Nm³ i u AP Vojvodini 489 milijuna Nm³ plina.

U devetomjesečnom razdoblju 1984. godine ukupno je uvezeno 7 011 000 tona nafte. Energetskom bilancom za 1984. planiran je uvoz u količini od 7 125 000 tona nafte.

Da bi pokrili našu potrošnju prirodnog plina, oslonili smo se na uvoz, koji je za devet mjeseci iznosio 2 470 milijuna Nm³. Uvozni plin raspoređen je na potrošače po republikama i pokrajinama, a najveći dio otpada na potrošnju u Sloveniji, Hrvatskoj i Vojvodini.

I. R.

MALE HIDROELEKTRANE NA ORLJAVI

Među prvim u SR Hrvatskoj RO »Elektroslavonija« Osijek pristupila je realizaciji programa izgradnje malih hidroelektrana. U zajednici s nekim drugim organizacijama Elektroslavonija kao investitor s tvornicom »Rade Končar« i Industrijskim projektnim zavodom iz Zagreba, kao izvođači i projektanti, pristupit će obnovi hidroelektrane u Pleternici na Orljavi.

Predstavnici ovih organizacija te općinskog komiteta za privredu, urbanizam i komunalno-stambene poslove općine Slavonska Požega dogovorili su se o gradnji malih elektrana na Orljavi. Procijenjeno je da ne samo da se može obnoviti pleternička hidrocentrala, već da poriječje Orljave ima potencijal od 3,5 MW, da je na Orljavi i na pritocima Orljave moguće sagraditi dvadesetak malih elektrana. Za iskorištenje tih mogućnosti zainteresirani su elektroprivreda, te vodoprivredne i poljoprivredne organizacije, kao i proizvođači opreme za male HE i izvođači radova.

I. R.

20 GODINA SUDEL-a (1964-1984)

22. travnja 1984. navršilo se 20 godina od osnivanja regionalne grupe »SUDEL« jedne od dviju regionalnih grupa pridruženih Uniji za koordinaciju i prijenos električne energije - UCPTE.

Organizacija UCPTE (Organisation pour la Coordination de la Production et du Transport de l' Electricité) osnovana je 1951. sa zadatkom da provede racionalizaciju iskorištenja proizvodnih i prijenosnih električnih postrojenja zemalja članica i unapredi međunarodnu razmjenu električne energije. Obuhvatila je tada 8 država: Austriju, Belgiju, Francusku, Italiju, Luksemburg, Nizozemsku, SR Njemačku i Švicarsku. Zatim su osnovane i dvije regionalne grupe i to jugozapadna UFIPTE (Francuska, Španjolska i Portugal) i jugoistočna SUDEL (Austrija, Italija i Jugoslavija, a od 1972. i Grčka).

Osnovni motivi za osnivanje grupe SUDEL bili su da se putem kontinuirane zajedničke suradnje što bolje iskoriste postojeća i buduća postrojenja za proizvodnju i prijenos električne energije i iskoristi prirodna komplementarnost hidroenergetskih potencijala zemalja članica. Od posebnog je značaja međusobna ispomoć u slučaju da neka od članica ima poteškoća u opskrbi električnom energijom bilo zbog elementarnih nepogoda, bilo zbog kvarova. Članice SUDEL-a pvezale su se dalekovodima, pa je 1970. zatvoren

220 kV prsten koji je Jugoslaviju povezo s Austrijom i Italijom. Prvi pokušaji paralelnog rada jugoslavenskog elektroenergetskog sistema sa sistemima Italije i Austrije nisu zbog neprilagodene i slabe jugoslavenske mreže bili uspješni. Povremeno su se u jugoslavenskoj mreži pojavile neprihvatljive oscilacije visoke amplitude. Problem je riješen u suradnji i uz pomoć talijanskih stručnjaka iz ENEL-a, pa je od 16. IX 1974. jugoslavenski elektroenergetski sistem počeo uspješno sinhrono raditi s mrežom Italije, a od 23. VI 1974. i s mrežom Austrije.

Priključak grčke mreže na mrežu SUDEL-a, odnosno UCPTE-a, izveden je 4. IV 1977. dalekovodom 150 kV Bitola-Ptolemais.

Uspješna suradnja zemalja članica tražila je daljnje pojačanje međusobnih električnih veza, pa je 14. IX 1979. stavljen u pogon vod 400 kV Negotino-Thessaloniki prema Grčkoj, a neposredno zatim 1980. i vod 400 kV Divača-Redipuglia prema Italiji. Veza vodom 400 kV prema Austriji, na liniji Maribor-Kainachtal, očekuje se 1986/87. godine.

Efekti dosadašnje suradnje veoma su značajni. Posljednjih je godina razmjena električne energije u osjetnom porastu. Od 1982. pojavljuje se tranzit za Grčku preko mreže Jugoslavije, što je omogućeno izgradnjom mreže 400 kV. Taj je tranzit iznosio iz Italije 1982. godine 105 GWh, a 1983. 451 GWh. U tablici 1 prikazna je razmjena električne energije između članica SUDEL-a.

Tablica 1. Razmjena električne energije u Gwh

Godina	Austrija-Jugoslavija			Grčka-Jugoslavija			Italija-Jugoslavija		
	u Aus.	u Jugosl.	Ukup.	u Grč.	u Jug.	Ukup.	u Ital.	u Jug.	Ukup.
1964.	8	335	343	8	23	31	8	34	42
1969.	53	124	177	—	47	47	—	6	6
1974.	65	75	140	6	36	42	194	120	314
1979.	334	384	718	109	22	131	642	68	710
1983.	187	751	978	1262	31	1263	781	1742	2523

Da se pak dobije slika o snazi interkonektiranih elektroenergetskih sistema dane su tablice 2 i 3.

Tablica 2. Maksimalna neto snaga zemalja SUDEL-a u MW/stanje 31. 12. 1983)

Elektrane	Austrija	Grčka	Italija	Jugoslavija
Hidro	9500	1440	16873	7200
Termo	5002	3080	31868	7800
Nuklear.	—	—	1273	630
Ukupno	14502	4520	50014	15630

Tablica 3. Neto proizvodnja u zemljama SUDEL-a 1983.

GWh

Elektrane	Austrija	Grčka	Italija	Jugoslavija
Hidro	30580	2329	43972	21294
Termo	12030	18491	125004	34953
Nuklear.	—	—	5560	3712
Ukupno	42610	20820	174536	59959

Osim znatne razmjene električne energije interkonekcija je pokazala i druge značajne prednosti.

Stabilnost i kvaliteta frekvencije posebno su se odrazile u mrežama Jugoslavije i Grčke. Sigurnost pogona tih sistema znatno je povećana. U nizu slučajeva je potvrđeno da ispadi pojedinih velikih strojeva ne ugrožavaju dinamičku stabilnost. Remonti elektrana znatno su olakšani potporom u aktivnoj i jalovoj snazi, što se posebno odražava na održavanju napona.

Na kraju nešto o organizaciji SUDEL-a. U skladu sa Statutom te organizacije, članovi su vodeće osobe elektroprivrede zemalja članica. Svaka zemlja imenuje 4 člana SUDEL-a iz svoje elektroprivrede, između kojih se ciklički bira predsjednik i 3 potpredsjednika. Po pravilu se godišnje održava jedna plenarna sjednica. Poslove sekretarijata SUDEL-a obavlja kancelarija predsjednika dok traje njegov mandat. Da bi se ostvarili ciljevi SUDEL-a i olakšao rad plenuma formiraju se po potrebi radne grupe. Sada postoje dvije: za pitanja pogona i za ekonomska pitanja. Radne grupe održavaju sastanke po potrebi, ali najmanje jedanput godišnje.

Da bi uskladio svoj rad sa ciljevima matične organizacije UCPTE, SUDEL održava s njom najužu suradnju. Između jugoslavenskih i grčkih članova biraju se 2 predstavnika i 2 zamjenika koji predstavljaju delegate u Skupštini i na sastancima proširenog komiteta UCPTE.

Treba istaći da dosadašnja izuzetno uspješna suradnja zemalja članica SUDEL-a opravdava formiranje ove regionalne grupe i traži daljnje angažiranje radi što šire razmjene električne energije i strane suradnje.

B. M.

NOVE KNJIGE

OSNOVE RACIONALNOG KORIŠTENJA ELEKTRIČNE ENERGIJE (S PRAKTIČNIM PRIMJERIMA)

Autori: Ivan Cvitan i Marija Fiala

Izdavač: Savez energetičara Hrvatske
Društvo energetičara sisačko-banijske regije

Opseg: 210 stranica teksta u 19 poglavlja, 36 slika i 44 tablice te 25 navoda literature.

Ova knjiga je tiskana sredstvima izdavača, Samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije SR Hrvatske i Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske.

Pred nama je prva knjiga koja na hrvatskosrpskom jeziku području obrađuje problematiku osnova racionalnog korištenja električne energije u različitim područjima ljudske aktivnosti. Pojava ove knjige vrlo je značajna jer se radi o temi koja je izuzetno aktualna, o kojoj se vrlo mnogo govori, predmet je čestih stručnih savjetovanja, akcija i publikacija. Izdavanje ove knjige u ovom času uklapa se u široku akciju Republičkog komiteta za energetiku, što posebno treba naglasiti.

Knjiga je pisana za stručnjake, ali i za nestručnjake, jer je pisana jednostavno, popularno i popraćena mnogim praktičnim primjerima. Njena je namjena da ukaže na mogućnosti ublaženja energetske krize, barem na planu električne energije, jer je ova kriza dosegla tolike razmjere da je, ne samo stručnjacima, nego velikoj većini ljudi jasno da bez dovoljnih količina energije nema ni daljnjeg razvoja i porasta životnog standarda u budućnosti.

U knjizi su obrađene mjere za racionalno korištenje električne energije u kućanstvima, u širokoj potrošnji, u turističkim i ugostiteljskim organizacijama i posebno u industrijskim postrojenjima. Svi zaključci nabrojani su u završnom 19. poglavlju ove knjige tako da je nabrojeno nekih 46 mjera za ostvarenje racionalnog korištenja električne energije da bi se time u što kraćem roku smanjila nepotrebna potrošnja električne energije. Nabrojene mjere svode se na mjere koje ne traže neka izuzetna sredstva, a ako su nužna financijska ulaganja, ona se kroz postignute efekte vrlo brzo vraćaju. Mjere o kojima je riječ svode se na propagandu racionalnog korištenja, na edukaciju koju je nužno provoditi od vrtića do fakulteta, na savjetodavne i energetske službe, na normativno definiranje, na formiranje stručnih kadrova, na pravilni oblik projektnih rješenja, na pravilni izbor novih tehnoloških postupaka i niz drugih mjera detaljnije opisanih u ovoj knjizi.

Ova knjiga daje »Osnove racionalnog korištenja električne energije« i otvara mogućnost da se na bazi nje napišu nove knjige koje će ući u detaljnije analize pojedinih specijaliziranih postupaka racionalnog korištenja električne energije.

Autori, I. Cvitan i M. Fiala su zadnjih desetak godina bili vrlo aktivni na planu proučavanja racionalnog korištenja električne energije te su stekli izuzetno iskustvo da mogu meritorno pisati o ovoj temi. Osim toga, radeći s one druge strane, sa strane distributera električne energije, imali su i izuzetnu priliku da se uvjere u neracionalno ponašanje potrošača a često i distributera električne energije. Sva ova iskustva pretočili su vješto u tekst knjige koja je pred nama.

Josip Moser, dipl. ing.

Godina	1973	1974	1975	1976
1973	100	100	100	100
1974	100	100	100	100
1975	100	100	100	100
1976	100	100	100	100

Tablica 1. Mjesečni potrošnja električne energije po stanovniku u SR Hrvatskoj (1973-1976)

Mjesec	1973	1974	1975	1976
Januar	100	100	100	100
Februar	100	100	100	100
Mart	100	100	100	100
Travanj	100	100	100	100
Maj	100	100	100	100
Jun	100	100	100	100
Jul	100	100	100	100
Kolovoz	100	100	100	100
Veljača	100	100	100	100
Travanj	100	100	100	100
Jun	100	100	100	100
Aug	100	100	100	100
Ok	100	100	100	100
Pro	100	100	100	100
Ukupno	100	100	100	100

Tablica 2. Mjesečni potrošnja električne energije po stanovniku u SR Hrvatskoj (1973-1976) - CWP

Mjesec	1973	1974	1975	1976
Januar	100	100	100	100
Februar	100	100	100	100
Mart	100	100	100	100
Travanj	100	100	100	100
Maj	100	100	100	100
Jun	100	100	100	100
Jul	100	100	100	100
Kolovoz	100	100	100	100
Veljača	100	100	100	100
Travanj	100	100	100	100
Jun	100	100	100	100
Aug	100	100	100	100
Ok	100	100	100	100
Pro	100	100	100	100
Ukupno	100	100	100	100

Tablica 3. Mjesečni potrošnja električne energije po stanovniku u SR Hrvatskoj (1973-1976) - Osim analize razmjere potrošnje električne energije po stanovniku

Mjesec	1973	1974	1975	1976
Januar	100	100	100	100
Februar	100	100	100	100
Mart	100	100	100	100
Travanj	100	100	100	100
Maj	100	100	100	100
Jun	100	100	100	100
Jul	100	100	100	100
Kolovoz	100	100	100	100
Veljača	100	100	100	100
Travanj	100	100	100	100
Jun	100	100	100	100
Aug	100	100	100	100
Ok	100	100	100	100
Pro	100	100	100	100
Ukupno	100	100	100	100

Izdavači:

»Elektroprivreda«, Rijeka
»Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

Godište 34 (1985)

Zagreb 1985

Br. 2

SADRŽAJ

<i>Petković T. – Knapp V. – Baće M. – Coffon E.</i> : Utvrđivanje koncentracije urana i torija na osnovi energijski proširene funkcije odziva koaksijalnog Ge(Zi) detektora	95
<i>Lučić G.</i> : Planovi izgradnje elektroenergetskih objekata	101
<i>Žutobradić S. – Filipović B.</i> : Uvod u proračun impulsnih karakteristika uzemljivača	105
<i>Brščić A. – Delbianco L.</i> : Korištenje tercijara u 10 (20) kV mreži Pule i Poreča	113
<i>Fagarazzi A.</i> : Tri generacije srednjonaponskih postrojenja u TS 110/20 kV na području Zagreba	123
<i>Vukomanović S.</i> : Zaštita čovjeka i opreme u postrojenju visokog i srednjeg napona	131
<i>Čurković J. – Carević M.</i> : Kontinuirani i diskontinuirani monitoring u području utjecaja termoelektrane Plomin	141
<i>Obad M.</i> : Upotreba električne energije za grijanje u domaćinstvima na području Mostara	147
Iz strane stručne literature	151
Vijesti iz elektroprivrede	153

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Zduženo poduzeće, Split – Enco *Tirelli* i Boris *Simončić*, dipl. ing., »Elektroprivreda« Rijeka – Josip *Brkljačić*, dipl. ing., HE Senj – Petar *Kuzele*, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb – Ivo *Božin*, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb – dr. Zorko *Cvetković*, Elektroprenos, Zagreb – Šimun *Šimundža*, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split – Anđelko *Dujmović*, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek – »Elektroistra«, Pula – Branko *Mrakovčić*, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka – Marko *Šimunović*, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris *Markovčić*, dipl. ing. – Urednik: Zdenka *Jelić*, dipl. fil. – Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. ing. – »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. ing. – Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. ing., Zagreb – Josip *Neveščanin*, dipl. ing., Split – »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Balen*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. ing. – »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. – Tehnički urednik: Branko *Mališ*.

Casopis 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, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 500 dinara, a za poduzeća i ustanove 2000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 200 dinara.

Za inozemstvo \$ 80 godišnje.

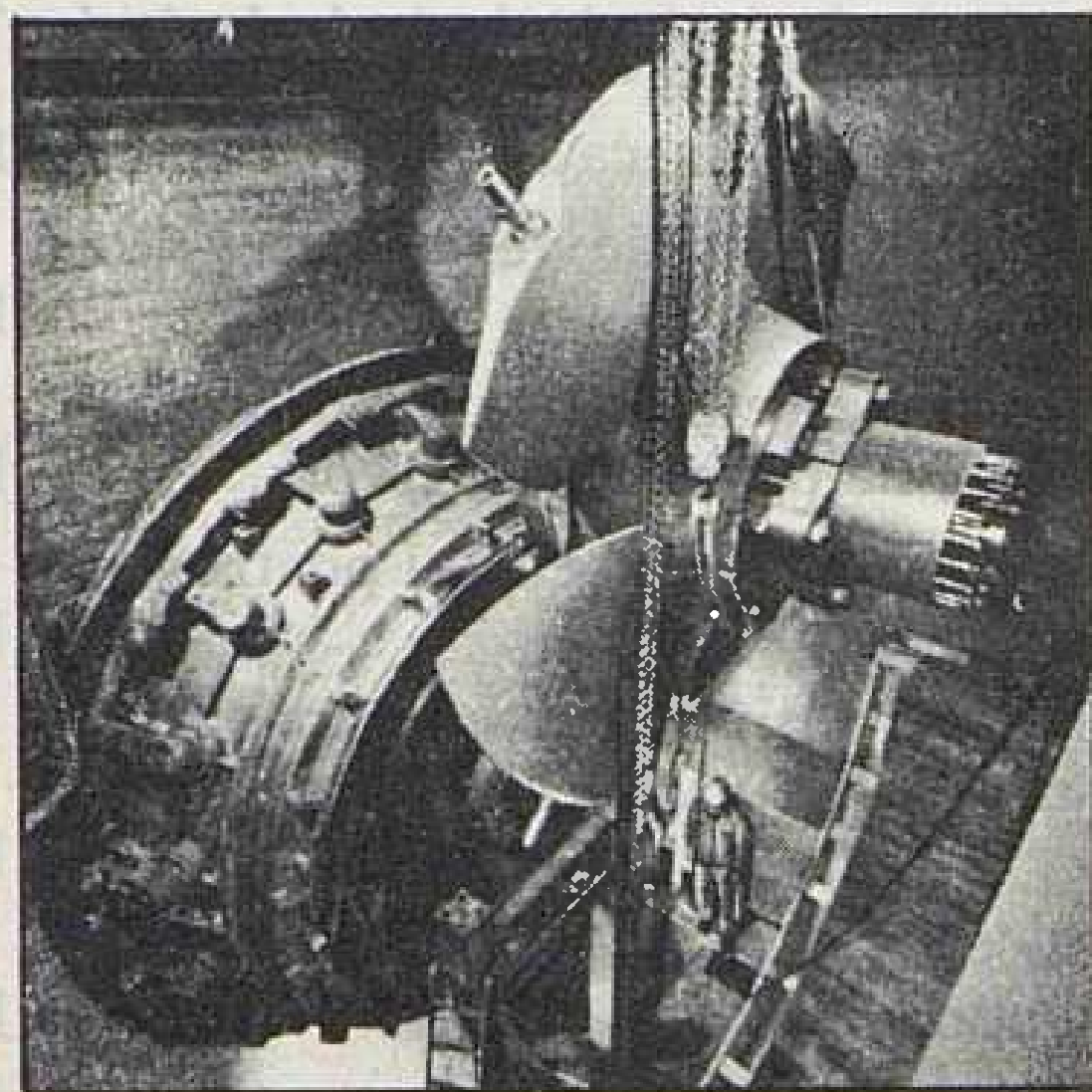
Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehniku

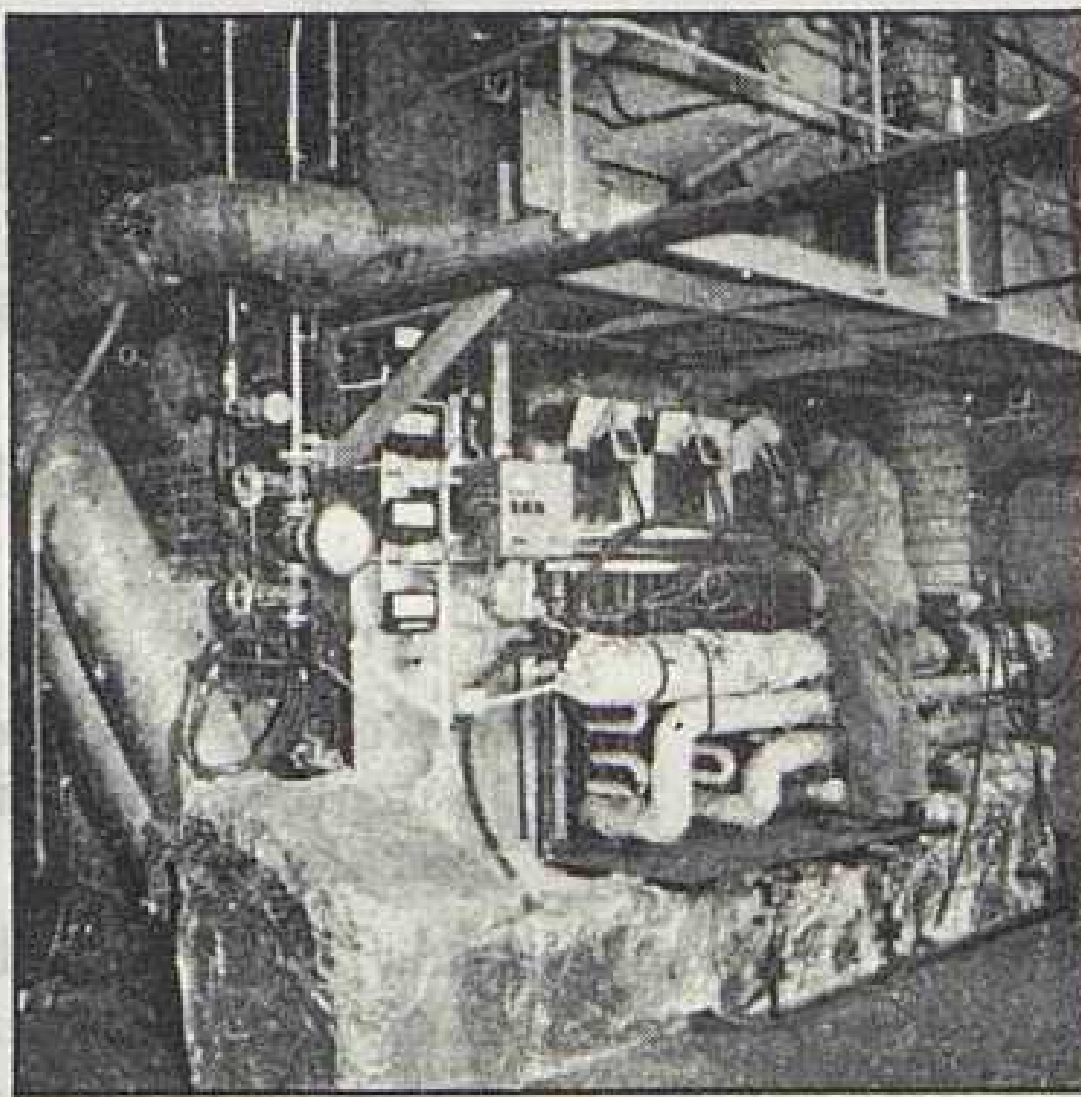
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

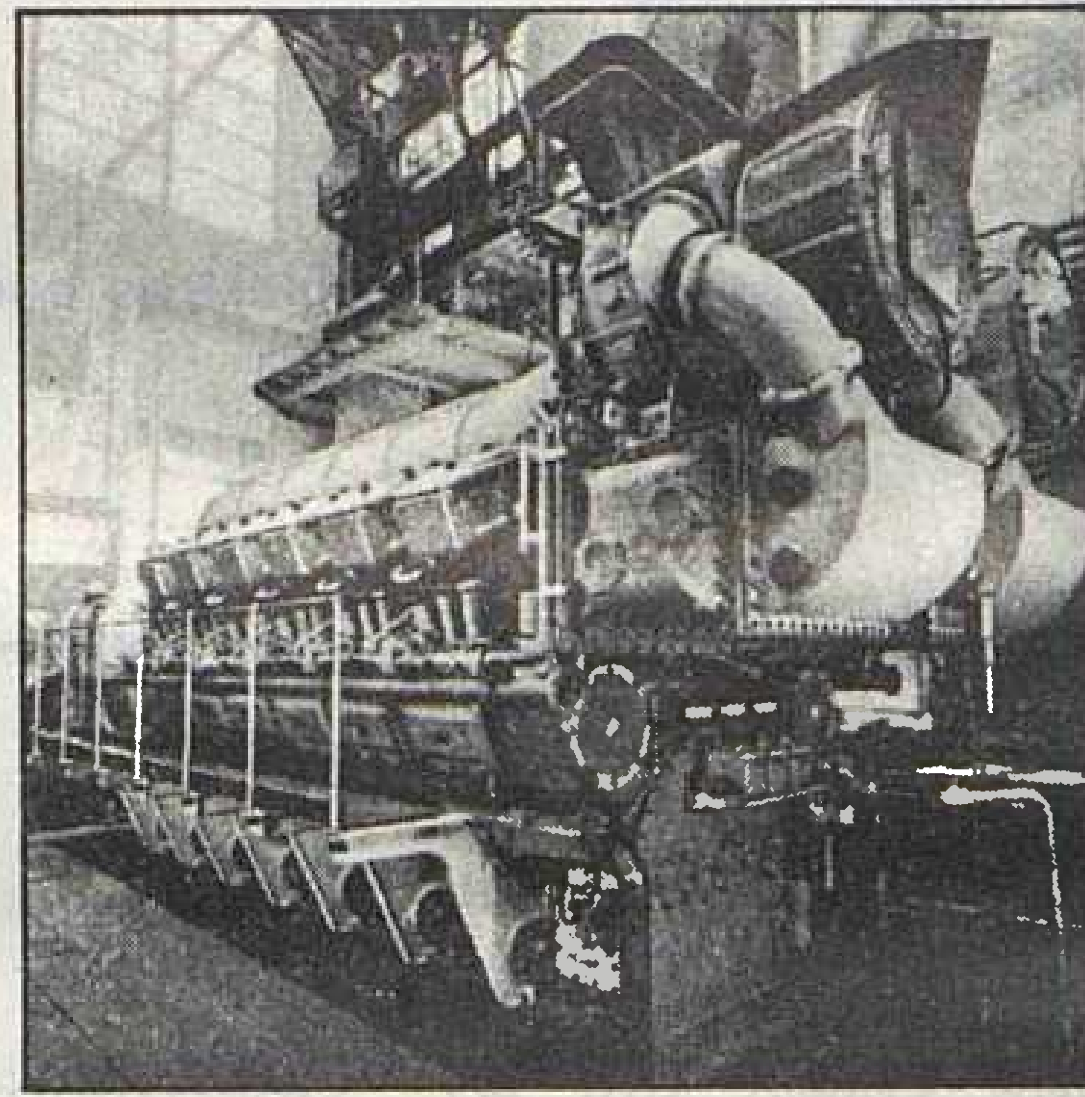
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovska postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 8111 22
Telex 89606011

SULZER®



UTVRĐIVANJE KONCENTRACIJE URANA I TORIJA NA OSNOVI ENERGIJSKI PROŠIRENE FUNKCIJE ODZIVA KOAKSIJALNOG Ge(Li) DETEKTORA

mr Tomislav Petković — prof. dr Vladimir Knapp — Mile Baće
— prof. dr Emil Coffou, Zagreb

UDK 621.039.1:669.822

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Funkcija odziva koaksijalnog Ge(Li) detektora rasprostranjenom izvoru gama-zračenja zasnovana je na energijskom području 122 keV do 1.173 MeV. Karakteristične energije u području čine odabrane energije kalibracijskih izvora. Provedena su izračunavanja geometrijsko-apsorpcijskog faktora za aksijalno smješten izvor oblika valjka, dok je apsolutna efikasnost Ge(Li) detektora određena računsko-eksperimentalnim postupkom. Primjena funkcije na utvrđivanje koncentracije urana, torija i njihova omjera u prirodnim uzorcima potvrdila je njenu valjanost, jer je postignuta preciznost od oko 5%, te točnost oko 10%.

Ključne riječi: odziv, Ge(Li) detektor, gama – spektrometrija

1. UVOD

Problemu određivanja funkcije odziva poluvodičkih detektora rasprostranjenim izvorima gama-zračenja prilazi se na različite načine [1.9].

U osnovi se razlikuje eksperimentalna metodologija od računske kojom se pokušava analitički, što je moguće bolje, zasnovati funkcija odziva, odnosno od Monte Carlo metodologije gdje se simulacijom procesa djelovanja γ -fotona u izvoru i detektoru putem Monte Carlo kodova nastoji izračunati funkcija, odnosno sastavne njene veličine. Eksperimentalna se izučavanja odziva Ge(Li) detektora više čine za područje većih energija. Tako npr. za cilindrične Ge(Li) detektore osjetljivog volumena oko 100 cm³, relativna se efikasnost u području 2-10 MeV određuju eksperimentalno¹, ili se razvijaju metode za mjerenje apsolutne efikasnosti detektora — pune energije vrha, jednostrukog i dvostrukog vrha bijega koji slijede tvorbu para — koje se vežu na naročite zahtjeve mjerenja na višim energijama do 12 MeV². Pregled problematike simulacije transporta γ -fotona u detektorskim materijalima, te opis Monte Carlo metode za određivanje apsolutne efikasnosti planarnih i cilindričnih Ge(Li) detektora manjih aktivnih volumena u energijskom području do 12 MeV, se nalazi u radu³.

Ovdje izložen pristup se od ovih iz literature razlikuje. Funkcija odziva i njezin zapis u našem se postupku temelje na razvoju γ -spektroskopske metode za utvrđivanje apsolutnih koncentracija urana, torija, te Th/U omjera u rasprostranjenim prirodnim izvorima. Uran i torij su osnovne nuklearno-energetske sirovine u fisijskim gorivim ciklusima, te je razvoj ne-destruktivne, brze i točne metode za njihovu prospekciju naročito važan. Stoga smo funkciju odziva zasnovali kao energijski zavisnu funkciju, razdvojivši u njoj veličine geometrijsko-apsorpcijskog faktora Δ , srednje efikasnosti Ge(Li) detektora $\bar{\epsilon}$ i makroskopskog koeficijenta apsorpcije μ izvora koji je u računu parametar.

skog koeficijenta apsorpcije μ izvora koji je u računu parametar.

Sagledavajući ovakav pristup funkciji odziva u kontekstu literature, otkriva se njegova vrijednost naročito u zasnivanju i računanju veličine Δ , koja se najčešće odmah numerički razrješava tako da se izvor – valjak raspodjeljuje u tanke slojeve po osi z (usp. rad⁶), a prolaz fotona kroz plašt valjka redovito se izbjegava radi implicitnih računskih poteškoća. U pogledu određivanja efikasnosti $\bar{\epsilon}$ naš je postupak relativno jednostavan i brz u primjeni, ali zato manje egzaktno od onih koji koriste izravnu simulaciju procesa u Ge(Li) detektoru (usp. npr. rad⁷, gdje je opisano računanje efikasnosti koaksijalnog Ge(Li) detektora za debeli izvor – disk »REFUM-GE« M. Carlo kodom u području do 3 MeV).

2. FUNKCIJA ODZIVA NA ENERGIJSKOM PODRUČJU ODREĐENIM INTENZIVNIM SPEKTRALNIM LINIJAMA U NIZU URANA I TORIJA

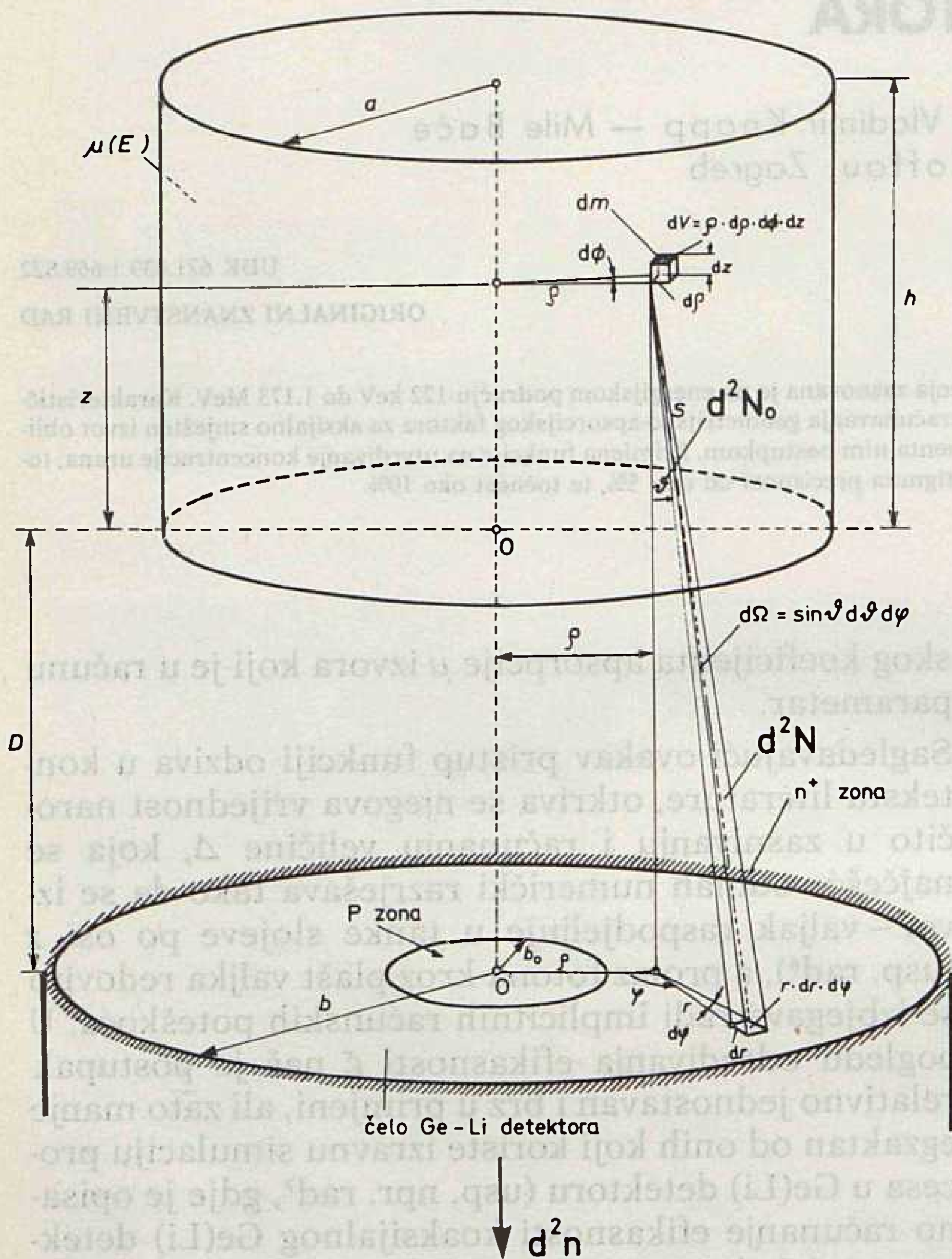
Funkcijom odziva Ge(Li) detektora rasprostranjenom izvoru:

$$n = N_0 \bar{\epsilon} \Delta \quad (1)$$

određuje se ukupni broj fotona određene energije γ -zračenja (N_0) koji nastaju raspadom u izvoru, dok je n odgovarajuća površina čistog spektralnog vrha (broj impulsa) u γ -spektrom. Geometrijsko-apsorpcijski faktor Δ odijeljen je od srednje efikasnosti detektora $\bar{\epsilon}$ za mjerenu energiju. Volumni izvor γ -zračenja smješten je paralelno i koaksijalno čelu Ge(Li) detektora, prema slici 1. Broj fotona — fotonski tok — energije E emitiranih iz elementa mase izvora dm koji upadaju na element osjetljive površine čela unutar prostornog kuta $d\Omega$ jedinici vremena, određen je izrazom:

$$d^2N = e^{-\mu(E)S} d^2N_0 \quad (2)$$

u kojem dN_0 označava broj fotona koje u sekundi emitira element mase dm u cijeli prostor, a $d(dN_0) = d^2N_0$ dio fotona emitiranih samo u prostorni kut $d\Omega$. Prema relaciji (2), d^2N_0 je zbog apsorpcije u izvoru umanjen na d^2N fotona.



Slika 1.

Upadajući na detektor, d^2N fotona proizvode u detektoru u pridruženoj elektronici d^2n impulsa u sekundi koji daju spektralni vrh u γ -spektru. Te su dvije diferencijalne veličine povezane preko efikasnosti detektora $\varepsilon(\vec{r}, \vec{\Omega})$ koja je funkcija položaja izvora i smjera emisije. Uz pretpostavku homogenog izvora moguće je uvesti zamjenu $dN_0 = \frac{N_0}{V} dV$, te integracijom relacije (2) slijedi:

$$n = \frac{N_0}{4\pi V} \int \int \exp[-\mu(E)S(\vec{r}, \vec{\Omega})] \varepsilon(\vec{r}, \vec{\Omega}) d\Omega dV \quad (3)$$

Ako se u relaciji (3) desna strana pomnoži i podijeli definiranom veličinom geometrijsko-apsorpcijskog faktora σ :

$$\sigma = \int \int \exp[-\mu S(\vec{r}, \vec{\Omega})] d\Omega dV \quad (4)$$

dobiva se funkcija odziva u eksplisnom obliku:

$$n = \frac{N_0}{4\pi V} \frac{\int \int \exp[-\mu S(\vec{r}, \vec{\Omega})] \varepsilon(\vec{r}, \vec{\Omega}) d\Omega dV}{\int \int \exp[-\mu S(\vec{r}, \vec{\Omega})] d\Omega dV} \quad (5)$$

gdje dobiveni omjer definiramo kao srednju vrijednost efikasnosti detektora $\bar{\varepsilon}$ za rasprostranjeni izvor volumena V .

Normiranjem σ na volumen izvora

$$\Delta = \frac{\sigma}{4\pi V} \quad (6)$$

postoji se funkcija održiva u zapisu $n = N_0 \bar{\varepsilon} \cdot \Delta$ prema relaciji 1.

Integral geometrijsko-apsorpcijskog faktora σ uspješno je analitički reduciran do oblika podesnog za numerička izračunavanja [4], dok se srednja efikasnost dovoljno točno može odrediti metodom simulacije – diskretnim pomacima standardnih kalibracijskih izvora po području volumnosti izvora i mjerenjem efikasnosti u svakoj točki [5].

Primjena funkcije odziva na utvrđivanje koncentracije urana, torija, te njihova omjera putem intenzivnih γ -linija 609,27 keV ^{214}Bi , potomak u nizu ^{238}U , 510,72 keV i 583,14 keV ^{232}Th , ^{208}Tl , potomak ^{232}Th , publicirana je u radovima ^{4,5,8}). U ovome su radu načinjena proširenja prema energijama koje iznosom padaju ispod i iznad navedenih. Time se metoda i njezina spektrometrijska primjena cjelovitije postavljaju: moguće je utvrđivati koncentraciju preko linija različitih nuklida u nizu, te provjeravati ne samo točnost i preciznost metoda, nego kušati ispitivati i samu ravnotežu niza.

Pregledavši γ -prijelaze u uranovu i torijevu nizu i vezujući ih u pogledu iznosa na energije kalibracijskih izvora, izračunali smo funkciju odziva, $\bar{\varepsilon}$ i Δ , za energije navedene u tablici 1. U isti redak smještene su kalibracijska energija, i ona najbliža nuklida-potomka koja služi za utvrđivanje koncentracije.

Tablica 1.

Kalibracijski izvor	Energija (u MeV)	Kvantni intenzitet	Nuklid	Energija (u MeV)	Kvantni intenzitet
57Co	0,122 06	85,6 %			
	0,276 4	7,2 %			
133Ba	0,302 9	18,3 %	214Pb	0,295 16	11,5 %
	0,356 0	62,0 %	214Pb	0,351 89	38,9 %
60Co	1,173	100 %	234mPa	1,001 04	0,92 %

Energije i kvantni intenziteti su u tablicu uneseni na osnovi poredbene analize podataka iz pouzdanog izvora [9] i najnovijih redeterminacija [10, 11]. Spektralna linija $^{234\text{m}}\text{Pa}$ je odabrana kao »izravna linija« urana ^{238}U , a ne samo zbog proširenja računa na više energije. Rezultati proračuna funkcije odziva za stalnu geometriju izvora (polumjer 2 cm, i visina 2 cm) uz μ kao parametar upisani su u tablicu 2. U tablici 3. su pak odvojeno navedene vrijednosti za energiju 122,06 keV (^{57}Co) zbog šireg područja vrijednosti μ . Funkcija odziva u području između energije ^{57}Co i najniže ^{133}Ba vrlo se fino može interpolirati na osnovi provedenih proračuna.

Tablica 2.

Kalibracijska energija (izvor)	μ u cm^{-1} h u cm	$a = 2,0 \text{ cm}$		$b = 2,275 \text{ cm}$		$b_0 = 0,525 \text{ cm}$		$D = 5,0 \text{ cm}$					
		0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
276,4 keV (^{133}Ba)	2,0	0,170 89 0,028 18 207,65	0,170 87 0,027 92 209,61	0,170 86 0,027 66 211,60	0,170 84 0,027 40 213,63	0,170 82 0,027 15 215,62	0,170 81 0,026 902 217,64	0,170 79 0,026 65 219,71	0,170 78 0,026 41 221,71	0,170 76 0,026 17 223,77	0,170 75 0,025 94 225,77	0,170 73 0,025 70 227,91	0,170 71 0,025 47 230,00
302,9 keV (^{133}Ba)	2,0	0,162 00 0,028 18 219,05	0,161 96 0,027 92 221,14	0,161 93 0,027 66 223,26	0,161 90 0,027 40 225,43	0,161 87 0,027 15 227,54	0,161 84 0,026 90 229,70	0,161 81 0,026 65 231,90	0,161 78 0,026 41 234,05	0,161 75 0,026 17 236,24	0,161 72 0,026 94 238,38	0,161 70 0,025 70 240,63	0,161 67 0,025 47 242,85
356,0 keV (^{133}Ba)	2,0	0,136 67 0,028 18 259,65	0,136,65 0,027 92 262,10	0,136 62 0,027 66 264,63	0,136 60 0,027 40 267 18	0,136 57 0,027 15 269,70	0,136 55 0,026 90 272,24	0,136 53 0,026 65 274,85	0,136 50 0,026 41 277,40	0,136 48 0,026 17 280,00	0,136 46 0,025 94 282,50	0,136 43 0,025 70 285,20	0,136 41 0,025 47 287,82
1,173 MeV (^{60}Co)	2,0	0,036 85 0,028 18 963,0	0,036 84 0,027 92 972,22	0,036 84 0,027 66 981,36	0,036 83 0,027 40 990,94	0,036 82 0,027 15 1 000,34	0,036 81 0,026 90 1 009,91	0,036 80 0,026 65 1 019 66	0,036 80 0,026 41 1 028,93	0,036 78 0,026 17 1 038,93	0,036 77 0,026 94 1 048,42	0,036 76 0,025 70 1 058 50	0,036 76 0,025 47 1 068 06

$\bar{\epsilon}$ srednja efikasnost u funkciji odziva Ge(Li) detektora rasprostranjenom izvoru

Δ geometrijsko-apsorpcijski faktor u funkciji odziva

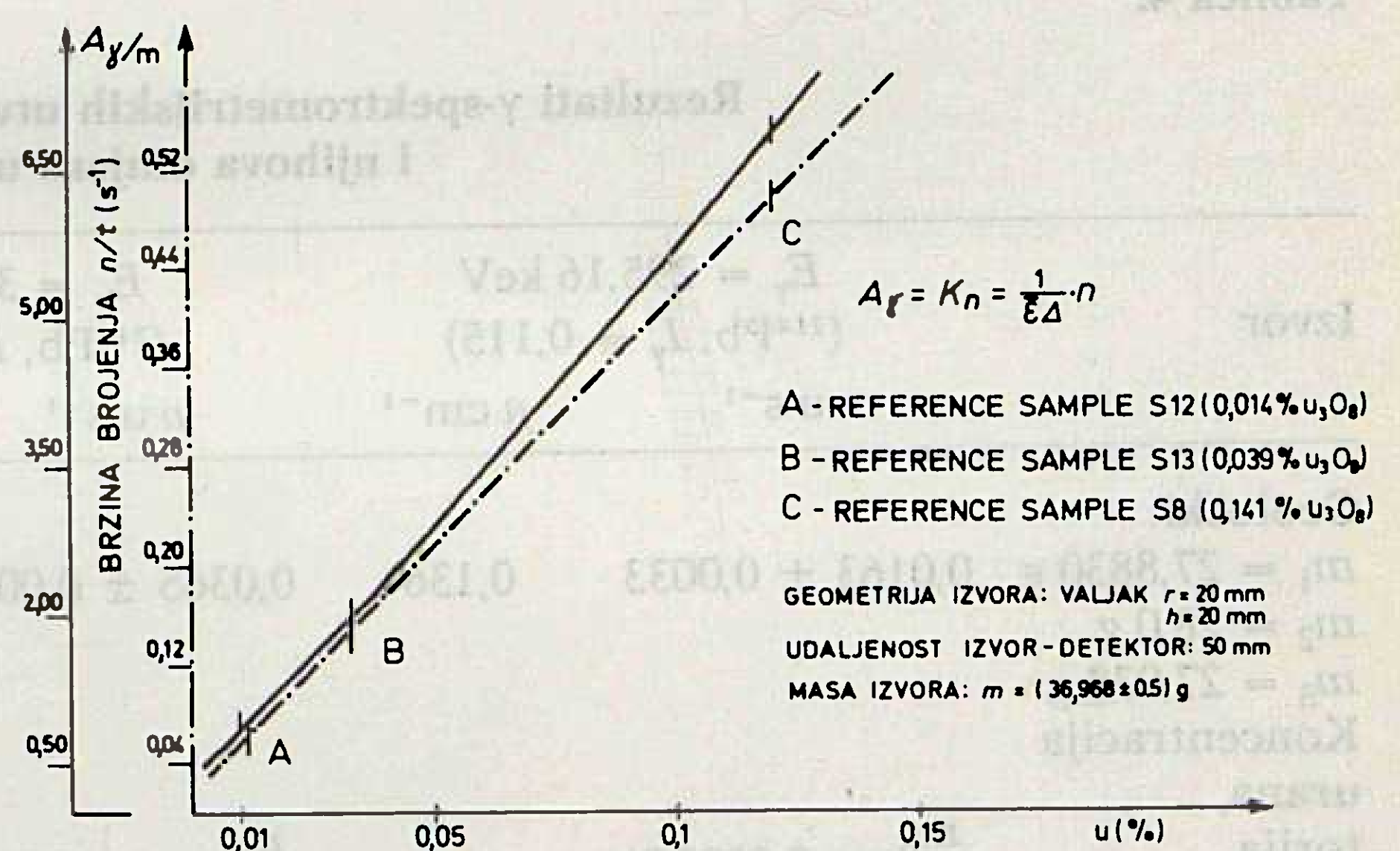
$$K = \frac{1}{\bar{\epsilon}\Delta}$$

Vrijednosti članova funkcije odziva: srednje efikasnosti $\bar{\epsilon}$, geometrijsko-apsorpcijskog faktora Δ , i konstante $K = 1/\bar{\epsilon}\Delta$

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Energijski proširena funkcija odziva primijenjena je na utvrđivanje koncentracije urana, torija, te Th/U omjera u geološkom uzorku i uzorku ugljena (Raša). Gama-spektri uzoraka izmjereni su standardnim Ge(Li) spektrometrom u Zavodu za fiziku ETF-a. Detektor je potpuno koaksijalnog tipa promjera 46,5 mm, debljine 32 mm, i osjetljivog volumena 53 cm³. Odlikuje se visokom rezolucijom $|\text{fwhm}| = 2,58 \text{ keV}$ na 1,332 keV (^{60}Co) i ima povoljnu efikasnost (relativna efikasnost 8%). Preko vlastitog, hladnog FET pretpojačala impulsi se iz detektora odvođe u niskošumno linearno pojačalo »Ortec 451« (vremenske konstante 2 μs) i višekanalni analizator ND 705/706 s mogućnošću ADC rezolucije od 4 096 kanala. Rezultate analize, s naznakom svih podataka koji govore o izvoru, preko spektrometrijskih pa do onih što upućuju na preciznost i točnost, sadrži tablica 4.

Navodimo još da su vremena brojenja bila reda 10⁴ s, a udaljenost izvor-detektor 5 cm. Rezultati su za liniju ^{214}Bi , radi uvida u točnost, još i normirani prema »brzini brojenja-koncentraciji urana« referentnih IAEA uzoraka (slika 2). Taj podatak valja uzimati uvjetno: dobiven je, naime, uz pretpostavku da je samoapsorpcija u geološkom uzorku i IAEA uzorku ista. Linearni koeficijent apsorbpcije μ određivan je računsko-eksperimentalnim postupkom [5] pomoću standardnih izvora, mjerenjem apsorbpcije fotona prolaskom kroz matricu izvora i bez nje. U našim eksperimentalnim uvjetima nismo u spektrima dobivali statistički značajan vrh energije 1 001.04 keV (^{234}Pa), najvjerojatnije zbog njezina slabijeg intenziteta i ne baš najbolje zaštite (oklopa) od pozadinskog zračenja.



Slika 2.

4. ZAKLJUČAK

Izvedeni proračuni funkcije odziva koaksijalnog Ge(Li) detektora rasprostranjenom izvoru γ -zračenja u energijskom području od 122 keV do 1.173 MeV, višestruko upotpunjuju njenu spektrometrijsku primjenu: Tako je omogućeno utvrđivanje koncentracije urana i torija preko različitih energija od raznovrsnih nuklida u nizovima, te ispitivanje ravnoteže nizova. Primjenom funkcije odziva na utvrđivanje koncentracije urana, torija te njihova omjera, uz ostvarenje točnosti od < 10% i preciznosti od oko 5%, potvrđuje se široka mogućnost aplikacije.

Tablica 3.

Kalibracijska energija (izvor)	μu cm^{-1} $h u cm$	$a = 2,0 cm$		$b = 2,275 cm$		$b_0 = 0,525 cm$		$D = 5,0 cm$						
		0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	
122,06 keV (^{57}Co)	μu cm^{-1} $h u cm$	0,264 82	0,264 77	0,264 73	0,264 69	0,264 64	0,264 60	0,264 56	0,264 51	0,264 47	0,264 43	0,264 39	0,264 34	
		2,0	0,027 40	0,027 15	0,026 90	0,026 65	0,026 41	0,026 17	0,025 94	0,025 70	0,025 47	0,025 25	0,025 02	0,024 80
			137,82	139,11	140,42	141,76	143,08	144,41	145,72	147,10	148,46	149,77	151,17	152,54
		0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	
		0,264 30	0,264 26	0,264 22	0,264 18	0,264 13	0,264 09	0,264 05	0,264 01	0,263 97	0,263 93	0,263 88	0,263 84	
	2,0	0,024 58	0,024 36	0,024 15	0,023 94	0,023 73	0,023 52	0,023 32	0,023 12	0,022 92	0,022 73	0,022 54	0,022 34	
		153,93	155,34	156,72	158,12	159,55	161,02	162,40	163,83	165,28	166,70	168,13	169,66	

$\bar{\epsilon}$ srednja efikasnost u funkciji odziva Ge(Li) detektora volumnom izvoru

Δ geometrijsko-apsorpcijski faktor u funkciji odziva

$$K = \frac{1}{\bar{\epsilon} \Delta}$$

Vrijednosti članova funkcije odziva: srednje efikasnosti $\bar{\epsilon}$, geometrijsko-apsorpcijskog faktora Δ , i konstante $K = 1/\bar{\epsilon} \Delta$

Tablica 4.

Rezultati γ -spektrometrijskih utvrđivanja koncentracije urana, torija i njihova omjera u prirodnim uzorcima

Izvor	$E_\gamma = 295,16 keV$ ($^{214}Pb, I_\gamma = 0,115$)		$E_\gamma = 351,89 keV$ ($^{214}Pb, I_\gamma = 0,389$)		$E_\gamma = 609,27 keV$ ($^{214}Bi, I_\gamma = 0,433$)		$E_\gamma = 583,14 keV$ ($^{208}Tl, I_\gamma = 0,860$)
	$n u s^{-1}$	μcm^{-1}	$n u s^{-1}$	$\mu u cm^{-1}$	$n u s^{-1}$	$\mu u cm^{-1}$	$n u s^{-1}$
Geološki:					0,0300 \pm 0,0022		0,0116 \pm 0,0019
$m_1 = 27,8830 g$	0,0163 \pm 0,0033	0,136	0,0365 \pm 0,0034	0,124	0,0322 \pm 0,0023		0,0129 \pm 0,0020
$m_2 = 28,0 g$					0,0337 \pm 0,0025	0,09	
$m_3 = 27,938 g$							
Koncentracija urana, torija					$< \frac{m_u}{m} > = 0,0$		(Th/U) ₁ = 1,65
Preciznost	$\frac{m_u}{m} = 0,0098 \%$		$\frac{m_u}{m} = 0,0076 \%$		105 %		(Th/U) ₂ = 1,78
$ 1\sigma (\%) $					4,9		

Koncentracija na osnovu usporedbe s IAEA uzorcima:

$$\frac{m_u}{m} = 0,0093 \% \quad \Delta = 11 \%$$

Ugljen: $m = 19,600 g$	0,0193 \pm 0,0033	0,10	0,0385 \pm 0,0034	0,85	0,0317 \pm 0,0024	0,07	0,0092 \pm 0,0019
---------------------------	---------------------	------	---------------------	------	---------------------	------	---------------------

Koncentracija urana, torija	$\frac{m_u}{m} = 0,0159 \%$		$\frac{m_u}{m} = 0,0110 \%$		$\frac{m_u}{m} = 0,0146 \%$		Th/U = 1,24
-----------------------------	-----------------------------	--	-----------------------------	--	-----------------------------	--	-------------

Veličina i oblik izvora su u svim mjerenjima bili isti: valjak, polumjera 2 cm i visine 2 cm

LITERATURA

- [1] Sargent, B. W., Henrikson A., »Experimental study of the response characteristic of large Ge(Li) detectors«, **Nuclear Instruments and Methods**, 189 (1981) 459-467
- [2] Waibel E., Grosswendt B., »Determination of detector efficiencies for gamma ray energies up to 12 MeV«, **Nuclear Instruments and Methods**, 131 (1975) 133-141

- [3] Grosswendt B., Waibel E., »Determination of detector efficiencies for gamma ray energies up to 12 MeV«, **Nuclear Instruments and Methods**, 131 (1975) 143-156

- [4] Coffou E., Knapp V., Petković T., »Račun funkcije odziva koakcijalnog Ge(Li) detektora s rasprostranjenim izvorom gama zračenja«, **Zbornik XXIV Jug. Konf. ETAN-a**, sv. 4, str. 139-146, 1980.

- [5] Coffou E., Knapp V., Petković T., »Funkcija odziva koaksijalnog Ge(Li) detektora volumnom izvoru gama zračenja — evaluacija efikasnosti i linearnog koeficijenta apsorpcije«, **Zbornik XXV Jug. Konf. ETAN-a**, sv. 4, str. 61-69, 1981.
- [6] Arcipiani B., Pedretti E., »A procedure to calculate the self-shielding and detection efficiency for a gamma-emitting disk and sodium iodide crystal«, **Nuclear Instruments and Methods**, 173 (1980) 559-563
- [7] Nakamura T., »Monte Carlo calculation of peak efficiencies and response functions of coaxial-type Ge(Li) detectors for disk gamma-ray sources«, **Nuclear Instruments and Methods**, 131 (1975) 521-527
- [8] Coffou E., Petković T., »Gama-spektrometrijsko određivanje Th/U omjera u rasprostranjenim uzorcima«, **Zbornik XXVII Jug. Konf. ETAN-a**, sv. 5, str. 691-698, 1983.
- [9] Lederer C. M., Shirley V. S., **Table of Isotopes — VII Edition**, N. Jyork: J. Wiley, 1978.
- [10] Momeni M. H., »Analyses of uranium and actinium gamma spectra: an application to measurements of environmental contamination«, **Nuclear Instruments and Methods**, 193 (1982) 185-190
- [11] Vaninbroux R., Denecke B., »Determination of gamma-ray emission probabilities in the decay of ^{235}U and ^{231}Th «, **Nuclear Instruments and Methods**, 193 (1982) 191-196

KEY WORDS: RESPONSE, Ge(Li) DETECTOR, GAMMA RAY SPECTROMETRY

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM CONCENTRATION ON THE BASE OF THE RESPONSE FUNCTION OF AN COAXIAL Ge/Li/ DETECTOR

The response function of an coaxial Ge/Li/ detector to a volume gammaradiation source has been determined on the energy range from 122 keV to 1.173 MeV. The geometry and absorption factor has been calculated for a cylindrical source, while the absolute efficiency has been determined by a combined experimental and calculation procedure. The procedure has been tested for the determination of uranium and thorium concentrations of ore samples. A precision of about 5% and an accuracy of about 10% have been obtained.

BESTIMMUNG DER URAN UND THORIUMKONZENTRATION AUFGRUND DER ENERGIEBEDINGTEN FUNKTION DES KOAKSIALEN Ge/Li/ DETEKTORS

Die Funktion des koaksialen Ge/Li/ Detektors der verbreiteten Quelle der Gama — Strahlungen ist auf dem Energiegebiet 122 keV bis 1.173 MeV begründet. Charakteristische Energien auf dem Gebiet bilden ausgewählte Energien der kalibrationen Quellen.

Es wurden Berechnungen angestellt für den geometrisch absorptiven Faktor für die aksial untergebrachte Quelle der Zylinderform, während die absolute Effektivität des Ge/Li Detektors durch das rechen — experiment. Verfahren bestimmt ist.

Die Anwendung der Funktion für die Bestimmung der Urankonzentration, Thorium und ihrer Verhältnisse in den Mustern, bestätigte ihre Richtigkeit, da eine Genauigkeit von ungefähr 5%, und Pünktlichkeit von ungefähr 10% erreicht wurde.

УСТАНОВЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УРАНА И ТОРИЯ НА ОСНОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ РАСШИРЕННОЙ ФУНКЦИИ ОТЗЫВА КОАКСИАЛЬНОГО Ge/Ли ДЕТЕКТОРА

Функция отклика коаксиального Ge/Ли детектора распространенному источнику гамма-излучения основывается на энергетическом диапазоне с 122 кэВ по 1.175 МэВ. Характерными энергиями в диапазоне являются выбранные энергии калиброванных источников. Выполнены расчеты геометрически-абсорбционного фактора для аксиально расположенного источника в форме цилиндра, в то время как абсолютная эффективность Ge/Ли детектора определялась расчетноэкспериментальным способом. Применение функции для определения концентрации урана, тория и их соотношения в естественных образцах подтвердила ее достоверность, поскольку была достигнута прецизионность примерно 5% и точность около 10%.

Naslov pisaca:

mr Tomislav Petković, dipl. inž.
prof. dr Vladimir Knapp
Mile Baće, dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet Zagreb,
Zavod za fiziku, 41000 Zagreb,
Unska 3 Jugoslavija

Prof. dr Emil Coffou
Institut »Ruder Bošković« 41000
Zagreb, Bijenička c. 54
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
1984 — 11 — 12

Radna organizacija »ATM« specijalizirana je inženjering-organizacija za projektiranje, proizvodnju, montažu i održavanje postrojenja mjerno-regulacione tehnike i automatskog upravljanja u industriji.

Poslovna politika radne organizacije prvenstveno je usmjerena na nuđenje kompletnih rješenja i izvođenje mjerno-regulacionih i upravljačkih sistema na postrojenjima termoenergetike, crne i obojene metalurgije, petrokemije, industrije građevnog materijala i prehrambene industrije. Osnovu takve djelatnosti čini vlastiti projektni biro s velikim iskustvom u primjeni mjerno-regulacionih i upravljačkih sistema, kako uređajima vlastite proizvodnje tako i uređajima drugih proizvođača.

Vlastita proizvodnja mjerno-regulacione i upravljačke opreme temeljena je na suvremenom timskom radu i razvojnom odjelu, gdje je vlastitim snagama i znanjem razvijen niz modernih uređaja, koji se uspješno proizvode i plasiraju na domaće i svjetsko tržište.

**PROJEKTIRANJE
 INŽENJERING
 KONZALTING**

**MONTAŽA,
 ISPITIVANJE I PUŠTANJE
 U POKUSNI RAD**

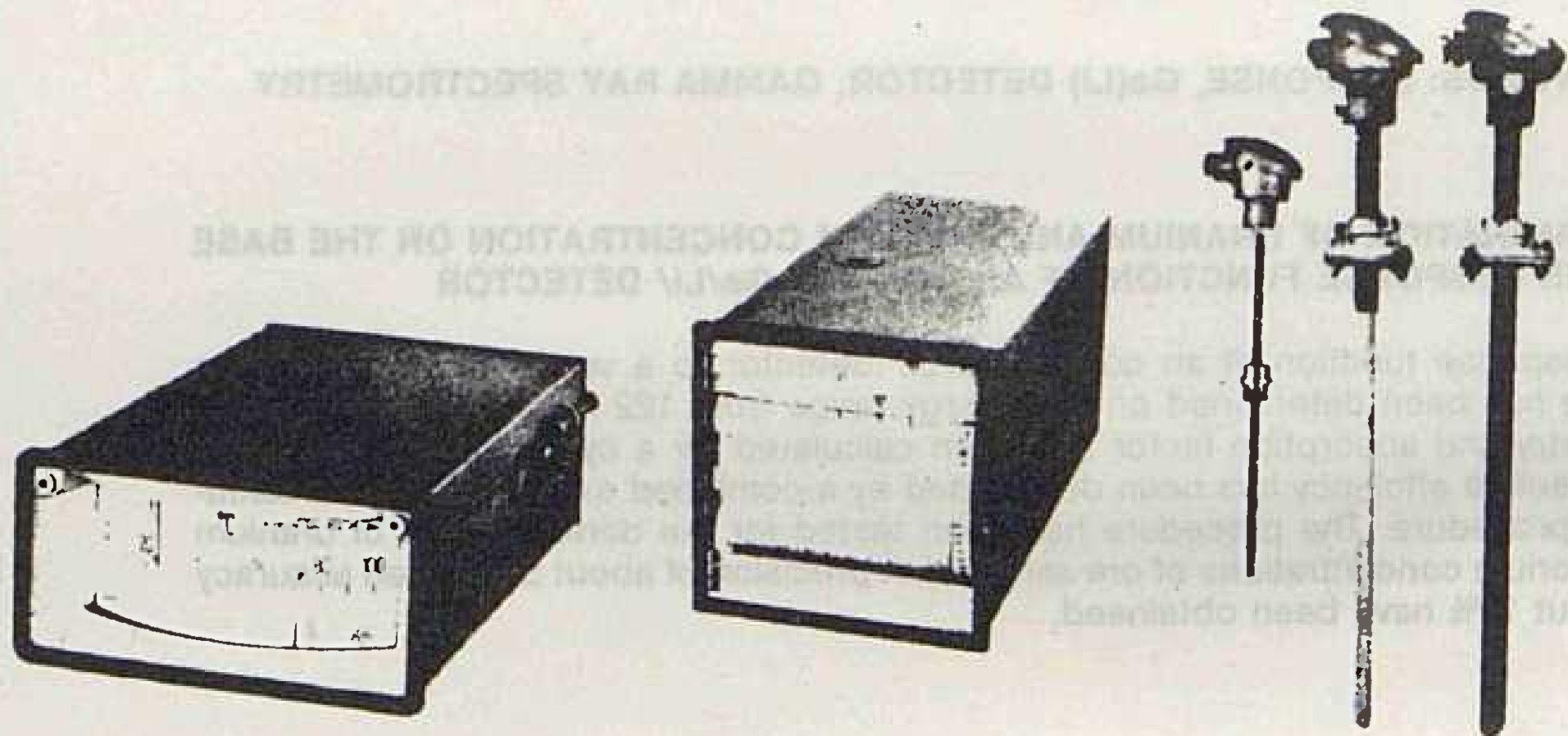
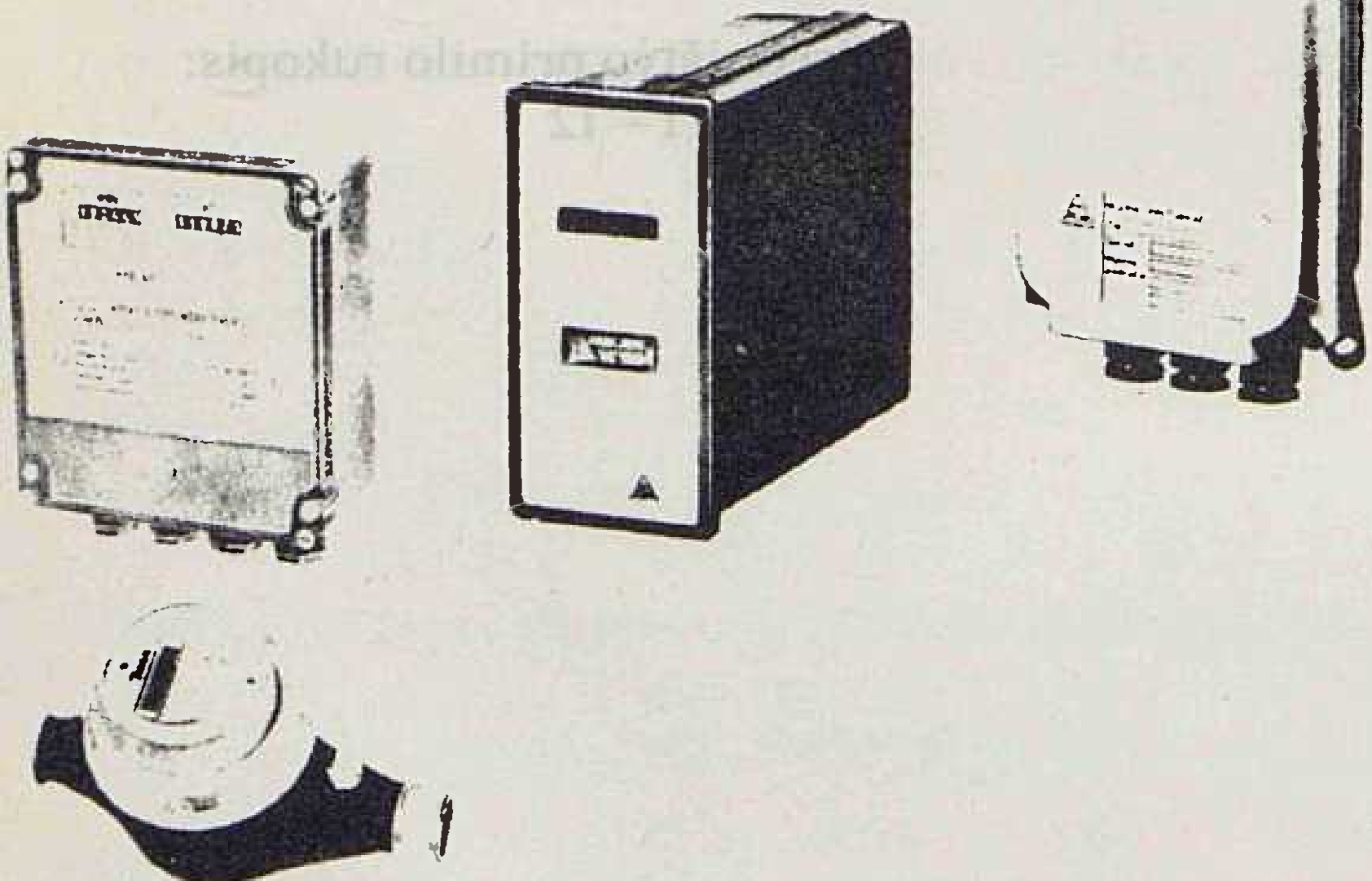
**PROIZVODNJA,
 ISPORUKA NA OSNOVI
 PROIZVODNE
 KOOPERACIJE,
 SERVIS**

Radna organizacija može ponuditi moderna tehnička rješenja za većinu kompliciranih problema, zahvaljujući i razvijenoj poslovnoj suradnji i kooperaciji s poznatim svjetskim proizvođačima mjerno-regulacione opreme. Razvijajući takve odnose i isporučujući svoje proizvode poznatim svjetskim tvrtkama, RO »ATM« privređuje znatna sredstva koja služe za kompletiranje vlastitog proizvodnog programa proizvodima kooperanata pri inženjering-poslovima.

Radna organizacija »ATM« dobila je najveća priznanja za svoje besprijekorno obavljene montažne radove na najvećim objektima u zemlji i inozemstvu. Posebno je značajna činjenica da možemo obavljati sve vrste radova — od projektiranja, predispitivanja opreme, izrade montažne dokumentacije, fizičke instalacije, kontrole kvalitete, funkcionalnog ispitivanja, puštanja u pogon, do vođenja pokusnog pogona i održavanja uređaja u pogonu.

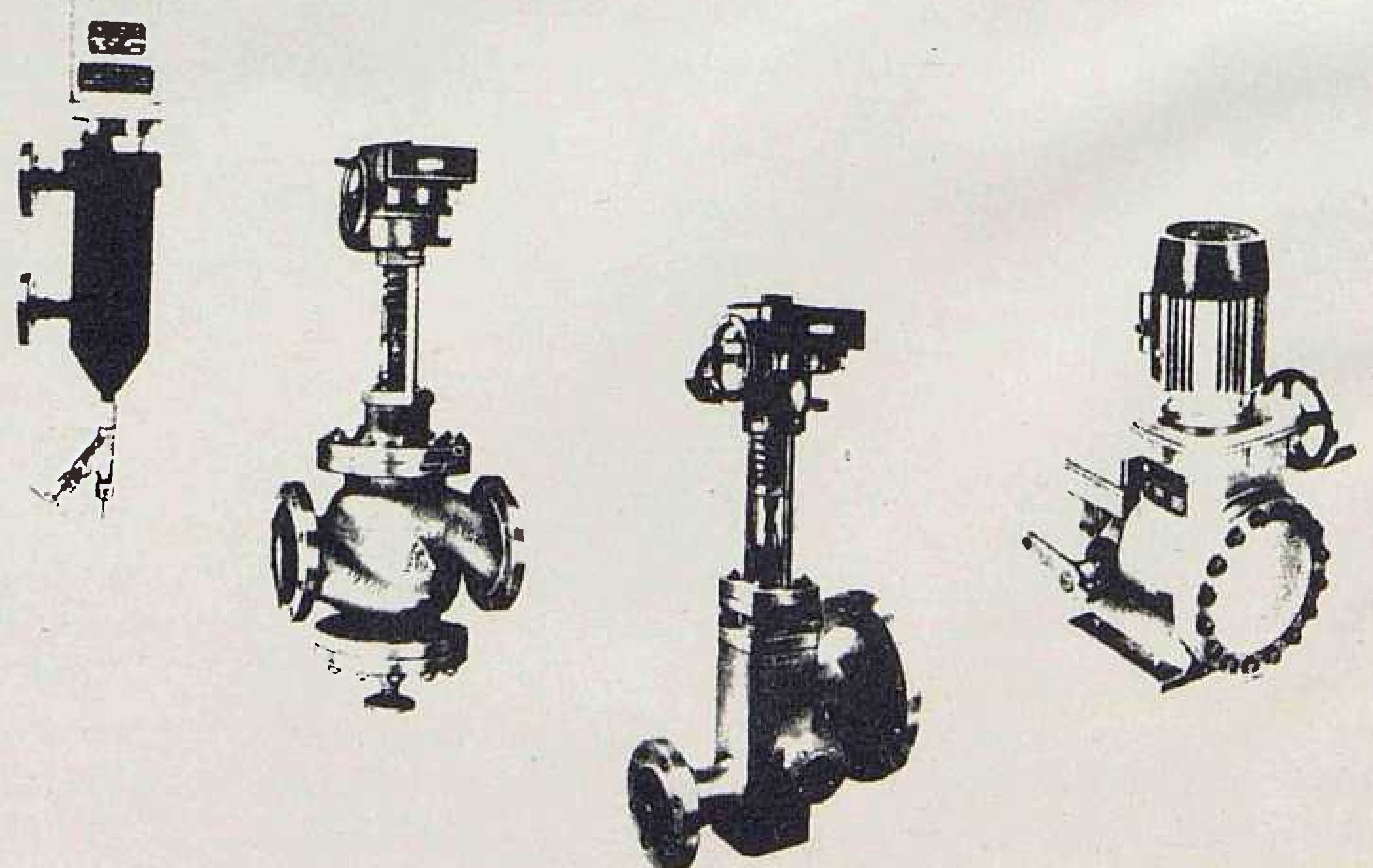
PREDSTAVLJAMO VAM NEKE OD NAŠIH PROIZVODA:

MJERILA TOPLINSKE ENERGIJE
 ELEKTRIČNI POKAZNI INSTRUMENTI
 DVOPOLOŽAJNI REGULATORI
 PISAČI



TERMOELEMENTI I OTPORNI TERMOMETRI
 OPREMA ZA MJERENJE U SILOSIMA
 NIVOREGULATORI
 PI i PID-REGULATORI
 ELEKTRIČNI SERVOMOTORI
 REGULACIONI VENTILI
 REDUKCIONO-RASHLADNE STANICE

MJERNI PRETVARAČI OTPORA I MILIVOLTA
 PRETVARAČI TLAKA I DIFERENCIJALNOG TLAKA
 MJERNE PRIGUŠNICE
 ARMATURE ZA MJERENJE PROTOKA
 INTEGRATORI ISTOSMJERNE STRUJE



PLANOVI IZGRADNJE ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA

Gordana Lučić, Zagreb

UDK 621.311.1
PREGLEDNI RAD

Ukratko se prikazuju osnovni principi planiranja izgradnje elektroenergetskih objekata i pružaju osnovne informacije iz ovog područja vezane za aktivnosti ZE-OH-a na uvođenju jedinstvene metodologije u pristupu, planiranju i praćenju izgradnje elektroenergetskih objekata.

Ključne riječi: izgradnja elektroenergetskih objekata, planiranje izgradnje, praćenje izgradnje.

UVOD

Izgradnja elektroenergetskih objekata dugotrajan je proces koji zahtijeva ulaganje golemih financijskih sredstava. U tom dugom vremenskom periodu mogu se očekivati velike promjene u vezi s razvojem tehnologije, poremećajima na tržištu, promjenama organizacije i vrijednosti opreme i radova. Stoga svaki plan izgradnje sadrži visok stupanj rizika i nesigurnosti, to veći što je planirani vremenski interval duži.

Izrada planova izgradnje treba biti kontinuirani posao u toku čitave izgradnje objekta. Stalnom usporedbom planskih veličina s količinskim, vremenskim i vrijednosnim izvršenjem radova u toku izgradnje dobivaju se podaci i informacije za pravilno donošenje odluka o akcijama i novelaciji planova za naredna razdoblja. Cilj poslova vezanih za planiranje izgradnje jest izrada realnih planova koji predviđaju optimalan tok aktivnosti građenja objekta u što kraćem vremenu i uz ulaganje što manjih financijskih sredstava.

U izradi planova izgradnje sudjeluje grupa ljudi sa znanjima o procesima u kojima je sadržana tehnologija građenja, gospodarenja vrijednostima (ekonomska znanja) i informatike.

Planove izgradnje elektroenergetskih objekata moguće je prikazati na dva načina:

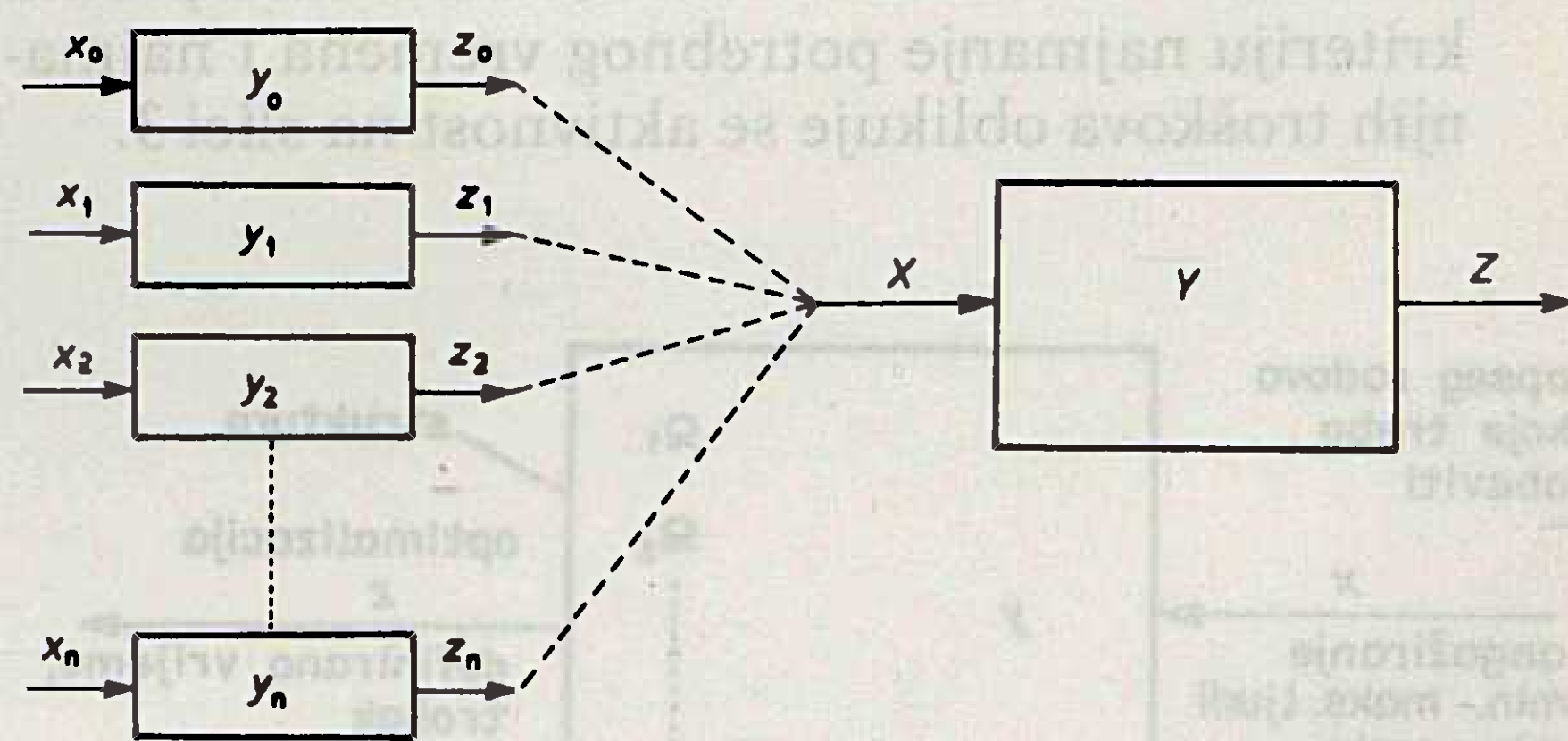
- preko utjecaja oblikovanja ulaznih podataka u izradi planova izgradnje i
- definiranjem mjesta planova izgradnje u jedinstvenom sistemu planiranja i praćenja izgradnje u Elektroprivredi SRH.

UTJECAJ OBLIKOVANJA ULAZNIH PODATAKA U IZRADI PLANOVA IZGRADNJE

Kibernetičkim gledanjem planova izgradnje kao sistema za transformaciju ulaznih podataka u izlazne in-

formacije mogu se analizirati utjecajni elementi u izradi planova izgradnje. Konstrukcija gotovih planova izgradnje ovisi o definiranim aktivnostima, njihovim međuvezama i strukturi mrežnih planova. Pri tome se mogu i pojedine aktivnosti gledati sa svojim ulaznim podacima, strukturom i izlaznim veličinama. Međusobnim povezivanjem aktivnosti u cjelinu dobiju se planovi izgradnje objekta s definiranim kritičnim putovima, tj. aktivnostima od čijeg normalnog odvijanja ovisi realizacija projekata i održavanje rokova završetka.

Iz toga proistječe da su aktivnosti element ulaza u sistem planiranja izgradnje. Njihova veza je shematski prikazana na slici 1.



Slika 1.

Oblikovanje pojedinih aktivnosti

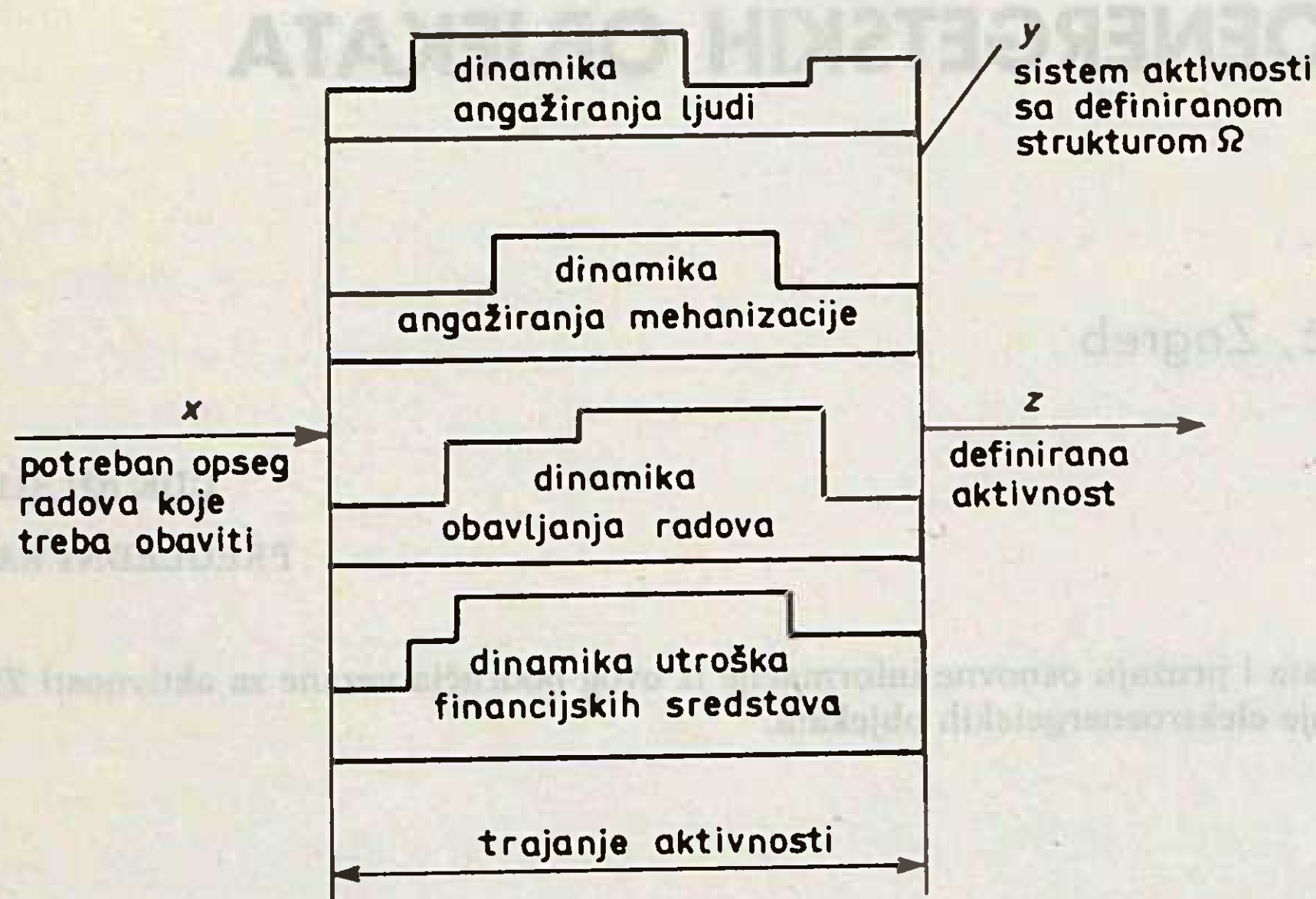
Prema projektnoj dokumentaciji elektroenergetskog objekta izrađuje se tehnologija građenja objekta s definiranjem strukture pojedinih aktivnosti.

Oblikovanje aktivnosti može se provesti na dva načina:

- definiranom tehnologijom rada i strukturom aktivnosti i
- optimalizacijom tehnologije i strukture aktivnosti.

a — Definiranje aktivnosti u dosadašnjim planovima napravljeno je prema unaprijed utvrđenoj tehnologiji rada.

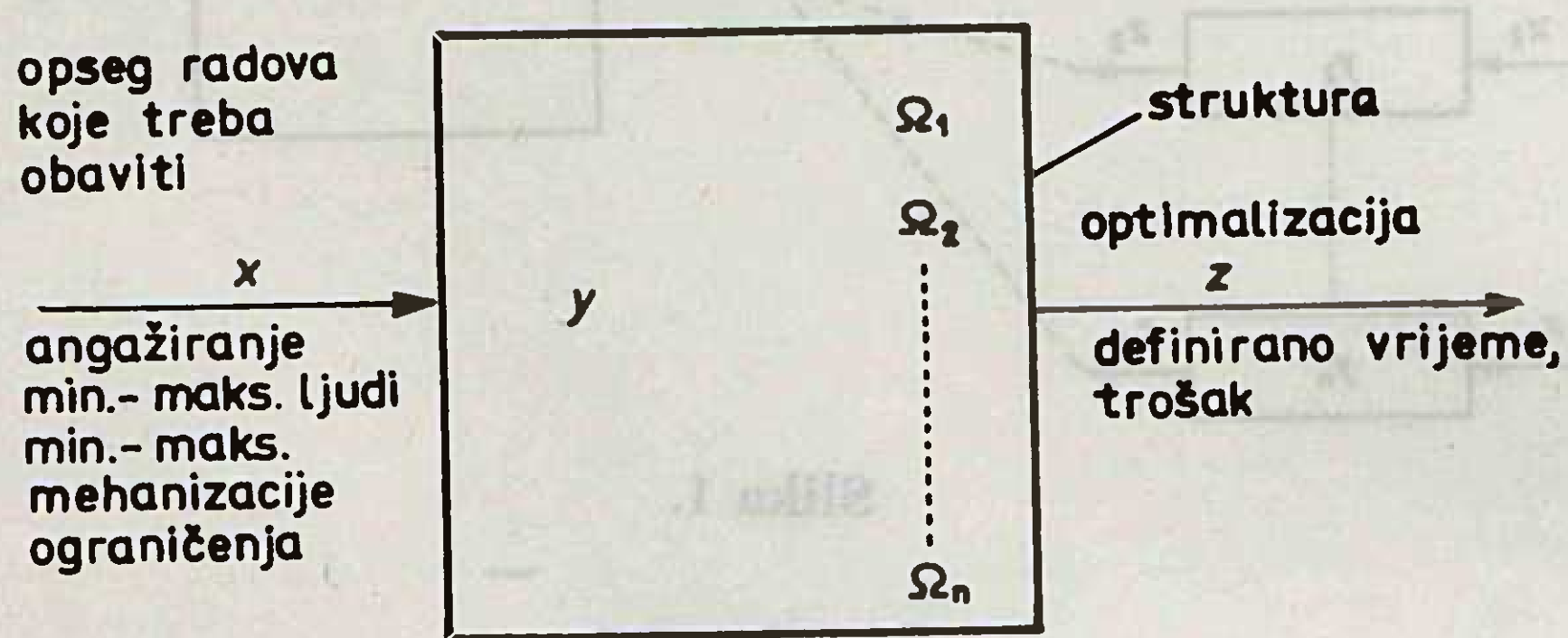
Shematski je to prikazano na slici 2.



Slika 2.

Unaprijed je definirana struktura aktivnosti s dinamikom obavljanja radova, angažiranja mehanizacije i ljudi, što diktira trajanje aktivnosti i dinamikom utroška finansijskih sredstava.

b — Aktivnosti se mogu oblikovati izborom tehnologije rada i strukture metodama optimalizacije. Zna se opseg radova koje treba obaviti, pa izvođači radova mogu definirati najmanji i najveći broj mogućeg angažiranja ljudi i mehanizacije. Unaprijed se utvrde ograničenja vezana za razne zaštite, određene propise, održavanje geometrije prema projektu i drugog. Različitim varijantama tehnologije građenja, obrađenih na elektroničkom računaru, dobiva se nekoliko struktura aktivnosti. Izborom strukture prema kriteriju najmanje potrebnog vremena i najmanjih troškova oblikuje se aktivnost na slici 3.



Slika 3.

Tako definirane aktivnosti mogu biti elementi plana izgradnje.

Oblikovanje plana izgradnje

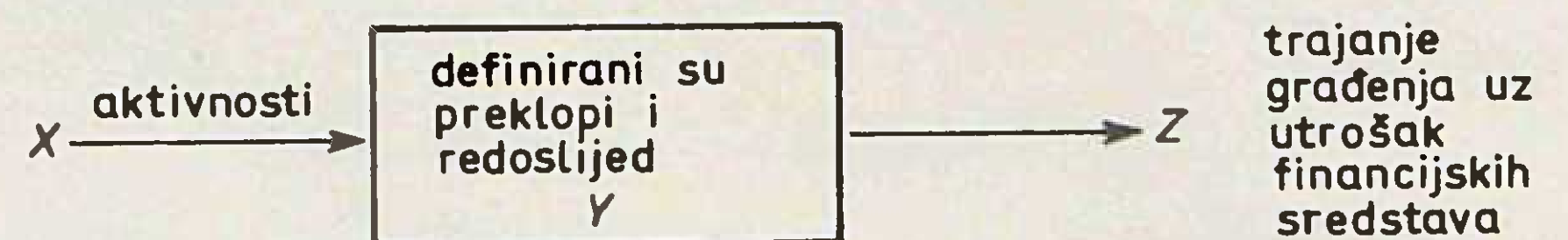
Gledajući plan izgradnje kao sistem gdje imamo definirane elemente aktivnosti, možemo ga oblikovati na dva načina:

a — prema unaprijed utvrđenom redoslijedu aktivnosti i

b — optimalizacijom redoslijeda dijela aktivnosti.

a — Dosadašnji planovi izgradnje napravljeni su na temelju utvrđenog redoslijeda aktivnosti, a prema tehnologiji građenja objekta. Pri tome se imalo na umu i mogućnost vremenskog preklapanja pojedinih aktivnosti.

Shematski je to prikazano na slici 4.

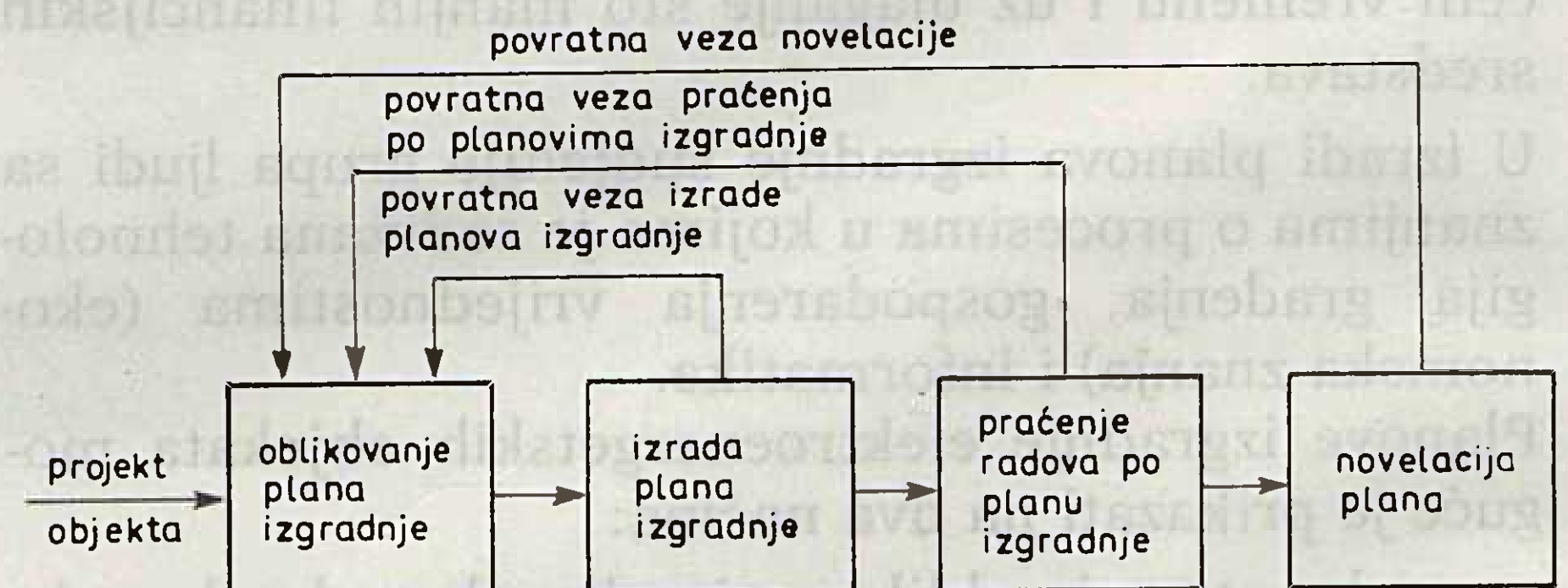


Slika 4.

b — Poznato je da dio aktivnosti mora imati određen redoslijed prema tehnologiji građenja. Međutim, postoje radovi koji nisu vezani za kritični put građenja, a mogli bi se različito rasporediti u vremenu. Obradom mogućih struktura plana izgradnje na elektroničkom računaru došlo bi se nekoliko varijanti plana. Optimalizacijom prema kriteriju najmanje potrebnog vremena građenja i utroška finansijskih sredstava izabrao bi se optimalan redoslijed aktivnosti. Pri tome bi se mogle pojaviti povratne veze na oblikovanje aktivnosti. Naime, gledajući cjelinu čitavog plana izgradnje, za pojedine aktivnosti povoljno bi možda bilo izabrati strukturu koja je optimalizacijom definirana kao manje vrijedna.

UTJECAJ POVRATNIH VEZA NA FORMIRANJE PLANOVA IZGRADNJE

Povratne veze u formiranju planova izgradnje prikazane su na slici 5.



Slika 5.

Oblikovanje plana izgradnje jest definiranje aktivnosti i njihovih međuveza na temelju tehnologije građenja prema projektnoj dokumentaciji projekta. To je ključna aktivnost u procesu planiranja i praćenja izgradnje, pa sa svih daljnjih aktivnosti postoje povratne veze na nju.

Izrada planova radi se putem gotovih programskih paketa u tehnici mrežnog planiranja na elektronič-

kom računalu. Proračunom ukupnog vremena građenja prema kritičnom putu mrežnog plana često se uvidi potreba promjene međuveza među aktivnostima i drugačijeg oblikovanja samih aktivnosti. To je povratna veza izrade planova izgradnje na oblikovanje planova.

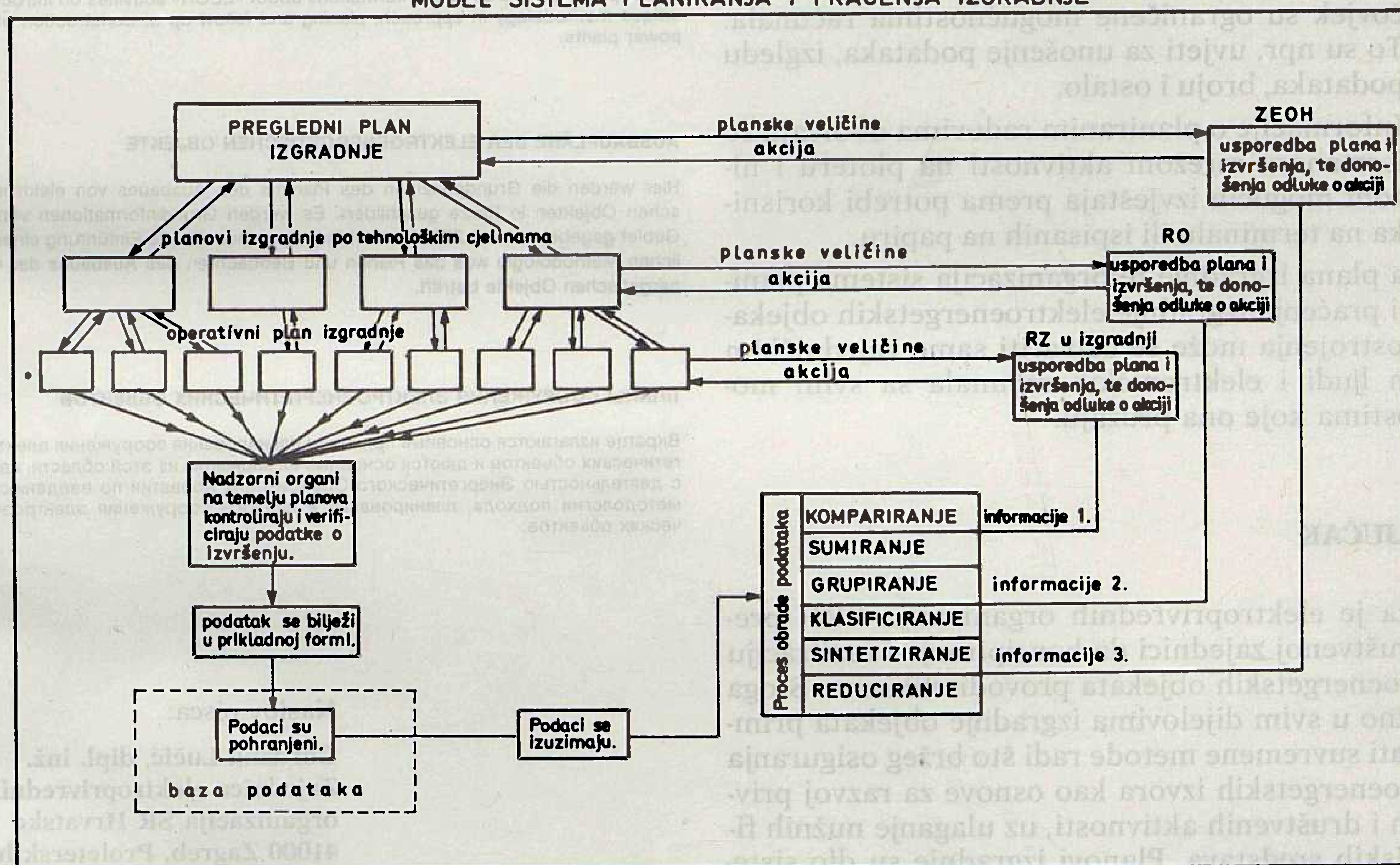
Praćenje radova po planovima izgradnje jest kontinuirani proces prikupljanja podataka, obrade podataka i informacije na temelju kojih će se utvrditi zadovoljavajuća ocjena gotovosti radova. U slučaju neizvršenja plana, planske veličine se moraju novelirati kako bi predviđanje budućnosti bilo realno u svakom momentu i predstavljalo dobru bazu za donošenje kvalitetnih odluka o daljnjim akcijama vezanim za izgradnju objekta. To je povratna veza praćenja radova po planu izgradnje na oblikovanju planova. Novelacije planova su normalne aktivnosti u planiranju tako dugotrajnih radova i zahtijevaju promjene u oblikovanju cjelokupnog plana izgradnje.

MJESTO PLANOVA IZGRADNJE U ORGANIZACIJI JEDINSTVENOG SISTEMA PLANIRANJA I PRAĆENJA IZGRADNJE ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA U ELEKTROPRIVREDI SRH

Na slici 6. prikazan je model sistema planiranja i praćenja izgradnje elektroenergetskih objekata u Elektroprivredi SRH. Pojedini dijelovi prikazanog modela sada funkcioniraju s ručnom obradom podataka. U izradi je jedinstveni sistem planiranja i praćenja izgradnje prema prikazanom modelu uz maksimalnu primjenu elektroničke obrade podataka.

Stupanj detaljiziranosti podataka u sistemu planiranja i praćenja izgradnje ovisi o hijerarhijskoj razini na kojoj se donose odluke o akcijama na temelju usporedbe opsega obavljenih radova s planskim veličinama. Najveći opseg poslova rutinskog i operativnog karaktera iz djelokruga planiranja i praćenja iz-

MODEL SISTEMA PLANIRANJA I PRAĆENJA IZGRADNJE



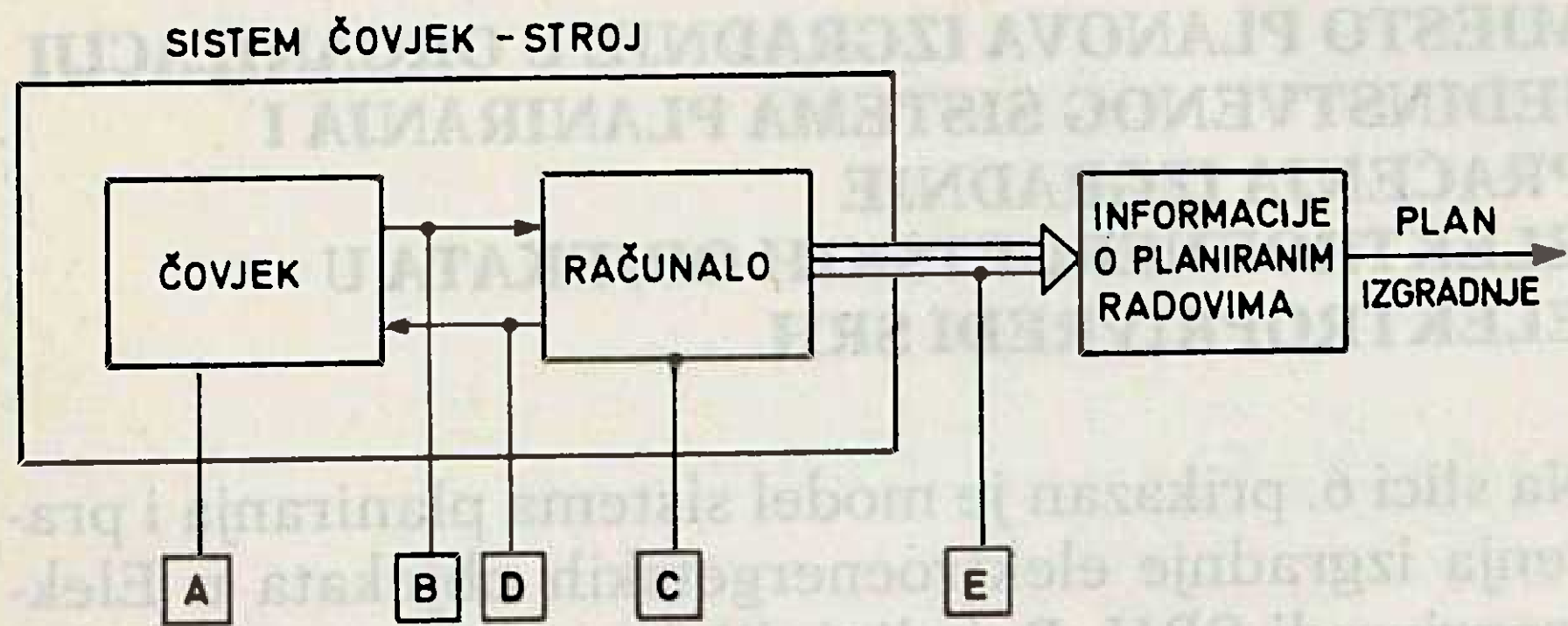
Slika 6.

gradnje obavlja se u Radnoj zajednici za izgradnju — (zbog jednostavnosti je u modelu pretpostavljeno da Radna zajednica za izgradnju predstavlja investitorsku grupu, iako u elektroprivrednoj praksi to nije uvijek slučaj). Na temelju operativnih planova izgradnje svakodnevno se prati odvijanje radova, prikupljaju se podaci koje nadzorni organi kontroliraju i verificiraju. Podaci se bilježe u prikladnoj formi i pohranjuju. Po potrebi, koriste se za obradu i selektiranje informacija o gotovosti radova. Na temelju tako pripremljenih informacija za određenu hijerarhijsku razinu donose se operativne, taktičke ili strateške odluke.

KOMUNICIRANJE IZMEĐU ČOVJEKA I ELEKTRONIČKOG RAČUNALA U IZRADI PLANOVA IZGRADNJE

Na slici 7. shematski je prikazano komuniciranje između čovjeka i računala. Slova abecede A – F dane su aktivnosti koje se trebaju obaviti u izradi planova izgradnje:

A — Čovjek organizira izradu planova izgradnje sagledavajući u cjelini sistem planiranja i praćenja izgradnje. On definira nivo detaljiziranosti plana, način oblikovanja pojedinih aktivnosti i utvrđuje oblik plana izgradnje.



Slika 7.

B — Imajući na umu mogućnost elektroničke obrade podataka, čovjek definira metode koje će se primijeniti u izradi planova izgradnje.

C — Tip elektroničkog računala i instalirani programi definiraju način obrade podataka.

D — Povratnom vezom s računala na čovjeka pokazan je utjecaj mogućnosti stroja na oblikovanju podataka. Naime, metode rada koje definira čovjek su ograničene mogućnostima računala. To su npr. uvjeti za unošenje podataka, izgledu podataka, broju i ostalo.

E — Informacije o planiranim radovima dobivaju se iscrtnom mrežom aktivnosti na ploteru i nizom mogućih izvještaja prema potrebi korisnika na terminalu ili ispisanih na papiru.

Izrada plana izgradnje te organizacija sistema planiranja i praćenja izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja može se ostvariti samo zajedničkim radom ljudi i elektroničkih računala sa svim mogućnostima koje ona pružaju.

ZAKLJUČAK

Obveza je elektroprivrednih organizacija SRH prema društvenoj zajednici da koncipiranje i realizaciju elektroenergetskih objekata provodi efikasno. Stoga je nužno u svim dijelovima izgradnje objekata primjenjivati suvremene metode radi što bržeg osiguranja elektroenergetskih izvora kao osnove za razvoj privrednih i društvenih aktivnosti, uz ulaganje nužnih financijskih sredstava. Planovi izgradnje su dio sistema planiranja i praćenja izgradnje, a to je značajan dio organizacije vođenja projekta izgradnje elektroenergetskih objekata.

Doprinos efikasnoj izgradnji, iz dijela izrade planova izgradnje, jest provedba metoda optimalizacije u oblikovanju aktivnosti i planova izgradnje u okviru mogućnosti tehnologije rada, uz podizanje razine primjene elektroničke obrade podataka u cjelokupnom sistemu planiranja i praćenja izgradnje.

LITERATURA

- [1] PERIĆ J.: »Mrežno planiranje i upravljanje«
- [2] VILA A.: »Teorija i praksa funkcioniranja organizacije«
- [3] MESAROVIĆ M. D., MACKO D., TAKAHARA Y.: »Teorija hijerarhijskih sistema sa više nivoa«

SCHEDULES FOR CONSTRUCTION OF ELECTRIC POWER PLANTS

In the article are described base principles for schedules for construction of electric power plants as well as base informations about »ZEOH« activities on introduction of unique methodology in approach, planing and follow-up of construction of electric power plants.

AUSBAUPLÄNE DER ELEKTROENERGETISCHEN OBJEKTE

Hier werden die Grundprinzipien des Planens des Ausbaues von elektroenergetischen Objekten in Kürze geschildert. Es werden Grundinformationen von diesem Gebiet gegeben die mit ZEOH in Verbindung stehen, für die Einführung einer einheitlichen Methodologie was das Planen und Beobachten des Ausbaues der elektroenergetischen Objekte betrifft.

ПЛАНЫ СООРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Вкратце излагаются основные принципы планирования сооружения электроэнергетических объектов и даются основные информации из этой области, связанные с деятельностью Энергетического Объединения Хорватии по введению единой методологии подхода, планирования и надзора сооружения электроэнергетических объектов.

Naslov pisca:

Gordana Lučić, dipl. inž.
Zajednica elektroprivrednih
organizacija SR Hrvatske
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
 1984 – 11 – 12

UVOD U PRORAČUN IMPULSNIH KARAKTERISTIKA UZEMLJIVAČA

mr Srđan Žutobradić — mr Božidar Filipović, Zagreb

UDK 621.316.99

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U članku se iznose matematičke osnove za proračun impulsnih karakteristika horizontalno ukopanih uzemljivača. Opisani algoritam obuhvaća i efekt ionizacije tla oko uzemljivača zbog utjecaja veoma velikih jakosti električnog polja uvjetovanog visokim strujama groma.

Ključne riječi: uzemljenje, atmosferski prenaponi, impulsna karakteristika uzemljivača, ionizacija tla.

1. UVOD

Ponašanje uzemljivača prilikom odvođenja struja groma u zemlju relativno je slabo istraženo područje. S druge strane, poznato je da impulsne karakteristike uzemljivača imaju veliko značenje kod zaštite elemenata elektroenergetskog sistema od atmosferskih prenapona. To se u prvom redu odnosi na uzemljivače stupova nadzemnih vodova, zatim na uzemljivače odvodnika prenapona u distributivnim mrežama itd.

Osnovna veličina koja karakterizira uzemljivač prilikom odvođenja struje groma u zemlju jest impulsna impedancija (Z). Odnos impulsne impedancije, te stacionarnog otpora uzemljivača (R) koji je mjerodavan za odvođenje 50 Hz struja u zemlju definira se kao impulsni koeficijent:

$$\alpha = \frac{Z}{R} \quad (1)$$

Navedeni koeficijent može poprimiti veoma različite vrijednosti (manje ili veće od 1), ovisno o geometrijskim karakteristikama uzemljivača, vrsti tla, te karakteristikama struje groma (trajanju čela strujnog vala i amplitude).

Prilikom proračuna impulsne impedancije uzemljivača treba uzeti u obzir neke elemente koji nemaju utjecaja kod proračuna stacionarnog otpora uzemljivača. To su u prvom redu induktivitet uzemljivača, a na terenima višeg specifičnog otpora tla i kapacitet, te proces ionizacije oko elemenata uzemljivača.

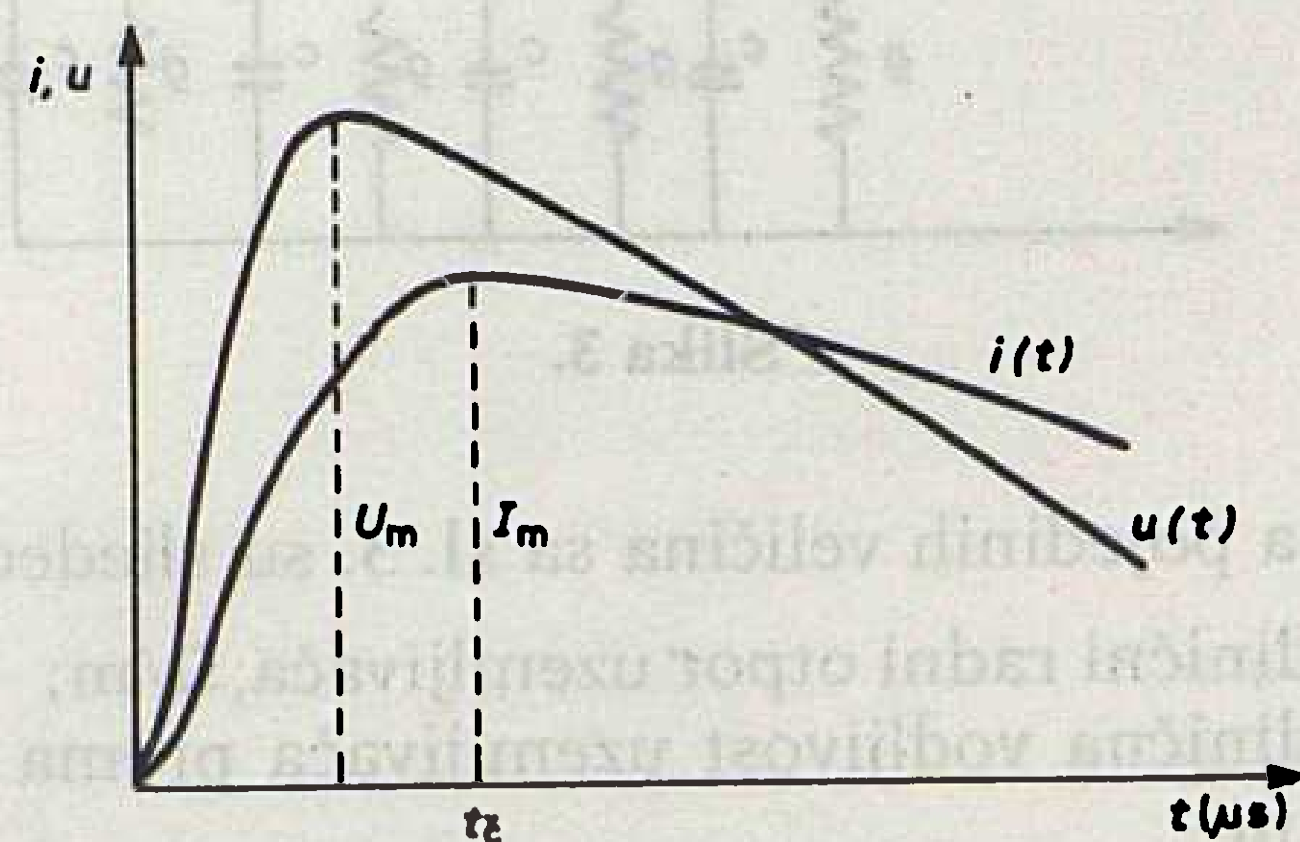
Utjecaj induktiviteta očituje se u početnom spriječavanju širenja struje groma do udaljenijih dijelova uzemljivača. S vremenom taj utjecaj slabi, a vrijednost impulsne impedancije teži stacionarnom otporu uzemljivača. Na terenima visokog specifičnog otpora tla važan je i utjecaj kapaciteta koji pridonosi smanjenju impulsne impedancije.

Utjecaj ionizacije tla dolazi do izražaja kod odvođenja velikih struja groma u zemlju. U takvim slučajevima jakost električnog polja (E) može prijeći kritičnu vrijednost (E_k) nakon koje u okolišu uzemljivača dolazi do procesa ionizacije tla. Ionizirano tlo oko uzemljivača ima veoma dobru električnu vodljivost. Zato se navedeni utjecaj uzima u obzir kao povećanje površine elemenata uzemljivača. Dakako, time se dobivaju niže impulsne impedancije u odnosu na stacionarne otpore istih uzemljivača.

U idućim poglavljima detaljnije će se ispitati izloženi utjecaji.

2. TEORIJSKE OSNOVE PRORAČUNA

Ovisnost veličine struje groma o vremenu ($I = f(t)$) u pravilu se najbolje aproksimira dvostrukom eksponencijalnom funkcijom (sl. 1). Zbog utjecaja induktiviteta uzemljivača amplituda napona na mjestu ulaska struje groma u uzemljivač prednjači u odnosu na struju (sl. 1).



Slika 1.

Vremenska ovisnost impulsne impedancije uzemljivača definira se kao:

$$Z(t) = \frac{u(t)}{i(t)} \quad (2)$$

Prema [1] za uobičajene inženjerske proračune mjerodavna je impedancija uzemljenja u trenutku $t = t_c$ odnosno u trenutku kada struja groma postiže maksimum. (sl. 1). Tada se maksimalni napon na uzemljivaču računa kao:

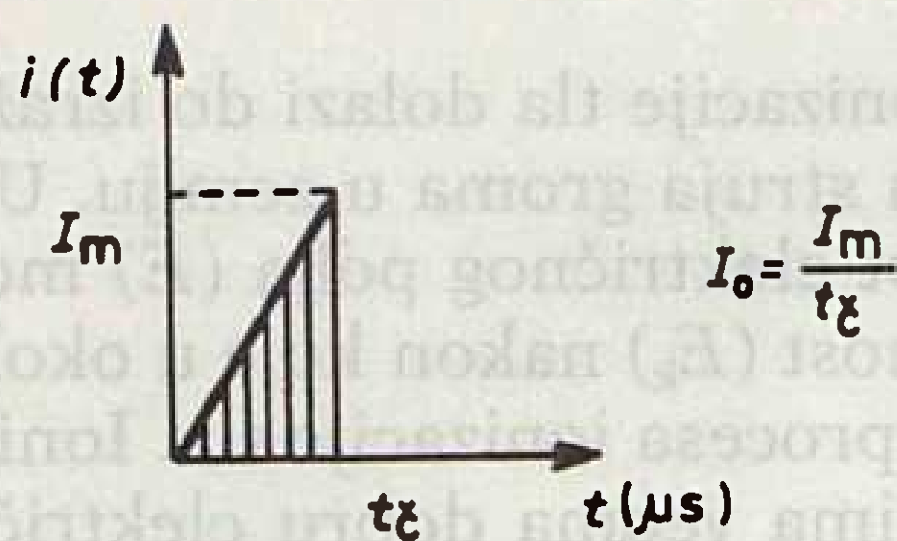
$$U_m = i(t_c) Z(t_c) = I_m Z(t_c) \quad (3)$$

Napon izračunat prema izrazu (3) ne mora uvijek odgovarati maksimalnom naponu sa sl. 1. Međutim, za praktične proračune upotreba izraza (3) potpuno zadovoljava s obzirom na netočnost proračuna uvjetovanu ulaznim podacima (karakteristike tla).

Prilikom određivanja impulsnih karakteristika uzemljivača odlučujuću ulogu ima čelo strujnog vala – $t E(o, t_c)$. Zbog toga je opravdana aproksimacija struje groma pomoću linearne funkcije:

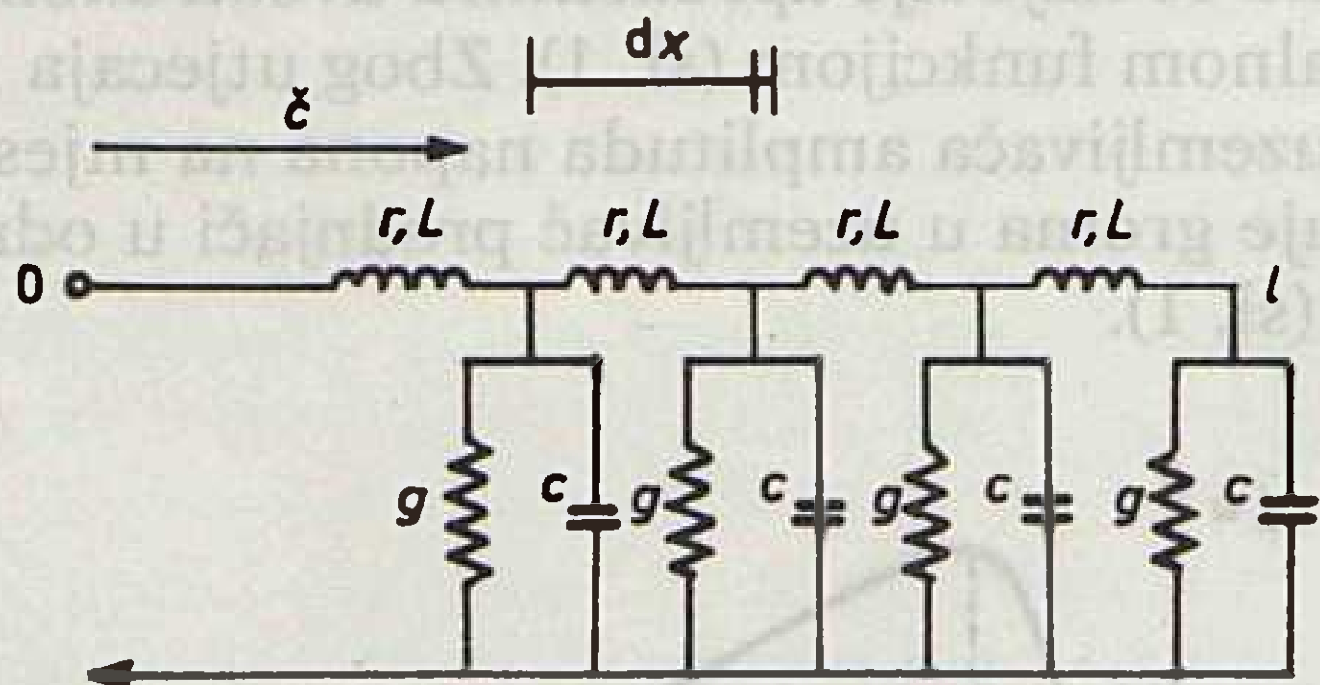
$$i(t) = I_0 t \quad (4)$$

I_0 – strmina linearno rastuće struje groma kA/μs – sl. 2.



Slika 2.

Polazište za analizu impulsnih karakteristika uzemljivača u ovom radu bit će horizontalno položeni vodič ukopan u zemlju konstantnog specifičnog otpora tla, te konstantne permeabilnosti i dielektričnosti. Da bi se utvrdila razdioba struje odvođenja s takvog uzemljivača – $i(x, t)$, te napona uzemljivača – $u(x, t)$, potrebno je matematički opisati navedeni uzemljivač koji se modelira na način prikazan na sl. 3.



Slika 3.

Značenja pojedinih veličina sa sl. 3. su sljedeća:

- r – jedinični radni otpor uzemljivača, Ω/m;
- g – jedinična vodljivost uzemljivača prema zemlji, S/m
- L – jedinični induktivitet uzemljivača, H/m;
- C – jedinični kapacitet uzemljivača, F/m.

Prema [2] navedeni parametri horizontalno ukopanog uzemljivača računaju se kao:

$$r = \rho_u \frac{1}{a^2 \pi}$$

$$g = \frac{\pi}{\rho \left(\ln \frac{2l}{\sqrt{2ha}} - 1 \right)} \quad (5)$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{\sqrt{2ha}} - 1 \right)$$

$$C = \frac{\pi \epsilon_0 (1 + \epsilon_r)}{\left(\ln \frac{2l}{\sqrt{2ha}} - 1 \right)}$$

ρ_u – specifični otpor ukopanog vodiča, Ω mm²/m

a – polumjer ukopanog vodiča, m;

h – dubina ukopavanja, m;

μ_0 – permeabilnost tla, 0,4 π μH/m;

ϵ_0 – dielektrična konstanta, 8,85 · 10⁻¹² m;

ϵ_r – relativna dielektričnost tla;

ρ – specifični otpor tla, Ω/m;

l – dužina uzemljivača, m;

Primjenom Kirchoffovih zakona na elementarni dio uzemljivača na sl.3. dobivaju se uobičajene parcijalne diferencijalne jednačbe koje opisuju širenje elektromagnetskog vala duž uzemljivača:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + L \frac{\partial i}{\partial t} + r i = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial i}{\partial x} + C \frac{\partial u}{\partial t} + g u = 0$$

Dakako, struja i napon su funkcije prostora (x) i vremena (t). Prilikom rješavanja gornjeg sustava pretpostavlja se da su parametri uzemljivača (r, L, C, g) konstantni. Kod velikih struja groma to nije točna pretpostavka jer se zbog procesa ionizacije povećava efektivni polumjer uzemljivača (a), što uvjetuje promjenu parametara uzemljivača. No, uzimanje u obzir tog utjecaja obradit će se u idućem poglavlju.

Sustav jednačbi (6) može se riješiti primjenom dvostruke Laplaceove transformacije. U slučaju da se struja groma modelira pomoću linearno rastuće struje (sl. 2) dobivaju se sljedeći izrazi za struju i napon [1, 3]:

$$i(x, t) = I_0 \left\{ \frac{l-x}{l} t - \frac{4\pi\delta}{\tau^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin k\pi \frac{x}{l}}{k(\delta^2 + \omega_k^2)^2} [1 - e^{-\delta t} (\cos \omega_k t + \frac{\delta^2 - \omega_k^2}{2\delta\omega_k} \sin \omega_k t)] \right\} \quad (7)$$

$$u(x, t) = I_0 \left\{ \frac{1}{g l} t - \frac{C}{g^2 l} (1 - e^{-2\delta t}) + \frac{2 L v^2}{l} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos k\pi \frac{x}{l}}{\delta^2 + \omega_k^2} [1 - e^{-\delta t} (\cos \omega_k t) + \frac{\delta}{\omega_k} \sin \omega_k t] \right\} \quad (8)$$

Jednadžbe 7 i 8 dobivene su uz zanemarenje radnog otpora ukopanog vodiča (r); time se čini samo neznatna greška. Pojedini parametri iz gornjih izraza računaju se kao:

$$\omega_k = \sqrt{\left(\frac{k\pi}{\tau}\right)^2 - \sigma^2} \quad \text{— kružna frekvencija članova Fourierovog reda}$$

$$\tau = \frac{l}{v} \quad \text{— vrijeme putovanja vala po vodiču dužine } l$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{— brzina širenja vala}$$

$$\delta = \frac{g}{2C}$$

$$\sigma = -\frac{g}{2C}$$

Impulsna impedancija uzemljivača računa se kao omjer napona uzemljivača na mjestu ulaska struje groma u njega, te struje groma:

$$Z(o, t) = \frac{u(o, t)}{i(o, t)} \quad (9)$$

Za slučaj linearno rastuće struje groma (sl. 2) dobiva se sljedeća relacija:

$$Z(o, t) = \frac{1}{gl} - \frac{C}{g^2 lt} (1 - e^{-2\delta t}) + \frac{2Lv^2}{lt} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\delta^2 + \omega_k^2} [1 - e^{-\delta t} (\cos \omega_k t + \frac{\delta}{\omega_k} \sin \omega_k t)] \quad (10)$$

Potrebno je uočiti da prvi član izraza (10) predstavlja stacionarni otpor uzemljivača pri 50 Hz:

$$R_o = \frac{1}{gl} \quad (11)$$

Prilikom određivanja veličina $i(x, t)$, $u(x, t)$ i $Z(o, t)$ posebnu pažnju treba obratiti izračunavanju sume beskonačnih redova. Ti redovi u svakom slučaju konvergiraju. Međutim, na terenima nižeg specifičnog otpora tla prvih nekoliko članova redova su imaginarnog karaktera, jer tada vrijedi:

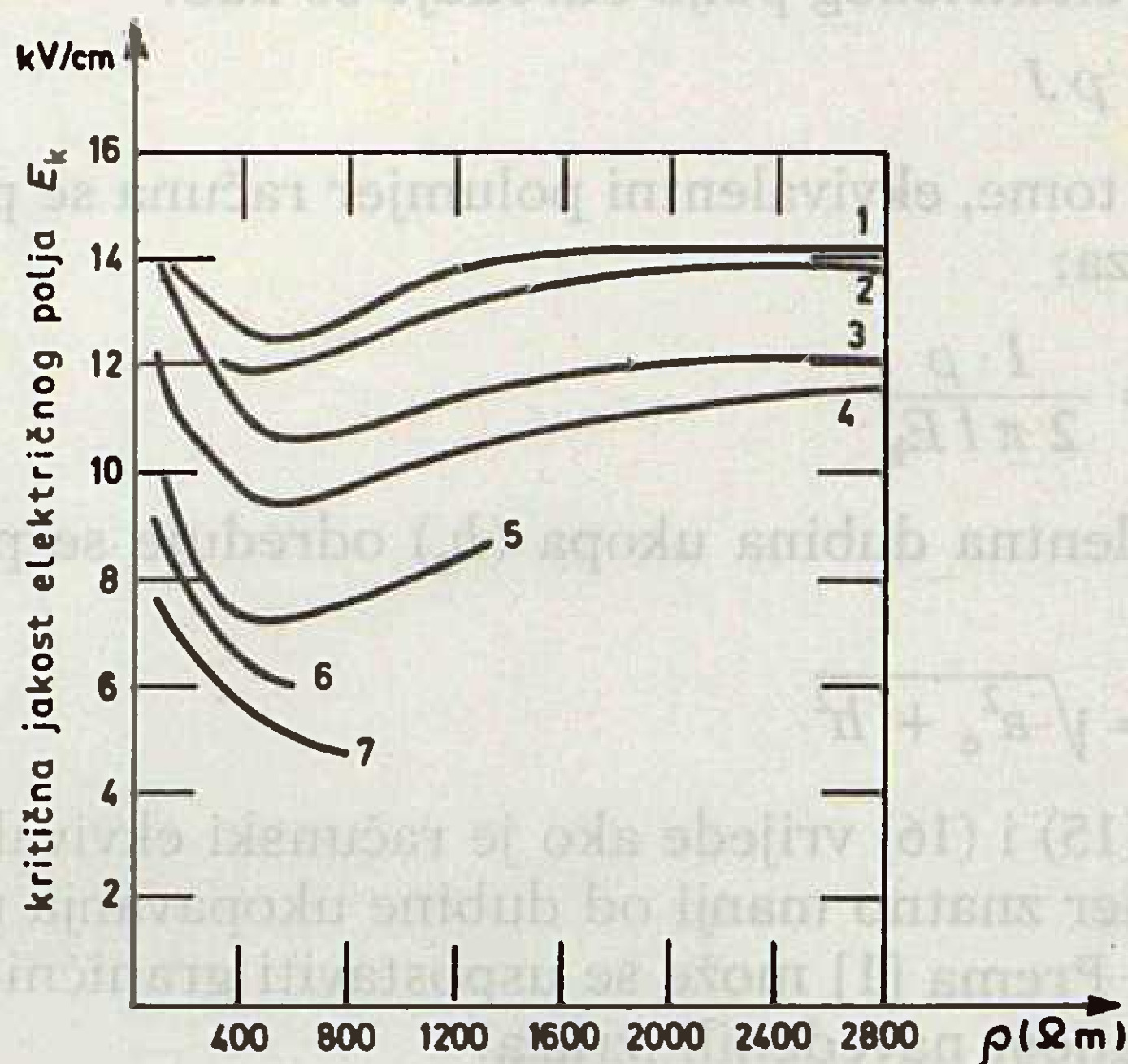
$$\frac{k\pi}{\tau} < \sigma \quad \text{odnosno } \omega_k \text{ jest imaginarni broj}$$

Za one članove beskonačnih redova koji ispunjavaju gornji uvjet trigonometrijske funkcije ($\sin(\omega_k t)$ i $\cos(\omega_k t)$) prelaze u hiperbolne funkcije.

3. UTJECAJ IONIZACIJE TLA OKO UZEMLJIVAČA NA IMPULSNE KARAKTERISTIKE

Pri odvođenju veoma velikih struja groma sa elementa uzemljivača u zemlju može doći do procesa ionizacije zemljišta u okolišu elemenata uzemljivača. Navedeni proces nastupit će uvijek kada gustoća struje odvođenja s uzemljivača prijede iznos koji stvara

električno polje veće jakosti od kritične (E_k). Problem koji se ovdje nameće jest određivanje kritičnog polja (E_k) za različite vrste zemljišta. U literaturi [1, 4] je moguće naći rezultate eksperimentalnih istraživanja koja su vršena u inozemstvu. Na sl. 4. dani su dijagrami iz [1] koji prikazuju ovisnost kritične jakosti električnog polja (E_k) nakon koje nastupa proces ionizacije u tlu.



Slika 4.

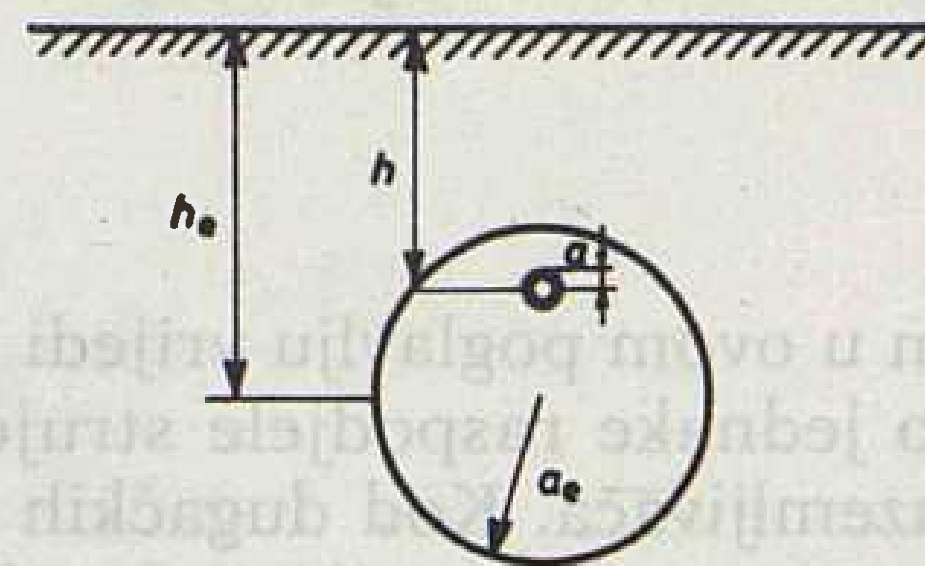
Dijagrami sa sl. 4. odnose se na različite vrste tla, te različita vremena do nastupa ionizacije — t_i (tabl. 1).

Ako oko nekog elementa uzemljivača dođe do procesa ionizacije, stvara se zona veoma velike vodljivosti u odnosu prema okolnom tlu (sl. 5). Zbog toga utjecaj zone ionizacije može se uzeti u obzir prilikom proračuna kao povećanje polumjera uzemljivača s vrijednosti a na vrijednost a_e .

Tablica 1.

Vrste tla

Vrsta tla	t_i u μs
1 pijesak	3
2 pijesak	5
3 žuta glina	3
4 žuta glina	5
5 biljni humus	3
6 crvena glina	3
7 crvena glina	5



Slika 5.

Prilikom određivanja ekvivalentnog polumjera (a_e) polazi se od pretpostavke da je struja odvođenja u zemlju duž razmatranog elementa približno jednaka,

te da ima veličinu I . Površinska gustoća struje računa se kao:

$$J = \frac{I}{A_z} \quad (12)$$

gdje je:

$$A_z = 2a_e \pi l \quad (13)$$

Jakost električnog polja određuje se kao:

$$E = \rho J \quad (14)$$

Prema tome, ekvivalentni polumjer računa se pomoću izraza:

$$a_e = \frac{I \cdot \rho}{2 \pi l E_k} \quad (15)$$

Ekvivalentna dubina ukopa (h_e) određuje se prema [1]:

$$h_e = \sqrt{a_e^2 + h^2} \quad (16)$$

Izrazi (15) i (16) vrijede ako je računski ekvivalentni polumjer znatno manji od dubine ukopavanja uzemljivača. Prema [1] može se uspostaviti granični uvjet za valjanost navedenih izraza:

$$a_e \leq \frac{h}{\sqrt{3}} \quad (17)$$

Za uobičajene dubine ukopavanja horizontalnih uzemljivača (0,5 do 0,7 m) gornji uvjet daje vrijednosti:

$$a_e (0,29 \text{ do } 0,40) \text{ m} \quad (18)$$

Kod veoma velikih struja groma i velikih specifičnih otpora tla centar zone ionizacije približava se površini zemlje, a zona se izobličuje. Tada se može usvojiti pretpostavka da je ekvivalentni vodič smješten na površini zemlje, odnosno da se parametri horizontalno položenog uzemljivača računaju kao:

$$g = \frac{\pi}{\rho \left(\ln \frac{2l}{a_e} - 1 \right)}$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{a_e} - 1 \right) \quad (19)$$

$$C = \frac{\pi \epsilon_0 (1 + \epsilon_r)}{\left(\ln \frac{2l}{a_e} - 1 \right)}$$

Izrazi (19) koriste se kada vrijedi uvjet:

$$a_e > \frac{h}{\sqrt{3}} \quad (20)$$

Pristup izložen u ovom poglavlju vrijedi uz pretpostavku približno jednake raspodjele struje odvođenja sa elementa uzemljivača. Kod dugačkih uzemljivača ($l > 30$ m) ta pretpostavka nije zadovoljena. Međutim, uzemljivači kod kojih je potrebno razmatrati impulsne karakteristike u pravilu su izvedeni od elementa manjih dimenzija (uzemljivači stupova nadzemnih vodova). Osim toga, važno je uočiti sljedeće: na terenima višeg specifičnog otpora tla postiže se pri-

bližno ravnomjerna raspodjela struje odvođenja u zemlju i kod većih dužina elemenata uzemljivača. S druge strane, upravo na takvim terenima zona ionizacije poprima značajnije vrijednosti, kao što se vidi iz izraza (15). Ekvivalentni polumjer je proporcionalan specifično otporu tla. Na terenima nižeg specifičnog otpora tla. Na terenima nižeg specifičnog otpora tla jednolika raspodjela struje odvođenja sa elementa uzemljivača u zemlju postiže se samo kod veoma kratkih uzemljivača. No, na takvim terenima zona ionizacije obično ne poprima znatnije dimenzije prema izrazu (15), pa prema tome ne utječe bitno na rezultate proračuna impulsne impedancije. Dakako, ovo razmatranje o raspodjeli struje odvođenja sa elementa uzemljivača ne vrijedi neposredno nakon pojave strujnog vala, nego u vremenu postizavanja njegovog maksimuma (t_ξ).

Prilikom upotrebe izraza (15) treba voditi brigu o određivanju struje — I . U pravilu to je samo dio ulazne struje groma, jer se ona obično uvodi u uzemljivač na barem dva mijesta (kod stupova nadzemnih vodova), te se dijeli na više elemenata uzemljivača.

4. REZULTATI PRORAČUNA IMPULSNIH KARAKTERISTIKA UZEMLJIVAČA

Proračuni impulsnih impedancija horizontalno ukopanih uzemljivača obavljani su na temelju matematičkog modela iz pogl. 2. Pri tome su usvojene sljedeće pretpostavke:

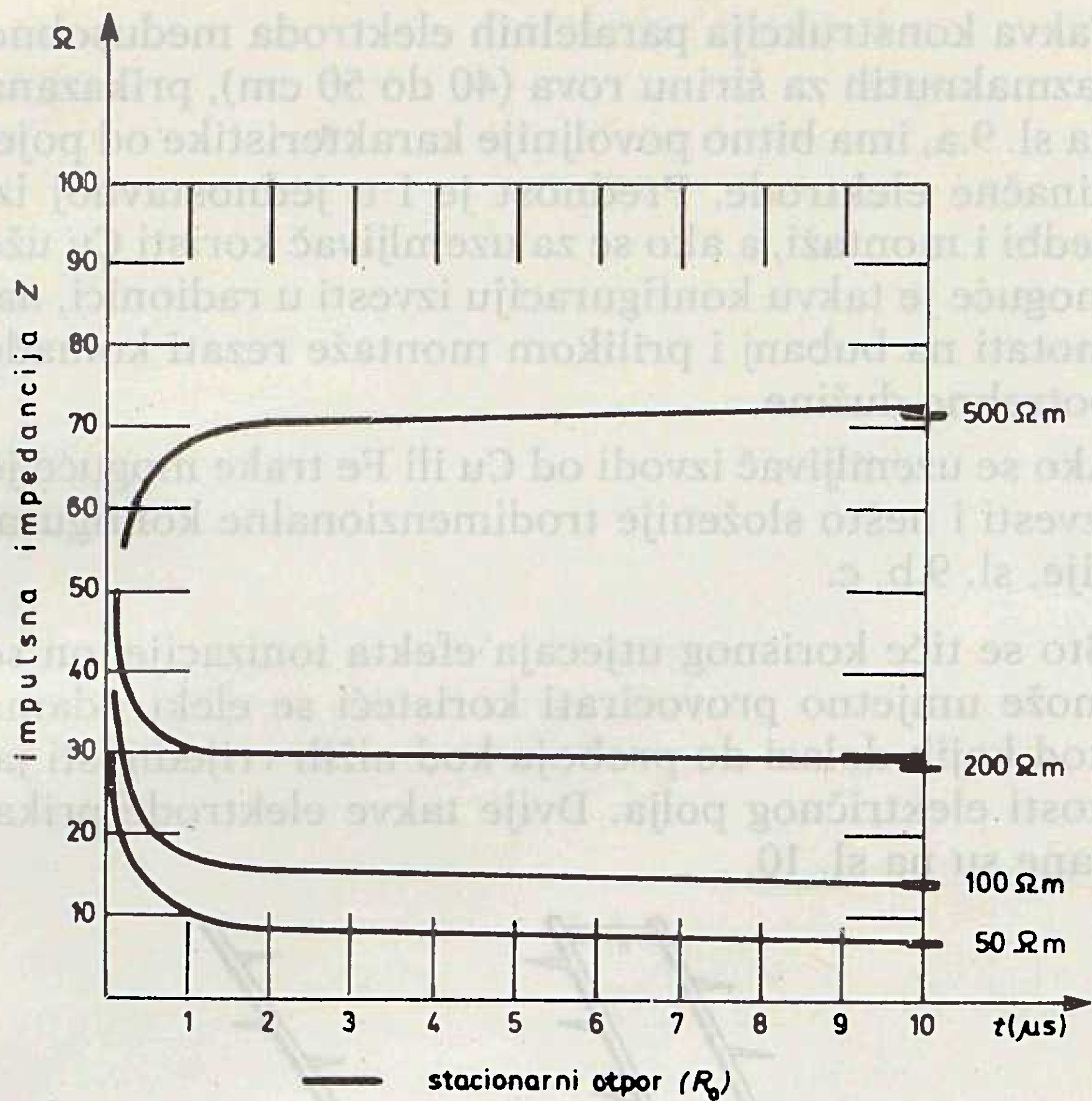
- dužina uzemljivača: $l = 10$ m; $l = 30$ m
- dubina ukopavanja: $h = 0,6$ m
- polumjer uzemljivača: $a = 0,005$ m
- rel. dielektrična konstanta: $\epsilon_r = 21$

Prema [5] relativne dielektrične konstante tla nalaze se u granicama od 4 do 70. Prva vrijednost karakteristična je za veoma suho zemljište, a druga za destiliranu vodu.

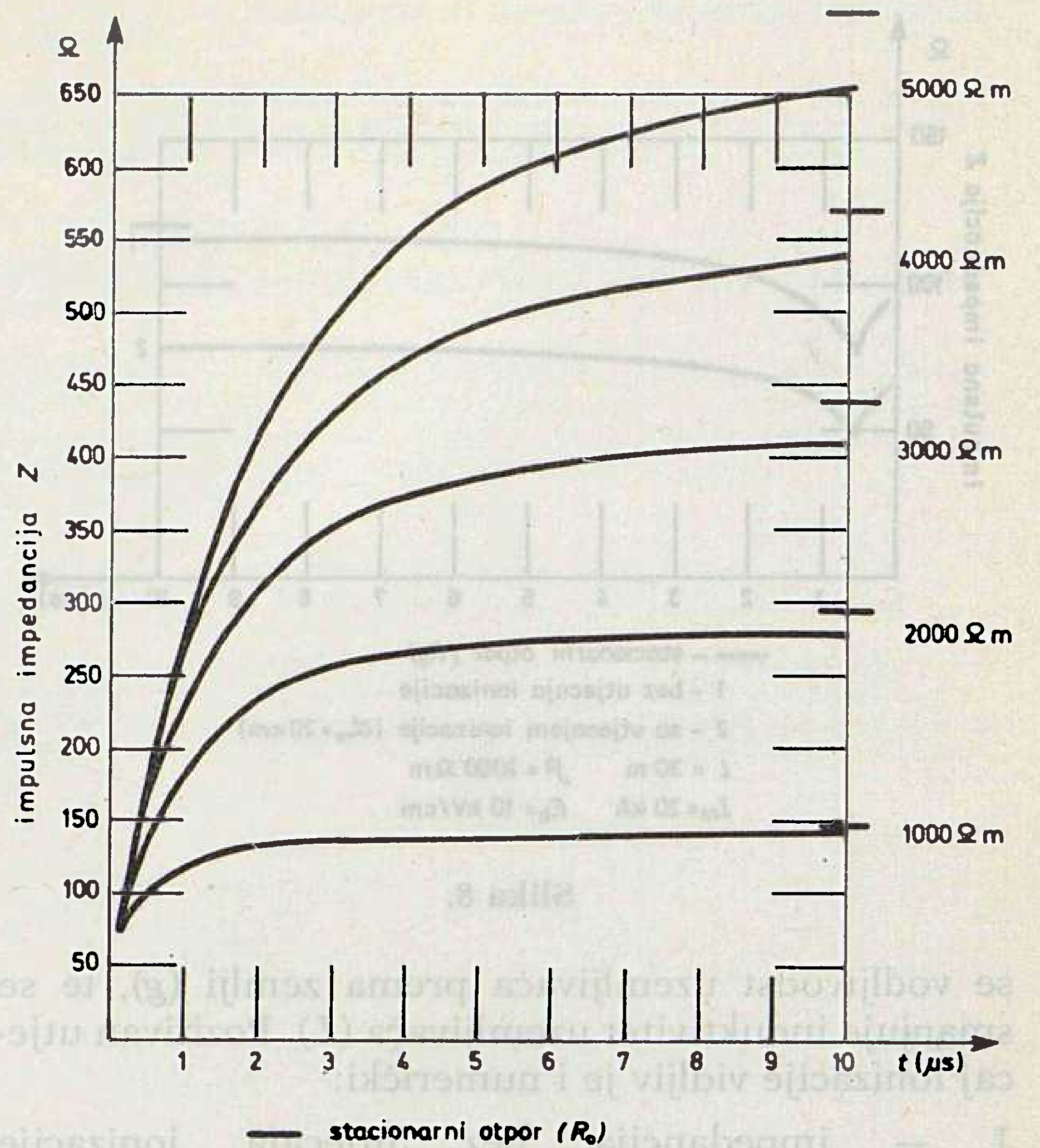
Rezultati proračuna impulsnih impedancija horizontalno ukopanih uzemljivača dani su na sl. 6. i 7. Prikazani rezultati dobiveni su uz zanemarenje ionizacije oko uzemljivača.

Iz dobivenih rezultata vidljiva je razlika između veličine impulsne impedancije uzemljivača i stacionarnog otpora uzemljivača (R_0). Ta razlika je naročito značajna kod gromova s veoma kratkim trajanjem čela vala (t_ξ), što je i logično. Inače, prema [6] 95% gromova ima trajanje čela groma duže od 1,8 μ s, a 50% gromova ima trajanje čela duže od 4,5 μ s. Prema tome, za uobičajene inženjerske potrebe treba računati s impulsnim impedancijama iz intervala $Z(1,8 \mu$ s) do $Z(4,5 \mu$ s).

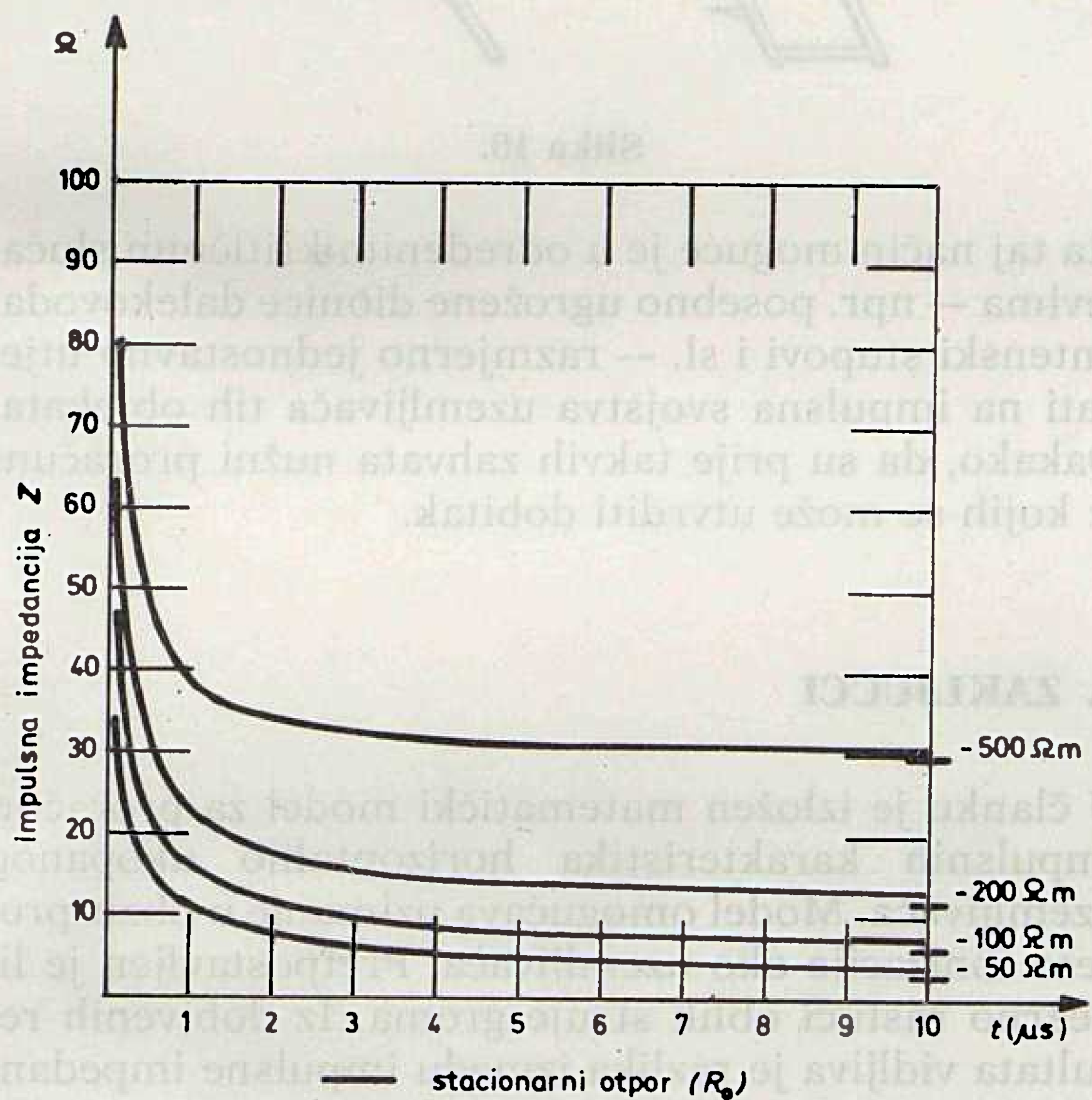
Posebno je važan utjecaj kapaciteta uzemljivača na terenima veoma visokog specifičnog otpora tla ($\rho > 2000 \Omega$ m). Na takvim terenima impedancija postaje manja od stacionarnog otpora uzemljivača, što je veoma povoljno.



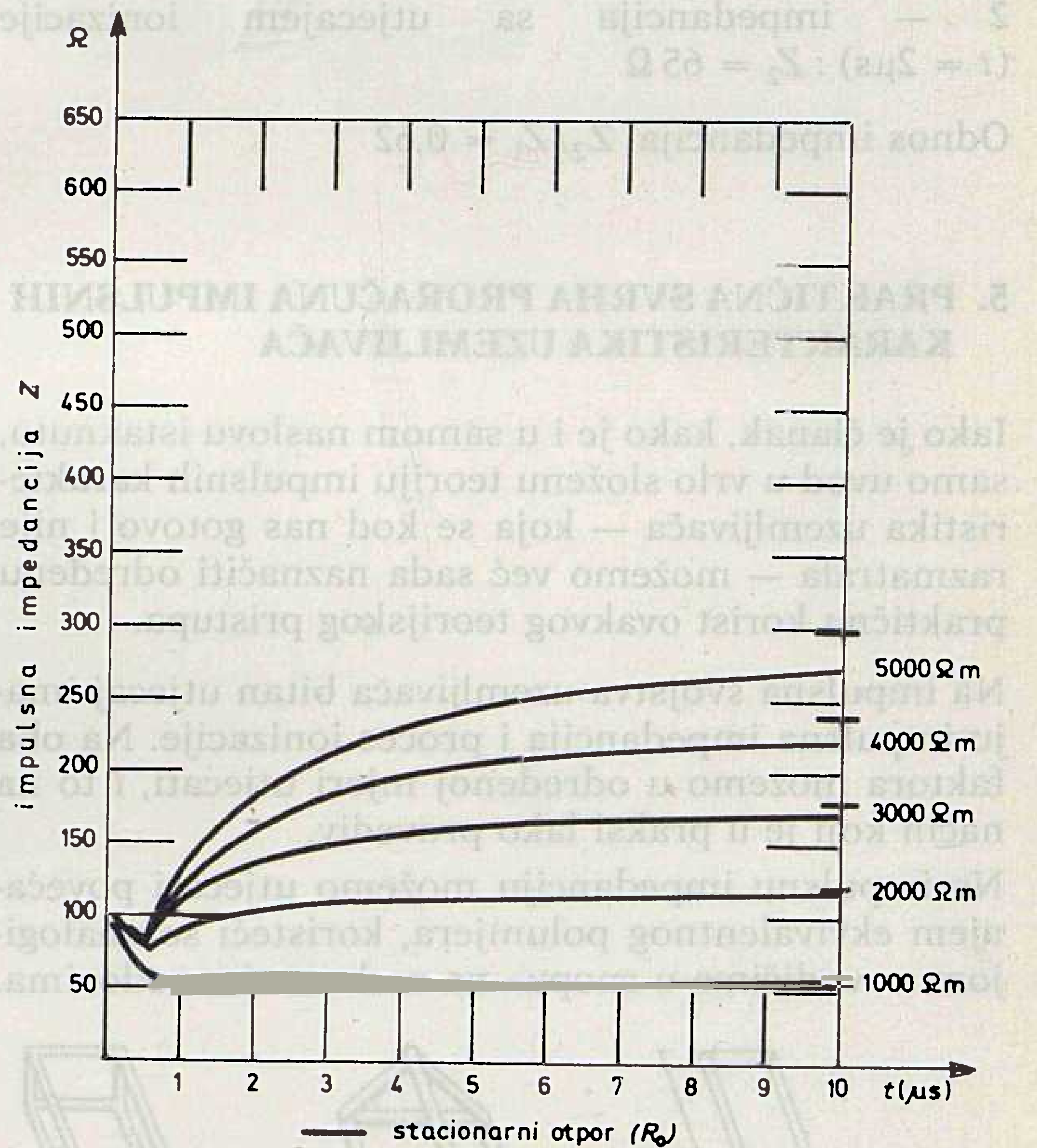
Slika 6.a



Slika 6.b



Slika 7.a



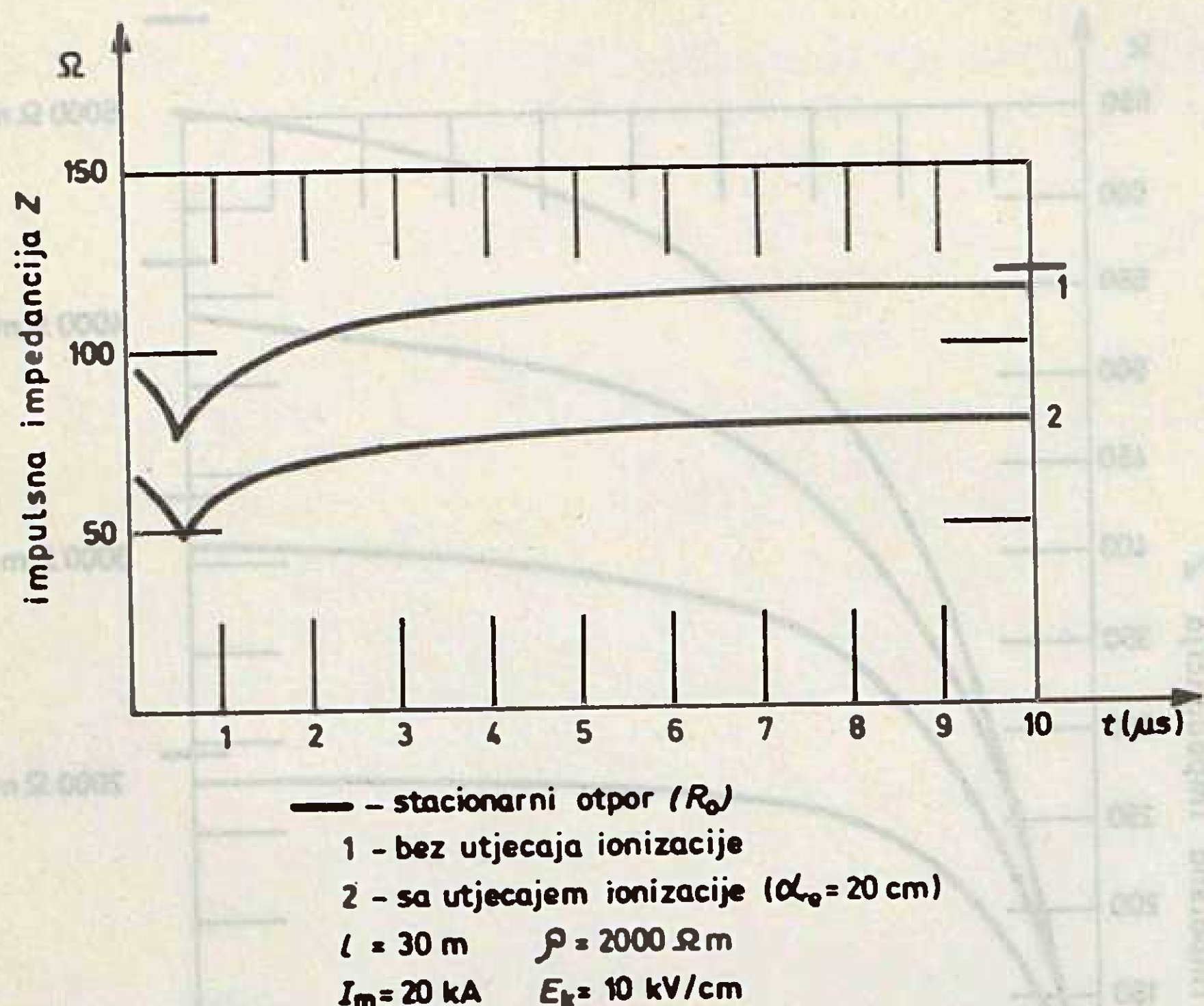
Slika 7.b

S druge strane, na terenima veoma niskog specifičnog otpora tla ($\rho < 100 \Omega\text{m}$) prilično je izražen utjecaj induktiviteta uzemljivača, tako da nema velike razlike između impulsne impedancije uzemljivača dužine $l = 10 \text{ m}$ i $l = 30 \text{ m}$ (za trajanja čela groma kraća od $4 \mu\text{s}$). Na takvim terenima je impulsna impedancija obično viša od stacionarnog otpora uzemljivača, a naročito kod uzemljivača dužih od 10 m .

Utjecaj ionizacije tla oko uzemljivača razmotren je uz pretpostavku da ekvivalentni polumjer (a_e) iz-

nosi 20 cm . Takav polumjer se dobiva za horizontalno ukopani uzemljivač dužine 30 m , na terenu specifičnog otpora $2000 \Omega\text{m}$, uz kritičnu jakost električnog polja od 10 kV/cm te struju groma od 20 kA . Na sl. 8. prikazane su impulsne impedancije takvog uzemljivača sa uzimanjem i bez uzimanja utjecaja ionizacije tla.

Očit je izuzetno povoljan utjecaj procesa ionizacije na smanjivanje impulsne impedancije. S povećanjem ekvivalentnog polumjera (zbog ionizacije) povećava



Slika 8.

se vodljivost uzemljivača prema zemlji (g), te se smanjuje induktivitet uzemljivača (L). Pozitivan utjecaj ionizacije vidljiv je i numerički:

- 1 — impedancija bez utjecaja ionizacije ($t = 2\mu s$): $Z_1 = 104 \Omega$
 2 — impedancija sa utjecajem ionizacije ($t = 2\mu s$): $Z_2 = 65 \Omega$

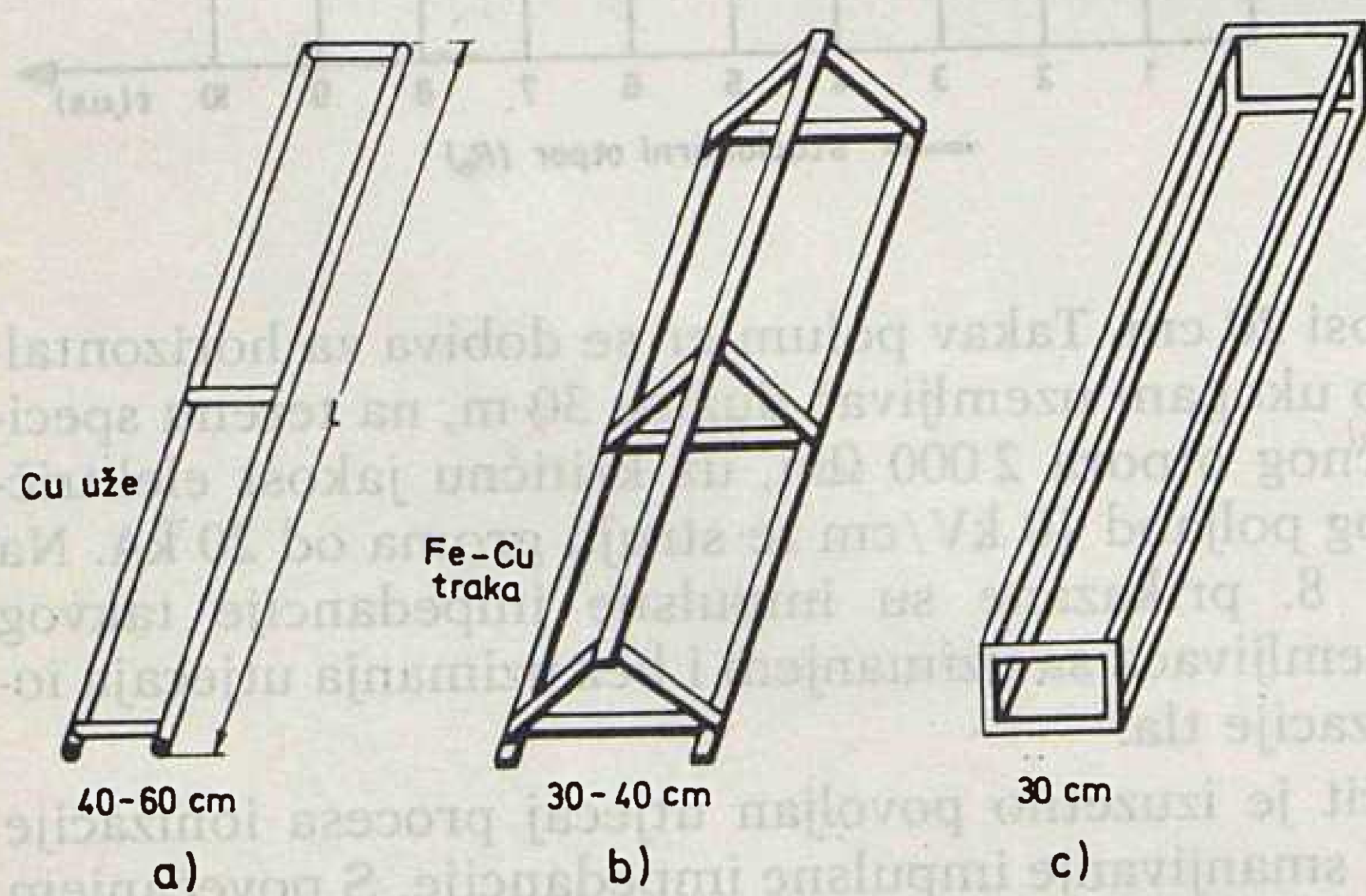
Odnos impedancija: $Z_2/Z_1 = 0,62$

5. PRAKTIČNA SVRHA PRORAČUNA IMPULSNIH KARAKTERISTIKA UZEMLJIVAČA

Iako je članak, kako je i u samom naslovu istaknuto, samo uvod u vrlo složenu teoriju impulsnih karakteristika uzemljivača — koja se kod nas gotovo i nije razmatrala — možemo već sada naznačiti određenu praktičnu korist ovakvog teorijskog pristupa.

Na impulsnim svojstvima uzemljivača bitan utjecaj imaju impulsnim impedancija i proces ionizacije. Na oba faktora možemo u određenoj mjeri utjecati, i to na način koji je u praksi lako provediv.

Na impulsnim impedanciju možemo utjecati povećanjem ekvivalentnog polumjera, koristeći se analogijom s »vodičima u snopu« na nadzemnim vodovima.

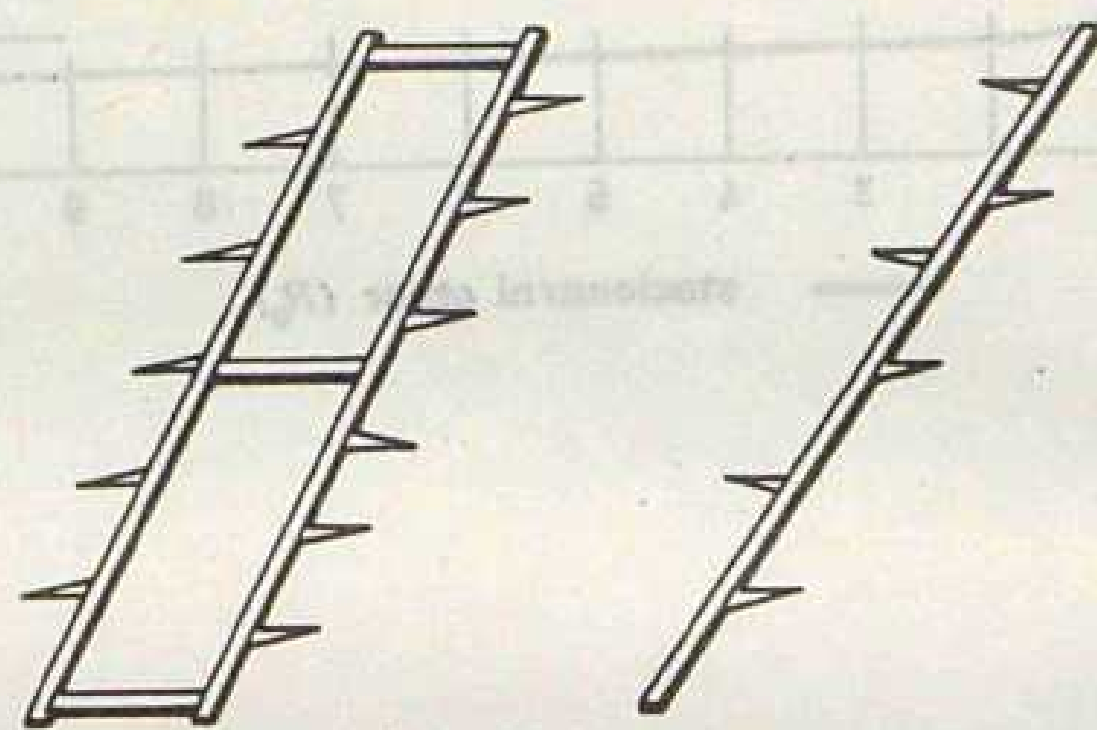


Slika 9.a, b, c

Takva konstrukcija paralelnih elektroda međusobno razmaknutih za širinu rova (40 do 50 cm), prikazana na sl. 9.a, ima bitno povoljnije karakteristike od pojedinačne elektrode. Prednost je i u jednostavnoj izvedbi i montaži, a ako se za uzemljivač koristi Cu užeta moguće je takvu konfiguraciju izvesti u radionici, namotati na bubanj i prilikom montaže rezati komade potrebne dužine.

Ako se uzemljivač izvodi od Cu ili Fe trake moguće je izvesti i nešto složenije trodimenzionalne konfiguracije, sl. 9.b, c.

Što se tiče korisnog utjecaja efekta ionizacije, on se može umjetno provocirati koristeći se elektrodama kod kojih dolazi do proboja kod nižih vrijednosti jakosti električnog polja. Dvije takve elektrode prikazane su na sl. 10.



Slika 10.

Na taj način moguće je u određenim kritičnim slučajevima — npr. posebno ugrožene dionice dalekovoda, antenski stupovi i sl. — razmjerno jednostavno utjecati na impulsnim svojstva uzemljivača tih objekata. Dakako, da su prije takvih zahvata nužni proračuni iz kojih se može utvrditi dobitak.

6. ZAKLJUČCI

U članku je izložen matematički model za proračun impulsnih karakteristika horizontalno ukopanog uzemljivača. Model omogućava uzimanje u obzir procesa ionizacije oko uzemljivača. Pretpostavljen je linearno rastući oblik struje groma. Iz dobivenih rezultata vidljiva je razlika između impulsnim impedancije uzemljivača i stacionarnog otpora uzemljivača (pri strujama 50 Hz). Ta razlika je naročito važna kod odvođenja struja groma sa kratkim trajanjem čela vala.

Razlike koje se javljaju u odnosu na stacionarne otpore uvjetovane su značajnim utjecajem induktiviteta uzemljivača kod odvođenja struja groma, zatim utjecajem kapaciteta na terenima visokog specifičnog otpora tla, te utjecajem veoma visokih struja groma koje stvaraju zonu ionizacije oko uzemljivača.

Izloženi model zasnovan je na analizi uzemljivača izvedenog od samo jednog horizontalno ukopanog elementa (trake ili užeta). No, bez obzira na to, dobiveni rezultati mogu poslužiti kao dobra osnova za razmatranje impulsnih karakteristika i složenijih konfiguracija uzemljivača. Ta činjenica posebno vrijedi za uzemljivače jednostavnijih oblika (kod stupova nad-

zemnih vodova), a upravo kod njih je značajna analiza impulsnih karakteristika.

Poseban problem pri razmatranju impulsnih karakteristika uzemljivača jest nesigurnost ulaznih podataka, kao što su specifični otpor tla, dielektričnost tla, kritična jakost električnog polja za određeno zemljište, amplitude struja gromova i trajanja čela gromova. Primjena mjernih metoda za određivanje navedenih parametara ograničena je zbog veoma visokih troškova. Zato bi u budućnosti trebalo navedenim problemima pristupiti pomoću stohastičkih metoda.

LITERATURA

- [1] RYABKOVA E. J.: »Zazemljenja v ustanovkah vjisokogo naprjaženija«, knjiga, Energia, Moskva, 1978.
- [2] SUNDE E.: »Earth Conduction Effects in Transmission Systems«, knjiga, D. Van Nostrand, 1949.
- [3] VELAZQUEZ R., MUKHEDKAR D.: »Analytical Modeling of Grounding Electrodes Transient Behavior«, IEEE PAS, No. 6, 1984.
- [4] KOZSTALUK R., LOBODA M., MUKHEDKAR D.: »Experimental Study of Transient Ground Impedances«, IEEE PAS, No. 11, 1981.
- [5] VERMA R., MUKHEDKAR D.: »Fundamental Considerations and Impulse Impedance of Grounding Grids«, IEEE PAS, No. 3, 1981.
- [6] ANDERSON R., ERIKSSON A.: »Lighting Parameters for Engineering Application«, Electra, No 69, 1980.
- [7] TUMA J.: »Engineering Mathematics Handbook«, knjiga, McGraw-Hill Book Company, 1979.

INTRODUCTION TO CALCULATION OF IMPULSE CHARACTERISTICS GROUNDING SYSTEMS

In the article are presented mathematical base methods for calculation of impulse characteristics of horizontal buried grounding systems. Described algorithm takes in account ground ionisation effect due to strong electrical field of lightning.

EINFÜHRUNG IN DIE VERRECHNUNG DER IMPULSCHARAKTERISTIKEN DER ERDUNGSGERÄTE

Im Artikel werden mathematische Grundsätze für die Verrechnung der Impulscharakteristiken der horizontalen eingegrabenen Erdungsgeräte geschildert. Umfaßt wird der Effekt der Ionisierung des Bodens um das Erdungsgerät, wegen der sehr großen Stärken des elektrischen Feldes, bedingt durch hohe Blitzströme.

ВВЕДЕНИЕ В РАСЧЕТ ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

В статье приводятся математические основы расчета импульсных характеристик горизонтально проложенных заземлителей. Описанный алгоритм охватывает также эффект ионизации грунта вокруг заземлителя, вследствие влияния весьма больших напряженностей электрического поля, обусловленной сильными токами молнии.

Naslov pisaca:

mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Boidar Filipović, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
 1984 – 04 – 27

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OUR **Elektroprenos**

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:
prijenos električne energije, izrađuje studije,
razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje
elektroprijenosnih postrojenja i telekomunikacio-
nih uređaja, te svojim vozilom marke

Kaelble

i prikolicom

Scheuerle

prevozi teški teret do 120 tona.

OUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB
Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

KORIŠTENJE TERCIJARA U 10(20) kV MREŽI PULE I POREČA

Anton Brščić — mr Luciano Delbianco, Pula

UDK 621.314.21: 621.311.4

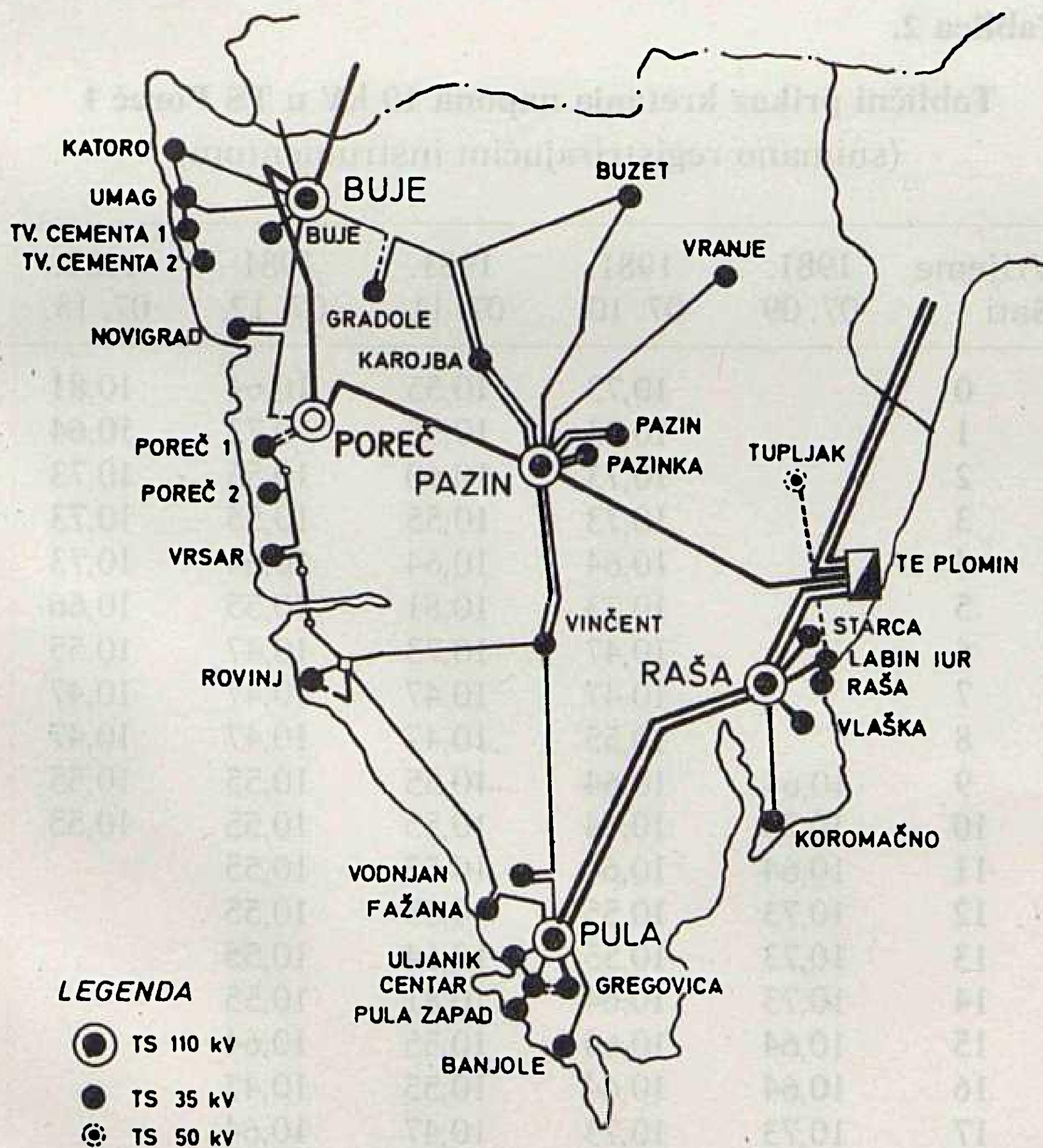
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazano je kako su korištenjem tercijara u TS 110/35/10 kV Pula i Poreč osjetno smanjeni padovi napona, a povećana sigurnost u napajanju 10(20) kV potrošača. Naponske razlike između tercijara i 10(20) kV strana susjednih TS 35/10(20) kV onemogućavale su prilikom manevara paralelan rad. Izborom odgovarajućeg položaja preklopki za promjenu prijenosnog omjera transformatora taj je nedostatak uspješno otklonjen.

Ključne riječi: transformator, opterećeni tercijar, paralelni rad, pad napona, preklopka za regulaciju.

1. UVOD

Od ukupno pet 110 kV trafo-stanica na području RO »Elektroistra« Pula, prenosni omjer 110/35 kV imaju tri trafo-stanice (Buje, Pazin i Raša), 110/35/10 kV dvije (Pula i Poreč) (sl. 1).



Slika 1. Prikaz 110 kV trafo-stanica na području RO »Elektroistra« Pula

Osnovne karakteristike trafo-stanica Pula i Poreč prikazane su u tablici 1.

Tablica 1.

Karakteristične veličine transformatora u TS Pula i Poreč

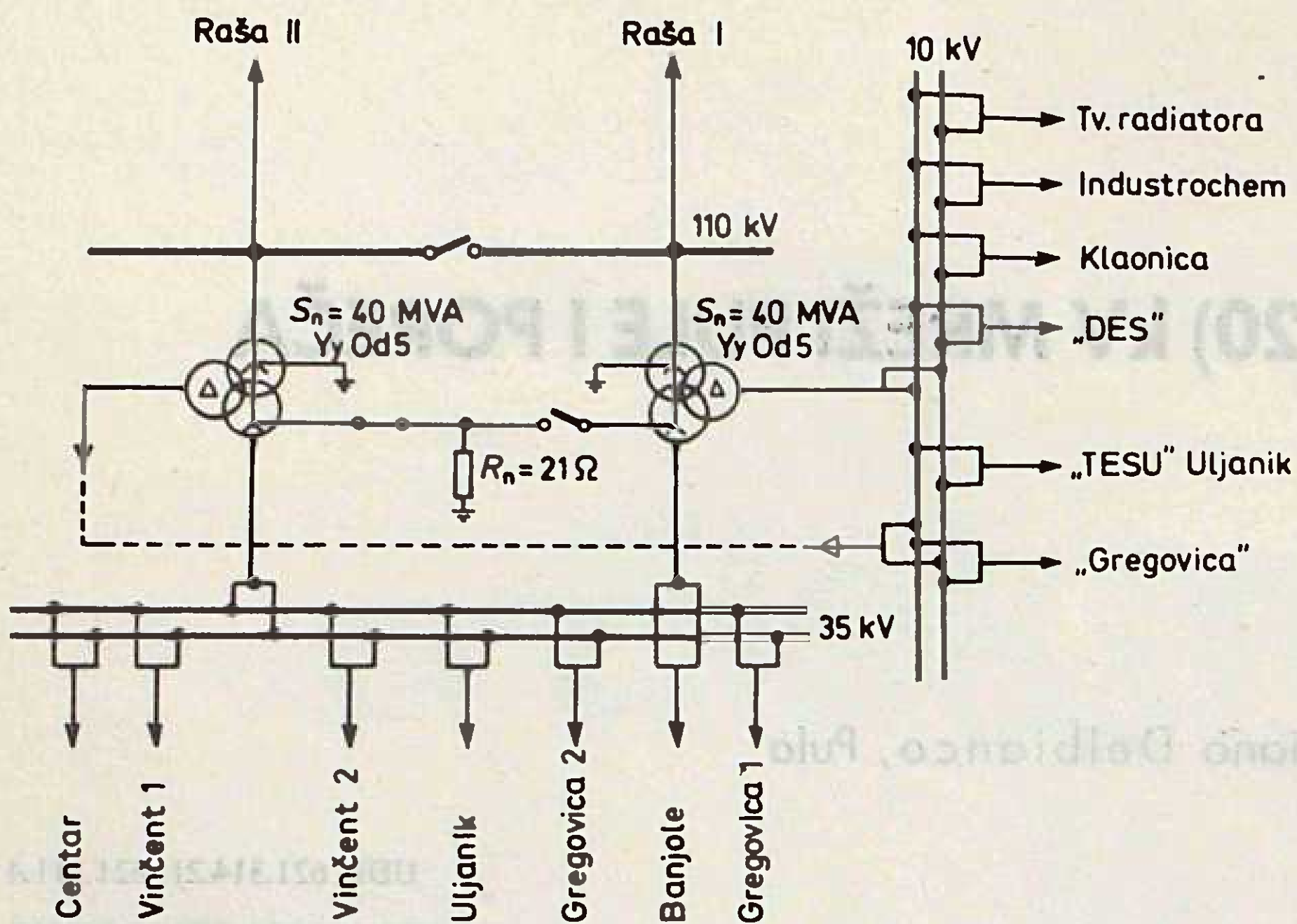
Naziv TS	Pula	Poreč
Broj transformatora (kom)	2	1
Nazivna snaga (MVA)	2 × (40/40/13,3)	40/40/13,3
Prijenosni omjer (kV/kV/kV)	110 ± 10 × 1,5% / 36,75/10,5	110 ± 10 × 1,5% / 36,75/10,5
Grupa spoja	YN, YnO, d5	YN, YnO, d5
Naponi kratkog spoja e12/e13/e23 (%)	11/11,2/7 11/11,2/7	11,22/12,36/8,03
Uzemljenje nul-točke:		
— primara	direktno	direktno
— sekundara	R = 21 Ω 1000 A	R = 70 Ω 300 A
— tercijara	izolirano	izolirano

Iz tabl. 1. proizlazi da su oba tercijara iskorištena za napajanje 10(20) kV mreže, i to sa trećinom nominalne snage transformatora.

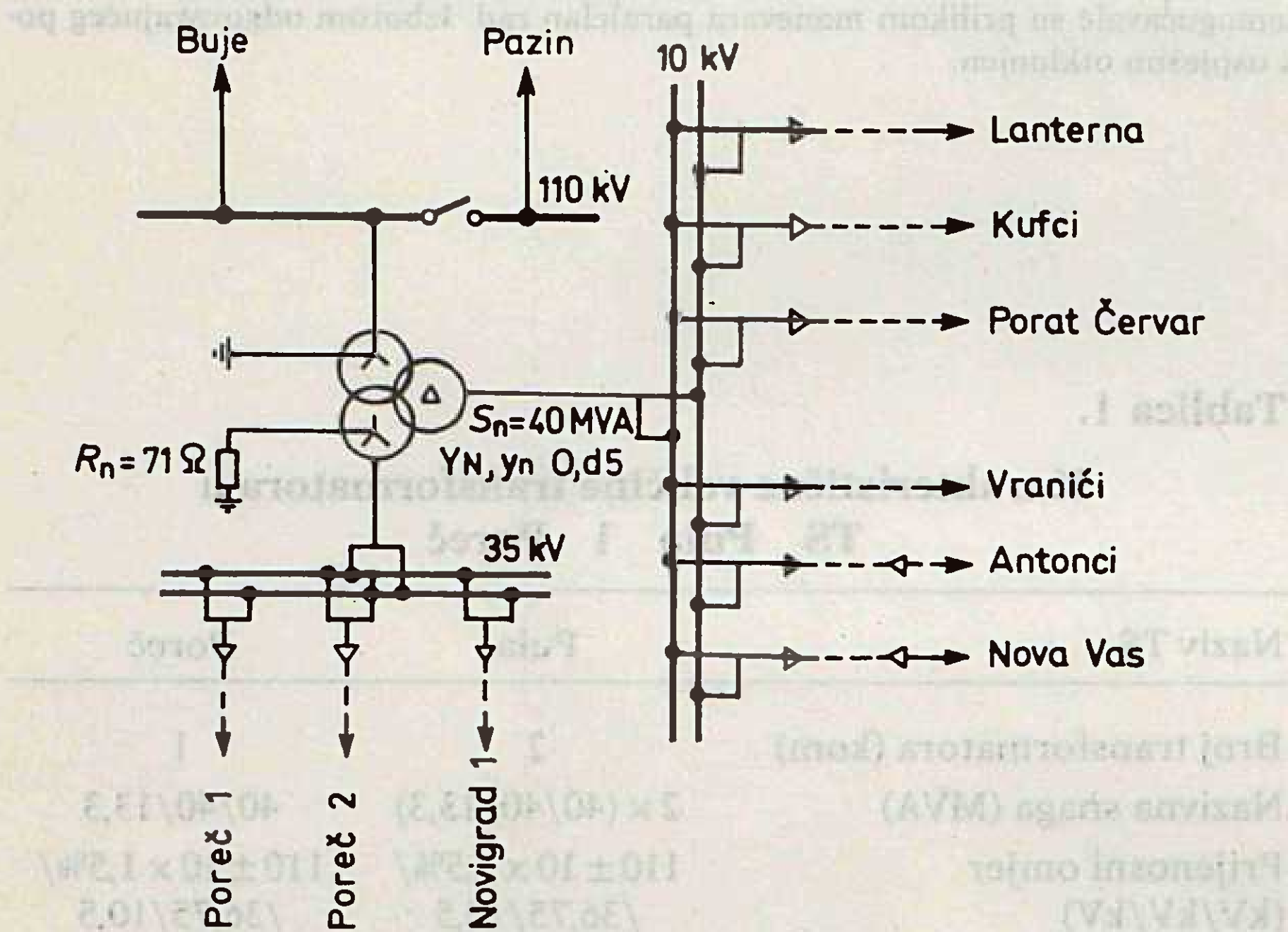
Iz tercijara TS Pula (2 × 13,3 MVA) potrošači se napajaju kabelskom mrežom (sl. 2), a iz tercijara TS Poreč mješovitom (sl. 3).

Puštanjem u pogon razmatranih trafo-stanica (TS Pula — 1957. godine i TS Poreč — 1980. godine) bitno su poboljšane naponske prilike u sredjonaponskoj mreži. Međutim, naponske razlike na 35, odnosno 10(20) kV strani nisu omogućavale elastičan i pouzdan pogon. Naime, zbog čestih potreba raspodjele opterećenja prilikom radova u 10(20) kV mreži, nije bilo moguće (pa čak ni kratkotrajno) uspostaviti paralelan rad tercijara i ostalih galvanskih povezanih TS 35/10(20) kV.

Bilo je tako i slučajeva da u trenucima većih opterećenja, ulaskom u paralelni rad tercijara i neke od TS 35/10(20) kV zbog struje izjednačenja proradi nadstrujna zaštita i isključi po neki transformator.



Slika 2. Shema napajanja 10 kV mreže iz tercijsara TS Pula



Slika 3. Shema napajanja 10(20) kV mreže iz tercijsara TS Poreč

Ovu je neugodnu pojavu trebalo izbjeći podešavanjem visine 10(20) kV napona, ali uz zadržavanje mogućnosti paralelnog rada na 35 kV strani.

Nakon detaljne analize to je i postignuto najprije u Puli (1980. god.), a zatim i u Poreču (1982. god.).

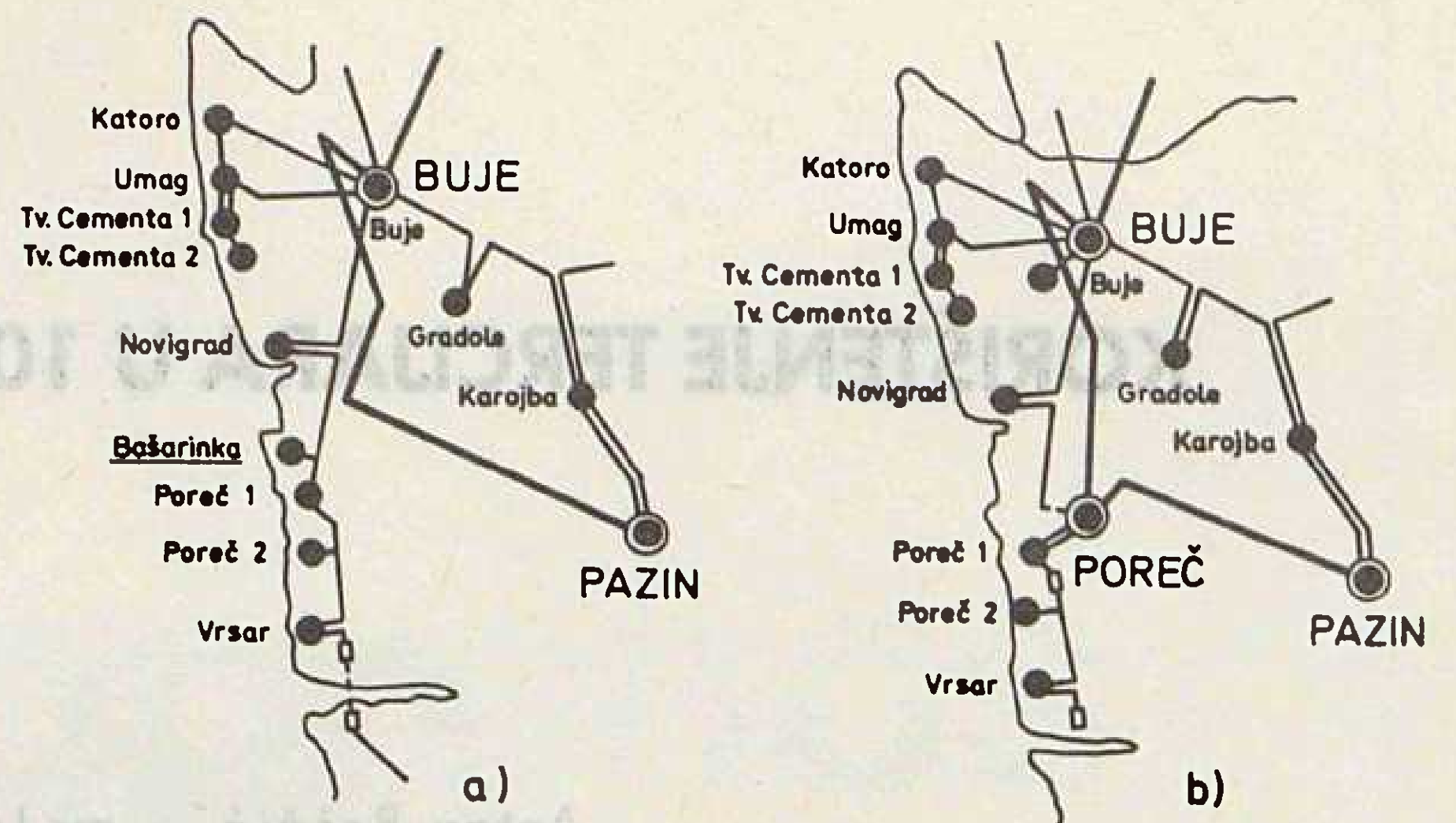
U oba slučaja korištena je slična metodologija rada, a u ovom članku prikazana je ona primijenjena u mreži Poreča.

2. STANJE MREŽE PRIJE REGULACIJE NAPONA

Izgradnjom TS 110/35/10 kV Poreč značajno su poboljšane naponske prilike u 35 i 10(20) kV mreži, a korištenjem tercijsara, instalirane snage 13,3 MVA omogućeno je i eliminiranje privremeno postavljene TS 35/10 kV Bašarinka (sl. 4).

Do početka korištenja tercijsara naponske su razlike između pojedinih TS 35/10(20) kV bile minimalne, pa se i paralelan rad u 10(20) kV mreži jednostavno uspostavljao.

Tercijar je, međutim, izazvao poremećaj naponske ravnoteže, a zbog većih struja izjednačenja paralelan rad tercijsara i TS 35/10(20) kV Poreč 1 bio je moguć samo kod nižih opterećenja.



Slika 4. Shema napajanja 35 kV mreže u Poreču:
a) prije TS 110/35/10 kV Poreč,
b) nakon TS 110/35/10 kV Poreč

Uvjeti rada međusobno povezanih TS 35/10(20) kV Poreč 1 i Poreč 2, te Poreč 2 i Vrsar, ostali su nepromijenjeni, a razmjena opterećenja u 10(20) kV mreži odvijala se bez prekida u napajanju.

Ne treba posebno naglašavati da su naponske razlike bile minimalne (položaj preklopki za promjenu prijenosnog omjera na 35 kV strani bio je za sve tri trafostanice jednak, odnosno »multi«), pa time zanemari-ve struje izjednačenja.

A o takvom stanju svjedoči i dijagram napona na 10(20) kV strani TS 35/10(20) kV Poreč 1 i Vrsar, snimljen u doba vršnog opterećenja, tj. od 9. do 13. 7. 1981. godine (tabl. 2. i 3).

Tablica 2.

Tablični prikaz kretanja napona 10 kV u TS Poreč 1 (snimano registrirajućim instrumentom)

Vrijeme Sati	1981. 07. 09	1981. 07. 10.	1981. 07. 11.	1981. 07. 12.	1981. 07. 13.
0		10,73	10,55	10,64	10,81
1		10,73	10,55	10,73	10,64
2		10,73	10,60	10,55	10,73
3		10,73	10,55	10,55	10,73
4		10,64	10,64	10,64	10,73
5		10,73	10,81	10,55	10,66
6		10,47	10,73	10,47	10,55
7		10,47	10,47	10,47	10,47
8		10,55	10,47	10,47	10,47
9	10,64	10,64	10,55	10,55	10,55
10	10,73	10,64	10,55	10,55	10,55
11	10,64	10,64	10,55	10,55	
12	10,73	10,55	10,55	10,55	
13	10,73	10,55	10,64	10,55	
14	10,73	10,64	10,81	10,55	
15	10,64	10,64	10,55	10,64	
16	10,64	10,64	10,55	10,47	
17	10,73	10,73	10,47	10,64	
18	10,64	10,55	10,47	10,55	
19	10,55	10,55	10,55	10,55	
20	10,55	10,47	10,38	10,47	
21	10,73	10,73	10,47	10,55	
22	10,73	10,73	10,73	10,73	
23	10,73	10,64	10,64	10,81	
24	10,73	10,55	10,64	10,81	

Tablica 3.

Tablica napona registriranih u TS 35/10 kV
Vrsar na 10 kV

Vrijeme Sati	1981. 07. 09	1981. 07. 10.	1981. 07. 11.	1981. 07. 12.	1981. 07. 13.
0		10,48	10,34	10,42	10,5
1		10,42	10,32	10,46	10,4
2		10,48	10,38	10,40	10,45
3		10,44	10,38	10,40	10,46
4		10,42	10,40	10,42	10,48
5		10,50	10,46	10,42	10,42
6		10,32	10,45	10,32	10,26
7		10,30	10,22	10,34	10,26
8		10,28	10,28	10,30	10,22
9		10,34	10,28	10,30	
10	10,4	10,40	10,30	10,28	
11	10,4	10,46	10,32	10,28	
12	10,4	10,34	10,36	10,30	
13	10,35	10,34	10,42	10,30	
14	10,48	10,42	10,50	10,42	
15	10,40	10,42	10,32	10,42	
16	10,40	10,44	10,32	10,28	
17	10,42	10,5	10,30	10,38	
18	10,40	10,34	10,24	10,30	
19	10,30	10,28	10,32	10,32	
20	10,30	10,26	10,32	10,26	
21	10,50	10,40	10,35	10,30	
22	10,45	10,45	10,48	10,28	
23	10,48	10,42	10,44	10,48	
24	10,48	10,34	10,42	10,5	

Tablica 5.

Usporedna tablica napona registriranih 10. 07. 1981.
u TS Poreč 1 i Tercijaru TS 110 kV Poreč

Sati	Poreč 1 kV	Tercijar kV	$\Delta \mu$ kV
0	10,73	10,19	0,54
1	10,73	10,22	0,51
2	10,73	10,18	0,55
3	10,73	10,14	0,59
4	10,64	10,14	0,50
5	10,73	10,20	0,53
6	10,47	10,20	0,27
7	10,47	10,12	0,35
8	10,55	10,10	0,45
9	10,64	10,15	0,49
10	10,64	10,22	0,42
11	10,64	10,18	0,46
12	10,55	10,18	0,37
13	10,55	10,12	0,43
14	10,64	10,24	0,40
15	10,64	10,18	0,46
16	10,64	10,19	0,45
17	10,73	10,28	0,45
18	10,55	10,28	0,27
19	10,55	10,12	0,43
20	10,47	10,15	0,32
21	10,73	10,19	0,54
22	10,73	10,23	0,50
23	10,64	10,26	0,38
24	10,55	10,10	0,45
Srednja vrijednost	10,63	10,18	0,45

Tablica 4.

Tablični prikaz napona na 10 kV za TS 110/35/10 kV
Poreč (Tercijar)

Vrijeme Sati	1981. 07. 09	1981. 07. 10.	1981. 07. 11.	1981. 07. 12.	1981. 07. 13.
0		10,19	10,1	10,18	10,20
1		10,22	10,1	10,18	10,15
2		10,18	10,08	10,12	10,18
3		10,14	10,1	10,12	10,18
4		10,14	10,1	10,14	10,18
5		10,20	10,18	10,22	10,15
6		10,20	10,18	10,08	10,11
7		10,12	10,05	10,08	10,05
8		10,10	10,14	10,12	10,08
9		10,15	10,08	10,08	10,10
10		10,22	10,10	10,08	10,18
11	10,18	10,18	10,08	10,08	
12	10,21	10,18	10,13	10,06	
13	10,20	10,12	10,15	10,08	
14	10,20	10,24	10,22	10,16	
15	10,20	10,18	10,08	10,18	
16	10,18	10,19	10,09	10,08	
17	10,18	10,28	10,08	10,15	
18	10,20	10,28	10,08	10,12	
19	10,14	10,12	10,15	10,12	
20	10,08	10,15	10,08	10,1	
21	10,23	10,19	10,10	10,08	
22	10,18	10,23	10,12	10,15	
23	10,20	10,26	10,18	10,20	
24	10,19	10,1	10,18	10,20	

Za potrebe ove predmetne analize u isto vrijeme snimljen je i dijagram kretanja napona na tercijaru TS 35/10(20) kV Poreč (tabl. 4).

U tablici 5. radi usporedbe prikazani su naponi TS Poreč 1 i TS 110 kV Poreč (za petak 10. 7. 1981) — vidi dijagram na sl. 5.

Iz tabl. 5. proizlazi da je napon u TS Poreč 1 konstantno viši, sa srednjom vrijednošću odstupanja

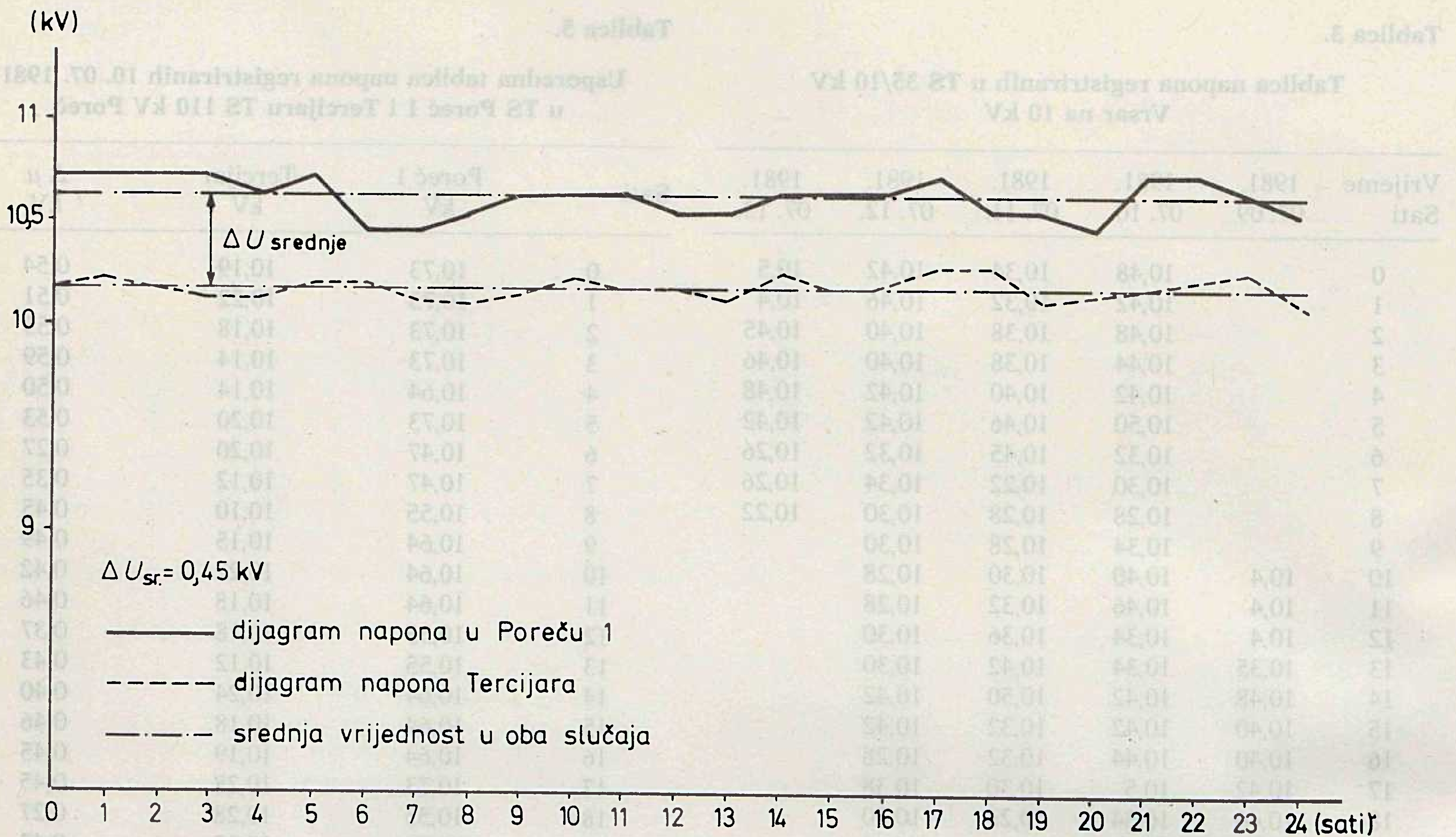
$$\Delta \mu = 0,45 \text{ kV} \quad (1)$$

Maksimalna razlika napona, postignuta u 03 sata, iznosi 0,59 kV, a minimalna, zabilježena u 06 i 18 sati 0,27 kV.

Kao posljedica prevelike naponske razlike, između tercijara i Poreča 1 javlja se struja izjednačenja, koja dodatno opterećuje transformator u TS Poreč 1 i koja može biti uzrok njegova ispadanja uslijed preopterećenja.

Dakle, da bi se omogućio nesmetan paralelni rad, trebalo je napon na tercijaru povećati, a istovremeno napon u TS Poreč 1 smanjiti.

Međutim, smanjenje napona u poreču 1 poremetilo je ravnotežu između Poreča 1 i Poreča 2, te Poreča 2 i Vrsara, što znači da navedeni zahvati nisu bili dovoljni.



Slika 5. Dijagrami napona 10 kV 10. 07. 1981. za Poreč 1 i tercijsar

2.1. Proračun padova napona

Padovi napona izračunati su za 35 kV mrežu područja Poreč, prema sl. 6, za vrijeme vršnih opterećenja pojedinih trafo-stanica:

TS POREČ 1	$P_{vr} = 6 \text{ MW}$
TS POREČ 2	$P_{vr} = 4 \text{ MW}$
TS VRSAR	$P_{vr} = 4 \text{ MW}$
TS NOVIGRAD	$P_{vr} = 2,4 \text{ MW}$

TS 35/10(20) kV Novigrad može se napajati i iz TS 110 kV Poreč, pa je i ona uzeta u obzir prilikom proračuna.

S obzirom na strukturu potrošača razmatranog područja može se bez većih grešaka konstatirati da vršna opterećenja nastupaju istovremeno.

3. PRIJEDLOG IZBORA ODGOVARAJUĆEG POLOŽAJA PREKLOPKI TRANSFORMATORA

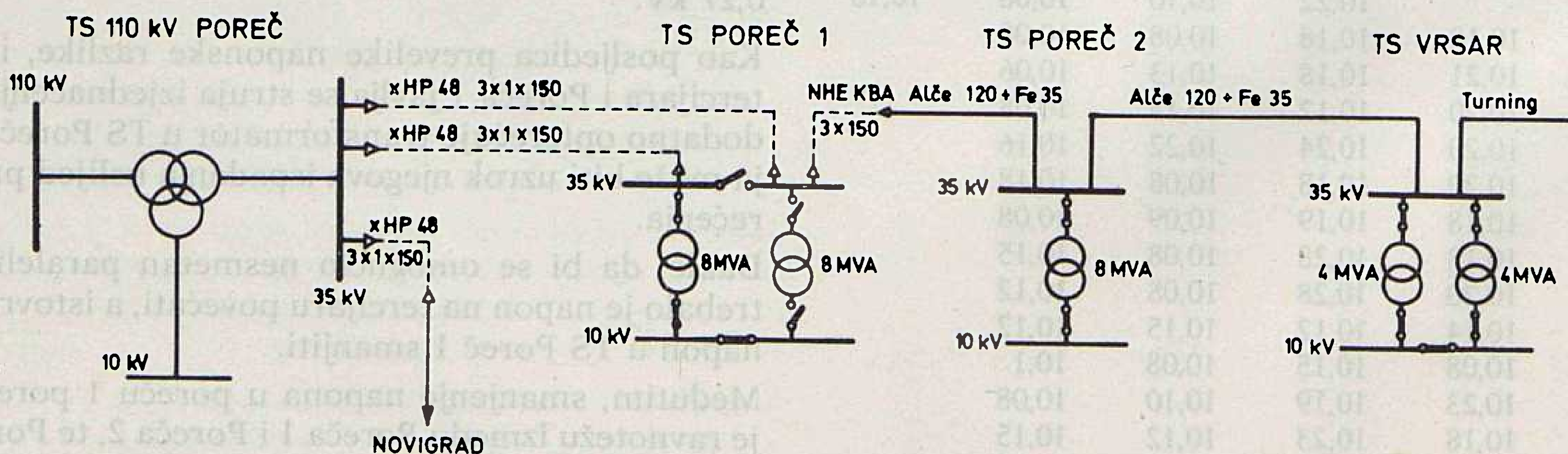
Regulacija napona u TS 110/35/10 kV Poreč vrši se na 110 kV strani, ručno ili automatski. Promjena napona moguća je u granicama $110 \pm 10 \times 1,5\%$, a u našem se primjeru preklopka nalazi u položaju »10«, što odgovara naponu od $110 + 1,5\%$.

Prebacivanjem preklopki u položaj »11«, pri neopterećenom transformatoru, javljaju se ovi naponi:

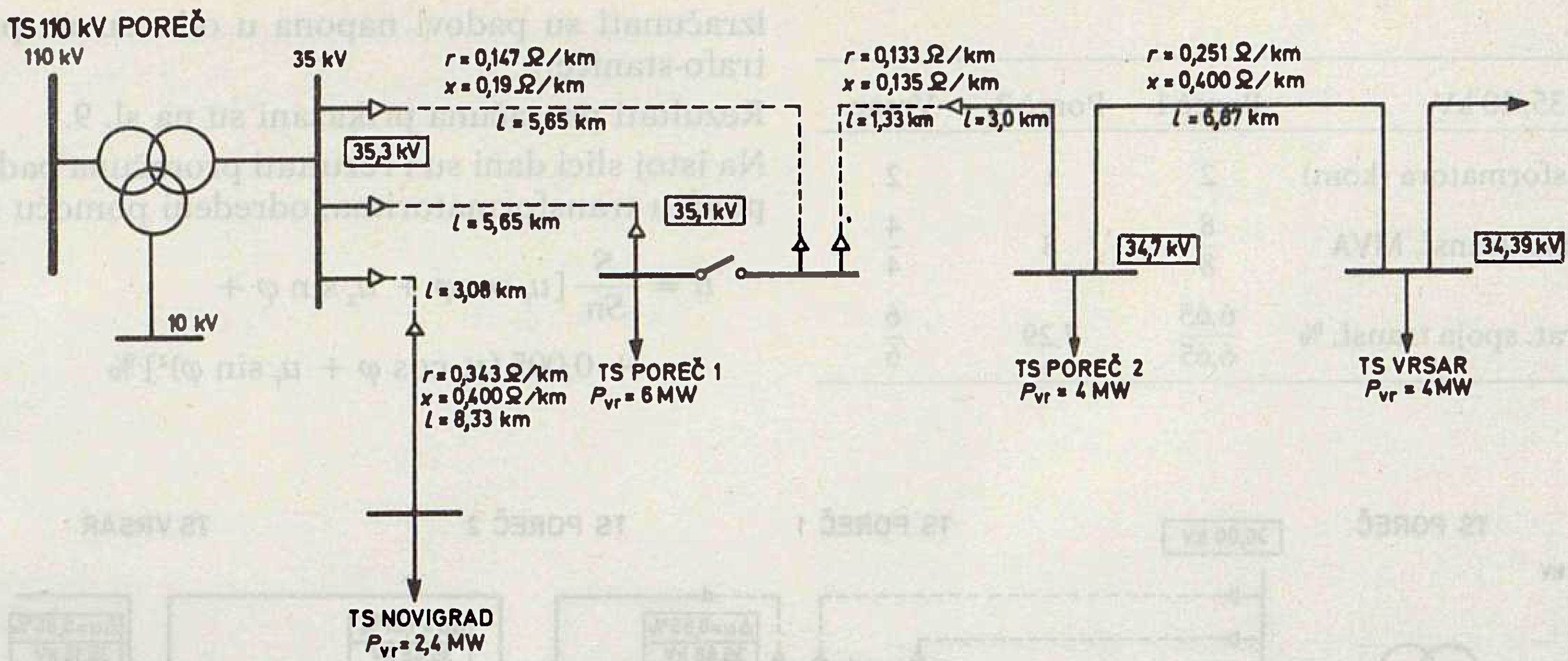
$$110/36, 75/10,5 \text{ kV/kV/kV}$$

3.1. Proračun pada napona u transformatoru 110/35/10 kV

Kod proračuna pada napona u transformatoru, ovisno o njegovu opterećenju, koristit će se sljedeći podaci:



Slika 6. Mreža 35 kV napajanja iz TS 110/35/10 kV Poreč



Slika 7. Proračun pada napona u 35 kV mreži Poreča

– snaga transformatora u MVA:

$$P_{12}/P_{13}/P_{23} = 40/13,3/13,3$$

– naponi kratkog spoja u %:

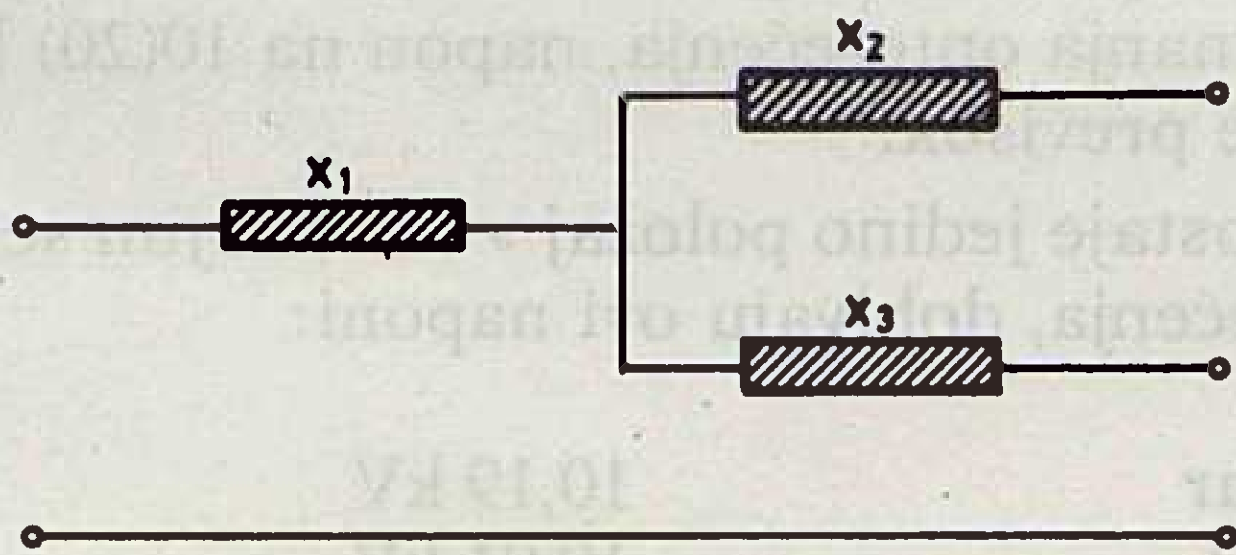
$$e_{12}/e_{13}/e_{23} = 11,22/12,36/8,03$$

Nadomjesne reaktancije, preračunate na 10 kV naponski nivo, uz pomoć sl. 8, iznose:

$$X_1 = 0,5 \left(\frac{e_{12}}{P_{12}} + \frac{e_{13}}{P_{13}} - \frac{e_{23}}{P_{23}} \right) = 0,303 \Omega \quad (2)$$

$$X_2 = 0,5 \left(\frac{e_{23}}{P_{23}} + \frac{e_{12}}{P_{12}} - \frac{e_{13}}{P_{13}} \right) = 0,023 \Omega$$

$$X_3 = 0,5 \left(\frac{e_{13}}{P_{13}} + \frac{e_{23}}{P_{23}} - \frac{e_{12}}{P_{12}} \right) = 0,626 \Omega$$



Slika 8.

Napon na sekundarnoj strani može se izračunati pomoću izraza:

$$u_2 = 100 - S_1 \cdot X_1 \sin \varphi \% \quad (3)$$

a na tercijarnoj:

$$u_3 = 100 - (S_1 \cdot X_1 \cdot \sin \varphi + S_3 \cdot X_3 \cdot \sin \varphi) \% \quad (4)$$

Kod opterećenja transformatora na sekundarnoj strani sa snagom od 14 MW i na tercijarnoj strani sa snagom od 5 MW, uz $\cos \varphi = 0,95$ dobivaju se ove vrijednosti:

$$\begin{aligned} S_1 &= 20 \text{ MVA} \\ S_2 &= 14,7 \text{ MVA} \\ S_3 &= 5,3 \text{ MVA} \\ \sin \varphi &= 0,312 \end{aligned} \quad (5)$$

Kod nominalnog napona sekundara i tercijara 36,75/10,5 kV/kV, pomoću (3), (4) i (5), vrijednosti iznose:

– napon na 35 kV strani

$$u_2 = 100 - 20 \cdot 0,303 \cdot 0,312 = 98,11 \%$$

$$U_2 = \frac{u_2 \cdot U_{n2}}{100} = 36,06 \text{ kV}$$

– napon na 10 kV strani

$$u_3 = 100 - (20 \cdot 0,303 \cdot 0,312 + 5,3 \cdot 0,626 \cdot 0,312) = 97,07 \%$$

$$U_3 = \frac{u_3 \cdot U_{n3}}{100} = 10,19 \text{ kV}$$

U tabl. 6. prikazani su naponi sekundara i tercijara u ovisnosti o promjeni opterećenja transformatora:

Tablica 6.

S_1 , MVA	0	6	12	18	24	30	36	40
u_2 , %	100	99,4	98,9	98,3	97,7	97,2	96,6	96,2
U_2 , kV	36,75	36,53	36,35	36,1	35,92	35,92	35,7	35,5
S_2 , MVA	0	4	8	12	16	20	24	26,7
S_3 , MVA	0	2	4	6	8	10	12	13,3
u_3 , %	100	99	98,1	97,1	96,2	95,25	94,3	93,6
U_3 , kV	10,5	10,4	10,3	10,3	10,1	10	9,9	9,83

3.2. Proračun padova napona u ostaloj 35 kV mreži

Karakteristične veličine transformatora za mrežu prema sl. 7. dane su u tabl. 7.

Pomoću podataka sa sl. 8. i tabl. 7 uz početni napon na sabirnicama 35 kV u TS 110 kV Poreč od 36,06 kV,

Tablica 7.

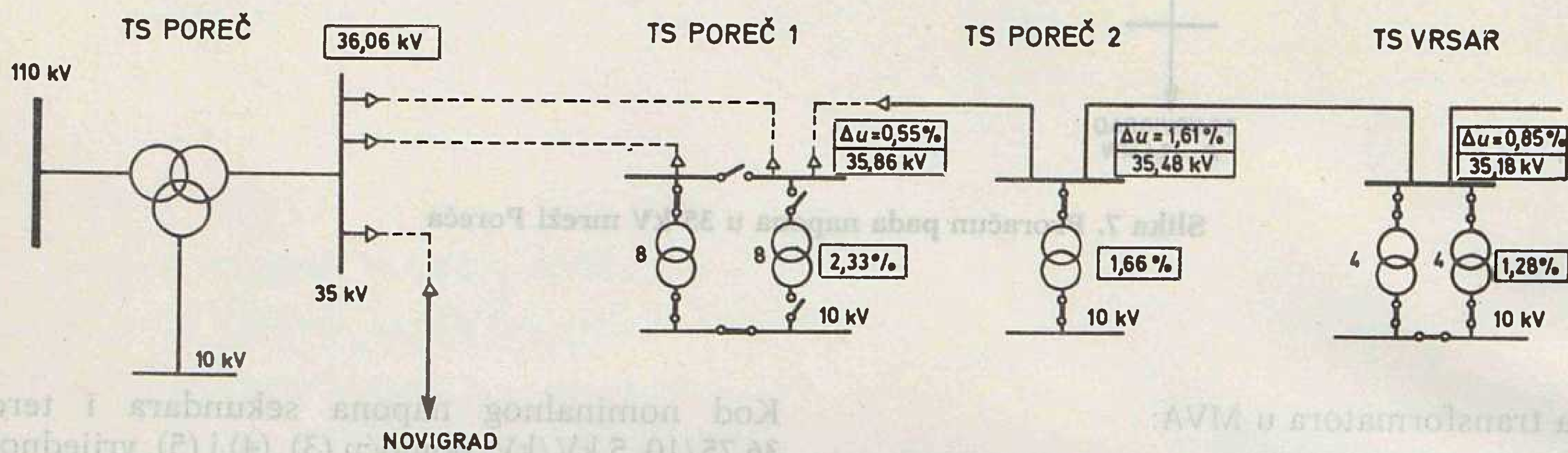
Naziv TS 35/10 kV	Poreč 1	Poreč 2	Vrsar
Broj transformatora (kom)	2	1	2
Naziv. snaga transf. MVA	$\frac{8}{8}$	8	$\frac{4}{4}$
Napon krat. spoja transf. %	$\frac{6,65}{6,65}$	7,29	$\frac{6}{6}$

izračunati su padovi napona u odnosu na pojedine trafo-stanice.

Rezultati proračuna prikazani su na sl. 9.

Na istoj slici dani su i rezultati proračuna padova napona u transformatorima, određeni pomoću izraza:

$$u = \frac{S}{S_n} [u_r \cos \varphi + u_x \sin \varphi + 0,005 (u_x \cos \varphi + u_r \sin \varphi)^2] \% \quad (6)$$



Slika 9. Proračun padova napona u razdjelnoj mreži Poreča

U TS 35/10(20) kV Vrsar instalirana su dva transformatora pojedinačne snage 4 MVA.

U ljetnim mjesecima ovi transformatori rade paralelno, pa je za proračun pada napona korišten samo jedan transformator, opterećen sa 50% ukupnog tereta.

Prilikom određivanja vršnih snaga faktor $\cos \varphi$ određen je na osnovi podataka za srednji mjesečni $\cos \varphi$ postignut u srpnju 1981. godine s iznosom

$$\cos \varphi = 0,95.$$

Vrijednost napona na 35 kV strani u TS 110 kV Poreč kretala se 15. 7. 1981, tj. na dan »karakteristične srijede«, oko 35,3 kV koja je i korištena u proračunu.

Ostali parametri, kao i rezultati proračuna prikazani su na sl. 7.

Napon na 10 kV sabirnicama određen je ovisno o položaju preklopki na 35 kV strani transformatora (tabl. 8).

Tablica 8.

Naziv TS	Položaj preklopke	
	+2,5	+5
Poreč 1	10,25	10,01
Poreč 2	10,21	9,97
Vrsar	10,16	9,92

3.3. Određivanje položaja preklopki

Iz proračuna padova napona proizlazi da je za paralelan rad transformatora pri vršnim opterećenjima najpovoljniji položaj preklopki:

- u TS 110 kV Poreč položaj »11«
- ostale TS 35/10(20) kV položaj »+2,5«

U tom položaju naponi iznose:

- Tercijar 10,19 kV
- Poreč 1 10,25 kV
- Poreč 2 10,21 kV
- Vrsar 10,16 kV

Međutim, jedan od transformatora u TS Vrsar nema mogućnost podešavanja na »±2,5«, a kod položaja »0«, i uz manja opterećenja, napon na 10(20) kV strani postaje previsok.

Tako preostaje jedino položaj »+5«, kojim se, uz vršna opterećenja, dobivaju ovi naponi:

- Tercijar 10,19 kV
- Poreč 1 10,01 kV
- Poreč 2 9,97 kV
- Vrsar 9,92 kV

Pad napona do TS 35/10(20) kV Novigrad uz opterećenje od 2,4 MW iznosi 1,2%, što znači da je na 35 kV strani napon 35,57 kV.

Dakle, prebacivanjem preklopke u TS 110 kV Poreč u položaj »11« nisu poremećene naponske prilike u TS Novigrad.

Pribroji li se opterećenju područja Poreč snaga TS Novigrad u vrijednosti od 2,4 MW, proizlazi da je:

- napon u TS 110 kV Poreč 35,97 kV
- napon u TS Novigrad 35,62 kV.

Prema mjestu napajanje (Poreč ili Buje) naponi u TS Novigrad međusobno se razlikuju za samo 50 V.

4. NAPONSKE PRILIKE NAKON PREBACIVANJA PREKLOPKI

Neposredno prije prebacivanja preklopki, opterećenja očitana s maksiprinta i ampermetara u trafo-stanicama na području Poreča, iznosila su:

a) opterećenje u TS 110 kV Poreč uz $\cos\varphi = 0,95$

- ukupno 10,5 MVA
- sekundara 8,1 MVA
- tercijara 2,4 MVA

b) Ostalih TS 35/10(20) kV

- Poreč 1 3,3 MVA
- Poreč 2 2,5 MVA
- Vrsar 2,3 MVA

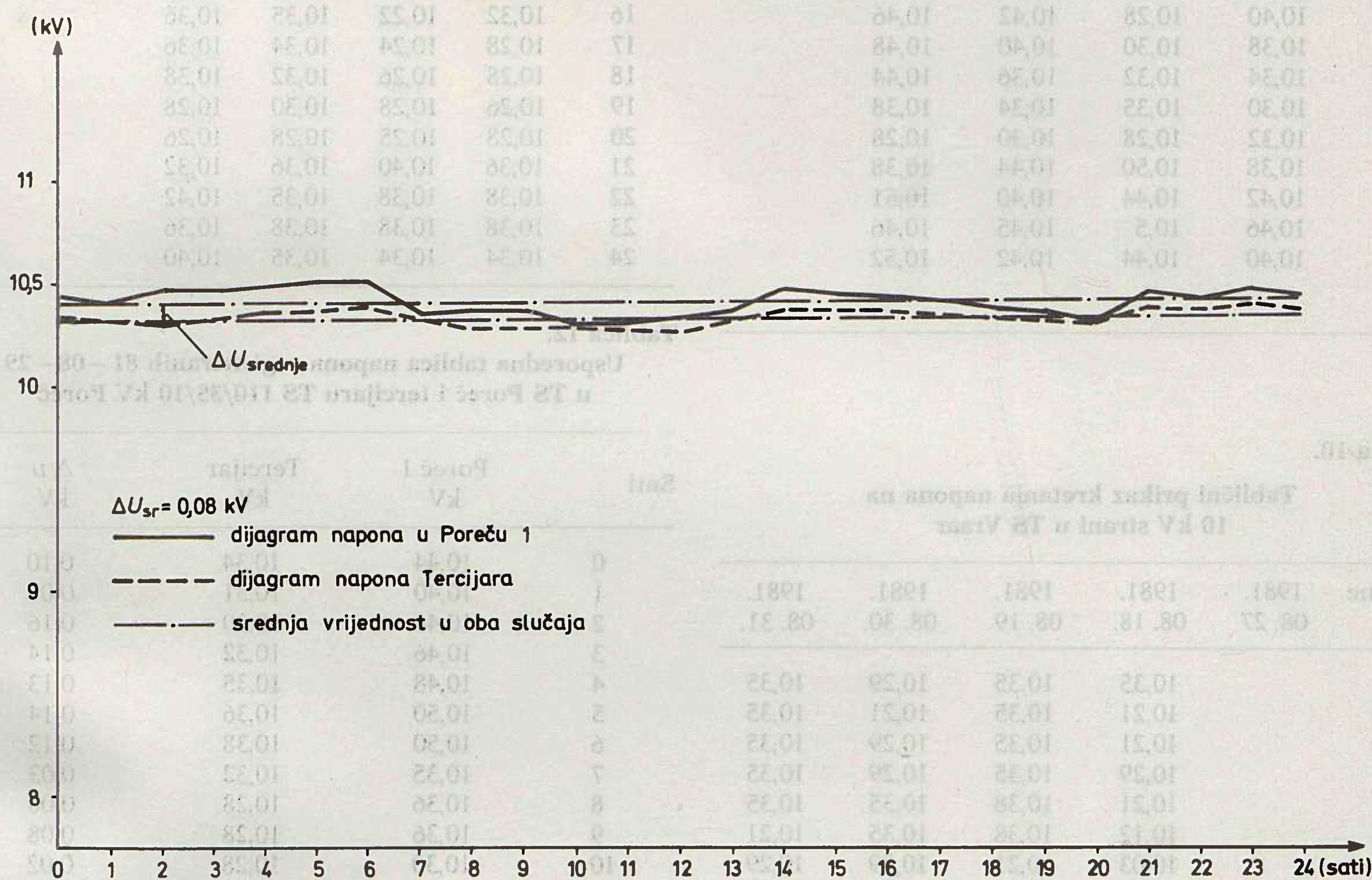
Nakon prebacivanja preklopki naponi na 10 kV strani, uz prethodna opterećenja, iznose:

	računski	mjereno
— Tercijar	10,35 kV	10,35 kV
— Poreč 1	10,27 kV	10,2 kV
— Poreč 2	10,23 kV	10,2 kV
— Vrsar	10,21 kV	10,25 kV i 10,15 kV

Pri tome su sekundarne strane transformatora u TS Vrsar radile odvojeno. U slučaju napajanja ove trafo-stanice iz TS 110 kV Pazin (sl. 1), napon na 10(20) kV sabirnicama iznosi 10 i 9,8 kV.

Od 27. do 31. 8. snimani su naponi na 10(20) kV sabirnicama razmatranih trafostanica (tabl. 9 – 11).

Usporedbom napona u tercijaru i Poreču 1 (tabl. 12) mogu se izdvojiti maksimalne razlike ($\Delta u = 0,16$ kV) u doba malih opterećenja i minimalne ($\Delta u = 0,012$ kV), za vrijeme većih opterećenja (sl. 10).



Slika 10. Dijagrami napona 10 kV 81 – 08 – 29 za Poreč 1 i Tercijar

5. PARALELNI RAD TRANSFORMATORA

Analiza izračunatih i izmjerenih napona upućuje na mogućnost paralelnog rada pojedinih trafo-stanica, i to na oba naponska nivoa.

Mogućnost paralelnog rada pojedinih trafo-stanica potvrđena je i paralelnim radom na 10(20) kV strani između tercijara i TS Poreč 1. Jedina uočena promjena bila je smanjenje struje opterećenja u 35 kV transformatorskom polju TS Poreč 1 sa 52 na 50 A.

Paralelan rad moguć je, kao što je prethodno analizom i potvrđeno, kod različitih opterećenja, ali ga ipak treba izbjegavati u slučajevima ekstremnih opterećenja susjednih trafo-stanica (u stvarnosti vrlo rijedak slučaj).

Također bi bilo korisno zamjeniti (unutar RO »Elektroistra«) transformator u TS Vrsar, s transformatorom koji ima mogućnost regulacije preklopke na »+2,5«. Naime, na ovom su položaju u svim TS 35/10(20) kV najmanja naponska odstupanja, što stvara i bolje uvjete za paralelne pogone.

Tablica 9.

Tablični prikaz kretanja napona u
TS 35/10 kV Poreč i na 10 kV

Vrijeme sati	1981. 08. 27	1981. 08. 28.	1981. 08. 29.	1981. 08. 30.	1981. 08. 31.
1		10,46	10,40	10,34	10,45
2		10,40	10,46	10,38	10,48
3		10,40	10,46	10,40	10,48
4		10,40	10,48	10,43	10,48
5		10,40	10,50	10,44	10,48
6		10,30	10,50	10,52	10,34
7		10,26	10,35	10,44	10,48
8		10,26	10,36	10,30	10,28
9	10,45	10,38	10,36	10,38	10,48
10	10,45	10,38	10,30	10,34	10,32
11	10,40	10,38	10,30	10,32	10,32
12	10,381	10,48	10,32	10,36	10,28
13	10,40	10,50	10,35	10,40	
14	10,44	10,38	10,46	10,48	
15	10,36	10,30	10,44	10,46	
16	10,40	10,28	10,42	10,46	
17	10,38	10,30	10,40	10,48	
18	10,34	10,32	10,36	10,44	
19	10,30	10,35	10,34	10,38	
20	10,32	10,28	10,30	10,28	
21	10,38	10,50	10,44	10,38	
22	10,42	10,44	10,40	10,51	
23	10,46	10,5	10,45	10,46	
24	10,40	10,44	10,42	10,52	

Tablica 10.

Tablični prikaz kretanja napona na
10 kV strani u TS Vrsar

Vrijeme Sati	1981. 08. 27	1981. 08. 18.	1981. 08. 19.	1981. 08. 30.	1981. 08. 31.
1		10,35	10,35	10,29	10,35
2		10,21	10,35	10,21	10,35
3		10,21	10,35	10,29	10,35
4		10,29	10,35	10,29	10,35
5		10,21	10,38	10,35	10,35
6		10,12	10,38	10,35	10,21
7		10,03	10,21	10,29	10,29
8		10,21	10,21	10,21	10,21
9		10,29	10,21	10,21	10,35
10		10,29	10,21	10,21	10,21
11	10,21	10,35	10,21	10,21	10,24
12	10,21	10,38	10,21	10,21	10,21
13	10,29	10,47	10,21	10,21	10,21
14	10,35	10,29	10,35	10,35	
15	10,21	10,21	10,29	10,35	
16	10,21	10,12	10,29	10,35	
17	10,21	10,12	10,21	10,38	
18	10,12	10,12	10,21	10,35	
19	10,12	10,12	10,21	10,21	
20	10,17	10,12	10,21	10,21	
21	10,21	10,38	10,38	10,29	
22	10,29	10,29	10,35	10,38	
23	10,38	10,35	10,38	10,35	
24	10,21	10,29	10,47	10,38	

Tablica 11.

Tablica promjera napona na 10 kV u
TS 110/35/10 kV Poreč

Vrijeme Sati	1981. 08. 17	1981. 08. 28.	1981. 08. 29.	1981. 08. 30.	1981. 08. 31.
1		10,34	10,31	10,28	10,34
2		10,32	10,30	10,28	10,32
3		10,31	10,32	10,28	10,31
4		10,31	10,35	10,30	10,34
5		10,31	10,36	10,32	10,34
6		10,26	10,38	10,38	10,24
7		10,24	10,32	10,38	10,28
8	10,35	10,26	10,28	10,28	10,25
9	10,35	10,30	10,28	10,32	10,38
10	10,38	10,30	10,28	10,30	10,30
11	10,34	10,30	10,26	10,28	
12	10,34	10,40	10,26	10,28	
13	10,32	10,34	10,30	10,30	
14	10,36	10,28	10,36	10,35	
15	10,34	10,26	10,35	10,35	
16	10,32	10,22	10,35	10,36	
17	10,28	10,24	10,34	10,36	
18	10,28	10,26	10,32	10,38	
19	10,26	10,28	10,30	10,28	
20	10,28	10,25	10,28	10,26	
21	10,36	10,40	10,36	10,32	
22	10,38	10,38	10,35	10,42	
23	10,38	10,38	10,38	10,36	
24	10,34	10,34	10,35	10,40	

Tablica 12.

Usporedna tablica napona registriranih 81 – 08 – 29
u TS Poreč i tercijaru TS 110/35/10 kV Poreč

Sati	Poreč 1 kV	Tercijar kV	Δu kV
0	10,44	10,34	0,10
1	10,40	10,31	0,09
2	10,46	10,30	0,16
3	10,46	10,32	0,14
4	10,48	10,35	0,13
5	10,50	10,36	0,14
6	10,50	10,38	0,12
7	10,35	10,32	0,03
8	10,36	10,28	0,08
9	10,36	10,28	0,08
10	10,30	10,28	0,02
11	10,30	10,26	0,04
12	10,32	10,26	0,06
13	10,35	10,30	0,05
14	10,46	10,36	0,10
15	10,44	10,35	0,09
16	10,42	10,35	0,07
17	10,40	10,34	0,06
18	10,36	10,32	0,04
19	10,34	10,30	0,04
20	10,30	10,28	0,02
21	10,44	10,36	0,08
22	10,40	10,35	0,05
23	10,45	10,38	0,07
24	10,42	10,35	0,07
Srednja vrijednost	10,40	10,32	0,08

6. ZAKLJUČAK

Korištenjem tercijara u Puli i Poreču kvalitetno su poboljšane naponske prilike kod 10(20) kV potrošača, uz minimalne prekide u napajanju.

Uzemljenjem 10 kV zvjezdista sa 300 A za tercijar u Puli i prema lit. [4] za Poreč bit će znatno povećana i sigurnost u napajanju.

Zbog toga se ne možemo složiti s mišljenjem Instituta za elektroprivredu – Zagreb [3] koji ne preporuča upotrebu tercijara u mješovitim i nadzemnim 10(20) kV mrežama (str. 32 i 33).

U skladu s tom preporukom RO »Elektroprenos« Opatija već na rekonstrukciji TS 110/35/20/kV Raša (koja je u toku) ne koristi (eventualni) tercijar.

Umjesto komentara – zaključujemo na kraju da korištenje tercijara nalazimo u dugogodišnjoj praksi mnogih razvijenih zemalja. Razlog je jasan – tercijar donosi i materijalnu uštedu (isključuje se potreba kupovine skupih transformatora 35/10 kV ili sličnih prijenosnih omjera).

LITERATURA

- [1] RADMILOVIĆ, B.: »Neki problemi kod korištenja tercijalnih učinskih transformatora 110/30-35/10 kV za napajanje 10 kV distributivnih mreža«, Energija 1968. god.
- [2] ŠTIMAC, I.: »Terećenje i upotreba tercijalnog namota kod regulacionih transformatora reda 110 kV«, VII. savjetovanje elektrodistributera SFRJ, Zagreb, 1978.
- [3] Prenaponska zaštita transformatorskih stanica 110/35 kV na području Elektroprenosa Opatija« – IE Zagreb, 1981.
- [4] Uzemljenje 10(20) kV mreža Rovinja i Poreča« IE Zagreb, studija u radu

USAGE OF TERTIARY IN 10 (20) kV NET OF PULA AND POREČ

In the article is presented usage of tertiary in TS 110/35/10 kV in Pula and Poreč that decreased voltage drops and increased security for supply of 10/20 kV consumers. Voltage difference between tertiary and 10(20) kV side of neighbor TS 35/10(20) kV impeded parallel operation. This disadvantage is restored by use of proper positions of tap ratio.

NUTZUNG DES TERZIARS IM 10 (20) kv NETZ VON PULA UND POREČ

Geschildert wurde wie durch die Nutzung des Terziars im TS 110/35/10 Kv Pula und Poreč der Stromausfall bedeutend verringert wurde, während die Sicherheit der Versorgung von Verbrauchern 10/20/Kv größer wurde. Die Spannungsunterschiede zwischen dem Terziar und 10/20/ Kv der benachbarten TS 35/10 (20) Kv verhinderten während der Arbeiten eine parallele Arbeit. Durch die Auswahl der entsprechenden Lage der Überschaltungen für die Veränderung des Übertragungsverhältnisses des Transformators wurde dieser Mangel mit Erfolg beseitigt.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕТИЧНОЙ ОБМОТКИ В 10(20) кВ СЕТИ ГОРОДОВ ПУЛЫ И ПОРЕЧА

Показано насколько использованием третичной обмотки на ПС 110/35/10 кВ Пула и Пореч значительно уменьшены падения напряжения, а повышена надежность снабжения потребителей на 10(20) кВ.

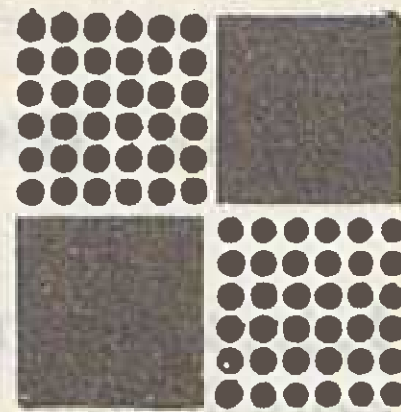
Различие напряжений третичной обмотки и 10(20) кВ стороны соседних ПС 35/10(20) кВ делало невозможным параллельную работу при всевозможных коммутациях. Выбором соответствующего положения переключателя для изменения коэффициента трансформации этот недостаток был успешно устранен.

Naslov pisaca:

Anton Brščić dipl. inž.
mr Luciano Delbianco dipl. inž.

RO »Elektroistra« Pula
Tehnički odjel
52000 Pula, Vergerijeva 10,
Jugoslavija

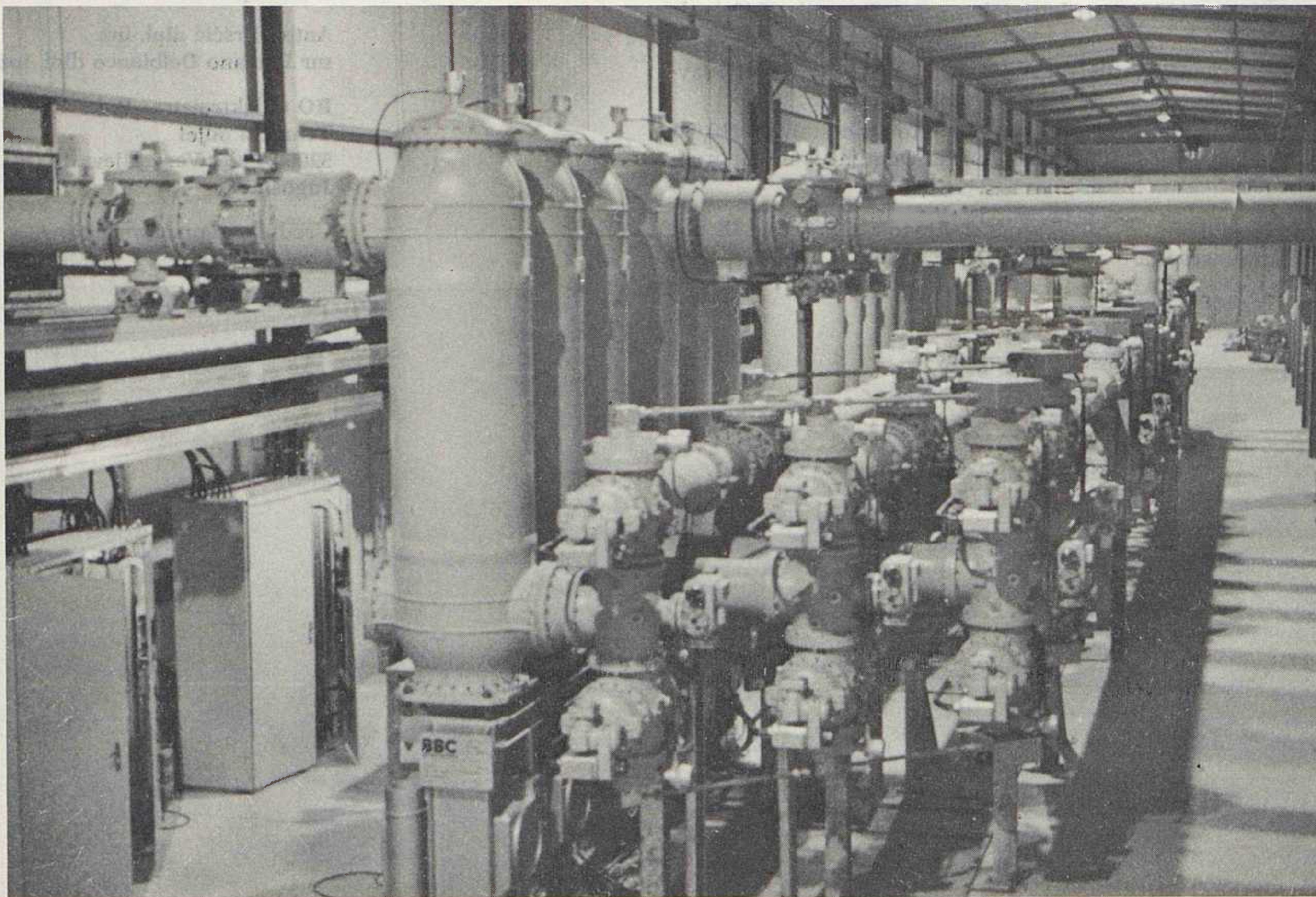
Uredništvo primilo rukopis:
1984 – 11 – 05



**Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOUR za elektromontažne radove**

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- **montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža**
- **montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja**
- **montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju**
- **kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti**
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



Detalj s montaže trafostanice SF6 220 kV u Libiji

TRI GENERACIJE SREDNJONAPONSKIH POSTROJENJA U TS 110/20 kV NA PODRUČJU ZAGREBA

Antun Fagarazzi, Split

UDK 621.314.21: 621.311.4

PREGLEDNI RAD

Prikazan je razvoj triju generacija projekata postrojenja 20 kV u stanicama 110/20 kV u visokonaponskoj mreži Zagreba u posljednjih 15 godina. Opisano je treće rješenje koje je prihvaćeno kao tipsko za transformatorske stanice 110/10 kV ili 110/20 kV u SR Hrvatskoj.

Ključne riječi: transformatorska stanica, tipizacija postrojenja, zagrebačka visokonaponska mreža.

1. UVOD

Sve veće gustoće opterećenja uvjetuju povećanje instalirane snage u pojnim točkama elektrodistributivne mreže. Posljedica je izgradnja brojnih transformatorskih stanica (110/10 ili 110/20 kV umjesto ranijih 30/10 kV (L.10). U razdoblju od 1970. do 1984. godine na gradskom i prigradskom području Zagreba projektirana je 1 TS 110/10 i 10 TS 110/20 kV, od čega se 7 nalazi u pogonu, dok se 4 grade odnosno pripremaju za gradnju. Pri tome su stečena značajna iskustva i zato je zanimljiv put »Elektre« od prve do najnovije stanice, a posebno razvoj samih srednjonaponskih postrojenja. Projektant i isporučilac opreme za sve ove objekte bio je »Rade Končar« iz Zagreba.

Do sada je proces izgradnje jedne TS 110/20 kV trajao više godina. Poteškoće su se javljale već pri izradi projektnih zadataka kada je trebalo svako postrojenje posebno studirati, jer nije postojalo osnovno rješenje mreže s argumentiranim podacima potrebnim za izbor jednopolne sheme i osnovnih parametara. Projektiranje takve transformatorske stanice trajalo je dosta dugo, sporo je teklo ishodenje potrebnih suglasnosti i građevinske dozvole, kasnilo se s isporukom opreme te izvođenjem građevinskih i elekromontažnih radova. Budući da su TS 110/20 kV veliki energetske objekti za čiju su izgradnju potrebna znatna investicijska sredstva, očita je važnost definiranja optimalne koncepcije transformatorskih stanica, kao i nužnost racionalne izgradnje.

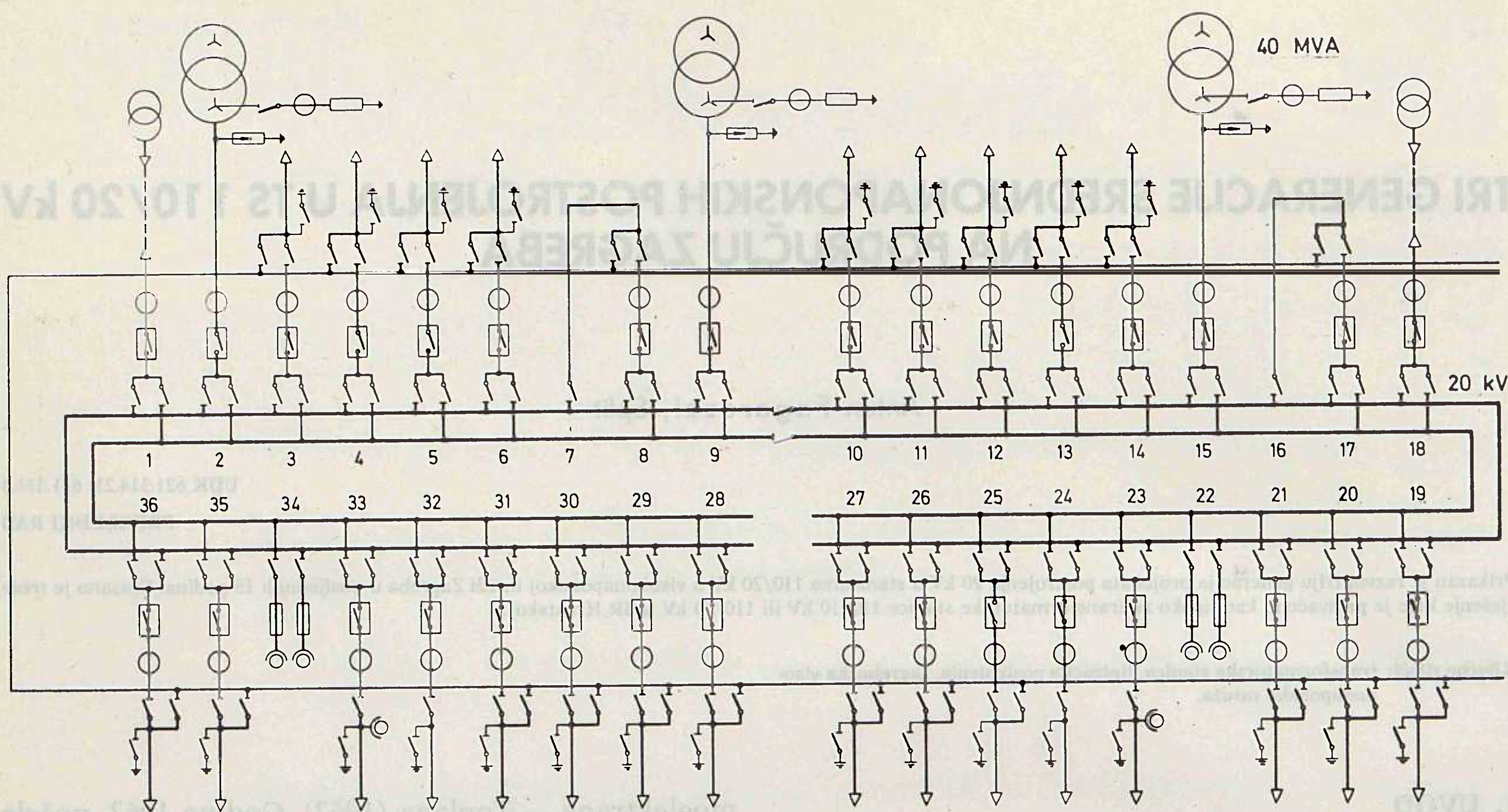
2. RAZVOJ TRANSFORMATORSKIH STANICA DO 1973. GODINE

Šezdesetih godina grad Zagreb se napajao iz ovih četiriju transformatorskih stanica 110/30 kV: Klara (izgrađena 1946), Rakitje (1952), Resnik (1958) i Ter-

moelektrana — Toplana (1962). Godine 1962. počele su predradnje za izgradnju još jednog takvog objekta u zapadnom dijelu grada, ali je stjecajem okolnosti TS 110/30/10 kV Jarun puštena u pogon tek 1971 [7]. Ta je stanica omogućila daljnji razvoj mreže 30 kV odnosno izgradnju 6 novih TS 30/10 kV u relativno kratkom razdoblju (1967 — 1972). Međutim, mreža 30 kV je i dalje jako opterećena, tako da je teret svih TS 30/10 kV bio 1975. godine iznad 75 % termički dopuštene snage [13]. Očito je da se početkom sedamdesetih godina još uvijek ozbiljno računa s naponom 30 kV. O tome govori i studija iz 1973. koja nosi naslov TS 110/30/110 kV Sjever, ali srećom taj objekat kasnije nije realiziran s tom transformacijom [3].

I dok se na području sjeverno od Save još uvijek razvija mreža 30 kV, za Novi Zagreb razmišlja se na novi način: 1972. godine pušta se u pogon TS 110/10 kV Jug I s instaliranom snagom 2×40 MVA u prvoj etapi (3×40 MVA u konačnoj izgradnji). Izgradnji te stanice predhodila je studija o razvoju mreže južnog Zagreba izrađena 1968 [1]. Prva transformatorska stanica s direktnom transformacijom značila je prekretnicu u razvoju mreže Zagreba: napon 110 kV, koji je prije imao isključivo prijenosni karakter, počeo je u gradu preuzimati distributivnu ulogu. Srednjonaponsko postrojenje u TS 110/10 kV Jug I oklopljeno je limom te izvedeno s dvostrukim i pomoćnim sabirnicama, što je uzeto po uzoru na niženaponsku stranu zagrebačkih TS 30/10 kV [8].

Godine 1972. Jugoslavenski nacionalni komitet CIGRÉ, Grupa 23 — razvodna postrojenja, uočava aktualnost problematike izgradnje TS 110/10 kV u urbanim područjima. Na osnovi zadane jednopolne sheme izrađena je 1973. studija u kojoj su uspoređene pojedine izvedbe i troškovi izgradnje [4]. U to vrijeme smatralo se da odabrana jednopolna shema odgovara prilikama u svim većim jugoslavenskim gradovima; izbor sheme nije bio rezultat cjelovitog planiranja



Slika 1. Mreža 110 kV na području Zagreba oko 1985. godine (prema osnovnom rješenju iz 1980)

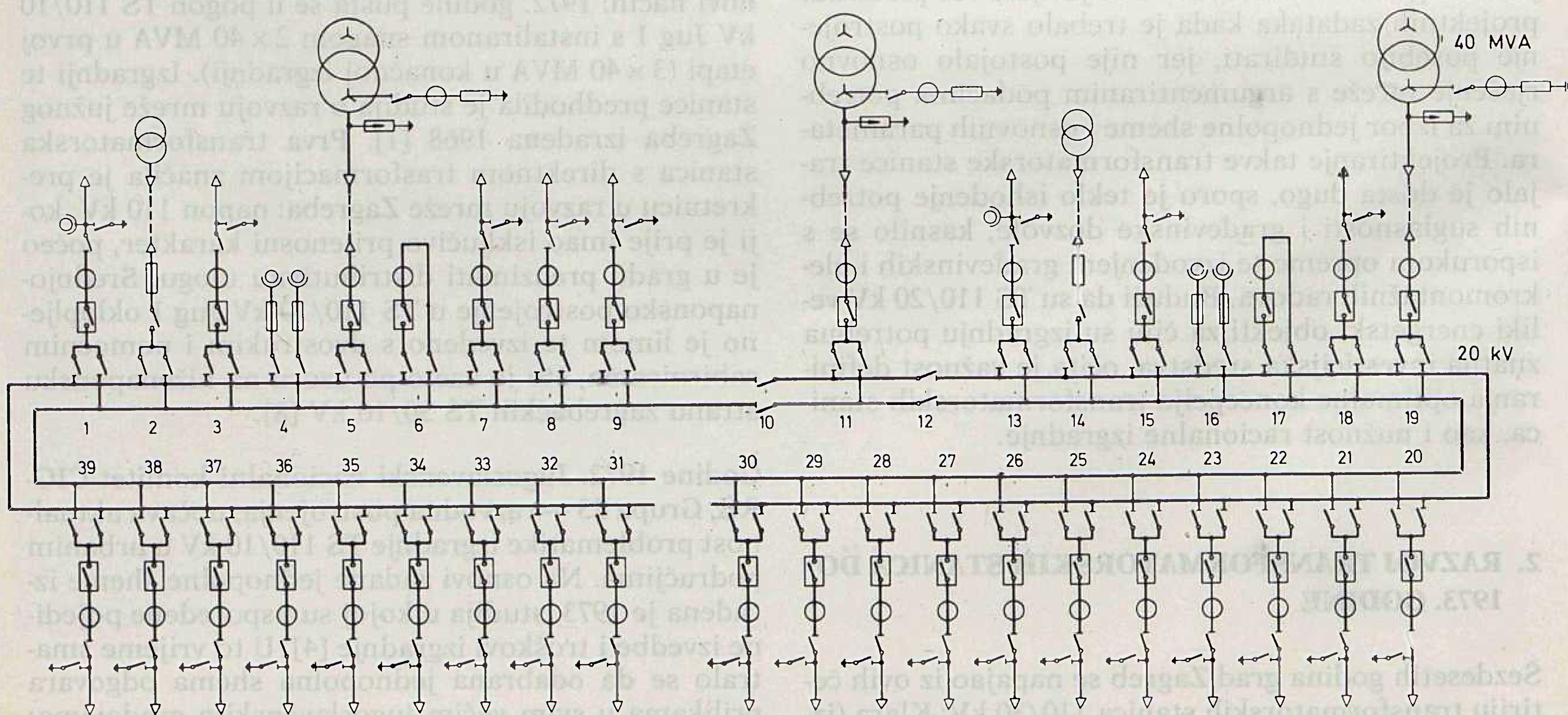
mreže i postrojenja. Na osnovi te studije prihvaćene su dvije varijante postrojenja 10 kV s dvostrukim sabirnicama: u fiksnoj i izvlačivoj izvedbi.

3. PRVA GENERACIJA POSTROJENJA 20 kV

Studijski radovi dokazali su opravdanost uvođenja napona 20 kV kao jednog srednjeg napona u prigradskim mrežama Zagreba: 1972. godine za Veliku Goricu, Klaru i Samobor [2], a kasnije i za Zaprešić, Dugo Selo i Zelinu. Prva TS 110/20 kV puštena je u

pogon 1975. u Velikoj Gorici. U konačnoj izgradnji predviđena je snaga 3×40 MVA, dok su u prvoj etapi instalirane dvije jedinice po 20 MVA sa sekundarnim namotom spojenim na 10 kV, što se koristi dok se mreža ne pripremi za prijelaz na napon 20 kV. Srednjonaponsko postrojenje je u načelu isto kao i postrojenje 10 kV Jug I.

Godine 1976. projektira se TS 110/20 kV Zapad II. Iako su već bili uočeni neki nedostaci postrojenja 20 kV zbog hitnosti izgradnje nije se tražilo novo rješenje, za razliku od vanjskog postrojenja u cijevnoj izvedbi koje je u odnosu na postrojenje 110 kV Velika



Slika 2. Jednopolna shema prve generacije postrojenja 20 kV

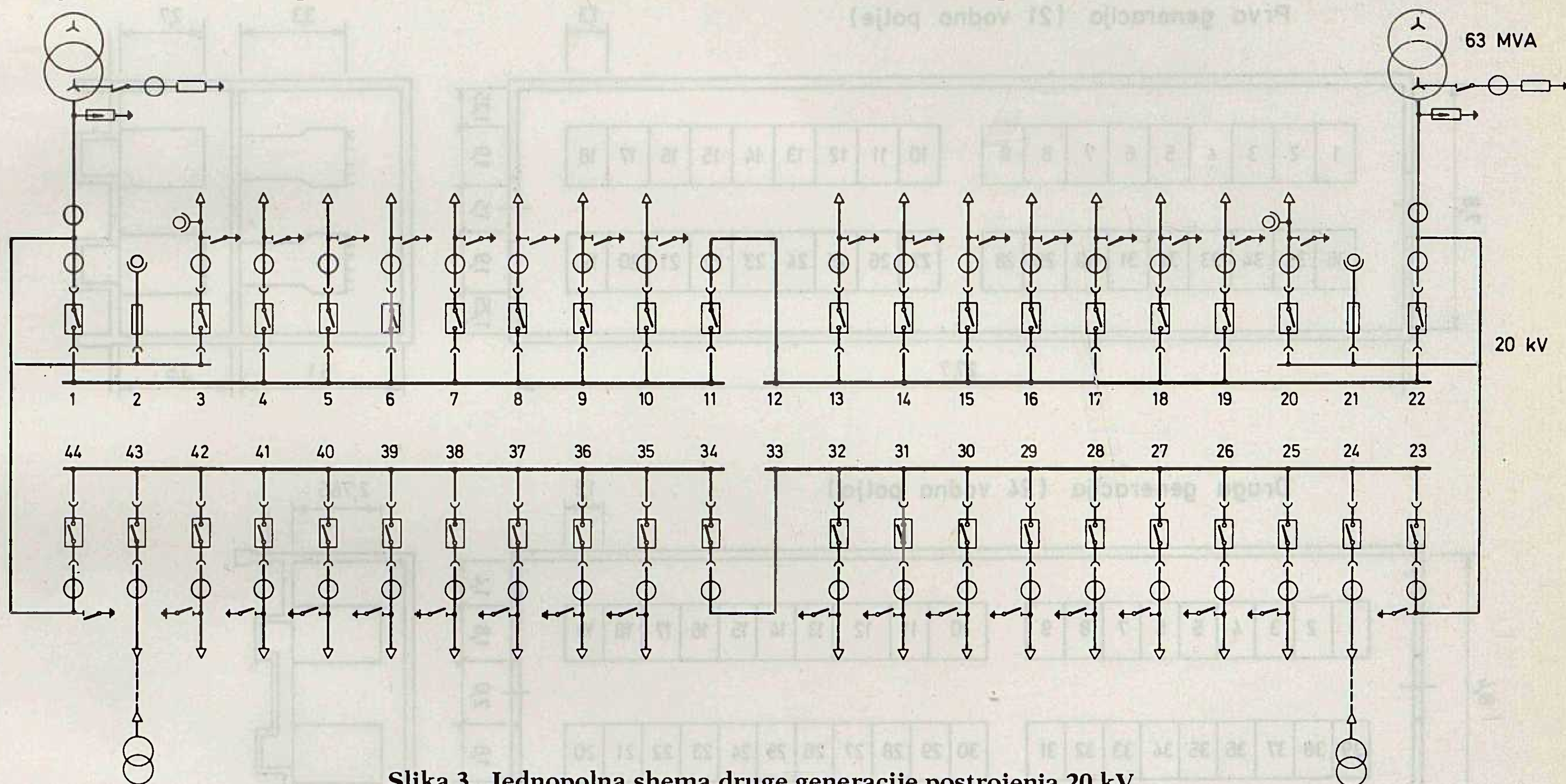
Gorica doživjelo nužna poboljšanja. U to doba donosi se jedna značajna i dalekosežna odluka — to je odluka o uvođenju napona 20 kV u gradu Zagrebu. Kao osnova poslužila je studija radena upravo za područje zapadnoga dijela grada [9].

Prva generacija postrojenja 20 kV ima dvostruk i pomoćne sabirnice. Glavne sabirnice su podijeljene u dvije sekcije uzdužnim rastavljačima, koji su u normalnom pogonu otvoreni jer nije moguć paralelan rad transformatora snage 40 MVA. Postrojenje se sastoji od 21 vodnog polja, 3 transformatorska polja, 2 spojna polja, 2 mjerna polja, 2 polja kućnog transformatora, 2 polja za kompenzaciju i 2 polja mreže tonfrekventne komante (MTK). Sastavljeno je od tvornički gotovih limom oklopljenih ćelija izvedenih dvoetažno s fiksno ugrađenom opremom. Ovo postrojenje 20 kV relativno je skupo, u pogonu je komplicirano i nepregledno, a ima i vrlo složene blokade. Pomoćne sabirnice, koje omogućuju da se upotrebom spojnog polja premosti vodno polje bez prekida napajanja odvoda, većinom nisu ni potrebne ni uobičajene u srednjonaponskoj mreži. Neprikladno je i

korištenje rezervnog transformatora u slučaju kvara transformatora na drugoj sekciji sabirnica.

4. DRUGA GENERACIJA POSTROJENJA 20 kV

Drugoj generaciji pripadaju srednjonaponska postrojenja izvedena u TS 110/20 kV, 3 × 40 MVA Samobor (projektirano 1977), Dugo Selo (1978) i Zaprešić (1979). Projektiranju ovih transformatorskih stanica prethodio je rad Zajedničkog stručnog savjeta »Elektroprenosa« i »Elektre«. Savjet je osnovan 1976. godine sa zadatkom da uskladi problematiku planiranja, projektiranja, izgradnje i eksploatacije elektroenergetskih objekata. Pri tome je posebna pažnja poklonjena investicijsko-tehničkoj dokumentaciji. Budući da se ove tri stanice nalaze u prigradskim općinama, gdje je mreža 110 kV bila prijenosnog karaktera, investitor postrojenja 110 kV je »Elektroprenos« a transformatora i postrojenja 20 kV »Elektra«. U skladu s time je obračunsko mjerno mjesto u transformatorskim poljima 100 kV.



Slika 3. Jednopolna shema druge generacije postrojenja 20 kV

Pri izboru srednjonaponskog postrojenja korištena je jedna studija »Elektroprojekta« o izgradnji TS 110/20 kV u Skopju [6]. Postrojenje 20 kV ima dvostruke sabirnice, a sastavljeno je od limom oklopljenih ćelija u fiksnoj izvedbi. O primjeni izvlačive izvedbe još se, na žalost, dovoljno ozbiljno ne razmišlja, to više što »Rade Končar« do tada nije razvio sklopni blok za napon 20 kV. Na ovom mjestu treba još kazati da je u to doba bilo u fazi proizvodnje jedno svestrano izolirano postrojenje 10 kV namijenjeno za TS 30/10 kV Uklopna I [16]. Povećana otpornost postrojenja prema električnom luku značajna je prednost, ali se to ne može reći i za — dvostruku cijenu.

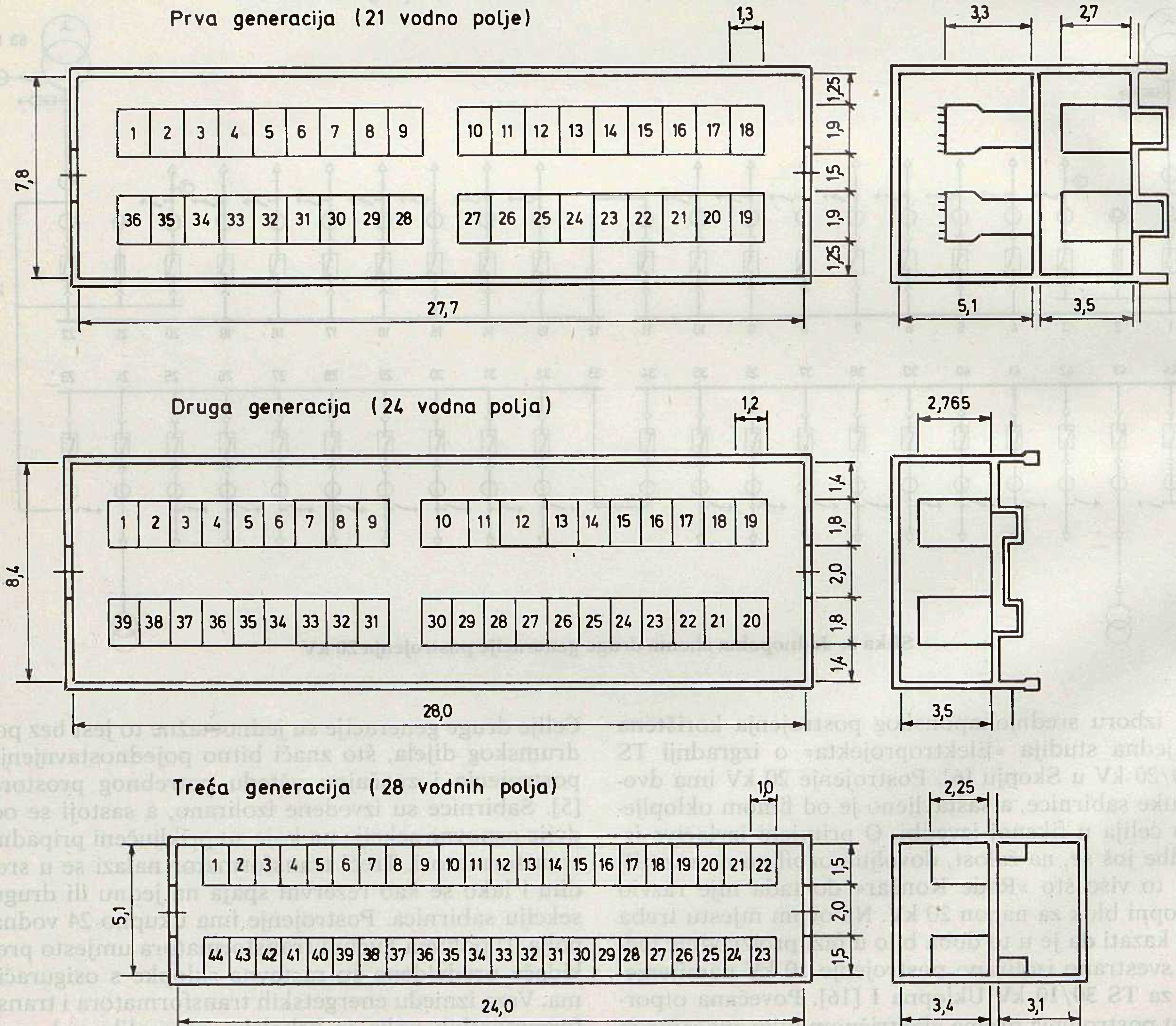
Ćelije druge generacije su jednoetažne to jest bez podrumskog dijela, što znači bitno pojednostavnjenje postrojenja i značajnu uštedu potrebnog prostora [5]. Sabirnice su izvedene izolirano, a sastoji se od dvije osnovne sekcije na koje su priključeni pripadni transformatori. Treći transformator nalazi se u sredini i lako se kao rezervni spaja na jednu ili drugu sekciju sabirnica. Postrojenje ima ukupno 24 vodna polja. U poljima kućnih transformatora umjesto prekidača predviđene su rastavne sklopke s osiguračima. Veza između energetskih transformatora i transformatorskih polja je kabelska, za razliku od prve generacije postrojenja gdje je ta veza kruta.

5. TREĆA GENERACIJA POSTROJENJA 20 kV

Godine 1980. dovršeno je u Institutu za elektroprivredu osnovno rješenje mreže 110 i 30 kV grada Zagreba za razdoblje do 2000. godine koje je konačno definiralo lokacije, instalirane snage i ostale parametre transformatorskih stanica [13]. Godine 1979. projektirana je, a 1984. puštena u pogon TS 110/20 kV Sjever I snage 2×20 MVA u prvoj etapi odnosno 2×63 MVA u konačnoj izgradnji. Ta je stanica značajna po prvom zagrebačkom postrojenju 110 kV koje je trojno oklopljeno metalom i izolirano plinom SF_6 , a proizvođač mu je »Rade Končar« po licenci »Siemens« [14, 21].

Primjena ovog modernog postrojenja u jednoj gradskoj transformatorskoj stanici aktualizirala je razmišljanja o koncepciji i izvedbi postrojenja 20 kV. Ta razmišljanja temelje se s jedne strane na sistematskom praćenju inozemnih rješenja i iskustava, a s druge na nekim vlastitim istraživanjima, kao i informacijama o mogućnostima domaće industrije [12]. Bit

je u tome da izbor jednopolne sheme ne ovisi samo o koncepciji mreže, nego i proračunu pouzdanosti. Optimiranjem troškova pouzdanosti napajanja dolazi se do jednostavnijih srednjonaponskih postrojenja, koja su — što je u gradskim uvjetima važno — manjih dimenzija. Rezultat je postrojenje 20 kV s prstenastim sabirnicama sastavljeno od limom oklopljenih ćelija u izvlačivoj izvedbi. Ovo rješenje prihvaćeno je kao tipsko za područje Zagreba, te je primijenjeno pri projektiranju svih kasnijih objekata: TS 110/20 kV Jug II (1981), Dubrava (1982), Elektrana-Toplana (1982) i Centar I (1983). Prstenaste sabirnice su jednostrukne sabirnice oblikovane u prsten, a sastoje se od dvije sekcije odnosno četiri polusekcije. Svaka polusekcija je s jedne strane vezana za transformator preko svojeg prekidača, a s druge strane sa susjednom polusekcijom preko spojnog polja (spojni prekidač je u normalnom pogonu otvoren). Jedna polusekcija ima 7 odnosno čitavo postrojenje 28 vodnih polja. Mjerno polje i polje postrojenja MTK direktno su priključeni na transformator, tako da njihov rad ne ovisi o uklopnom stanju polusekcija.



Slika 4. Jednopolna shema treće generacije postrojenja 20 kV

Postrojenje 20 kV je jednostavno i pregledno. Sastoji se od 44 ćelije postavljene uza zid u dva reda. Tvornički gotove ćelije (sklopni blokovi) oklopljene su limom i razdijeljene lukobranima u četiri prostora: sabirnički prostor, prostor prekidača, prostor strujnih transformatora i dozemnog rastavljača, te poslužni ormarić. Za slučaj pojave električnog luka predviđeni su na gornjem i stražnjem dijelu ćelije odušni poklopci, koji se otvaraju pri pretlaku dimnih plinova. Dodatna zaštita od nastanka odnosno širenja električnog luka postignuta je izoliranjem sabirnica. U podrumu — koji je izveden na prohodni kabelski prostor — nalaze se ispod ćelija limeni ormarići za smještaj kabelskih glava, gdje je pri ispitivanju kabela 20 kV moguće odvojiti kabel od sklopnog bloka. Spojevi sekcija sabirnica izvedeni su izoliranim vodovima koji su oklopljeni limom.

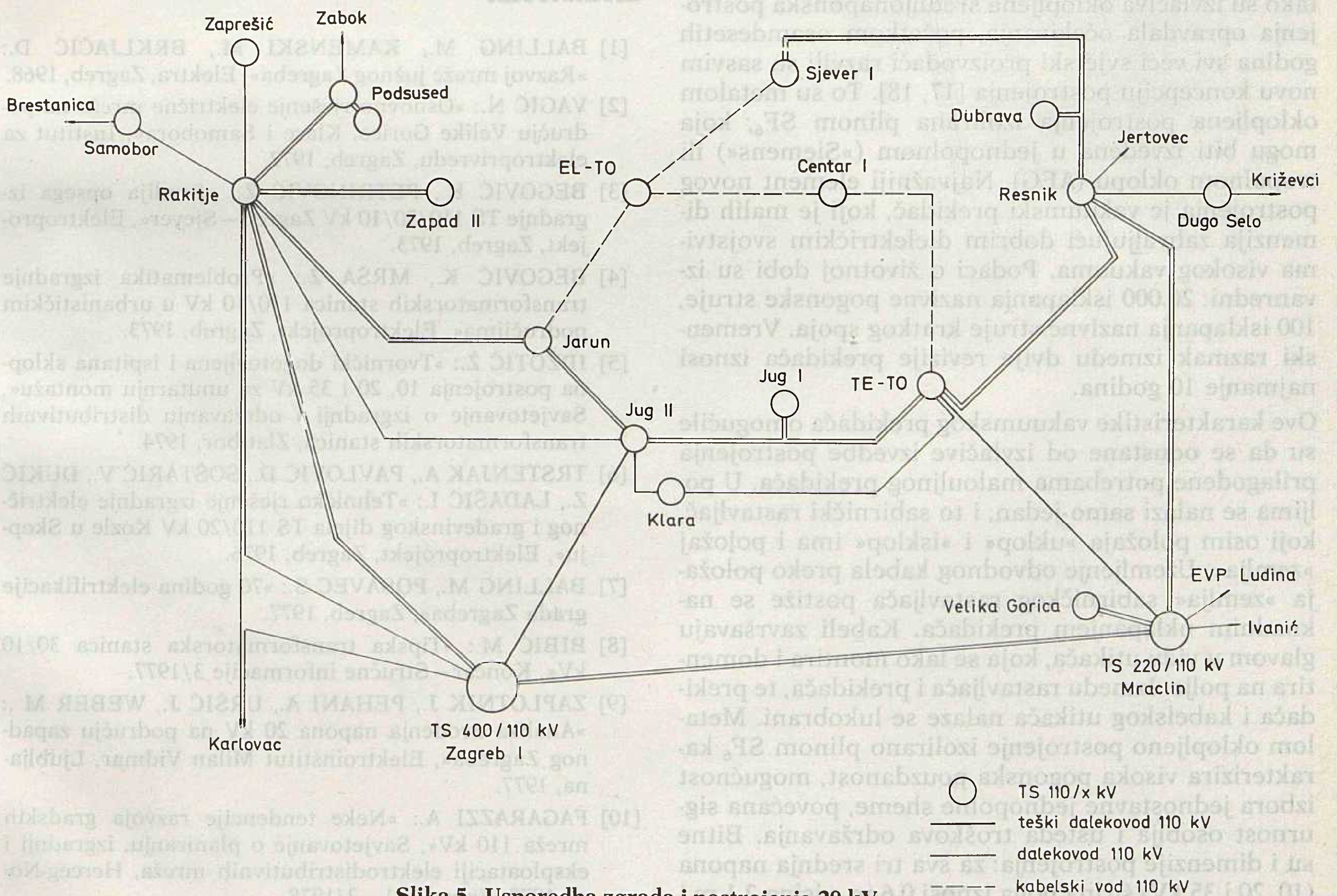
Prednost sklopnog bloka je brza zamjena prekidača smještenog na izvlačivim kolicima. Zahvaljujući prstenastim sabirnicama, moguće je isklapanje jednog transformatorskog prekidača 20 kV bez pogonskih ograničenja. Prsteni kabela 20 kV, koji su u normalnom pogonu otvoreni u sredini, počinju na jednoj polusekciji i završavaju na drugoj polusekciji iste sekcije. U slučaju kvara na sabirnicama dovoljno je samo jednu polusekciju staviti izvan pogona i na pripadnim izvodima obaviti prespajanje, pri čemu transformator ostaje u pogonu. To je očita prednost u odnosu na rješenje s jednostrukim sabirnicama, uz napomenu da su kod prstenastih sabirnica potrebne 4 ćelije više.

Zanimljivo je spomenuti da je tipsko srednjonaponsko postrojenje u TS 110/10 kV u Beogradu također s prstenastim sabirnicama, a taj se izbor objašnjava velikim sekundarnim strujama transformatora snage 40 MVA koje uvjetuju dva prekidača 10 kV [19].

6. POSTROJENJE 20 kV U TIPSKOJ TS 110/X kV

Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske pokrenula je 1979. godine akciju za tipizaciju transformatorskih stanica gornjeg napona 110 kV. U to vrijeme se na području SR Hrvatske planirala za razdoblje od 1981. do 1985. izgradnja 95 stanica, što rječitro govori o polaznim ciljevima tipizacije. Izrada studije — projekta povjerena je »Radi Končaru«, Institutu za elektroprivredu i »Elektroprivredi Dalmacije«, a trebao je obuhvatiti sve od koncepcije do konkretnih tehničkih rješenja. Pri tome je predviđena primjena načela modularne izgradnje tipiziranih postrojenja po uzoru na poznatu modularnu transformatorsku stanicu švedske tvrtke ASEA [11].

Studija — projekt tipske TS 110/X kV dovršena je 1984. godine a sastoji se od tri knjige: podloge za izradu projektnih zadataka, podloge za izradu izvedbenih projekata te uputstva za građenje i eksploataciju [15, 20]. U međuvremenu je znatno reduciran broj objekata koji se grade što, na žalost, umanjuje željene efekte tipizacije. U skladu sa Zakonom o elektroprivredi obavezna je primjena ove tehničke doku-



Slika 5. Usporedba zgrada i postrojenja 20 kV

mentacije pri izgradnji svih novih transformatorskih stanica.

Tipska TS 110/X kV obuhvaćena je u ovom radu jer ima postrojenja 10 odnosno 20 kV praktički isto kao kod TS 110/20 kV Sjever I. Da bi ova informacija bila cjelovita, treba navesti u čemu se postrojenja razlikuju. Kod tipske transformatorske stanice izvedena su mjerna polja u sve četiri polusekcije 20 kV, što je riješeno smještajem još dva mjerna polja u prazne ćelije spojnih polja. U poljima kućnih transformatora montirane su rastavne sklopke. Nadalje, u srednjonaponskim ćelijama predviđeni su uređaji za fotoelektričnu indikaciju pojave luka kratkog spoja sa zaštitnim relejem za isklapanje. Postoje još dvije razlike u odnosu na treću generaciju zagrebačkih postrojenja 20 kV, ali se one ne odnose na velike gradske transformatorske stanice: postrojenje MTK nije direktno priključeno na transformator, a ispod ćelija nemaju posebnog kabelskog ormarića.

Predviđena instalirana snaga u tipskoj TS 110/X kV je 2×20 i 2×40 MVA, dok za velike gradove dolazi još u obzir 3×40 i 2×63 MVA. Naponi kratkog spoja energetske transformatora proizlaze iz definirane struje kratkog spoja srednjonaponskog postrojenja od 12,5 kV (216 MVA na 10 kV, 432 MVA na 20 kV).

7. NAJNOVIJE TENDENCIJE RAZVOJA SREDNJONAPONSKIH POSTROJENJA

Iako su izvlačiva oklopljena srednjonaponska postrojenja opravdala očekivanja, početkom osamdesetih godina svi veći svjetski proizvođači razvili su sasvim novu koncepciju postrojenja [17, 18]. To su metalom oklopljena postrojenja izolirana plinom SF₆, koja mogu biti izvedena u jedнопolnom («Siemens») ili trolpolnom oklopu (AEG). Najvažniji element novog postrojenja je vakuumski prekidač, koji je malih dimenzija zahvaljujući dobrim dielektričkim svojstvima visokog vakuuma. Podaci o životnoj dobi su izvanredni: 20.000 isklapanja nazivne pogonske struje, 100 isklapanja nazivne struje kratkog spoja. Vremenski razmak između dvije revizije prekidača iznosi najmanje 10 godina.

Ove karakteristike vakuumske prekidača omogućile su da se odustane od izvlačive izvedbe postrojenja prilagođene potrebama maloulnog prekidača. U poljima se nalazi samo jedan, i to sabirnički rastavljač, koji osim položaja »uklop« i »isklop« ima i položaj »zemlja«. Uzemljenje odvodnog kabela preko položaja »zemlja« sabirničkog rastavljača postiže se naknadnim uklapanjem prekidača. Kabeli završavaju glavom u vidu utikača, koja se lako montira i demontira na polje. Između rastavljača i prekidača, te prekidača i kabelskog utikača nalaze se lukobrani. Metalom oklopljeno postrojenje izolirano plinom SF₆ karakterizira visoka pogonska pouzdanost, mogućnost izbora jednostavne jedнопolne sheme, povećana sigurnost osoblja i ušteda troškova održavanja. Bitne su i dimenzije postrojenja: za sva tri srednja napona (10, 20 i 35 kV) širina polja iznosi 0,6 m, visina 2,1 m i

dubina 1,51 m, uz dodatni stražnji prolaz od 0,5 m («Siemens»).

U pogledu dogledne primjene ove nove koncepcije srednjonaponskog postrojenja u elektrodistribuciji postoje različite prognoze — od optimističke da je to izvedba desetljeća do oprezne po kojoj će primjena još dugo vremena biti ograničena na iznimne slučajeve. Naravno, sve će ovisiti o konkurentnosti cijene SF₆ postrojenja.

8. ZAKLJUČAK

Pregled razvoja srednjonaponskih postrojenja u TS 110/20 kV istodobno je kronologija razvoja elektrodistributivne mreže jednog velikog grada. Na području Zagreba izmjenile su se u petnaestogodišnjem razdoblju tri generacije postrojenja 20 kV. Bio je to zanimljiv, iako ponekad težak put od subjektivnih stavova do konkretnih studija, od tradicionalnih shvaćanja do modernih koncepcija. Provedena tipizacija transformatorskih stanica znači suradnju elektroprivrednih organizacija i industrije u cilju zajedničkog razvoja, racionalnije proizvodnje opreme i efikasnije izgradnje objekata.

LITERATURA

- [1] BALLING M., KAMENSKI M., BRKLJAČIĆ D.: »Razvoj mreže južnog Zagreba«, Elektra, Zagreb, 1968.
- [2] VAGIĆ N.: »Osnovno rješenje električne mreže na području Velike Gorice, Klare i Samobora«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1972.
- [3] BEGOVIĆ K., PETRINOVIĆ Z.: »Studija opsega izgradnje TS 110/30/10 kV Zagreb – Sjever«, Elektroprojekt, Zagreb, 1973.
- [4] BEGOVIĆ K., MRŠA Z.: »Problematika izgradnje transformatorskih stanica 110/10 kV u urbanističkim područjima«, Elektroprojekt, Zagreb, 1973.
- [5] IDŽOTIĆ Ž.: »Tvornički dogotovljena i ispitana sklopna postrojenja 10, 20 i 35 kV za unutarnju montažu«, Savjetovanje o izgradnji i održavanju distributivnih transformatorskih stanica, Zlatibor, 1974.
- [6] TRSTENJAK A., PAVLOVIĆ D., ŠOŠTARIĆ V., ĐUKIĆ Z., LADAŠIĆ I.: »Tehničko rješenje izgradnje električnog i građevinskog dijela TS 110/20 kV Kozle u Skopju«, Elektroprojekt, Zagreb, 1976.
- [7] BALLING M., POSAVEC S.: »70 godina elektrifikacije grada Zagreba«, Zagreb, 1977.
- [8] BIBIĆ M.: »Tipska transformatorska stanica 30/10 kV«, Končar – Stručne informacije 3/1977.
- [9] ZAPLOTNIK J., PEHANI A., URŠIĆ J., WEBER M.: »Analiza uvođenja napona 20 kV na području zapadnog Zagreba«, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana, 1977.
- [10] FAGARAZZI A.: »Neke tendencije razvoja gradskih mreža 110 kV«, Savjetovanje o planiranju, izgradnji i eksploataciji elektrodistributivnih mreža, Herceg-Novi, 1977. Energija 1 – 2/1978.

- [11] FAGARAZZI A.: »Modularna transformatorska stanica visoki napon/srednji napon proizvodnje ASEA«, Energija 5-6/1978.
- [12] FAGARAZZI A.: »Izbor sheme modernih gradskih transformatorskih stanica 110/10 i 110/20 kV s obzirom na koncepciju mreže i pouzdanost napajanja«, XIV savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije — CEGRE, Sarajevo, 1979. Energija 5-6/1979.
- [13] SCHENNER R.: »Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 i 30 kV grada Zagreba«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1980.
- [14] FAGARAZZI A.: »Prva zagrebačka TS 110/20 kV s postrojenjem 110 kV u SF₆ tehnici«, VX savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije — CEGRE, Beograd, 1981. Energija 9-10/1981.
- [15] Transformatorska stanica 110/X kV Elektroprivrede Hrvatske«, knjiga 1 — studijski dio. Elektrotehnički institut Rade Končar, Zagreb, 1982.
- [16] PLEČKO S.: »Svestrano izolirano sklopno postrojenje srednjeg napona«, XVI savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije — CIGRE, Opatija, 1983.
- [17] MÜLLER L.: »Entwicklungen bei 20 kV — Schaltanlagen und — Transformatorstationen«, Elektrizitätswirtschaft 13/1983.
- [18] JANKER M.: »SF₆ — isolierte Mittelspannungsschaltanlagen mit Leistungsschaltern«, Elektrotechnische Zeitschrift 18/1983.
- [19] MIJUŠKOVIĆ N.: »Proračun pokazatelja pouzdanosti distributivnih transformatorskih stanica 110/10 kV uz obuhvatanje preopterećenja transformatora«, Elektrodistribucija 3/1983, 1/1984, 2/1984.
- [20] »Smjernice za izradu projektnog zadatka tipske TS 110/X kV«, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Elektroprivreda Dalmacije, Zagreb — Split, 1984.
- [21] VUJOVIĆ V.: »TS 110/20 kV Zagreb — Sjever«, Končar — Stručne informacije 3/1084.

THREE GENERATIONS OF MID VOLTAGE STATIONS IN TS 110/20 kV IN AREA OF ZAGREB

In the article is presented development of three generation designs for 20 kV equipment in 110/220 kV stations in high voltage net of Zagreb in last 15 years. Described is third solution that is accepted as typical for transformer stations 110/10 kV or 110/20 kV in SR Croatia.

DREI GENERATIONEN DER MITTLEREN SPANNUNGSANLAGEN IM TS 110/20 kV AUF DEM GEBIET VON ZAGREB

Geschildert wurde die Entwicklung von drei Generationen des Projektes der Anlage 20 kV in den Stationen 110/20 kV im Hochspannungsnetz Zagreb in den letzten 15 Jahren. Beschrieben wurde die dritte Lösung die als typisiert für die Transformatorstationen 110/kV oder 110/20 kV in Kroatien betrachtet werden.

ТРИ ПОКОЛЕНИЯ УСТАНОВОК СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ПС 110/20 кВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЗАГРЕБ

Показано развитие трех поколений проектов установок 20 кВ подстанций 110/20 кВ высоковольтной сщти города Загреб за последних 15 лет. Описано третье решение, принято типовым для трансформаторных подстанций 110/10 кВ или 110/20 кВ в СР Хорватии.

Naslov pisca:

Anton Fagarazzi, dipl. inž.
»Elektrodalmacija« Split
58000 Split, Radničko šet. 42,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
 1984 — 12 — 20

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRI DA UĐE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTROPROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



ZAŠTITA ČOVEKA I OPREME U POSTROJENJU VISOKOG I SREDNJEG NAPONA

Svetolik Vukomanović, Kragujevac

UDK 621.316.9

PREGLEDNI RAD

U ovom članku su prikazana nova tehnička rješenja koja problem postojećih blokada kao relativnog sredstva zaštite čoveka i opreme u postrojenju visokog i srednjeg napona dopunjuju i usklađuju dajući »diskretnu« regulaciju, odnosno korekciju reda rada.

Ključne riječi: rasklopna postrojenja, upravljanje prekidačima, zaštita osoblja.

1. UVOD

Zaštita čoveka i opreme u postrojenju visokog i srednjeg napona od posledica nepravilnog rukovanja i profesionalnih grešaka u radu do sada je rešavan na više načina, primenom mehaničke ili elektromehaničke blokade, a nekad i zaključavanjem.

O kvalitetu datih rešenja može se govoriti na bazi statistike događaja pri eksploataciji datih objekata. S tim u vezi bez teškoća se može utvrditi velik broj manjih i većih havarija, pa i ljudskih žrtava, zbog pogrešnog rada na datim objektima.

Nedavno uzemljenje voda 35 kV u gradu »ZN« pod naponom ili isključenje sabirničkog rastavljača na 6 kV pod teretom u gradu »SN« stajali su zajednicu osim žrtava više desetina milijardi dinara direktnih troškova po jednom incidentu. Indirektni troškovi nisu evidentirani, ali su u pravilu znatno veći. Pogrešan rad ili red rada na datim objektima u pravilu se pretavara u manju ili veću havariju pri kojoj dolazi do uništenja opreme, dok je izvršilac izložen ako ne životnoj opasnosti, a ono u svakom slučaju teškom spiho-oštećenju koje bitno utiče na radnu sposobnost i vek radnika na datim poslovima.

Pojava mogućnosti pogrešnog reda rada van očekivanog, ukazuju na nekompletnost primenjenih rešenja blokada. Sva primenjena rešenja urađena po principu mehaničkog zapora zbog svojih konstruktivnih karakteristika često su izložena naprezanju i oštećenju pa i demontaži. Ako se ovome doda činjenica da primenjena rešenja ne rešavaju sve probleme u okviru jednog objekta, onda sledi zaključak po kome su data rešenja usklađena sa znatnim osloncem na čoveka koji posluhuje dotični objekat. Sigurno da je ovakav zaključak bio pozitivan u određenom momentu stvaranja, odnosno stanja razvijenosti energetskih objekata, tj. veličine protoka, stanja opreme,

frekvencije rada i opšteg stanja etike rada. Buran razvoj energetike, praćen znatnim povećanjem broja objekata, stanja mreže i opreme sa veličinom protoka po jedinici osnovni su objektivni momenti koji formirana pravila i zaključke u praksi demantuju, tražeći istovremeno rešavanje novonastalog ili nedovoljno sagledanog problema.

Probleme zaštite čoveka i opreme u postrojenju visokog i srednjeg napona moguće je rešavati na izuzetno diskretan i ekonomski korektan način, konstruktivnim i funkcionalnim promenama postojećih funkcija i rešenja. Primena ugaono podesivog signalnog prekidača rastavljača kao zamena svih dosadašnjih konstrukcija sa njegovom ugradnjom na osnovnu osovinu ručnog ili motornog pogona rastavljača, omogućuje korišćenje praznog hoda pogona, a time i konstrukcije za formiranje sistema blokada sa zadatkom definisanja:

- pravilnog reda rada pri promeni uklopnog stanja, odnosno svodenja nepravilnog na pravilan rad bez posledica po opremu i izvršioca
- zaštita opreme i energetskog sistema od razaranja pri pogrešnom radu na promeni uklopnog stanja
- zaštite čoveka od posledica nepravilnog rada i mogućnosti dolaska u dodir sa naponom
- sistema blokada u delu daljinskog upravljanja i slučaju nepravilnog stanja u datom objektu.

Postavka sistema blokada za zaštitu čoveka i opreme po tehničkim rešenjima iz ovog materijala isključuje mogućnost pogrešnog rada na promeni uklopnog stanja i opasnosti od dolaska u dodir sa visokim naponom pri radu u objektu zatvorenog oblika. Posledica pogrešnog rada u najgorem slučaju završiće se isključenjem dela ili objekta na kome je učinjena greška u radu.

2. OSNOVNI PRINCIPI SISTEMA BLOKADA I UPRAVLJANJA

Upravljanje energetskim sistemom i sistem blokada neispravnog reda počiva na principima kako sledi:

1. upravljanje sa prekidačem snage,
2. blokada isključenja i uključenja rastavljača pod opterećenjem i uzemljenje voda pod naponom,
3. blokada ulaska u paralelan rad dva energetska sistema preko rastavljača,
4. blokada radnih vrata ćelije i mogućnosti dolaska u dodir sa naponom,
5. blokada mogućnosti daljinskog upravljanja za slučaj nepravilnog stanja u upravljanoj objektu.

2.1. Upravljanje sa prekidačem snage

2.1.1. Isključenje prekidača snage moguće je izvršiti: mehanički na prekidaču snage, daljinski sa ćelije, daljinski iz komandnog prostora ili nekog dispečerskog centra. Ne predviđa se zaštita od eventualno nepravilne komande isključenja prekidača.

Pravilnost komande isključenja prekidača ostavljena je na ocenu dispečeru, izvršiocu i potrošaču jer je poznato da veća šteta ne može biti izuzimajući zastoj u isporuci energije.

2.1.2. Uključenje prekidača snage moguće je izvršiti:

- a) Mehanički na prekidaču snage, daljinski sa ćelije, daljinski iz komandnog prostora ili nekog dispečerskog centra samo kada je jedan sabirnički i izlazni rastavljač uključen i kada su noževi za uzemljenje isključeni.
- b) Mehanički na prekidaču snage kod isključenih rastavljača odnosno bez obzira na njihovo uklopno stanje i noževa za uzemljenje. Ovim je omogućeno da se bez dodatnih radova vrši servisiranje prekidača snage ili primarno ispitivanje zaštite, upravljačkih i signalnih sklopova, odnosno drugo u ćeliji, na prekidaču.

2.2. Blokada isključenja i uključenja rastavljača pod opterećenjem i uzemljenje voda pod naponom

2.2.1. Isključenje rastavljača moguće je izvršiti bez nekog vanrednog otpora pri svakom pokušaju, ali će se to uvijek obaviti kod isključenog prekidača snage.

2.2.2. Uključenje rastavljača moguće je izvršiti bez nekog vanrednog otpora pri svakom pokušaju, ali će se to i ovog puta obaviti tek kod isključenog prekidača snage.

2.2.3. Uključenje noževa za uzemljenje nekog voda moguće je izvršiti kod nekog vanrednog otpora pri

svakom pokušaju ali samo kod isključenog prekidača na dotičnom vodu ili isključenog izlaznog rastavljača voda, uz istovremeno formiranje informacije procesa za isključenje prekidača u susednom ili izvornom objektu konkretnog voda. Data informacija posredstvom sistema upravljanja i »vrućeg rezervnog prenosnog puta« može se pretvoriti u izvršnu komandu za isključenje prekidača na datom vodu.

Stavovi 2.2.1, 2.2.2. i 2.2.3. važe i u onim slučajevima kada je prekidač snage greškom ili iz bilo kojih razloga bio uključen. On će se u pokušaju rada sa rastavljačima isključiti u trenutku pokretanja energetskih kontakata rastavljača, čime je ispunjen postavljeni uslov.

Radi jasnijeg prikaza prethodnih stavova, demonstracijom isključenja jednog pravca kretanja energije imat će se:

- Prekidač snage se daljinski ne može uključiti dok se ne uključi jedan sabirnički i jedan izlazni rastavljač, a isključe noževi za uzemljenje.
- Ako je prekidač iz bilo kojih razloga već bio uključen ili se uključi mehanički, a jedan od rastavljača ili oba su isključena, tada će u pokušaju uključenja i uključenju bilo kog rastavljača pre uspostavljanja njegovog energetskog kontakta doći do isključenja prekidača snage.

U daljim pokušajima i sa drugim rastavljačima pojava će se ponavljati, da bi na kraju imali: isključene noževe za uzemljenje, uključen sabirnički i uključen izlazni rastavljač a isključen prekidač snage.

Sada se on može i daljinski uključiti i pravac će dobiti energiju, i to samo onda kada se držimo reda rada.

- Ako se u postupku isključenja umesto prekidača pokuša sa isključenjem bilo kod rastavljača ili uključenja noževa za uzemljenje, sistem blokada obezbeđuje da se pre pokretanja energetskih kontakata rastavljača izvrši isključenje prekidača snage, čime je uspostavljen pravilan red rada.
- Iz date predstave moguće je sagledati veliki broj mogućih grešaka u radu, ali i činjenicu da su konačni rezultati uvek isti, tj. uspostavljen pravilan red rada bez stvaranja plamenih buktinja i kratkih spojeva na noževima rastavljača i svih posledica istog.

2.3. Blokada ulaska u paralelan rad preko rastavljača

U objektima sa dva sistema sabirnica često se dva transformatora ili energetska sistema pogrešnim radom dovode u paralelan rad preko sabirničkih rastavljača. Zbog moguće naponske razlike kod sinhronizovanih i usklađenih sistema dolazi do pojave uključenja rastavljača pod opterećenjem, a kod neusklađenih do direktnih kratkih spojeva. U ovom slučaju vrši se isključenje dela ili celog objekta, što je celishodnije od posledica koje mogu nastati na mestu ulaska u paralelu. Isto se postiže uzajamnom kontrolom uklopnog stanja sabirničkih rastavljača. Ako je

jedan sabirnički rastavljač uključen, tada će pri pokušaju uključenja drugog sabirničkog rastavljača doći do formiranja komande koja će isključiti nadležne prekidače za date sabirnice i sprečiti plamene buktinje i kratke spojeve na noževima rastavljača i sabirnicama.

2.4. Blokada radnih vrata ćelije i mogućnosti dolaska u dodir sa naponom

U zatvorenim razvodnim postrojenjima visokog i srednjeg napona, osnovni prostor, odnosno sabirnice jedne ćelije, dela ili delova jedne ili više ćelija određen je najmanje sa dva rastavljača ili jednim rastavljačem i noževima za uzemljenje.

Tako utvrđeni prostor odnosno sabirnice u potpunosti se kontrolišu uklopnim stanjem tih rastavljača i noževa za uzemljenje koristeći dve nezavisne linije obezbeđenja. Prva linija predstavljena je elektromagnetnom blokadom, koja zaključava (blokira) radna vrata ćelije u beznaponskom stanju elektromagnetne brave prigodne konstrukcije. Uslovljeni beznaponski princip uveden je kod zabrane ulaska u ćeliju kao dopunska mera, a obezbeđuje se kod nedozvoljenog uklopnog stanja rastavljača ili noževa za uzemljenje koji kontrolišu prostor sa datim vratima. Ako se na bilo koji način premosti prva linija blokade (mehaničko ili neko drugo oštećenje) i dođe do »nasilnog« otvaranja radnih vrata ćelije (prostora) u nedozvoljenom uklopnom stanju rastavljača ili noževa, nastupiće alarmno stanje koje se oglašava sirenom blokade vrata, dela ili celog objekta. Paralelno alarmu teče podešeno vreme uspostave komande koja nakon njegova isteka isključuje alarm i nadležan prekidač snage za dati prostor.

Isključenjem je izvršiocu otvaranja vrata uskraćena mogućnost dolaska u dodir sa naponom i verovatna tragedija. Ako se u vremenu trajanja alarma (oko 3 sekunde) nasilno otvorena vrata zatvore, pretaće alarm i pokušaj će biti bez ikakvih posledica. Za ekipe održavanja obezbeđeni su delovi premošćavanja prve i isključenja druge linije obezbeđenja preko tastera na radnim vratima. Međutim, da bi radnik koji je na ovakav način otvorio radna vrata ćelije u nju i ušao, morao bi da pusti taster, a tada bi nastao alarm i isključenje na napred opisan način.

Ako bi se pojava nasilnog otvaranja vrata izvršila na ulaznoj ili izvornoj ćeliji objekta, onda bi nadležni prekidač snage zaštite bio u susjednom ili izvornom objektu. Za isključenje datog prekidača, formirana informacija nasilnog otvaranja ćelije bi se posredstvom sistema upravljanja i »vrućeg« rezervnog puta mogla pretvoriti u izvršnu komandu za isključenje nadležnog prekidača snage u izvornom objektu.

2.5. Blokada mogućnosti daljinskog upravljanja

Daljinski se ne može upravljati sa prekidačem snage ako pripadajući rastavljači i noževi za uzemljenje nisu u usaglašenom položaju.

Daljinski se ne može upravljati sa prekidačima snage u jednom objektu ako su bilo koja radna vrata ćelije objekta u otvorenom položaju kod nedozvoljenog uklopnog stanja rastavljača i noževa za uzemljenje dotične ćelije. Time je sistemu upravljanja za slučaj tragedije i nepravilnog rada osoblja obezbeđen potreban alibi.

3. OPIS SISTEMA BLOKADA

Mogućnost pogrešnog reda rada kod postojećih rešenja sprečava se na razne načine, a najčešće elektromagnetnim blokadama. One su u suštini predstavljene nekim konstruktivno rešenim zaporom koji je kontrolisan u sklopu prekidača snage i rastavljača. Kontrola se obavlja preko signalnih prekidača spregnutih na pogonske osovine prekidača snage, uslovljavanjem napajanja elektromagneta blokade rastavljača. Njihovo napajanje omogućeno je samo u isključenom stanju prekidača snage. Tada je moguće deblokirati rastavljač i promeniti njegovo uklopno stanje. Eksploataciona iskustva ukazuju na više problema datog rešenja. Prirodno je velika frekvencija nasilja nad uspostavljenom blokadom, uzrokovana greškom u redu rada, nedozvoljenom uklopnom stanju, nepostojanju pomoćnog napona, neispravnosću nekog od elemenata u krugu napajanja elektromagnetne brave i sl. Brzo zastarevanje i promena konstrukcija opreme i rešenja, prethodno spomenut, brzo dovodi u pitanje uspostavljen rešenje i blokadu na nekom pravcu ili delu. Nakon toga slede i pogonska snalaženja koja se svode na blokadu blokade u nekom delu objekta i objektu.

Ovakvo stanje uvodi nesigurnost i praktičnu diskvalifikaciju rešenja s logičnim posledicama.

One postaju veoma bitne u sve većoj frekvenci rada sa velikim teretima i odgovornostima u odnosu na vremena, kada su osnovni principi datog problema postavljeni.

Signalizacija uklopnog stanja rastavljača kod postojećih rešenja obezbeđuje se preko signalnog prekidača, prostorno smeštenog u ćeliji, a spregnutog preko zglobasto podešavajućeg mehanizma na osovinu rastavljača ili kulisu poluznog pogona istog. Neke konstrukcije datih prekidača omogućavaju signalizaciju stanja samo po principu »da« ili »ne«, dok se neke konstrukcije, mada veoma fleksibilne za primenu, zbog mesta ugradnje i načina sprežavanja svode na isti princip. Propisi VDF 0670 doneti u ranijem vremenu, a onda i naše preporuke, vrlo su precizno i oštro postavili uslove za signalizaciju uklopnog stanja rastavljača, što je bitno uticalo na koncepciju i konstrukciju njegovog signalnog prekidača. Iz tih razloga verovatno sledi negativan bilans pouzdanosti, viden iz eksploatacionih iskustava, što u savremenim uslovima razvoja energetike i načina upravljanja postaje veoma važno pitanje i akutan problem koji treba rešavati.

Kratak prikaz postojećih rešenja sa nekim naglašenim detaljima rada, mesta montaže signalnih preki-

dača i načina njihovog sprezanja sa elementima rastavljača dat je čitaocu u cilju lakšeg upoređenja sa novim rešenjima prezentiranim u ovom radu.

Suština novih rešenja sistema blokada ostvarenih kroz regulaciju reda rada (SB/3R) ogleda se u spontanom i diskretnom pretvaranju bilo kakvog rada u pravilan red rada energetske opreme kao izvršnih elemenata konkretnog rada.

Isto se postiže uvođenjem pored realnih kontakata »da« ili »ne« još i ugaono pomerenih »specijalnih« kontakata na signalnom prekidaču konkretnog rastavljača.

Ugaono pomeranje jednog kontakata u odnosu na drugi kontakt i stvaranje »specijalnih« ili namenskih kontakata moguće je izvesti u toleranciji od 4° kod nedavno osvojenog signalnog prekidača rastavljača iz familije SNL tvornice aparata »Rade Končar« Zagreb. Da bi se omogućilo povećanje datog ugaonog pomerenja i stvorili uslovi za ekonomski realna, a tehnički lako izvodljiva rešenja regulacije reda rada, izvršeno je iskorišćenje praznog hoda poluznog pogona i svih elemenata u sklopu od ručice ili osovine pogona do noževa rastavljača. Dato iskorišćenje je postignuto skoro bez gubitaka opsega osmatranja, odnosno kontrole, ugradnjom signalnog prekidača (7) u neposrednoj blizini osnovne osovine (1) sa ručicom (2) ručnog ili nekog drugog pogona rastavljača (4) pretpostavljenog principijelno na slici 1.

Ovakvom ugradnjom signalnog prekidača stanje poluznog pogona rastavljača isključuje se iz kruga posmatranja i predstavlja se kao izvesni nedostatak u odnosu na njegovu osovinsku spregu, dok se u odnosu na spregu signalnog prekidača za kulisu pogona krug posmatranja u principu ne menja.

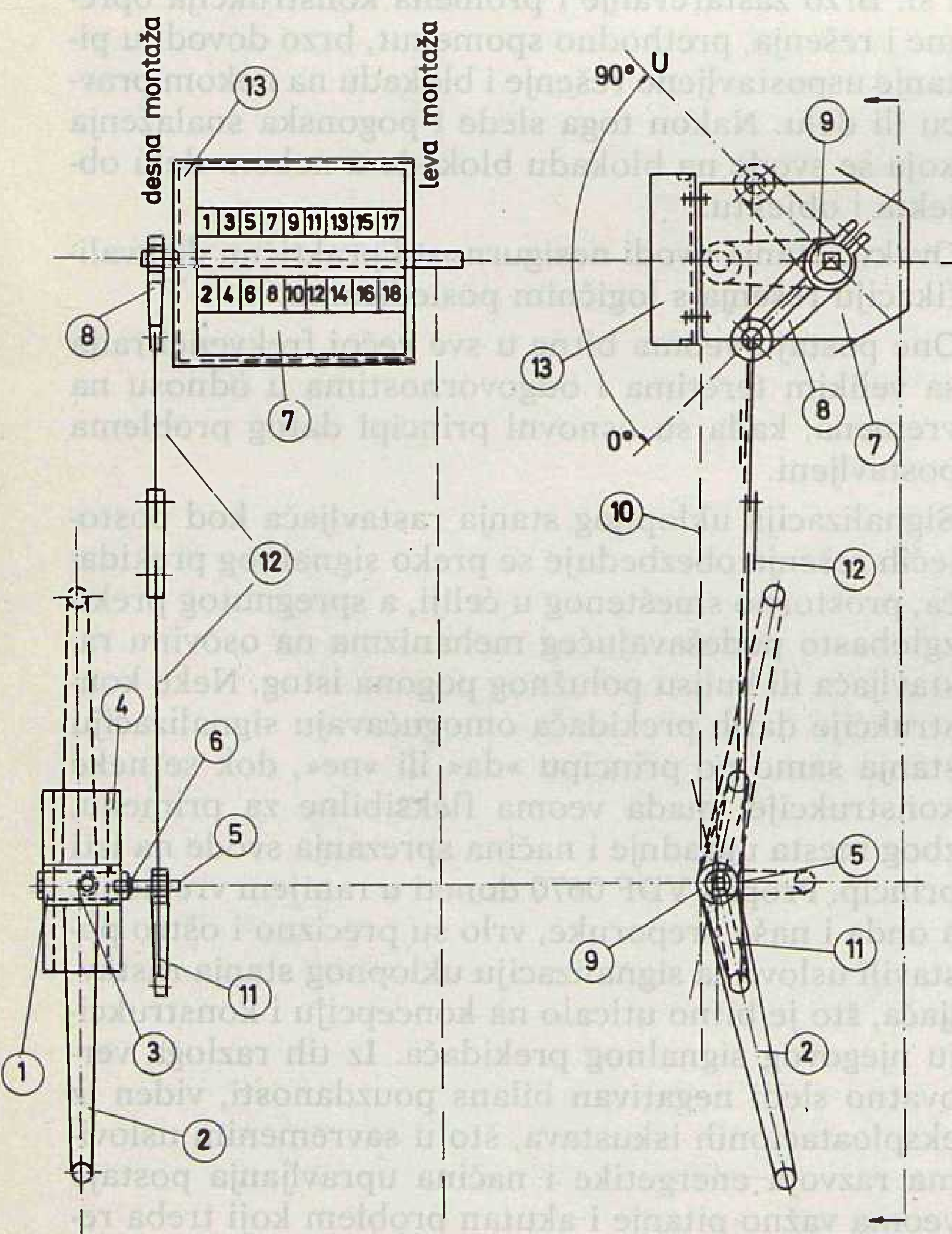
Iskustvo iz eksploatacije ukazuje da su sva do sada primenjivana mesta ugradnje signalnog prekidača relativno dobra. Razlog leži verovatno u solidnoj konstrukciji upravljačkih elemenata poluznih pogona rastavljača, te se napred izneta razlika može smatrati nebitnom. Veličina premoštenog praznog hoda poluznog pogona i pratećih elemenata od preko 12° omogućila je bez većih problema definisanje potrebnog ugaonog pomerenja i ostvarenja namenskih (»specijalnih«) kontakata, odnosno željenu primenu sistema blokada ostvarenu regulacijom reda rada.

Pored navedenog, posebno se ističe, s obzirom na propis VDE i naše preporuke, da ni jedno od postojećih, a ni predloženo rešenje ne omogućavaju praćenje stanja noževa rastavljača. Strogo gledano, ona se za signalizaciju mogu koristiti samo kod rastavljača sa ručnim pogonom, gde rukovalac ima konačnu ulogu arbitra kod uklopnog stanja rastavljača i noževa.

Sprega signalnog prekidača za osnovnu osovinu pogona izvršena je bez praznog hoda preko poluge (8) signalnog prekidača, podešavajućeg štapa (12), podešavajuće poluge (11) i osovine sprege (5) zavarene varom (6) za osnovnu osovinu (1), slika 1. Ona se kod postojećih ručnih ili drugih pogona zavrtnjem (3) tvrdo spaja sa telom ručice pogona, odnosno poluznog pogona rastavljača. Poluga (8) signalnog prekidača i podešavajuća poluga mehanizma (11) spregnute su sa jedne strane za kvadratne osovine preko plastičnih regulacionih umetaka (9), proizvedenih u sklopu signalnog prekidača »RK«, evidentiranog pod brojem 602422. Sa druge strane poluge su spregnute bez zazora za podešavajući štap (12) preko termički poboljšanih osovina, osiguranih od ispadanja sigurnosnim prstenom sa jedne, a glavom sa druge strane.

Montaža signalnog prekidača prikazana na slici 1 može biti desne ili leve izvedbe, zavisno od prostora u kabini i mesta ugradnje ručnog pogona. Signalni prekidač mora stajati, bez obzira na levu ili desnu montažu, u jednom položaju sa rastućim brojevima kontakata sa leva u desno, pri čemu se kod poluge u donjem (I) položaju signalizira isključen, a u položaju gornjem (U) uključen signalni prekidač. Uslov za dato stanje je pravilna montaža poluznog i ručnog pogona. Kod isključenog rastavljača ručica ručnog pogona treba da je u donjem (0), a kod uključenog rastavljača u gornjem (I) položaju.

Položaj ili ravan (10) ugradnje signalnog prekidača je bitan momenat za njegov optimalan rad. Data ravan treba da teži paralelnosti za ravni koju formira duža osa podešavajućeg štapa (12) u svojim konačnim položajima isključnog, odnosno uključnog rastavljača. Pri tom ona treba da tangira polugu (8) signalnog prekidača u neutralnom ili srednjem položaju i stoji normalno na ravan ili pravu koju formira osa zahvat-



Slika 1. Ugradnja i sprega signalnog prekidača sa pogonom rastavljača kod uvođenja SB/3R

nog ugla krajnjih položaja pomenute polue ili ručice ručnog pogona. Postojeći limovi kabina uglavnom zadovoljavaju uslove ravni (10), možda ponegde sa malim neslaganjem, zbog podmetača pri montaži ručnog pogona. Prigodna konstrukcija (13) sa slike 1, pričvršćena zavrtnjima, a najčešće zavarena za postojeću konstrukciju, zamenjuje lim (10) ako on ne postoji ili je neodgovarajućeg položaja odnosno kvaliteta. Signalni prekidač (7), i ako nema mehaničkih naprezanja, mora biti čvrsto i osigurano trajno spojen sa podlogom (10) ili (13), odnosno ručnim pogonom (4) slika 1.

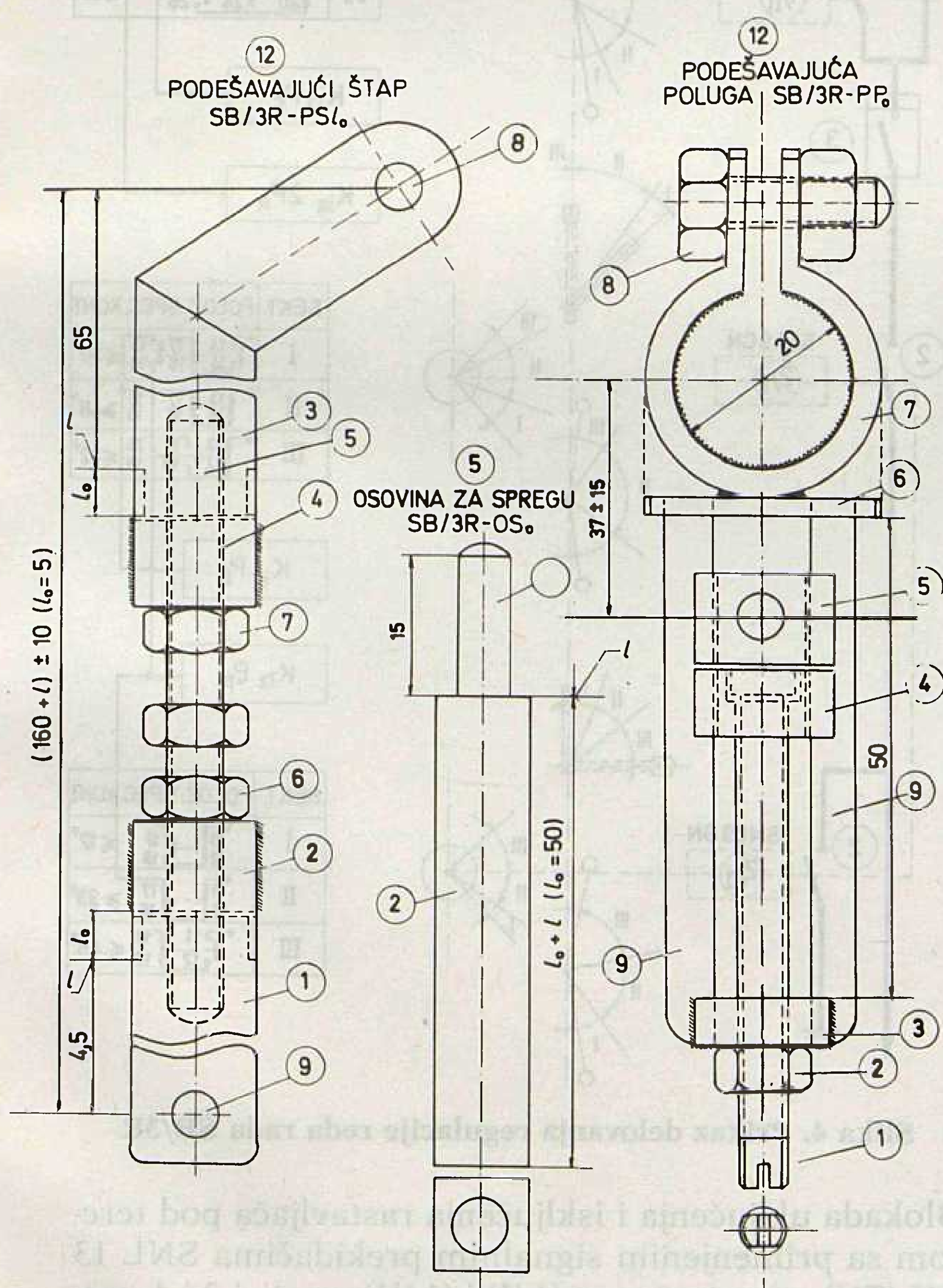
Podešavajući štap (12), tip sb/3R — PŠ 10 principijelno prikazan na slici 2, namenjen je za podešivo krutu spregu signalnog prekidača i ručnog pogona rastavljača preko zglobova odgovarajućih poluga. On je urađen od korozije zaštićenog polučeličnog materijala nekim galvanskim postupkom, gde je sa (1) označena prava viljuška sa zavarenom levom maticom (2) u koju se navija podešavajuće vreteno (5) sa levim navojem, a na polovini sa maticom (6) i desnim navojem na drugoj polovini sa maticom (7). Podešavajuće vreteno (5) u sredini ima nepomično telo prilagođeno otvoru standardnog ključa. Svojom desnom polovinom vreteno se zavija u maticu (4) sa desnim navojem koja je navarena na kraju ugaone viljuške (3). Osnovno rastojanje ušice (8) sa viljuške (3) i ušice (9) sa viljuške (1) mora biti identično sa dužinom koja čini normalu na osi osovine signalnog prekidača i osnovnu

osovinu ručnog pogona, čime se upostavlja prvi uslov rada elemenata sprege sa slike 1 i 2 bez naprezanja. Dato rastojanje je definisano u svojoj minimalno neophodnoj veličini i predstavljeno na slici 2 na poziciji (12) za vrednost $l=0$, kada ono iznosi 160 ± 10 mm. Podešavajuća dužina ± 10 mm namenjena je za fino podešavanje rastojanja, odnosno za korekciju i kompenzaciju greški, grubih tolerancija i otežanih uslova preciznog rada pri montaži signalnog prekidača. Jednom podešeno rastojanje se utvrđuje kontramaticama (6) i (7), da bi se nakon konačnog podešavanja utvrđeno stanje plombiralo. U nekim uslovima data minimalna dužina neće biti dovoljna, te će u tom slučaju (1) dobiti neku vrednost od 10, 20, 30 ili 100 mm. U posebno kritičnim uslovima predviđena je mogućnost produženja štapa i na terenu sečenjem i dodavanjem elektrovarom potrebne dužine u predelu » l_0 « na obe viljuške.

Podešavajuća poluga (11), tip SB/3R-PPo, principijelno prikazane na slici 2 namenjena je za krutu spregu sa osnovom osovinom pogona i gibljivu spregu sa podešavajućim štapom (12) uz istovremeno svodenje bilo kod ugla ručnog ili drugog pogona na ugao rada signalnog prekidača rastavljača od 90° . Izrađena je od nerđajućeg metala ili materijala pogodnog za termička poboljšanja sa zaštitom od korozije nekim galvanskim postupkom, gde je sa (1) naznačena glava podešavajućeg zavrtnja koji se utvrđuje u navoju konstrukcije (3) posle udešenja, kontra-maticom (2). Podešavanje osnovnog rastojanja ušice vučne osnove (5) od ušice sprege (7) sa veznom konstrukcijom (6) vrši se zavrtnjem (1) preko vučnog kućišta (4) koje klizi bez zazora po stubovima poluge (9). Dato rastojanje je srazmerno uglu i poluprečniku rotacije signalnog prekidača, a obrnuto srazmerno uglu rotacije ručnog pogona, odnosno osnovne osovine i podešavajuće poluge SB/3R-PPo. Ista je zavrtnjem (8) tvrdo stegnuta preko ušice (7) i plastičnog umetka 602422 »RK« za osovinu sprege SB/3R-OSo (5) slika 2 i slika 1. Poluga (11) omogućava kretanje signalnog prekidača bez naprezanja u opsegu 0° do 90° pri kretanju osnovne osovine pogona ili ručice od 0° do 80° kod maksimalnog, odnosno 0° do 180° kod minimalnog osnovnog rastojanja ušica vučne osnove (5) i sprege (7), što treba da zadovolji primenu kod svih ručnih pogona ugrađenih na objektima, bez obzira na tip i konstrukciju.

Osovina za spregu (5) tip SB/3R-OSo urađena je od kvadratnog gvožđa, galvanski zaštićenog od korozije, gde je sa (1) označeno usadno telo, a sa (2) radno vreteno osovine (5), slika 2. Usadno telo (1) obezbeđuje sigurno postavljanje osovine (5) u osu zabušene osnovne osovine (1) ručnog pogona, slika (1), u kom položaju se elektrovarom (6) obezbeđuje njihovo tvrdo spajanje. Osnovna dužina tela (l_0) realno treba da zadovolji sve potrebe, ali za iznimne slučajeve može se produžiti. Pri produženju treba voditi računa da je već kod $l=l_0$ potrebno obezbediti ležište produžene osnovne osovine zbog mogućeg izvijanja.

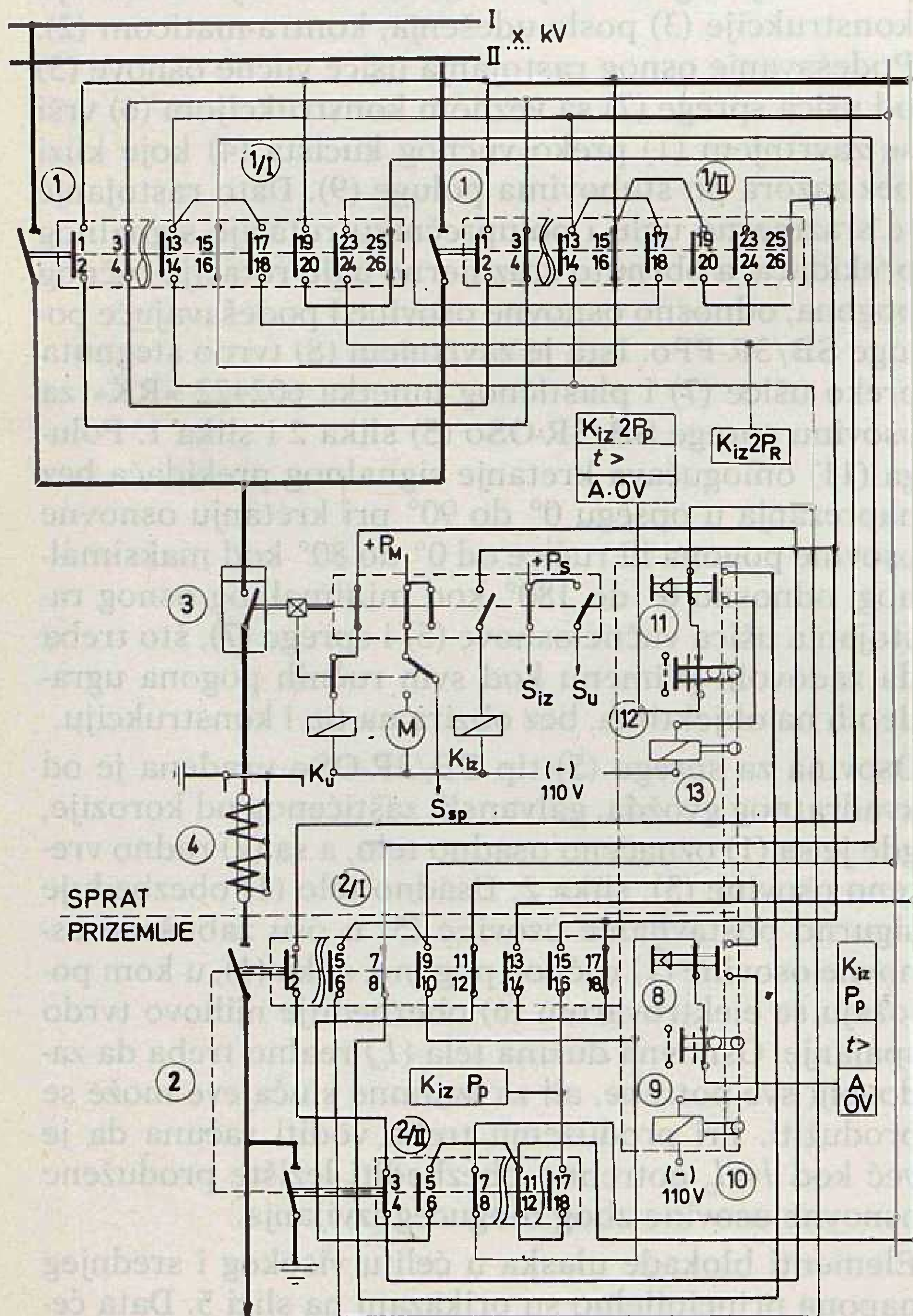
Elementi blokade ulaska u ćeliju visokog i srednjeg napona principijelno su prikazani na slici 5. Data ćelija ili rastavljačima definisan i ograđen prostor zatvorenog oblika, raspolaže sa jednim ili više vrata za



Slika 2. Elementi sprege kod SB/3R

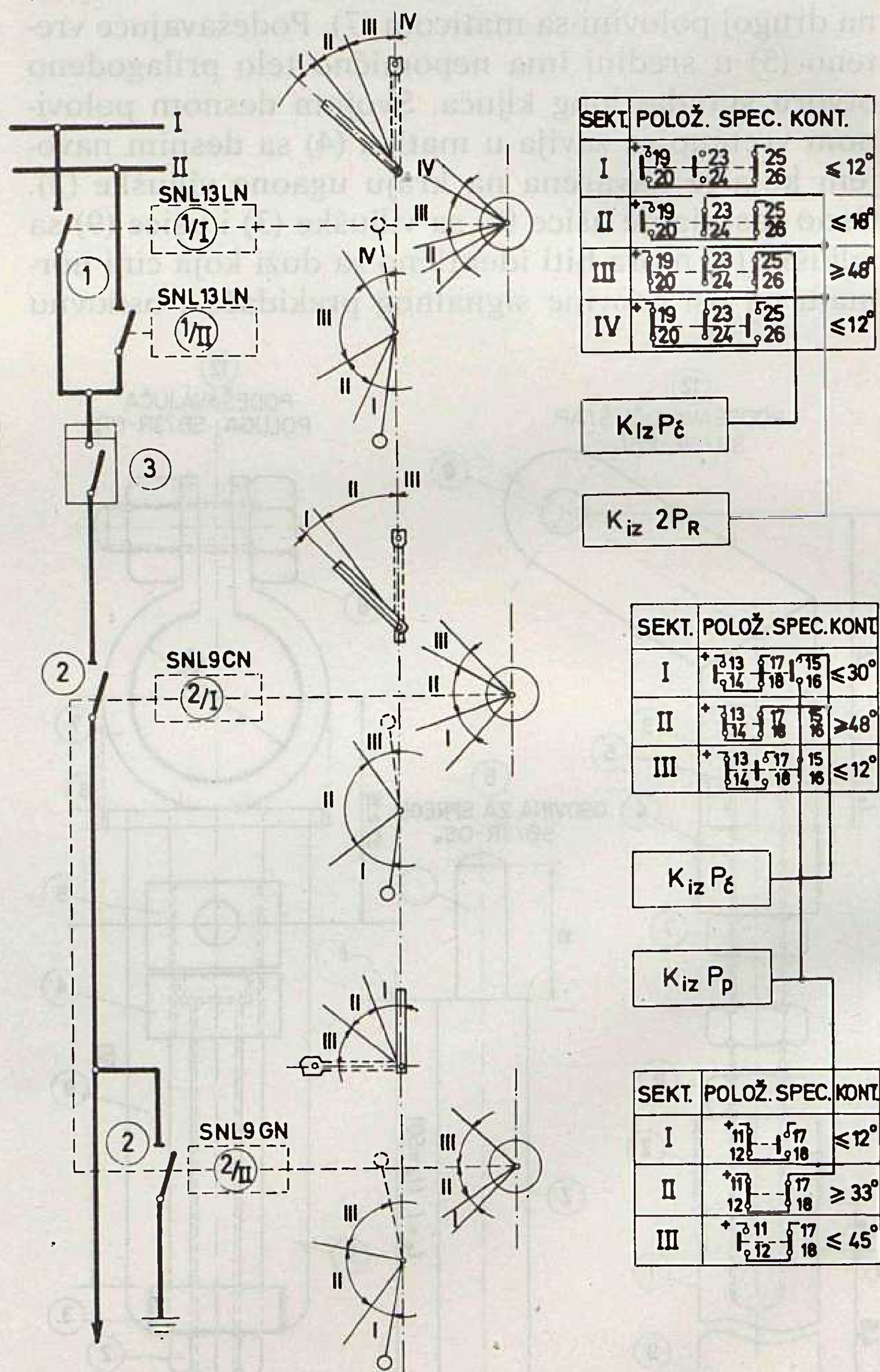
ulazak. Jedna vrata visine »h«, principijelno data na slici 5, obezbeđena su elementima blokade i nazvana »radna« vrata, dok se druga eventualno postojeća i operativno nepotrebna vrata osigurano zatvaraju sa unutrašnje strane. Vrata se ni u kom slučaju ne mogu otvoriti sa spoljne strane.

Osnovne elemente blokade čini elektromagnetna brava 110 V JSS (10), odnosno (13) i krajnji prekidač KT-2-1 (9), odnosno (12) smešteni u podešenom odnosu na zajedničkoj konstrukciji što manjih dimenzija. Ista se čvrsto ugrađuje na nepokretnom krilu vrata, i to na polovini visine njihova pokretnog krila. Na pokretnom krilu u istoj visini ugrađuje se prigodna konstrukcija (7), slika 5, po kojoj klizi točkić KT-2-1 i vreteno brave, otvarajući njegov kontakt (3-4), zaključavajući vrata datim vretenom kroz otvor konstrukcije (7). Taster za deblokadu (8) odnosno (11) ugrađuje se uglavnom na radnim vratima, i to tako postavljen i udaljen da se njegovim stiskom i otvaranjem vrata mora udaljavati od otvora, čime se sprečava mogućnost držanja tastera i istovremen eventualan dodir delova pod naponom. Ako se iz bilo kojih razloga ne poštuje opisana linija blokade i izvrši otvaranje vrata, odnosno pusti taster za deblokadu (8) ili (11), nastaje alarm kao upozorenje preko krajnjeg prekidača KT-2-1 (9) ili (12) i kontakta (3-4) a po paralelnoj ili spontanoj liniji regulacije reda rada. Alarm



Slika 3. Vezivanje sistema blokade SB/3R

se po isteku podešenog vremena potvrđuje isključenjem dela ili celog objekta, sprečavajući eventualnu tragediju i moguću havariju. Napajanje linije blokade vrši se komandnim naponom u rednoj vezi preko mirnih kontakata, dok se linija regulacije reda rada napaja signalnim naponom preko radnih kontakata signalnih prekidača rastavljača odgovornih za ćeliju u paralelnoj vezi do kontakta (1-2) tastera (8) ili (11). Blokada uključivanja prekidača snage (3) daljinski sa ćelije, daljinski iz komandnog prostora ili nekog centra upravljanja, postiže se spontanim ukidanjem komandnog napona za kalem K_u prekidača na signalnim prekidačima rastavljača i noževa uzemljenja pri njihovom neadekvatnom uklopnom stanju. Sprovođenje komandnog napona preko slogova mirnih i radnih kontakata (1-2) i (3-4) signalnih prekidača rastavljača (1/I), (1/II) i (2/II), slika (3), do kalema za uključivanje prekidača moguće je samo pri uključenom stanju jednog od sabirničkih rastavljača (1), kao i izlaznog rastavljača (2) a isključenih noževa za uzemljenje.



Slika 4. Prikaz delovanja regulacije reda rada SB/3R

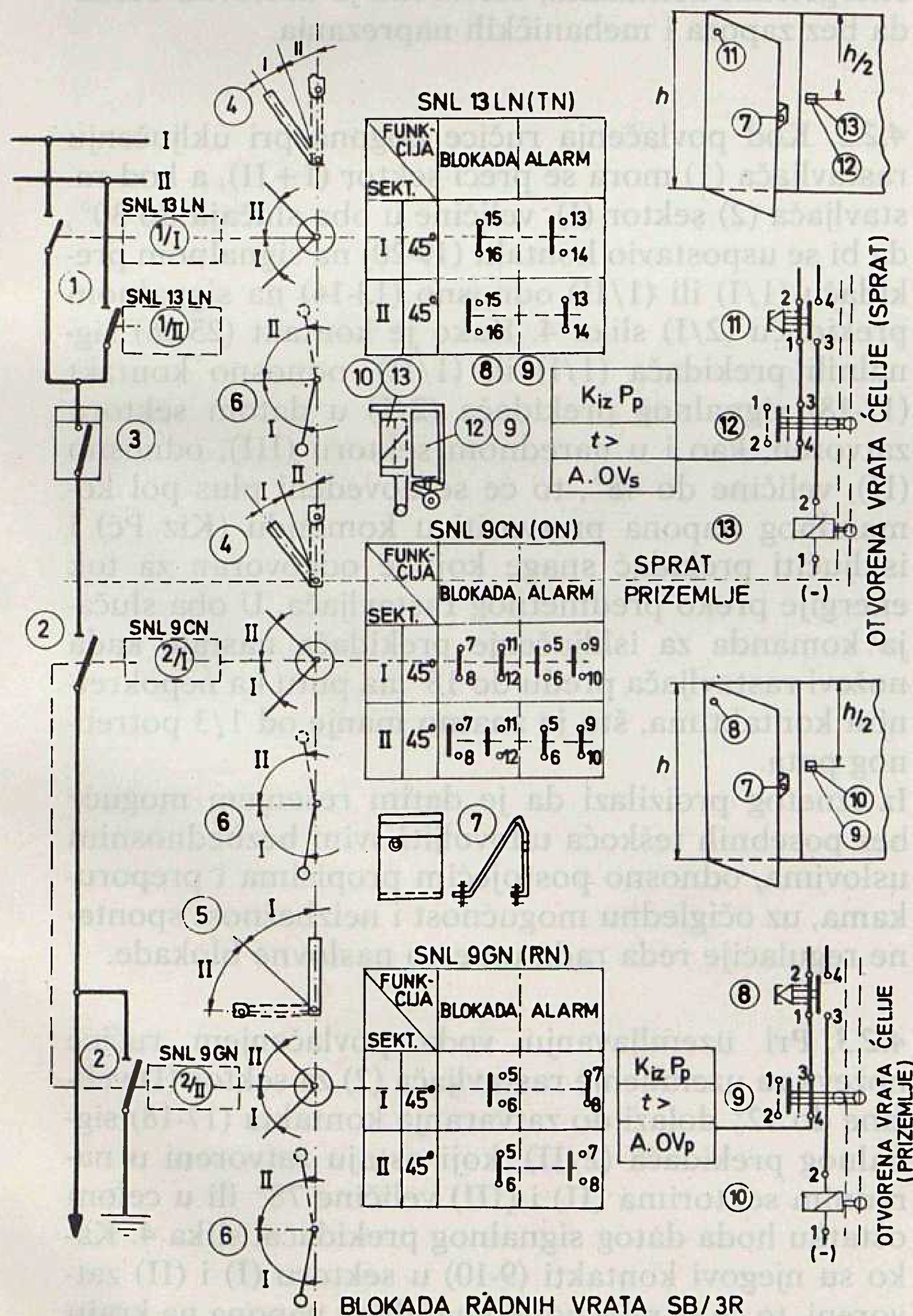
Blokada uključivanja i isključenja rastavljača pod teretom sa primenjenim signalnim prekidačima SNL 13 LN (TN), označenim sa (1/I) i (1/II) na slici 3 i 4, ostvarena je komandom za isključenje prekidača ćelije

(Kiz Pć). Data komanda je sprovedena preko kontakata (19-20) i (25-26), a izvršava se kod isključivanja rastavljača pre ili u trenutku pokretanja energetskih kontakata a pri uključanju rastavljača posle njihova pokretanja za 15 do 20°. Kod primene signalnih prekidača SNL-9CN (ON), označenih na slici 3 i 4 sa (2/I), napred data komanda izvršava se u svemu pod istim uslovima i sa istim rezultatima, samo preko kontakata (13-14) i (14-18).

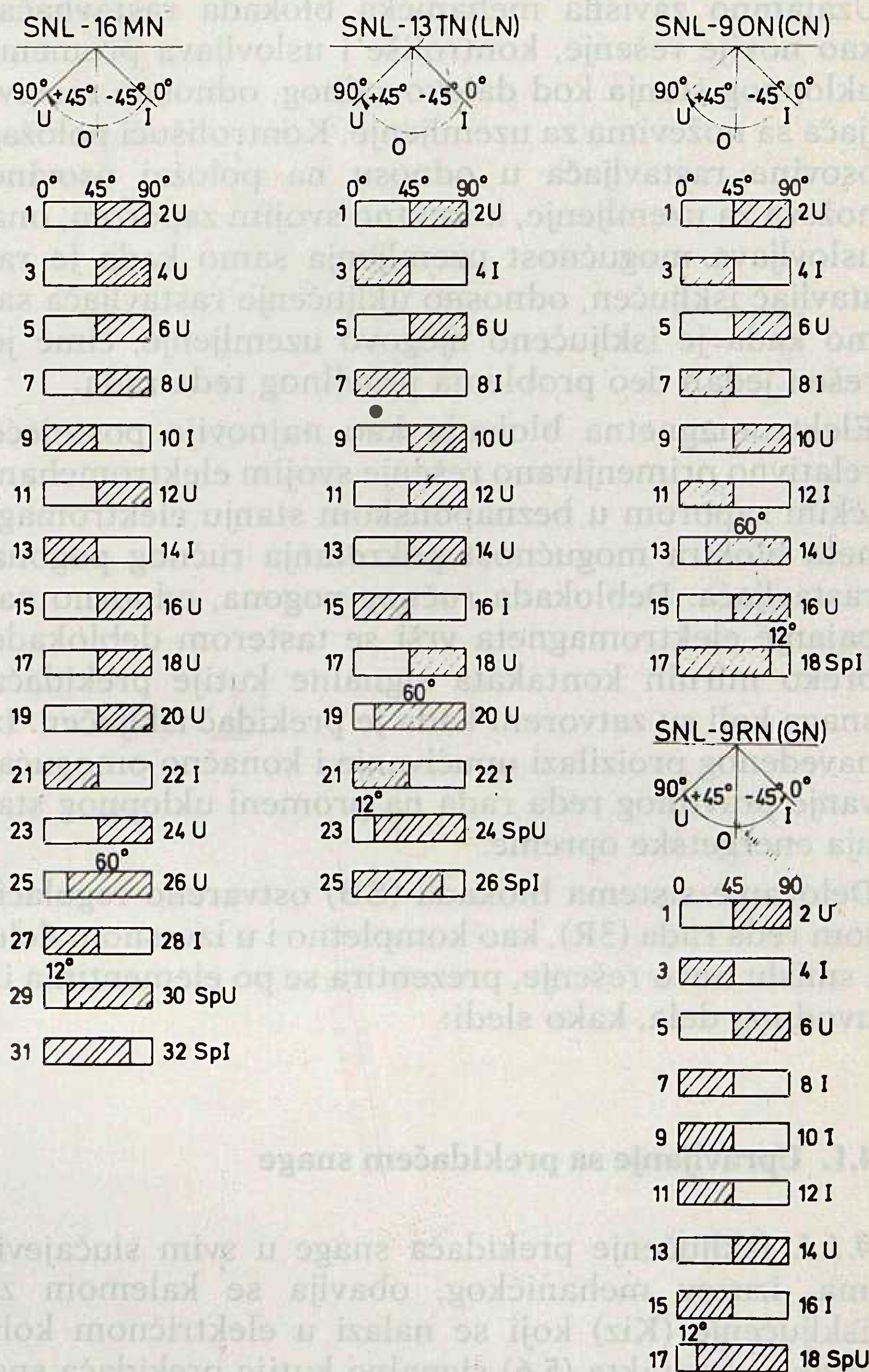
Blokada uzemljenja voda pod naponom ostvarena je komandom koja se formira pri uključanju noževa za uzemljenje (2) na kontaktima (11-12) i (17-18) signalnog prekidača noževa za uzemljenje (2/II), tip SNL-9 GN (RN). Formirana komanda za isključenje prekidača pravca (Kiz Pp) sprovodi se po jednoj grani preko kontakata (15-16) signalnog prekidača (2/I) na kalem isključenja prekidača snage ćelije (Kiz Pć), slika 3. i 4. Druga grana formirane komande ide kao informacija u periferiju sistema upravljanja, gde je treba definisati za isključenje prekidača na istom pravcu, ali u drugom objektu. Blokada ulaska u paralelu dva energetska sistema preko rastavljača ostvarena je prenosom spontano formirane komande preko kontakata (17-18) i (23-24) signalnih prekidača rastavljača SNL 13 LN (TN) (1/I) i (1/II) u uzajamnoj sprezi, kako je to shemom na slici 3. i 4. uspostavljeno. Tako formirana komanda (Kiz Pr) deli se u dve linije za

isključenje dva prekidača u istom vremenu, sprečavajući uključanje rastavljača pod teretom, odnosno ulazak u paralelu dva energetska sistema preko rastavljača.

Podešavanje ugla kontaktiranja kontakta signalnih prekidača rastavljača kod uvođenja sistema blokada ostvarene sa regulacijom reda rada (SB/3R), izvršeno je po shemi datoj na slici 6. Kontaktiranje realnih



Slika 5. Blokada radnih vrata SB/3R



Slika 6. Shema podešavanja signalnih prekidača rastavljača kod uvođenja SB/3R

radnih i mirnih kontakata »U« i »I«, ostvareno je u principu po sredini radnog segmenta 0° do 90°. Svojom izuzetno velikom tolerancijom omogućava slobodno, a ujedno i pouzdano podešavanje kontaktiranja specijalnih kontakata signalnih prekidača sa slike 6. Zahvaljujući iznetom stanju i mestu ugradnje signalnog prekidača sa korišćenjem praznih hodova poluznog pogona, moguće je pouzdano uspostaviti signalizaciju uklopnog stanja rastavljača i udovoljenje uslova VDE propisa i naših preporuka. Pri ovome treba imati u vidu da je predmetno udovoljenje posredno, kao i sva dosadašnja rešenja sa znatno olakšanim uslovima montaže i eksploatacije. Signalni prekidači zbog uslova montaže mogu biti građeni sa levom ili desnom osovinom kada se označavaju sa (LN), (CN) i (GN) ili sa osovinom na obe strane i oznakom (TN), (ON) i (RN).

4. OPIS DELOVANJA

Postojeća rešenja mehaničkih blokada svojim zaporima ukazuju rukovaocu na pravi red rada, a time i njegovo ispravno izvršenje. Zaključavanje i primena klina kao najstarije rešenje, omogućava rad tek posle otključavanja ili vađenja klina iz ručnog pogona rastavljača, čime upućuje na ispravan red rada.

Uzajamno zavisna mehanička blokada rastavljača, kao novije rešenje, kontroliše i uslovljava promenu uklopnog stanja kod dalekovodnog, odnosno rastavljača sa noževima za uzemljenje. Kontrolišući položaj osovine rastavljača u odnosu na položaj osovine noževa za uzemljenje, korektno svojim zaporom, ona uslovljava mogućnost uzemljenja samo kada je rastavljač isključen, odnosno uključanje rastavljača samo kada je isključeno njegovo uzemljenje, čime je rešen jedan deo problema pravilnog reda rada.

Elektromagnetna blokada kao najnovije postojeće relativno primenjivano rešenje svojim elektromehaničkim zaporom u beznaponskom stanju elektromagneta blokira mogućnost pokretanja ručnog pogona rastavljača. Deblokada ručnog pogona, odnosno napajanje elektromagneta vrši se tasterom deblokade preko mirnih kontakata signalne kutije prekidača snage koji su zatvoreni kada je prekidač isključen. Iz navedenog proizilazi upućivanje i konačno omogućavanje pravilnog reda rada na promeni uklopnog stanja energetske opreme.

Delovanje sistema blokada (SB) ostvareno regulacijom reda rada (3R), kao kompletno i u izvesnom delu i smislu novo rešenje, prezentira se po elementima iz uvodnog dela, kako sledi:

4.1. Upravljanje sa prekidačem snage

4.1.1. Isključenje prekidača snage u svim slučajevima, izuzev mehaničkog, obavlja se kalemom za isključenje (Kiz) koji se nalazi u električnom kolu radnog kontakata (5-6) signalne kutije prekidača snage (3) sa slike 3. Svaka daljinska komanda, izvršna komanda energetske zaštite, kao i komanda preventivne zaštite reda rada iz ovog materijala biće izvršena bez vremenske zadržke, odnosno nakon isteka vremena prorade prekidača snage.

4.1.2. Uključenje prekidača snage pored mehaničkog u svim uslovima obavlja se uslovljeno kalemom za uključanje (Ku), koji se nalazi u električnom kolu mirnog kontakata (1-2) signalne kutije prekidača snage (3) sa slike 3. Dato uslovljavanje postignuto je uobičajenom napojnom vezom kalema uključanja (Ku) preko radnih i mirnih kontakata signalnih prekidača odgovornih rastavljača. Bilo koje daljinsko uključanje izvršava se samo kada su kontakti (1-2) na jednom i (3-4) na drugom signalnom prekidaču sabirničkih rastavljača (1) zatvoreni kao i kontakti (1-2) signalnog prekidača (2/I) odnosno (3-4) signalnog prekidača (2/II) rastavljača (2), slika 3. Uslov za daljinsko uključanje prekidača je ispunjen kada je jedan sabir-

nički i izlazni rastavljač uključen, a isključeni noževi za uzemljenja.

4.2. Blokada isključenja i uključanja rastavljača pod opterećenjem i uzemljenje voda pod naponom

4.2.1. Pri povlačenju ručice pogona kod isključenja rastavljača (1) ili (2) do 12° , prelazeći sektor (IV), odnosno (III), uspostavlja se kontakt (25-26) signalnog prekidača (1/I) ili (1/II), odnosno kontakt (17-18) signalnog prekidača (2/I) koji ostaju zatvoreni narednih oko 78° , slika 4. Kako je kontakt (19-20) signalnog prekidača (1/I) ili (1/II) odnosno kontakta (13-14) signalnog prekidača (2/I) zatvoren do 30° pre povlačenja ručice i ostaje u istom stanju narednih 60° , a na koje je doveden plus pol komandnog napona, uspostavlja se tada komanda (Kiz Pć) koja isključuje prekidač ćelije pre ili u momentu pokretanja noževa rastavljača, slika 3 i 4. Započeto isključenje rastavljača može se izvršiti i izvršava se bez posledica i zapora jer je prekidač snage isključio tok energije pre otvaranja kontakata rastavljača, što se vidi iz sektora (IV) ili (III) noževa rastavljača (1), odnosno (2), slika 4. Spontanom isključenjem prekidača snage pri isključenju rastavljača, a pred otvaranje njegovih energetskih kontakata, ostvarena je naslovna blokada bez zapora i mehaničkih naprezanja.

4.2.2. Kod povlačenja ručice pogona pri uključanju rastavljača (1) mora se preći sektor (I + II), a kod rastavljača (2) sektor (I), veličine u oba slučaja do 30° , da bi se uspostavio kontakt (19-20) na signalnom prekidaču (1/I) ili (1/II) odnosno (13-14) na signalnom prekidaču (2/I) slika 4. Kako je kontakt (25-26) signalnih prekidača (1/I) ili (1/II), odnosno kontakt (17-18) signalnog prekidača (2/I) u datom sektoru zatvoren, kao i u narednom sektoru (III), odnosno (II), veličine do 48° , to će se dovedeni plus pol komandnog napona pretvoriti u komandu (Kiz Pć) i isključiti prekidač snage koji je odgovoran za tok energije preko predmetnog rastavljača. U oba slučaja komanda za isključenje prekidača nastaje kada noževi rastavljača pređu do 18° na putu ka nepokretnim kontaktima, što je znatno manje od $1/3$ potrebnog puta.

Iz iznetog proizilazi da je datim rešenjem moguće bez posebnih teškoća udovoljiti svim bezbednosnim uslovima, odnosno postojećim propisima i preporukama, uz očiglednu mogućnost i neizbežnost spontane regulacije reda rada umesto naslovne blokade.

4.2.3. Pri uzemljavanju voda povlačenjem ručice noževa za uzemljenje rastavljača (2) za sektor (I) veličine do 12° dolazi do zatvaranja kontakta (17-18) signalnog prekidača (2/II), koji ostaju zatvoreni u narednim sektorima (II) i (III) veličine 78° ili u celom ostatku hoda datog signalnog prekidača, slika 4. Kako su njegovi kontakti (9-10) u sektoru (I) i (II) zatvoreni, to će se plus pol komandnog napona na kraju hoda u sektoru (I) pretvoriti u komandu za prekidač

snage dotične ćelije, koja se prosleđuje preko kontakta (15-16) signalnog prekidača (2/I) izlaznog rastavljača (2).

Dati kontakti su rastavljeni kod isključenog rastavljača, odnosno u prostoru sektora (I) i jednog dela sektora (II), dok su isti sastavljeni u ostatku sektora (II) i u sektoru (III), odnosno kada je rastavljač (2) uključen. Na opisan način upućena komanda ka prekidaču snage ćelije se prekida za isti ako je rastavljač isključen ili se izvršava kao (Kiz Pć) u suprotnom slučaju. Na ovaj način su rešeni problemi dalekovodnih rastavljača bez ili sa neispravnom mehaničkom blokadom. Da bi se sprečila mogućnost uzemljenja voda koji je pod naponom iz drugog objekta, paralelno napred datoj komandi (Kiz Pć) formira se informacija za sistem upravljanja. On na bazi date informacije treba da reši problem formiranja i prenosa komande (Kiz Pp) za isključenje prekidača na konkretnom pravcu u drugom objektu.

4.3. Blokada ulaska u paralelan rad preko rastavljača

Kada se kod uključenog jednog sabirničkog rastavljača (1) sa signalnim prekidačem (1/I), povuče ručica ručnog pogona drugog sabirničkog rastavljača (1) sa signalnim prekidačem (1/II) za sektor (I) veličine do 12°, uspostaviće se na njemu kontakt (23-24) koji ostaje zatvoren na putu narednih sektora (II), (III) i (IV) do kraja hoda od 78° datog signalnog prekidača, slika 4. Kako je kontakt (23-24) signalnog prekidača (1/II) u pretpostavljenom uklopnom stanju rastavljača (1) napojen plus polom komandnog napona preko radnog kontakta (17-18) signalnog prekidača (1/I) uključenog prvog rastavljača (1), to se pri datom povlačenju formira komanda koja se preko relejne koncentracije objekta uspostavlja kao (Kiz-2P) za isključenje oba napojna prekidača snage za sabirnice sa datim rastavljačima, slika 3 i 4. Kod suprotnog uklopnog stanja od pretpostavljenog rezultat bi bio isti, samo što bi već data oprema u svom radu zamenila uloge. Datim uslovima formiranja komande i isključenjem prekidača koji napajaju sabirnice sprečava se ulazak u paralelan rad i paralelan rad dva energetska sistema preko rastavljača, odnosno uključenje rastavljača pod teretom čime su ostvarene uloge date blokade na diskretan i korektan način.

4.4. Blokada radnih vrata ćelije i mogućnost dolaska u dodir s naponom

Blokada ili zabavljanje radnih vrata ćelije na spratu po slici 3 i 5 postiže se elektromagnetnom bravom (13) u beznaponskom stanju preko vretena brave i otvora u konstrukciji (7). Deblokada ili otključavanje vrata vrši se dovodenjem napona preko kontakta (3-4) tastera (11).

Raspoloživost datog napona obezbeđena je rednom vezom kontakata (15-16) signalnih prekidača (1/I) i (1/II) sabirničkih rastavljača (2) i to samo u isključenom stanju datih rastavljača. Ekipe održavanja raspoloživost datog napona mogu ostvariti privremenim prespajanjem na klem-lajсни ćelije.

Regulacija reda mogućnosti ulaska u ćeliju bez opasnosti obezbeđena je paralelnom linijom opisanoj liniji blokada, a izvršena paralelnom vezom kontakata (13-14) signalnog prekidača (1/I) i (1/II) sabirničkih rastavljača (1) sa kontaktima (5–6) signalnog prekidača (2/I) rastavljača (2) na kontakt (1-2) tastera deblokade (11) i daljom rednom vezom kontakta (3-4) krajnjeg prekidača KT-2-1 (12) do trube smeštene u pogodnoj blizini i vremenskog releja u koncentraciji objekta, gde se formira komanda (Kiz-Pp) za isključenje prekidača u drugom objektu na datom pravcu posredstvom sistema upravljanja. Ako je bilo koji rastavljač (1) ili (2) uključen, ova linija obezbeđenja ili regulacije dolazi pod napon, te će komanda za isključenje prekidača biti formirana ako se vrata ćelije otvore i uspostavi kontakt (3-4) krajnjeg prekidača (12), kako je to na slici 3. i 5. dato. Proces isključenja može se zaustaviti stiskom tastera (11), a takođe i interventnim otvaranjem vrata ako se pored navedenog dovede napon na opisan način u liniju blokade. Držanje tastera (11) i otvaranje vrata teško mogu izvoditi dva čoveka bez dogovora i uzajamnog shvatanja ograničene mogućnosti rada i prisutne opasnosti. Jedan čovek kad drži taster i otvara vrata mora da se udaljava od njihova otvora, ali je u mogućnosti da kroz otvorena vrata posmatra unutrašnjost ćelije. Ako bi se trenutno zaboravio u svojim mislima zbog izgleda ćelije, odnosno kvara i hteo ući, morao bi da pusti taster. tada bi se oglasio alarm trube, a sledi ga isključenje sa vremenskom zadržskom kraćom od vremena mogućnosti ulaska u ćeliju, ali dužom od mogućnosti ponovnog stiskanja tastera. Očekuje se u većini slučajeva da će radnik opomenut stati i stiskom tastera zaustaviti proces isključenja objekta. Nezavisnost i uslovljenost napajanja linije blokade od linije regulacije obezbeđuje maksimalno radne uslove održavanja i obezbeđenja od tragedije u isto vreme, čime je postavljeni uslov blokada u potrebnom nivou kvaliteta ispunjen.

Blokada ili zabavljanje radnih vrata ćelije u prizemlju rešeno je na isti način kao i vrata sprata, samo sa rastavljačem (2) i noževima za uzemljenje, odnosno pratećim uređajima koji kontrolišu dati prostor, slika 3. i 5.

4.5. Blokada daljinskog upravljanja i stvaranja alibija za sistem upravljanja vrši se na bazi informacije po liniji regulacije reda ulaska u ćeliju, kada su njezini rastavljači u nedozvoljenom, odnosno uključenom stanju. Pobudom releja u koncentraciji objekta naponom koji se prosledi preko kontakta (3-4) krajnjeg prekidača u liniji regulacije ukida se napon za upravljanje prekidačima objekta, čime je predmetna blokada bez teškoća i jednoznačno ostvarena.

5. PRIMER MATEMATIČKE PREDSTAVE

5.1. Elementarni prikaz svodenja ugaonog pomeraja ručice pogona od svojih graničnih položaja na pomeraj signalnog prekidača od 90° pri poznatoj dužini njegove poluge je

$O\alpha_{rp} = O_{sp} 90^\circ$, iz čega sledi da je hod podešavajuće poluge

$$O_{pp} = \frac{360}{\alpha_{rp}} O_{sp} 90^\circ \text{ odnosno njezino osno rastojanje}$$

$$\gamma_{pp} = \frac{O_{pp}}{2\pi}$$

5.2. Na bazi 100 promena uklopnog stanja bez zadržke u tački praznog hoda izmereno je prolazno vreme od 0,4 sek između graničnih tačaka hoda ručice pogona, bitnih za pouzdanu primenu regulacije reda rada. Također sa primenom potrebnog koeficijenta sigurnosti daje elementarnu mogućnost izračunavanja brzine hoda ili intervala kontaktiranja, odnosno prekida interesantnih pri eventualnoj razradi programa rada nekih potrebnih sklopova kod automatizovanja upravljačkih sistema.

5.3. Intervali kontaktiranja, odnosno prekida mogu se prikazati pojavom ili ukidanjem komandnog napona korištenjem Hevisajdove funkcije u obliku

$$U_{isk} = U_k [h(\alpha - k_1\alpha_1) - h(\alpha - k_2\alpha_2)],$$

pri čemu α_1 uzima vrednosti od 8 do 12° , α_2 od 60 do 78° itd, a $k_1, 2; 0,1$ ili 2 itd.

6. ZAKLJUČAK

Sistem blokada, ostvaren kroz regulaciju reda rada (SB/3R), novo je tehničko rešenje koje nudi znatno pouzdaniji rad u energetskom postrojenju visokog i srednjeg napona. Novost i pouzdanost rešenja obezbeđena je iskorišćenje praznog hoda upravljačkih pogona rastavljača, čiji se rad prati ugaono podesivim paralelno vezanim sistemom bez praznih hoda i blokada sa mogućnošću blagovremenog formiranja komande za korekciju pogrešnog rada.

Ugradnja signalnog prekidača rastavljača u neposrednoj blizini pogona van ćelije omogućava brzo i sigurno uočavanje njegovog eventualnog oštećenja, odnosno reviziju i opravku bez isključenja a izvođenje instalacije zaštićeno od visokog napona i eksplozija pri havariji opreme.

LITERATURA

- [1] Elektrotehnički vesnik br. 6-7, 1951, strana 171
- [2] Elektrotehničar br. 4, 1953, strana 64
- [3] Elektrotehnika br. 7, 1957, strana 171
- [4] Tehnički priručnik »Rade Končar«, II izdanje, Zagreb, 1956, strana 195
- [5] ŠAMU L.: »Blokiranje rasklopnih aparata u razvodnim postrojenjima«, »Montaža« br. 2, februar 1960.

PROTECTION OF MAN AND EQUIPMENT IN HIGH AND MID VOLTAGE POWER STATIONS

This article is a presentation of new technical solutions that are to attribute and coordinate the problems of present blockades as relative protective means of man and equipment in high and mid-voltage power stations, providing a »discrete« regularization i. e. correction in the sequence order.

SCHUTZ DER MENSCHEN UND DER AUSRÜBTUNG IN DEN ANLAGEN DER HOCH UND MITTELSPANNUNG

In diesem Artikel werden neue technische Lösungen geschildert die das Problem der gegenwärtigen Blockaden sowie des relativen Schutzes der Menschen und der Ausrüstung der Hoch und mittelspannung ergänzen und übereinstimmen indem sie eine »diskrete« Regulierung bzw. Korrektur der Arbeitsfolge geben.

ЗАЩИТА ЛЮДЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ В УСТАНОВКАХ ВЫСОКОГО И СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

В настоящей статье представлены новые технические решения, которые проблеме существующих блокад, как относительного средства защиты людей и оборудования на установках высокого и среднего напряжений, дополняют и согласуют, давая »дискретное« регулирование, т. е. коррекцию последовательности срабатывания.

Naslov pisca:

Svetolik Vukomanović, el. inž.
»Elektrošumadija« 34000
Kragujevac, Maršala Tita 100
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
 1984–10–10

KONTINUIRANI I DISKONTINUIRANI MONITORING U PODRUČJU UTJECAJA TERMOELEKTRANE PLOMIN

mr Jure Ćurković — Mislav Carević, Zagreb

UDK 621.311.22.605

PREGLEDNI RAD

U radu se daje prijedlog programa kontinuiranog praćenja prizemnih koncentracija SO_2 i meteoroloških parametara na lokaciji TE Plomin. Također, u okviru ovog rada dan je prijedlog jednogodišnjih opažanja utjecaja TE Plomin na okolinu. U tu svrhu predviđa se uzimanje uzoraka tla, depozicije, biote, voda, sedimenta i zraka kako bi se kvantificirao utjecaj relevantnih polutanata koji nastaju kao posljedica rada TE Plomin.

Ključne riječi: termoelektrana na ugljen, zaštita okoliša, praćenje zagađenja, TE Plomin.

1. UVOD

Korištenje ugljena kao energetske sirovine radi dobivanja energije ima za posljedicu određen utjecaj na okolinu, čiji domet i intenzitet ovisi o kvaliteti ugljena, tehnološkom postupku korištenja ugljena kroz cijeli gorivi ciklus, kao i demografskim, meteorološkim, topografskim te ekološkim karakteristikama lokacije.

Raški ugljen koji se koristi kao gorivo u TE Plomin I karakterističan je po povišenom sadržaju sumpora i urana, što obavezuje investitora da odgovarajućim istraživačkim programom utvrdi i prati granice prihvatljivosti onečišćenja čovjekove okoline (a u skladu sa zakonskim propisima, zdravstveno prihvatljivim ograničenjima, mogućim tehnološkim mjerama — rješenjima zaštite kao i analizom iskustava pri rješavanju sličnih problema kako u nas, tako i u svijetu) kako bi se osigurale podloge za moguće potrebne mjere zaštite kako za postojeću TE Plomin I, tako i za buduću TE Plomin II.

U ovom radu se daje prijedlog kontinuiranog i diskontinuiranog monitoringa u okolini TE Plomin I i II. Kontinuirani monitoring obuhvaća stalno praćenje koncentracija SO_2 i meteoroloških parametara na mjestu opažanja kroz cijeli radni vijek ove termoelektrane.

Diskontinuirani monitoring obuhvaća program jednogodišnjih mjerenja, a na temelju dobivenih rezultata ocjenjivalo bi se koje parametre treba i dalje pratiti a koje treba odbaciti. Predloženi program jednogodišnjih mjerenja parametara životne okoline u kombinaciji s mjerenjima parametra radne okoline, kao i dodatnih (popratnih) studijskih i istražnih radova, ima za cilj utvrđivanje granica prihvatljivosti utjecaja TE Plomin I i II na okolinu.

Ukupni istražni program utvrđen je tako da se polučeni rezultatima može razlikovati utjecaj termoelektrane s popratnim dijelovima tehnološkog procesa od utjecaja lokalnih izvora, prometa ili prirodnog fona (back ground) za specifične polutante kako bi se po potrebi poduzimale korektivne akcije. U prijedlogu programa jednogodišnjih mjerenja za TE Plomin I, koji bi nakon analize rezultata bio revidiran, klasificirani su analizirani mediji, vrste analize, broj lokacija i frekvencija uzimanja uzoraka.

Posebna je pažnja posvećena definiranju kontinuiranog programa za analizu zraka jer je zrak biološki esencijalan i nezamjenjiv resurs, a veći dio polucije vršit će se upravo tim putem.

Važan aspekt cjelokupnog istraživanja jest i dobivanje kvalitetnijih podloga za modeliranje migracije polutanata u okolinu, što ima višestruku namjenu: od prognostičkih analiza do definiranja projektnih rješenja za TE Plomin II.

2. UVJETI UREĐENJA PROSTORA

U nastavku su dani zahtjevi koji proizlaze iz uvjeta o uređenju prostora broj 25/84 od 25. srpnja 1984, koje je izdao Republički komitet za građevinarstvo, stambene i komunalne poslove i zaštitu čovjekove okoline. Kao podloge za utvrđivanje uvjeta o uređenju prostora korišteni su rezultati »Studije utjecaja na okolinu termoelektrane Plomin II« i rezultati javne rasprave o studiji utjecaja na okolinu.

Bitni izvori mogućeg zagađenja okoline u gorivom ciklusu Raškog ugljena su: sumporni dioksid, emitirana radioaktivnost u atmosferu, deponij pepela i šljake, otpadne i oborinske vode, deponij ugljena i transport ugljena.

Posebnim uvjetima građenja, koje su utvrdili nadležni ili zainteresirani organi i organizacije, propisane su mjere zaštite kojima se ograničavaju ili eliminiraju navedeni štetni utjecaji.

Rezimirajući posebne uvjete, zaključke Studije i zaključke javne rasprave, mogu se izdvojiti sljedeći uvjeti zaštite za saki pojedini izvor zagađenja:

Postojeća TE Plomin I i predložena TE Plomin II ukupne snage 310 MW koristit će ugljen Raških ugljenokopa koji sadrži maksimalno oko 10% elementarnog sumpora. Izgaranjem tog ugljena predviđa se emisija SO_2 od 5,686 kg/sek ili 20 tona/h što predstavlja emisiju od otprilike 16 000 mg SO_2 po m^3 otpadnih plinova.

Kod ovako velike emisije SO_2 prava mjera zaštite bila bi redukcija emisije, što se postiže:

- smanjenjem količine sumpora u ugljenu predtretmanom ugljena,
- izlučivanjem SO_2 iz dimnih plinova nakon izgaranja.

Prva mogućnost ne dolazi u obzir zbog karakteristika raškog ugljena. Druga varijanta predstavlja izgradnju uređaja za odsumporavanje dimnih plinova.

Na sjednicama Stručne komisije za ocjenu utjecaja TE Plomin na okolinu razmatrala se mogućnost realizacije ove alternative i zaključeno je da se neće uvjetovati ograničenja emisije već poštivanje standarda imisije (prizemnih koncentracija).

Razlozi koji su odredili ovakav stav bili su:

- Kod nas nema razvijene tehnologije odsumporavanja dimnih plinova, te smo vezani na uvoz licenci ili postrojenja.
- Cijene ovih uređaja su visoke u odnosu prema investiciji termoelektrane, a prema prikupljenim ponudama iznose od 30 do 50% investicijske vrijednosti termoelektrane.
- Pogonski troškovi zajedno s investicijom povećavaju cijenu kWh do neprihvatljivih veličina.

Međutim, kako je TE Plomin II u elektroenergetskom sistemu definirana kao elektrana kontinuiteta čija je nužnost izgradnje i rok početka i završetka izgradnje rezultat znanstvenih studija o potrebi izgradnje radi osiguranja proizvodnje električne energije, Komisija se odlučila na zaštitu okoline od štetnog djelovanja SO_2 uvjetovanjem standarda imisije (prizemnih koncentracija) u granicama koje neće štetno utjecati na zdravlje ljudi i vegetaciju. Prihvaćajući zaključke Komisije, nadležni organi utvrdili su sljedeće posebne uvjete za zaštitu okoline od utjecaja SO_2 :

- Obavezna je izgradnja dimnjaka visokog 340 m.
- Prizemne koncentracije SO_2 na cijelom području utjecaja ne smiju prijeći stroge granične vrijednosti zagađenja (S. G. V. Z.), koje iznose: 0,150 mg/ m^3 kao 95% (percentil) 24 h uzoraka.

SGVZ_d (stroga granična vrijednost zagađenja dugotrajna) kao srednja godišnja aritmetička vrijednost 24-satnih uzoraka.

Prema proračunu ove vrijednosti svedene na 30/minutni uzorak iznose:

- 0,25 mg SO_2 po m^3 zraka kao 98% (percentil) 1/2 satnih uzoraka, i
- 0,800 mg SO_2 po m^3 zraka kao maks. vrijednost 1/2 satnog uzorka uzimajući u obzir sumarno zagađenje iz lokalnih izvora i ono uzrokovano utjecajem TE Plomin I i II.

Za zaštitu vegetacije propisuje se normativ imisije od:

- 0,260 mg SO_2 po m^3 zraka kao max. 24 satni prosjek, koji se može premašiti samo jedamput godišnje, i
- 0,60 mg SO_2 po m^3 zraka kao godišnja srednja vrijednost.

Dosadašnje analize pokazuju da se u užem području djelovanja, tj. u radijusu 6 km od dimnjaka te u smjeru NNW do 20 km udaljenosti na području veličine približno 20 km^2 na kojem živi oko 700 ljudi, može očekivati prekoračenje uvjetovanih S. G. V. Z. prizemnih koncentracija SO_2 .

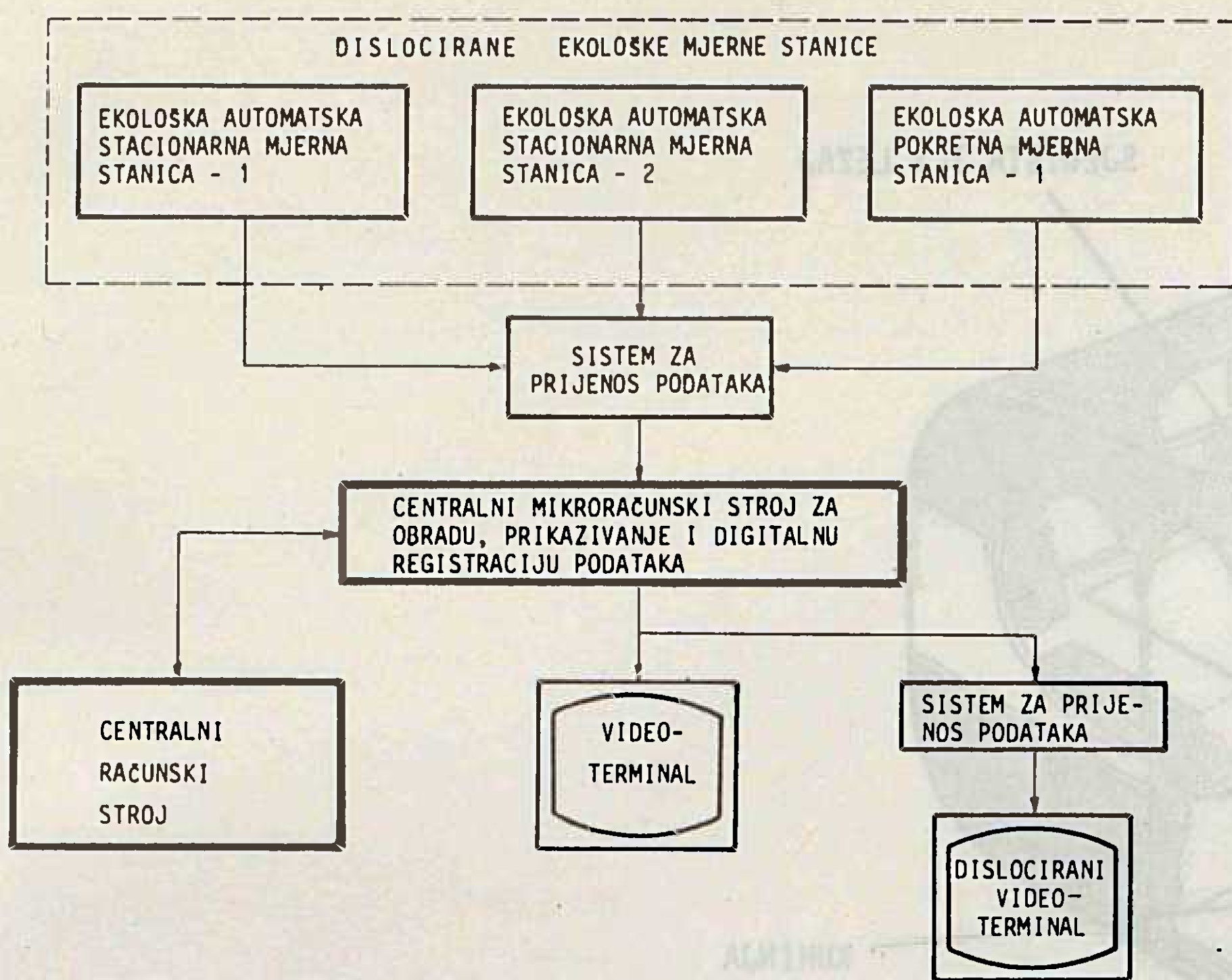
Da bi se spriječila mogućnost tih pojava, uvjetuje se uspostavljanje kontinuiranog praćenja stanja okoline (monitoringa), te je u slučaju pojava prekoračenja propisanih prizemnih imisija obavezno odmah smanjiti emisiju redukcijom snage ili korištenjem drugog ugljena.

3. KONTINUIRANI MONITORING U OKOLINI TE PLOMIN

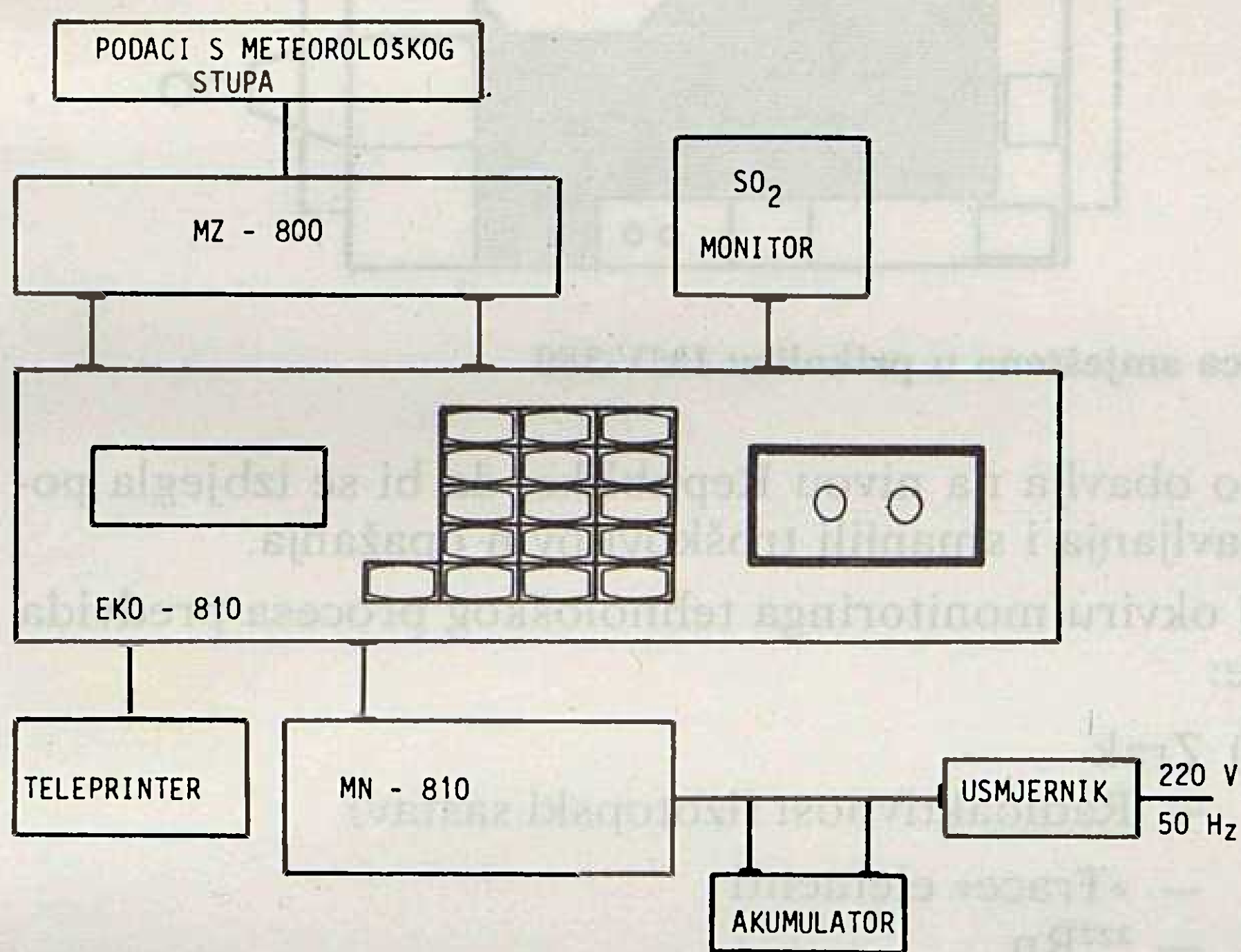
Dosadašnja istraživanja koja su obavljena da bi se ocijenio utjecaj TE Plomin na okolinu pokazala su da je traženjima koja su dana u uvjetima o uređenju rpostora (1) moguće udovoljiti uz uspostavljanje kontinuiranog monitoringa SO_2 u okolini ove elektrane. Također, na temelju dosad obavljenih studijskih istraživanja (2, 3) može se zaključiti da se ovom zahtjevu u potpunosti može udovoljiti instaliranjem dviju stacionarnih i jedne pokretne ekološke mjerne stanice. Shematski prikaz takvog rješenja dan je na sl. 1. U nastavku se daje detaljniji opis pojedinih komponenata ovog mjernog sistema.

- Ekološke automatske stacionarne mjerne stanice smestit će se u zasebnu prostoriju kontejnerskog tipa. Te ekološke mjerne stanice bit će locirane na području utjecaja TE Plomin, gdje se očekuje najvjerojatnije pojavljivanje maksimalnih koncentracija SO_2 . Da bi sva mjerna instrumentacija radila u optimalnim uvjetima, prostorije u koje se instalira oprema moraju biti klimatizirane. Shematski prikaz kompleta opreme ove mjerne stanice dan je na sl. 2.

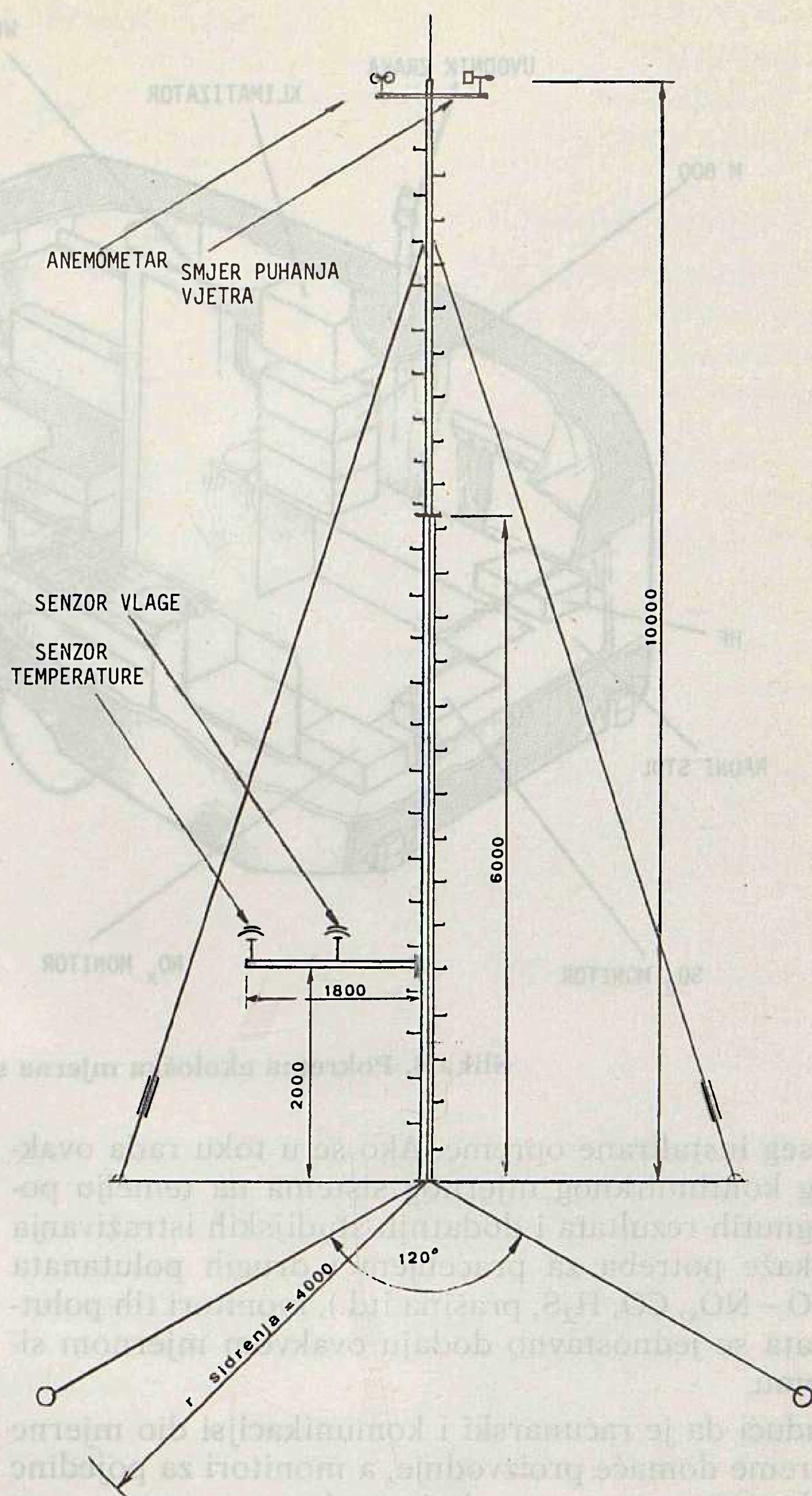
Za potrebe kontinuiranog monitoringa u okolini TE Plomin ugradile bi se ekološke automatske mjerne stanice EKO 810 s elementima modularnog sistema M 800, proizvodnje »Jožef Stefan« iz Ljubljane. Ove mjerne stanice, pored priključenog ekološkog monitora SO_2 , imale bi i priključene



Slika 1. Shematski prikaz kontinuiranog monitoringa u okolini TE Plomin II



Slika 2. Komplet opreme ekološke automatske mjerne stanice za TE Plomin II

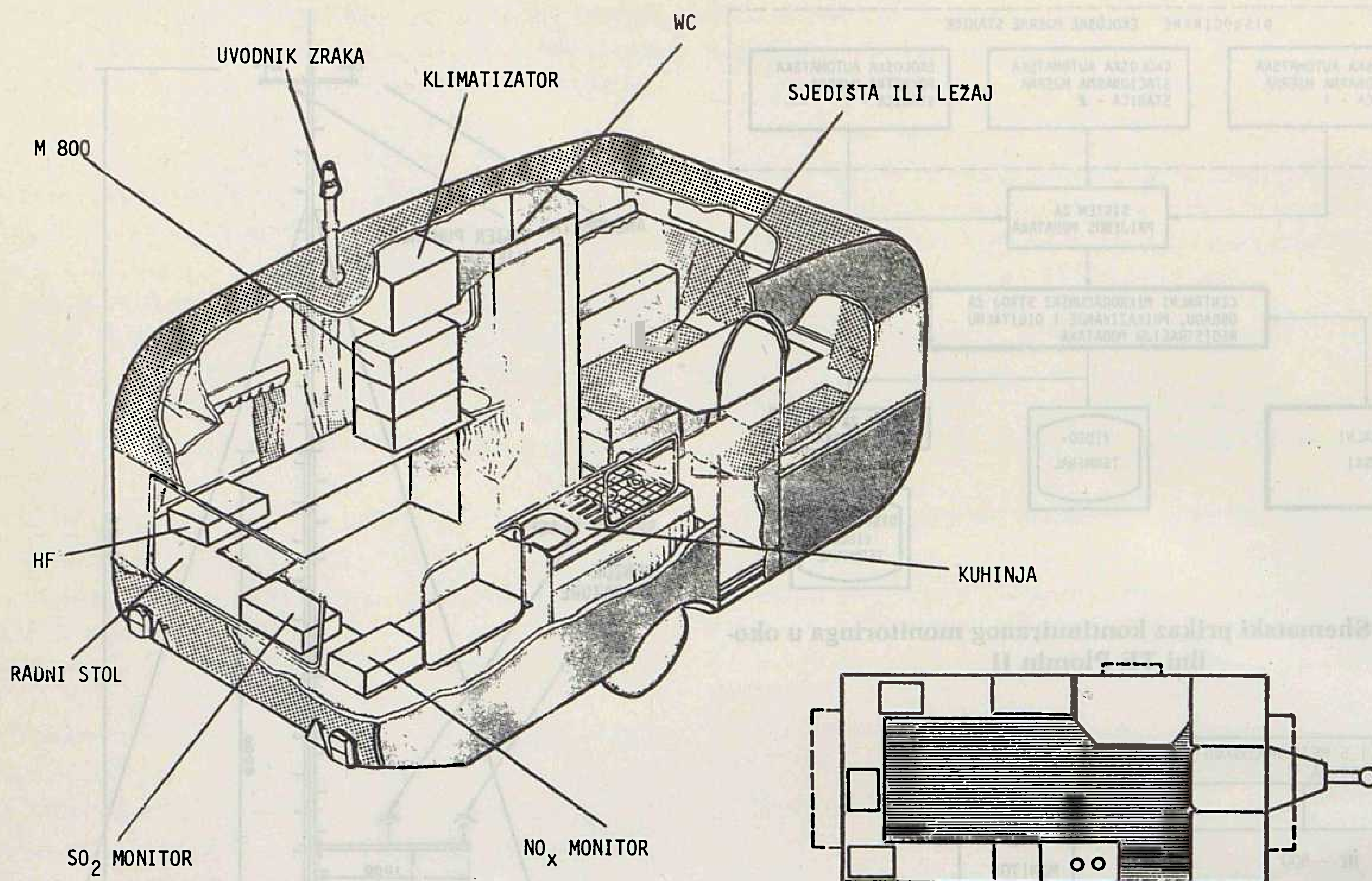


Slika 3. Meteorološki stup

- meteorološke senzore koji su postavljeni na meteorološki stup, kako je prikazano na sl. 3.
- b) Ekološka automatska pokretna mjerna stanica bit će smještena u prikolicu IMV 380 s kompletom opreme, kako je prikazano na sl. 4. Ova mjerna stanica premještala bi se prema uočenim potrebama za praćenjem prizemnih koncentracija SO_2 , a prema sugestijama institucije koja prati kontinuirani monitoring u okolini TE Plomin. Također, ova pokretna mjerna stanica može se koristiti ako neka od dviju stacionarnih mjernih stanica zbog kvarova na opremi bude izvan pogona. Komplet instalirane opreme u ovu mjernu stanicu bio bi isti kao i za stacionarnu mjernu stanicu, samo što bi se dodatno ugradio i NO_x monitor.
- c) Zbog zauzetosti osnovnog procesora mjerne stanice EKO 810 s mjerenjima i obradom podataka, za prijenos podataka i komunikaciju s centralnim mikroracunskim strojem koriste se posebni procesori.

- d) Centralni mikroracunski sistem (proizvodnja Instituta »Jožef Stefan« pod nazivom MR 800) također je sastavljen od jedinica i modula familije M 800. Ovaj mikroracunski sistem koristi se za više namjena:
- MR 800 je komunikacijsko računalo s dislociranim ekološkim mjernim stanicama, kao i s dislociranim videoterminalima.
 - Služi kao čitač kasete s dislociranih ekoloških stanica ako dođe do smetnji u komunikacijskom sistemu.
 - Priključuje se na veći računski stroj kao terminal i istovremeno bi služio za prepisivanje podataka s digitalnih kasete.
 - Napokon, ovaj mikroracunarski sistem namijenjen je za razvoj, izmjene i dopune programske opreme automatskih ekoloških mjernih stanica.

U prvoj fazi kontinuiranog praćenja zagađenja atmosfere u okolini TE Plomin predviđen je navedeni



Slika 4. Pokretna ekološka mjerna stanica smještena u prikolicu IMV-380

opseg instalirane opreme. Ako se u toku rada ovakvog kontinuiranog mjernog sistema na temelju postignutih rezultata i dodatnih studijskih istraživanja pokaže potreba za praćenjem i drugih polutanata ($\text{NO} - \text{NO}_x$, CO , H_2S , prašina itd.), monitori tih polutanata se jednostavno dodaju ovakvom mjernom sistemu.

Budući da je računarski i komunikacijski dio mjerne opreme domaće proizvodnje, a monitori za pojedine polutante su uvozna, relativno skupa, oprema, pa se zbog toga u prvoj fazi izgradnje ovakvog kontinuiranog monitoring sistema predviđa predloženi komplet mjerne opreme.

4. PRIJEDLOG PROGRAMA JEDNOGODIŠNJIH MJERENJA NA LOKACIJI TE PLOMIN

Prijedlog programa jednogodišnjih mjerenja obuhvaća kontinuirano ili diskontinuirano uzimanje uzoraka tla, depozicije, biote, voda, sedimenta i zraka s analizama i frekvencijama, kako je dano u tbl. 1. U ovom programu obuhvaćene su sve analize koje bi trebalo obaviti u prvoj godini, a nakon analize rezultata jednogodišnjih opažanja ovaj program bi se proširivao ili skraćivao. Da bi se dobili što kvalitetniji podaci i informacije o utjecaju TE Plomin na okolinu, pri izboru lokacija za uzorkovanje treba voditi brigu da se u najvećoj mogućoj mjeri eliminiraju utjecaji lokalnih izvora zagađenja i prometa. Također, prije donošenja ovakvog ili sličnog programa jednogodišnjih opažanja potrebno je isti uskladiti s republičkim programom monitoringa koji se kontinuirano

obavlja na nivou Republike, da bi se izbjegla ponavljanja i smanjili troškovi ovih opažanja.

U okviru monitoringa tehnološkog procesa predviđa se:

- a) Zrak
 - Radioaktivnost (izotopski sastav)
 - »Trace« elementi
 - ^{222}Rn
- b) Deponij pepela i šljake
 - Radioaktivnost (izotopski sastav)
 - »Trace« elementi
 - ^{222}Rn
- c) Deponij ugljena
 - Radioaktivnost (izotopski sastav)
 - »Trace« elementi (uključujući i uran)
 - Sumpor

Kompletan monitoring tehnološkog procesa trebalo bi provoditi kontinuirano dok bi se jedino izotopski sastav ugljena kontrolirao povremeno.

- IZMJENE PROGRAMA MONITORINGA VRŠILE BI SE SVAKE GODINE NAKON ANALIZE REZULTATA JEDNOGODIŠNJIH MJERENJA.
- PRI IZBORU MJERNIH MJESTA POTREBNO JE ELIMINIRATI MOGUĆI UTJECAJ LOKALNIH IZVORA I PROMETA.

Napomena: *Prije donošenja programa monitoringa potrebno je ovaj program uskladiti s republičkim programom monitoringa.*

Tablica 1. Prijedlog programa jednogodišnjih mjerenja na lokaciji TE Plomin

Uzorkovanje		Analize	Lokacije	Frekvencija uzimanja uzoraka
1		2	3	4
Tlo	Radioaktivnost (izotopski sastav)		5 do 7	1 do 2 puta godišnje
	»Trace« elementi		5 do 7	1 do 2 puta godišnje
	sumpor (sulfati)		5 do 7	1 do 2 puta godišnje
	PH – tla		5 do 7	1 do 2 puta godišnje
Depozicija	Radioaktivnost (izotopski sastav)		5 do 7	12 puta godišnje
	»Trace« elementi		5 do 7	12 puta godišnje
	sulfati		5 do 7	12 puta godišnje
	PAH (poliaromatski ugljikovodici)		5 do 7	12 puta godišnje
Bitola	Tlo – polj. kulture	Radioaktivnost (izotopski sastav)	5 do 7	1 do 2 puta godišnje
		»Trace« elementi	5 do 7	1 do 2 puta godišnje
	Ptice, mali sisavci (kosti)	Radioaktivnost (izotopski sastav)	2 do 3	jedanput godišnje
		»Trace« elementi	2 do 3	jedanput godišnje
More (ribe, školjke, plankton)	Radioaktivnost (izotopski sastav)		2 do 3	dva puta godišnje
	»Trace« elementi		2 do 3	dva puta godišnje
Voda	Pitka voda (izvori, bunari, vodovod)	Radioaktivnost (izotopski sastav)	5 do 7	4 do 6 puta godišnje
		»Trace« elementi	5 do 7	4 do 6 puta godišnje
		PH	5 do 7	4 do 6 puta godišnje
	Buljunčica	Radioaktivnost (izotopski sastav)	3	4 puta godišnje
		»Trace« elementi	3	4 puta godišnje
		PH	3	4 puta godišnje
More	Radioaktivnost (izotopski sastav)	3	4 puta godišnje	
	»Trace« elementi	3	4 puta godišnje	
Sediment	Budljunčica (Plominski zaljev)	Radioaktivnost (izotopski sastav)	3	2 puta godišnje
		»Trace« elementi	3	2 puta godišnje
		Eskpozicijska doza gama zračenja (TLD)	5 do 7	kontinuirano
Zrak		SO ₂	2 do 3	10 dana
		NO _x	2 do 3	10 dana
		PAH	2 do 3	10 dana
		CO	2 do 3	10 dana
		Radioaktivnost (izotopski sastav)	2 do 3	10 dana
		»Trace« elementi	2 do 3	10 dana

5. ZAKLJUČAK

U skladu sa zahtjevima koji proizlaze iz uvjeta o uređenju prostora (1), napravljen je prijedlog kontinuiranih i diskontinuiranih opažanja na lokaciji TE Plomin. Za kontinuirano praćenje prizemnih koncentracija SO₂ dan je prijedlog rješenja s opisom mjerne opreme, računarskim i komunikacijskim sistemom koji može korisno poslužiti kao podloga za projektiranje sistema kontinuiranog monitoringa na lokaciji TE Plomin. Uz kontinuirano praćenje prizemnih kon-

centracija SO₂ dan je i prijedlog jednogodišnjih opažanja utjecaja termoelektrane Plomin na okolišu. U tu svrhu predviđeno je kontinuirano ili diskontinuirano uzimanje uzoraka tla, depozicije, biote, voda, sedimenta i zraka radi kvantifikacije utjecaja relevantnih polutanata koji nastaju kao posljedica rada ove termoelektrane.

U okviru jednogodišnjih opažanja također je predviđen monitoring tehnološkog procesa koji obuhvaća kontinuiranu kontrolu zraka, deponije ugljena i deponije pepela i šljake.

LITERATURA

- [1] Republički komitet za građevinarstvo, stambene i komunalne poslove i zaštitu čovjekove okoline, Uvjeti uređenja prostora broj 25/84 od 23. srpnja 1984.
- [2] Urbanistički institut SR Hrvatske – Zavod za prostorno planiranje, Studija utjecaja na okolinu termoelektrane TE PLOMIN – 2 – materijal za javnu raspravu, Zagreb, lipanj 1984.
- [3] Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske – Centar za meteorološka istraživanja, Model rasprostiranja SO₂ oko TE PLOMIN 1 i 2, Zagreb, 1984.
- [4] Institut »Ruđer Bošković« – OOUR Fizika, energetika i primjena, Proračun emisije radioaktivnih elemenata i teških metala na osnovi mjerenja koncentracija u pepelu, zraku i vodi, Zagreb, 1984.
- [5] Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada – Zagreb, Radioaktivnost uslijed rada Termoelektrane Plomin, 1. 9. 1983 – 31. 1. 1984., Zagreb, 1984.
- [6] Institut »Jožef Stefan« Ljubljana, Računalniški merilni sistem za meteorologiju in okolje M 800
- [7] BUTLER I. D. (1979), »Air Pollution Chemistry«, Academic Press Inc. (London), LTD.

CONTINUED AND DISCONTINUED MONITORING IN AFFECTED AREA OF TPP PLOMIN

In the article are presented some proposals for continued programe for monitoring of ground concentrations of SO₂ and meteorological parameters on site of TPP Plomin. In the article is given proposal for one year monitoring of TPP Plomin affect on surrouding. For monitoring will be taken soil samples, depositions, biota, water, sediments and air to quantify impact of relevant polutants that are produced in TPP Plomin.

KONTINUIERLICHER UND DISKONTINUIERLICHER MONITORING AUF DEM GEBIET DES EINFLUSSES DES THERMOKRAFTWERKES PLOMIN

In der Arbeit gibt man den Vorschlag für das Programm einer kontinuierlicher Beobachtung der bodennahen Konzentration SO₂ und der meteorologischen Parametre auf der Lokation TE Plomin. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ebenso der Vorschlag einer einjährigen Beobachtung des Einflusses der TE Plomin auf die Umwelt geschildert. Zu diesem Zweck hat man die Absicht Muster von Erde, Deposition, Bioten, Wasser, Sedimenten und Luft zu untersuchen um den Einfluß der relevanten Postulate die als Ergebnis der Arbeit der Te Plomin entstehen zu untersuchen.

НЕПРЕРЫВНЫЕ И ПРЕРЫВИСТЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ «ПЛОМИН»

В работе предложена программа непрерывного наблюдения надземных концентраций CO₂ и метеорологических параметров в области ТЭС «Пломин». Кроме того в рамках данной работы, предлагается провести однолетний контроль влияния ТЭС «Пломин» на окрестности. В этих целях предусматривается брать образцы грунта, осадков, биотов, вод, отложений и воздуха для установления количественного влияния значительных загрязнений, являющихся последствием работы ТЭС «Пломин».

Naslov pisaca:

mr Jure Ćurković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu 41000
Zagreb, Proleterskih brigada 37,
Jugoslavija Mislav Carević, dipl.
ing. Zajednica elektroprivrednih
organizacija SR Hrvatske 41000
Zagreb

Proleterskih brigada 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
 1985 – 01 – 23

UPOTREBA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA GRIJANJE U DOMAĆINSTVIMA NA PODRUČJU MOSTARA

Mustafa Obad, Mostar

UDK 621.365:644.1

STRUČNI RAD

U članku je analizirana potrošnja električne energije za grijanje u domaćinstvima na području elektrodistribucije u Mostaru. Dani su praktični rezultati i neke karakteristične veličine iz ovog područja.

Ključne riječi: električno grijanje, potrošak električne energije u domaćinstvu, gospodarenje elektroenergijom.

UVOD

U toku 1983. i 1984. godine provedene su u elektrodistributivnoj OOUR-a »Elektromostar« u Mostaru opsežne analize o upotrebi električne energije kod raznih kategorija potrošača.

U sklopu analize količina i načina potrošnje električne energije kod domaćinstava interesantni su podaci o utrošenoj električnoj energiji za grijanje stanova. U tu svrhu analizirana je potrošnja električne energije u 1983. godini. Budući da se raspolagalo točnim mjesečnim očitanjima potrošnje domaćinstava, bilo je moguće raščlaniti potrošnju i izvesti određene zaključke na osnovi obrade podataka o potrošnji za sva domaćinstva, kao i za odabrane uzorke.

Kod korištenja električne energije za grijanje stambenog prostora dominantna je upotreba električnih termoakumulacijskih peći. Osim njih može se uzeti u obzir i upotreba grijalica za direktno grijanje kupaoonica. Međutim, električna energija utrošena za to mnogo je manja od one za TA peći. Svi ostali načini upotrebe električne energije za grijanje prostorija zastupljeni su neznatno i možemo ih potpuno zanemariti. Koliko će se električna energija upotrebljavati za grijanje prostorija ovisi o mnogo faktora, od kojih je, pri danim klimatskim uvjetima, značajniji odnos cijena električne energije i cijene ostalih vrsta energijskih sirovina iskoristivih za grijanje, zatim raspoloživost pojedinih vrsta energije i mogućnost njihove upotrebe u određenim uvjetima stanovanja.

U daljem tekstu dani su praktični rezultati i karakteristične veličine iz ove oblasti. Dobiveni praktični podaci i metodologije za njihovo dobijanje osnovna su podloga za razne analize o upotrebi električne energije za grijanje. Ove rezultate svakako treba promatrati i u svjetlu postojećih klimatskih prilika, prisutnog opadanja standarda i drugih faktora koji utječu da se električno grijanje koristi veoma racionalno,

odnosno da se grijana površina u stanu svede na najracionalniju mjeru, pa ne iznenađuje što su rezultati vjerojatno niži od očekivanih vrijednosti koje bi dobili projektanti, na primjer kad proračunavaju potrebnu energiju za grijanje stambenog prostora.

1. OPĆI PODACI O KONZUMU I KLIMATSKI UVJETI

U tablici 1. izloženi su podaci o broju stanova i lica na području elektrodistributivnog OOUR-a »Elektromostar« Mostar.

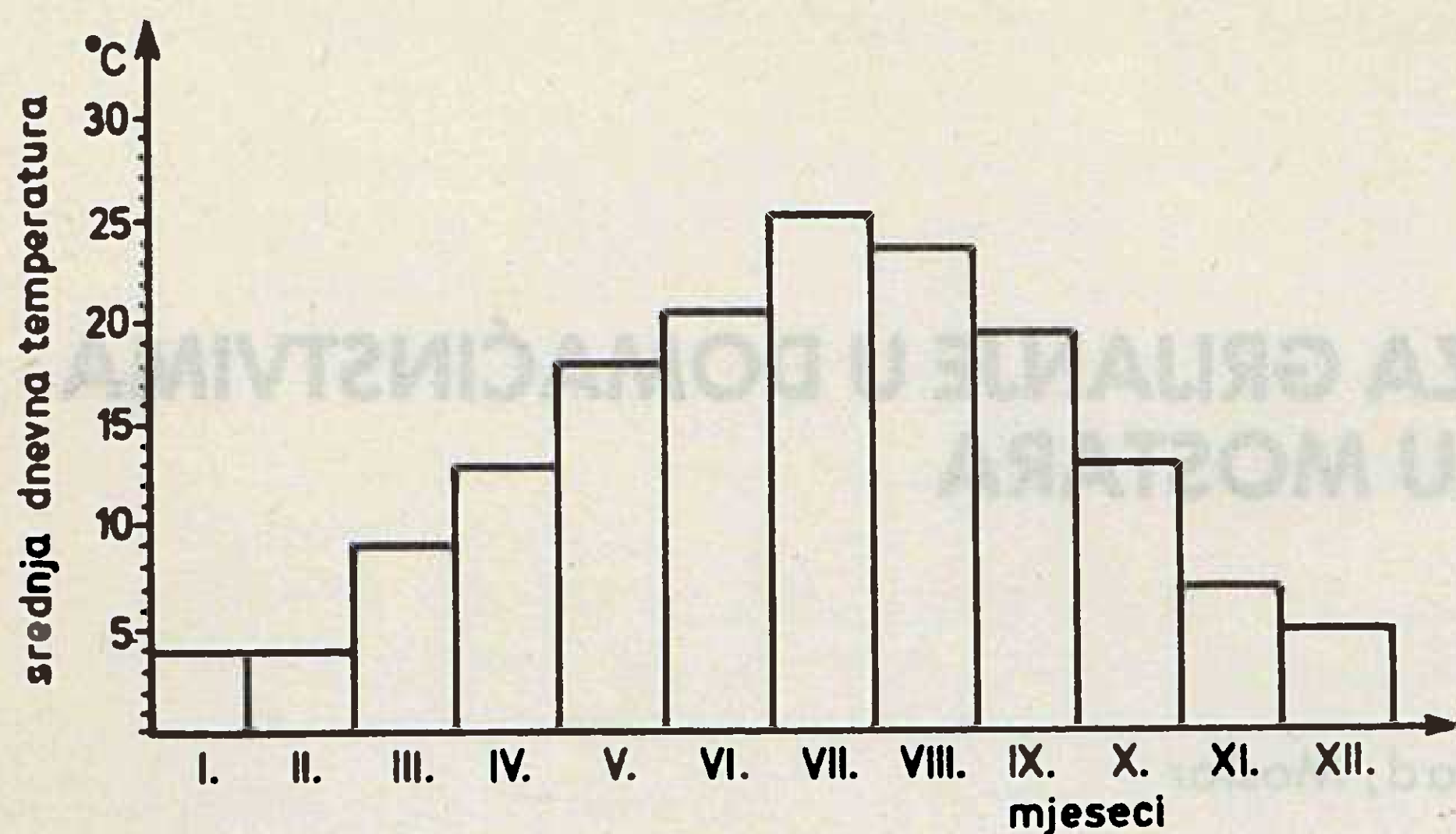
Tablica 1.

Podaci o domaćinstvima i nastanjenim stanovima

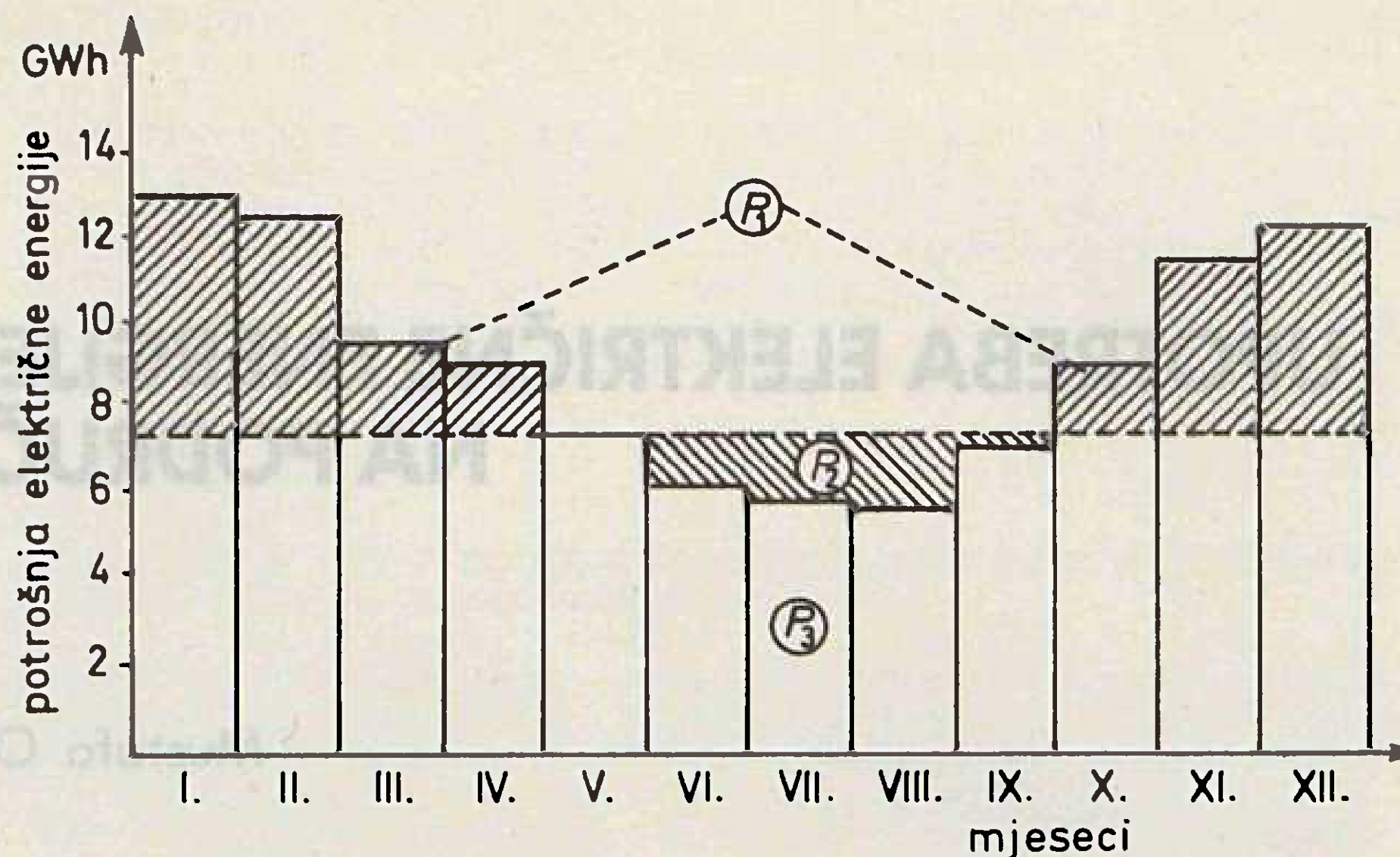
stanje u prosincu 1983. godine

	Ukupan broj stanova	Broj lica	Stanovi sa centr. grijanjem	Stanovi bez centralnog grijanja	Prosječ. pov. nast. stanova u m ²
Domaćinstva u društvenim stanovima	12 700	43 650	4 731	7 969	54,6
Domaćinstava u individualnim kućama	16 949	73 315	586	16 363	54,4
Ukupno	29 649	116 965	5 317	24 332	

Na slici 1. dane su prosječne mjesečne vrijednosti srednjih dnevnih temperatura na ovom području.



Slika 1. Prosječne vrijednosti srednjih dnevnih temperatura u 1983. godini.



Slika 2. Potrošnja električne energije kategorije domaćinstava po mjesecima 1983. godine

2. ELEKTRIČNO GRIJANJE

Tablica 2.

Električno grijanje na području elektrodistribucije Mostar u 1983. godini

Grupa domaćinstva	Električno grijanje kao osnovno		El. grijanje kao dopunsko	
	Broj	%	Broj	%
Gradska domaćinstva društvena gradnja bez centralnog grijanja	6 072	81,5	820	11
Gradska domaćinstva individualna gradnja	1 330	18	665	9
Prigradska domaćinstva individualna gradnja	290	6,5	161	3,6
Ukupno	7 692	28	1 646	6

3. ELEKTRIČNA ENERGIJA UTROŠENA NA GRIJANJE DOMAĆINSTAVA ČITAVOG PODRUČJA

Na slici 2. dan je histogram mjesečnih vrijednosti potrošene električne energije cjelokupne kategorije domaćinstava. Evidentna je znatna razlika u mjesečnoj potrošnji unutar dvaju razdoblja, nazovimo ih uvjetno zimskim i ljetnim (listopad–travanj i svibanj–rujan). Mjesečna potrošnja u ljetnom razdoblju manja je zbog dva razloga:

1. U ljetnom razdoblju nema upotrebe električne energije za grijanje prostorija.
2. Manji je intenzitet upotrebe električnih trošila u domaćinstvu (godišnji odmori, kraći boravak u stanu, manje odjeće za pranje i glačanje i sl.).

Uz realnu iskustvenu pretpostavku da je svibanj karakterističan po potrošnji u zimskim mjesecima, možemo na histogramu na sl. 1. obilježiti površine P_1 , P_2 , P_3 .

Površina P_2 odgovarala bi smanjenju potrošnje zbog razloga 2) prije navedenog, površina P_3 odgovarala bi energiji koju domaćinstva troše za ostale potrebe osim grijanja, a površina P_1 bi predstavljala električnu energiju koja domaćinstva potroše za grijanje prostorija.

Budući da su vrijednosti mjesečne potrošnje domaćinstava poznate, može se izračunati energija W_1 koja odgovara površini P_1 a predstavlja energiju koju su domaćinstva utrošila za grijanje prostorija u 1983. godini. Brojčano to iznosi:

$$W_1 = W_I + W_{II} + W_{III} + W_{IV} + W_X + W_{XI} + W_{XII} - 7 W_V = 12 941 + 12 555 + 9 505 + 9 079 + 9 088 + 11 565 + 12 240 - 7 \times 7 693 = 22 122 \text{ MWh}$$

gdje je

W_1 — energija utrošena na grijanje prostorija
 W_{I-XII} — mjesečni iznosi utrošene energije u danim mjesecima.

Dobiveni iznos je 21% od ukupno utrošene energije kategorije domaćinstava u 1983. godini.

Na osnovi uzoraka pokazuje se da potrošnja za grijanje jednog potrošača koji koristi električnu energiju za dopunsko grijanje iznosi oko jedne trećine potrošnje onoga kome je to osnovno grijanje. Uvažavajući ovo možemo sve potrošače iz tablice 2. svesti na potrošače koji koriste električnu energiju za osnovno grijanje.

$$N_{elg} = 7 692 + 0,33 \times 1 646 = 8 235$$

Ako količinu W_1 prethodno izračunatu, podijelimo ovim brojem potrošača, dobit ćemo

$$W_1 / N_{elg} = 2 810 \text{ kWh}$$

što predstavlja prosječnu vrijednost električne energije na nivou čitavog područja koju je jedno domaćinstvo utrošilo za grijanje električnom energijom u toku 1983. godine.

Određena provjera tih rezultata obavljena je ispitivanjem uzoraka svih karakterističnih naselja s upotrebom električnog grijanja. Izračunate su na isti način količine električne energije utrošene za grijanje a rezultati su dani u tablici 3.

Tablica 3.

Ukupna godišnja potrošnja i potrošnja TA grijanja domaćinstva u gradskim naseljima bez centralnog grijanja koji se koriste električnom energijom za osnovno grijanje

Red. br.	Grupe domaćinstava sa el. TA grijanjem	Ukupna god. pot. po stanu kWh	Potrošnja TA gr. po stanu godišnje kWh	Odnos %	Pros. pov. stana u m ²
1.	Avenija	6799	3183	46,8	62
2.	Tržnica	5888	2650	45	55
3.	Zgoni I	5583	2927	52	48
4.	Zmajevac	5696	3053	53,5	55
5.	Zgoni II	6586	3192	48,5	55

Kao što vidimo, rezultati dani u tablici prilično se dobro slažu sa onim što je već navedeno u ovom poglavlju.

Na osnovi navedenoga i ukupne analize potrošnje, u tablici 4 pregledno su prikazani zaključni rezultati.

Tablica 4.

Karakteristične vrijednosti vezane za potrošnju električne energije domaćinstava

Vrsta podataka	Dijapazon prosj. vrijednosti po naseljima	Ocjena za cijelo dist. područje
Godišnja potrošnja grad. domaćinstva bez električnog grijanja	3 300 do 4 200 kWh	3 960 kWh
Prosječna godiš. potroš. domaćinstava s osnovnim grijanjem el. energijom	5 600 do 6 800 kWh	6 180 kWh
El. energija utrošena za grijanje u toku godine	2 600 do 3 200 kWh	2 810 kWh
Prosječna godišnja potrošnja domaćinstava s el. grijanjem kao dopunskim	4 300 do 5 100 kWh	4 760 kWh
Učešće el. energije za grijanje u vlastitoj ukupn. ut. energiji	47 do 54%	48,5%

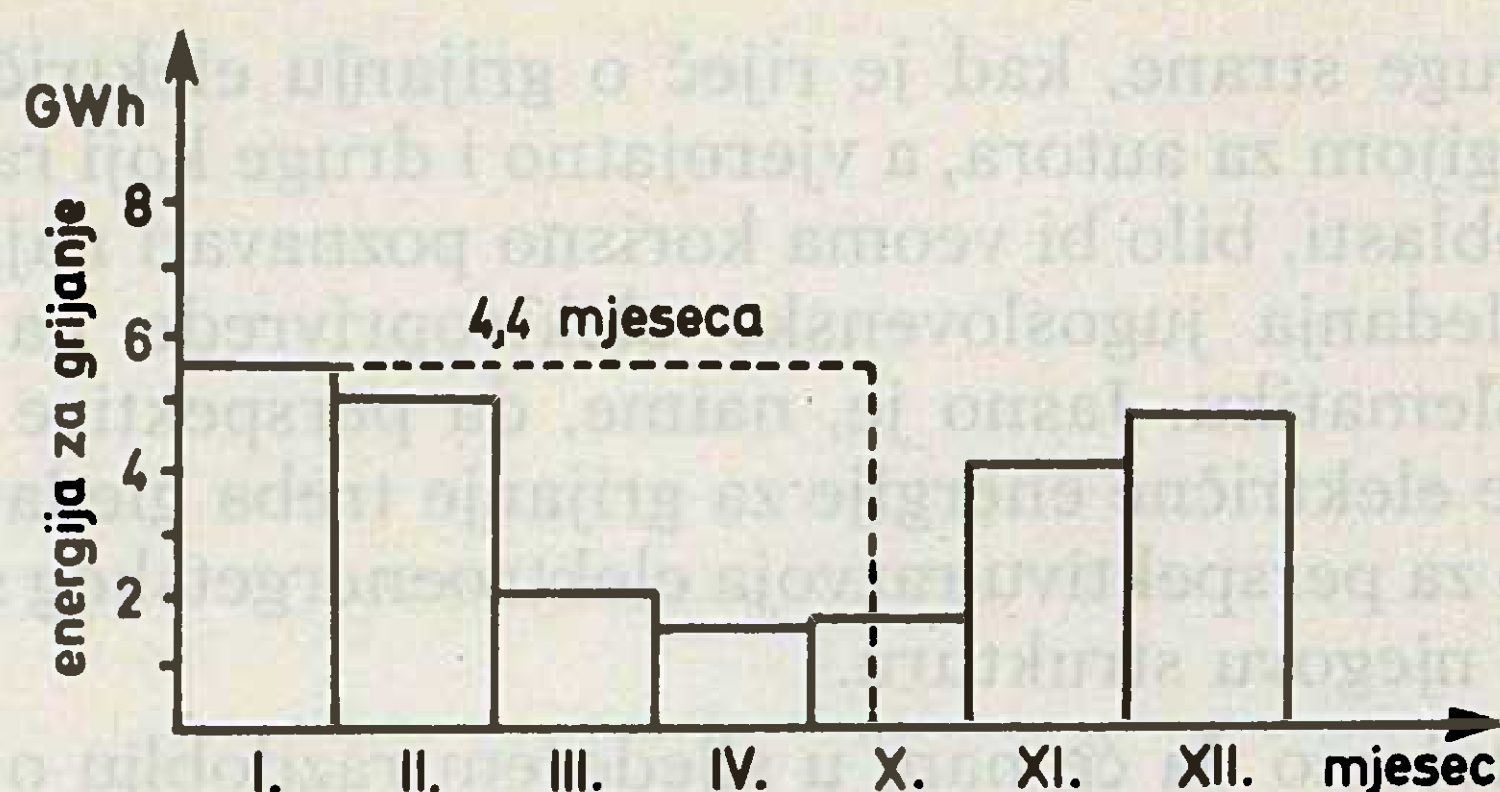
4. VRIJEME KORIŠTENJA GRIJANJA

Na slici 3. prikazan je histogram energije utrošene na grijanje.

Ovu površinu možemo transformirati tako da dobijemo vrijeme trajanja maksimalnog korištenja električne energije za grijanje. Izračunavši ga za naš slučaj, to je za čitavo područje

$$T_{\max} = 4,4 \text{ mj} = 134 \text{ d.}$$

Na osnovi ranijih anketa (lit. 13) i novih podataka može se dobiti prosječna instalirana snaga električ-



Slika 3. Energija utrošena za električno grijanje po mjesecima

nih TA peći i ostalih stalno instaliranih grijaćih tijela u domaćinstvu 4,5 kW/dom, te faktor istovremenosti njihovog korištenja na nivou čitavog konzuma domaćinstava $f_1 = 0,6$. Tako možemo dobiti jednovremenu snagu električnog grijanja:

$$P_{elTA} = 8\,235 \times 4,5 \times 0,6 = 22\,234,5 \text{ kW.}$$

Na osnovi tog podatka i energije koja je potrošena na grijanje W_1 može se dobiti upotrebno vrijeme koje praktički odgovara, ako pretpostavimo da se radi o TA pećima (koje su najbrojnije), prosječnom broju sati punjenja peći po domaćinstvu na nivou čitavog područja u sezoni grijanja:

$$T_p = W_1 / P_{elTA} = 23\,130\,000 / 22\,234 = 1\,040 \text{ h.}$$

Ako ovaj broj sati podijelimo brojem dana trajanja max korištenja grijanja dobit ćemo iznos 7,76 h, što realno odgovara prosječnom dnevnom broju sati punjenja u maks. danu grijanja.

ZAKLJUČAK

Podaci u ovom članku pružaju mogućnost za dalju analizu i izvođenje zaključaka iz ove oblasti. Bilo bi interesantno promatrati površinu stambenog prostora koja se grije navedenim količinama električne energije i prosječne vrijednosti te površine po stanu. Uspoređivanje tih veličina, npr. s iznosima površine grijanja i toplotne energije za grijanje u stanovima s centralnim grijanjem, moguće je izvesti određene zaključke o najboljem načinu grijanja stanova na ovom klimatskom području. Temeljitiye analize takve vrste bile bi neophodne za ovo područje, pogotovu kod kolektivne društvene izgradnje koja je intezivna posljednjih godina. Već se pokazalo da je dosadašnji sistem centralnog grijanja s više malih kotlovnica na tekuća goriva veoma skup za ovo klimatsko područje.

U posljednje vrijeme izgrađeno je više manjih stambenih naselja koja nemaju centralno grijanje i koriste se uglavnom električnom energijom. Zbog nepoznate orijentacije o budućem načinu grijanja ovi stanovi su opremljeni instalacijom centralnog grijanja (radijatori), a ujedno je unutrašnja elektroinstalacija te broj trafo-stanica i kapacitet VN i NN mreže dimenzioniran za električno grijanje. Jasno je koliko je ovo opterećenje za i onako visoku cijenu stanova u tim naseljima.

S druge strane, kad je riječ o grijanju električnom energijom za autora, a vjerojatno i druge koji rade u toj oblasti, bilo bi veoma korisno poznavati najnovija gledanja jugoslovenske elektroprivrede na ovu problematiku. Jasno je, naime, da perspektive upotrebe električne energije za grijanje treba gledati vezano za perspektivu razvoja elektroenergetskog sistema i njegovu strukturu.

Očekujemo da će nam u sljedećem razdoblju o ovome biti dostupne neke informacije iz kompetentnih izvora.

LITERATURA

- [1] Podaci Zavoda za urbanizam SO Mostar
- [2] Podaci odjeljenja republičkog zavoda za statistiku pri SO Mostar
- [3] Podaci RO za gazdovanje stambenim objektima Mostar
- [4] Podaci RO »Toplane« Mostar
- [5] Podaci naplatne službe OOUR-a »Elektro-Mostar« Mostar
- [6] Podaci mjerne i energetske grupe OOUR-a »Elektro-Mostar« Mostar
- [7] Podaci meteorološke stanice APRO CVIJEĆE MOSTAR
- [8] »Podloga za projektovanje gradskih i vangradskih dist. mreža« Institut za elektroprivredu Sarajevo
- [9] »Racionalna potrošnja energije u domaćinstvu«, skriptita RO »Elektra« Zagreb
- [10] JELIČIĆ-VUČIĆ: »Određivanje opterećenja grupe stanova u naseljima sa centralnim grijanjem na konzumu elektrodistribucije Beograd«, Referat sa XVII Savjetovanja CIGRE — Opatija 1983. g.
- [11] ZAPLOTNIK J.: »Potrošnja električne energije u domaćinstvima u SR Sloveniji«, Referat sa XVI Savjetovanja CIGRE Opatija 1983. g.
- [12] OBAD M.: »Analiza opterećenja domaćinstava na području Mostara«, Referat, sa XV Savjetovanja Beograd, 1981. godine.

USE OF ELECTRIC POWER FOR HOME HEATING IN AREA OF MOSTAR

In the article is analyzed consumption of electric power for home heating in area of electric power distribution in Mostar. Presented are practical results and some characteristic values for that area.

GEBRAUCH DER ELEKTROENERGIE FÜR DIE BEHEIZUNG DER HAUSHALTE AUF DEM GEBIET VON MOSTAR

Im Artikel wird der Verbrauch der Elektroenergie für die Beheizung der Haushalte auf dem Gebiet der Elektrodistribution in Mostar analysiert. Geschildert wurden praktische Ergebnisse und einige charakteristische Größen auf diesem Gebiet.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ В БЫТУ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСТАРА

В статье анализируется потребление электроэнергии для отопления в быту на территории предприятия по сбыту электроэнергии в городе Мостар. Приводятся практические результаты и некоторые характеристики величин из данной области.

Naslov pisca:

**Mustafa Obad, dipl. el. inž.
RO »Elektro-Hercegovina«
Mostar OOUR »Elektro-Mostar«
79000 Mostar, Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis:
1984 – 11 – 21

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

PLINSKI SF₆ KABELI ZA PRIJENOS VELIKIH ELEKTRIČNIH SNAGA

Zbog vrlo dobrih dielektričnih osobina sumpornog heksafluorida pod tlakom razvijeni su kabeli punjeni tim plinom. Prvi takav kabel stavljen je u pogon 1971. godine u Americi, a potkraj 1982. već su u svijetu bila 53 plinska kabela. U ovoj su brojci obuhvaćeni samo SF₆ kabeli duži od 100 m. Spomenuti prvi kabel imao je dužinu 122 m, a najduži SF₆ kabel koji je do danas stavljen u pogon jest kabel u njemačkoj hidroelektrani Wehr, dužine 700 m. Ukupna dužina svih takvih kabela u svijetu iznosila je krajem 1982. godine 13,14 km. Naponski raspon u kojem su kabeli građeni proteže se od najnižeg napona 138 kV do najvišeg 500 kV. Mogućnosti prijenosa vrlo su velike, što se vidi iz ove tablice:

Naponski raspon	Maksimalna snaga
100 do 200 kV	972 MVA
200 do 300 kV	1 905 MVA
300 do 400 kV	2 032 MVA
400 do 500 kV	3 464 MVA

Do danas su sve trofazne veze u takvoj kabelskoj tehnici izvedene kao jednožilne, dakle svaki vodič (faza) u posebnoj cijevi, izoliranoj plinom. Građa SF₆ kabela u načelu je vrlo jednostavna. U cijevi od aluminijske legure, kao plašta, smještena je aluminijska cijev koja služi kao vodič. Cijev je odgovarajućeg metalnog presjeka, jer postojeće izvedbe mogu u redovnom pogonu biti opterećene sa 3 000 do 5 000 A. Električni gradiend potencijala na cijevi – vodiču iznosi normalno 1,8 do 3,2 kV/mm, a pri udarnom valu 11,9 do 19,8 kV/mm. Plinska izolacija od SF₆ stoji pod tlakom 2,9 do 5,1 bara apsolutnih, pri temperaturi od 20°C. Centrični položaj vodiča u cijevi postiže se distantnim diskovima od epoksidne smole. Ima izvedaba s razmakom diskova od 4 do 10 m. Kako nečistoće, naročito mikroskopski metalni djelići, znatno snizuju probojnu čvrstoću plina, posebna se pažnja mora posvetiti čistoći pri montaži. To je upravo razlog da se u tvornici nastoje proizvesti što dulji komadi kabela. Transportna duljina elemenata kabela iznose danas od 6 do 18 m. Duljine se većinom kreću od 10 do 14 m, a elementi se spajaju bilo varenjem, a rjeđe prirubnicama.

Plinski SF₆ imaju mnoge prednosti pred klasičnim. Njihova nominalna prijenosna snaga, ako su zakopani i prirodno hladeni, prelazi snage postignute u klasičnim kabelima. Struje kratkog spoja mogu također biti znatno veće zbog velikog presjeka vodiča (od nekoliko tisuća mm²). Ova vrsta kabela dopušta jednostavne i jeftinije zaglavke. Uredaj je otporan protiv vatre.

Zbog takvih karakteristika omogućena im je široka primjena. Mogu se realizirati kabelske veze vrlo visokog napona i velike prijenosne snage. Kraće kabelske veze omogućuju povoljnije povezivanje oklopljenih SF₆ postrojenja, a takvi kabeli položeni u tunelima vrlo su sigurni od kvarova. Danas se oni najčešće upotrebljavaju za kabliranje križanja dalekovoda i za odvod energije iz velikih elektrana.

Razvojna ispitivanja plinskih SF₆ kabela nastoje povećati njihovu ekonomičnost i pouzdanost. Ispitivanja se provode čak do naponskih nivoa od 1 200 kV.

Prvenstveno se nastoji razviti trofazni SF₆ kabel, tj. takav kabel gdje su sve tri faze (tri cijevi) u jednom plaštu. Osim toga se pokušava da se vodiči i plašt kabela izvedu od cijevi iz valovitog lima, kako bi se mogao saviti na bubnjeve i tako u velikim duljinama transportirati na teren.

(*Electra* No 94, V 1984.)

B. M.

NEPRILIKE S OBRAČUNOM GRIJANJA U STANOVIMA

U SR Njemačkoj se 1984. godine prvi put moralo obračunavati grijanje prema stvarno potrošenoj toplinskoj energiji. Poteškoća je u tome što su svi danas raspoloživi mjerni instrumenti previše nepouzdana.

Kao i kod svih zakonskih novosti, zahtijeva se sukobljavanje sa stvarnošću. Umjesto pravednosti, zakon donosi stanarima više nesigurnosti: veće troškove umjesto izjednačavanja uvjeta.

Od 1. srpnja ove godine sve kuće s više stanova i centralnim grijanjem moraju biti opremljene mjernim instrumentima, koji mjere utrošenu toplinsku energiju po svakom stanu. Najmanje 50 i najviše 70 posto troškova grijanja morat će se ubuduće obračunavati prema stvarnoj potrošnji, a preostali dio paušalno.

Radi se o 8,4 milijuna objekata, sa u prosjeku po pet naprava za odvojeno mjerenje potrošnje toplinske energije. Tamo gdje to neće biti moguće stanari mogu konačan obračun sezone grijanja umanjiti za 15 posto.

Zakon je stupio na snagu 1. ožujka 1981. s prijelaznim rokom do 30. lipnja 1984. Njime se ponajprije želi potaći štednja energije. Zakon, koji je od samog početka bio osporavan – osporavan je i danas, i to više nego ikada.

Zakonom su bili zadovoljni oni koji time dobivaju: ustanove čija je djelatnost mjerenje energije. Njihov promet kod ugradnje i očitavanja mjerila topline porastao je od 280 milijuna DM u 1981, preko 320 milijuna u 1982 na 340 milijuna DM u 1983. godini. U ovoj godini očekuju promet na istoj razini.

Njemačko udruženje stanara najprije se složilo sa zakonom. Velika većina stanara nadala se pravednom obračunu. Računali su i s uštedom u troškovima za energiju. Ipak, bilo je i oklijevanja: manje pravednosti za nepovoljno smještene stanove, a i krađom topline pojavit će se nove neprilike. Stanari vanjskih i prizemnih stanova moraju – prema novom zakonu – više grijati i, dakako, više plaćati od stanara u bolje izoliranim stanovima.

U međuvremenu je i udruženje stanara prešlo na stranu udruženja vlasnika kuća i stanova koji su od samog početka bili protiv ovog prinudnog uređenja. Praksa je pokazala da stanar ne može biti siguran da će njegov obračun troškova grijanja odgovarati stvarnoj potrošnji toplinske energije. Utvrditi pogrešku gotovo je nemoguće jer mjerila mogu »očitati« samo stručnjaci.

Da je sumnja u točnost obračuna opravdana, dokumentirano je sada potvrdila i Zaklada za ispitivanje robe (Stiftung

Warentest; u daljnjem tekstu: SE) iz Berlina. U svojem časopisu objavila je rezultate ispitivanja svih dostupnih mjerinih sustava: aparata s ishlapljivanjem i elektronskih mjerila troškova grijanja (u lipnju 1984) te brojila topline (u kolovozu 1984).

Mjerila na principu ishlapljivanja (atmometri) najstariji su, najjeftiniji i najčešće upotrebljavani aparati za mjerenje potrošnje toplinske energije. Ti aparati instalirani su u više od 93 posto svih domaćinstava u SR Njemačkoj. Istovremeno, to su i najnetočnija mjerila. Takav instrument u obliku termometra pričvršćuje se na svako pojedino grijaće tijelo u stanu. Odgovarajuće toplini grijaćeg tijela (radijatora) i vremenu grijanja iz jedne ampule ishlapljuje obojena tekućina. Na skali se očitava količina ishlapljene tekućine i prema tome obračunava potrošnja topline.

Prema izvršenim ispitivanjima ta mjerila topline imaju stopu pogreške od pet do sedam posto. Kod proizvoda jedne tvrtke SW je utvrdila čak prosječnu stopu pogreške od 7,2 posto i kod pojedinih mjerila i 12,6 posto.

Čak i »dobar« aparat ne daje sigurnost za ispravan obračun. SW je prilikom kontrole u stanovima utvrdila da svaki deseti aparat ima sasvim sigurno neispravnu skalu, kod svakog petog postoji sumnja, a svaki četvrti bio je pogrešno pričvršćen na grijaće tijelo.

Zbog takve pogrešne montaže imali su posla već i sudovi. Jedan stanar trebao je doplatiti 2 670 DM za troškove grijanja u protekloj sezoni — i žalio se. Sud je u ovom slučaju poništio to naknadno potraživanje. Ustanovljeno je da je sunce bacalo svoje zrake na mjernu cjevčicu, zbog čega je ishlapilo nerazmjerno više tekućine — čak i kod isključenog grijanja.

Točnije od aparata s ishlapljivanjem pokazuju potrošnju topline elektronska mjerila. U ukupnom broju postavljenih mjerila sudjeluju tek sa šest posto; u novim instalacijama 10 do 12 posto. Najveća stopa pogreške od 3,5 posto utvrđena je kod jednog tipa ovih mjerila a za pojedini aparat 5,3

posto. Točnost ima i svoju cijenu: u prosjeku su ova mjerila četiri puta skuplja od aparata s ishlapljivanjem.

Elektronski mjerni instrumenti ipak nisu savršeni. Kod dva modela utvrđene su učestale proizvodne i montažne pogreške, koje imaju primjetljiv direktan utjecaj na obračun troškova grijanja.

Samo kod podnog grijanja i u stanovima s optočnom (zatvorenom) toplinskom instalacijom mogu se upotrebljavati brojila topline. Ova brojila mjere temperaturu u polaznom i povratnomvodu i iz razlike izračunavaju potrošnju. Mjerila ove vrste u sadašnjim su instalacijama zastupljena sa svega jedan posto.

Brojila topline mjere točno — ako mjere! Naime, krilno brojilo, koje registrira protočnu količinu tople vode, već u dugotrajnim ispitivanjima zastaje u radu. Posljedica toga je stopa pogreške do 29 posto.

Na kraju, SW je analizirala i obračunske servise tvrtki koje pružaju usluge mjerenja i obračuna. Rezultat: nedovoljna kontrola obračuna troškova grijanja prema zapisniku očitavanja i unašanja osnovnih podataka. Neke od tih tvrtki još uvijek zbrajaju i nedozvoljene stavke troškova, ne osvrćući se na odredbe propisa o obračunu troškova grijanja.

Nedostaci koje je utvrdila SW bili su daljnja potvrda udruženjima vlasnika i stanara ispravnosti njihova odbijanja propisa o obračunu troškova grijanja. Ustanovljeno je da ne ovisi o potrošnji, nego mnogo više o slučaju da li će stanar na kraju sezone grijanja morat još nešto doplatiti ili će dobiti ono što je uštedio.

Zajednički pokušaji udruženja vlasnika i stanara da se spomenuti zakon poništi do sada nisu uspjeli. Inovacijom zakona u svibnju ove godine izuzete su od opisanog obračuna kuće sa dva stana, ako u jednom stanuje vlasnik.

»Zagrijana« svađa oko obračuna troškova grijanja traje i dalje.

(Welt am Sonntag, 16. 9. 84.)

Priredio Željko Medvešek

DALEKOVOD ZAGREB

Tridesetpet godina postojanja

Elektroprivredna RO »Dalekovod« Zagreb na svečan je način 15. prosinca 1984. proslavila 35. godišnjicu postojanja. Na svečanom skupu kojem su prisustvovali članovi kolektiva, predstavnici elektroprivrede i društveno-politički radnici, poslovni partneri i dr. prikazan je rad i razvoj poduzeća. Za dugogodišnji rad zasluženi članovi kolektiva dobili su priznanje i nagrade. Tom prilikom drugarici *M i l k i P l a n i n c*, predsjednici SIV-a, uručena je zlatna plaketa »Dalekovoda«.

Poduzeće »Dalekovod« onovano je 1949. godine kao specijalizirana elektroprivredna organizacija za projektiranje i izgradnju dalekovoda, transformatorskih stanica i niskonaponske mreže. Od osnutka do danas uz glavnu djelatnost poduzeće je istodobno razvijalo proizvodnju metalnih konstrukcija, ovjesne i spojne opreme.

Organizacija poduzeća

Radna organizacija »Dalekovod« sastoji se od ovih osnovnih organizacija udruženog rada: inženjeringa, proizvodnje, izgradnje i zajedničkih službi. Broj zaposlenih radnika stalno raste. Kad je »Dalekovod« osnovan zapošljavao je samo 146 radnika, a danas je zaposleno više od 2 400 stručnjaka raznih profila.

Kolektiv »Dalekovoda« sa 95 posto svojih kapaciteta orijentiran je na suradnju s elektroprivrednim organizacijama širom Jugoslavije.

U našoj zemlji izgrađeno je na tisuće kilometara niskonaponske mreže napona do 0,4 kV, vodova napona 10, 20 i 35 kV, te vodova 110, 22 i 400 kV.

Poduzeće je nastupalo i u inozemstvu na gradnji elektroprivrednih objekata. Izgrađen je veći broj dalekovoda raznih napona u SR Njemačkoj, Republici Togu, Kampučiji, Gvineji, Centraafričkoj Republici i Nepal. Za tržište Libije isporučeni su antenski stupovi za potrebe radio-televizije.

Proizvodnja opreme

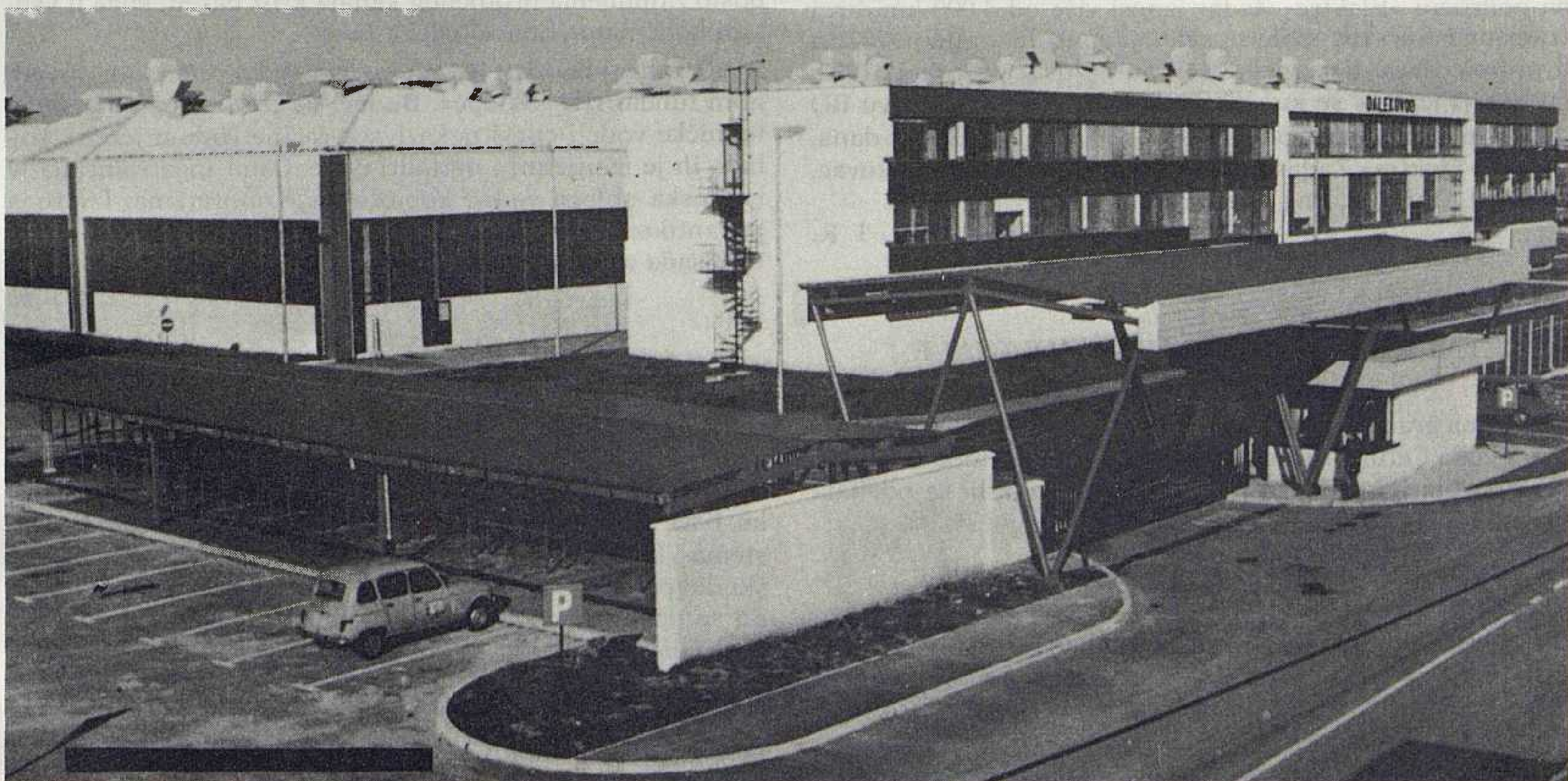
Istodobno s razvojem izgradnje elektroenergetskih objekata za prijenos i distribuciju električne energije »Dalekovod« je razvijao i proizvodnju opreme, čiji je asortiman postepeno povećavan i prilagođavan potrebama domaćeg i inozemnog tržišta.

Na domaćem i inozemnom tržištu »Dalekovod« ima dobre reference i na osnovi sadašnjeg proizvodnog programa može isporučiti: ovjesnu i spojnu opremu za mreže napona do 0,4 kV s golim i izoliranim vodičima, te za visokonaponske vodove i transformatorske stanice do 500 kV.

Iz grupe proizvodnje metalnih konstrukcija usvojena je izrada: rasvjetnih i reflektorskih stupova, stupova za dalekovode, ptt-vodova i kontaktne mreže za željeznice, zatim stupnih transformatorskih stanica, antenskih i televizijskih stupova, portala i nosača aparata za rasklopna postrojenja, industrijskih hala i semaforskih portala za prometnice.

Izgradnjom nove tvornice metalnih konstrukcija, ovjesne i spojne opreme u Velikoj Gorici, koja je kompletno izgrađena prošle godine, povećani su proizvodni kapaciteti. Povećanjem proizvodnje danas »Dalekovod« podmiruje cjelokupne potrebe jugoslaenskog tržišta, a 45 posto opreme isporučuje se inozemnim kupcima.

I. R.



Nova tvornica ovjesnog i spojnog materijala

90 GODINA ELEKTRIFIKACIJE ZADRA

Dvanaestog prosinca 1984. navršilo se 90 godina otkad je na današnjem Narodnom trgu u Zadru zasjala prva električna žarulja. Taj dan obilježen je na svečan način u organizaciji poduzeća »Elektra« Zadar. Proslavi je prisustvovao velik broj predstavnika društveno-političkih, elektroprivrednih i drugih organizacija. U sklopu svečanosti organizirana je izložba koja govori o prvim počecima elektrifikacije zadarskog područja. Izložbu su gosti i građani razgledali s velikim zanimanjem.

Centrala iz koje se napajala električna rasvjeta imala je parni stroj i istosmjerni generator snage 36 kW. Usporedbe radi treba naglasiti da je električna rasvjeta u Zadru uvedena u prosincu 1894. godine, samo desetak godina nakon upotrebe električne energije u komercijalne i javne svrhe u svjetskim razmjerima. To je 13 godina prije Zagreba, 26 godina prije Splita, 32 prije Osijeka itd.

Uspješnim razvojem industrije i povećanjem broja potrošača rastu i proizvodni kapaciteti zadarske elektrane.

Godine 1902. nabavljen je veći parni stroj koji pokreće dinamo od 160 kW. Deset godina kasnije, 1912, nabavljen je prvi dinamo-agregat od 150 KS, a do prvoga svjetskog rata još tri agregata s ukupnom snagom od 450 KS. Već 1938. godine elektrana raspolaže sa 6 agregata ukupne snage 2 070 KS.

U drugom svjetskom ratu elektrana je porušena pogotkom avionskih bombi, a mreža je uništena do temelja.

Zadar je oslobođen 31. listopada 1944, a do kraja iste godine puštena su u pogon dva agregata u Tvornici mreža snage 300 KS. Glavna centrala u Foši je osposobljena sa tri agregata od 1115 kW potkraj 1945. godine. Iste godine osposobljena je električna mreža za dio potrošača. U toku 1948. izgrađen je DV Zadura — Lozovac, dužine 72 km čime je Zadar prvi put priključen na jugoslavenski elektroenergetski sistem. Kabel 10 kV Zadar — Preko 1957. znači početak spajanja zadarskih otoka na energetski sistem.

U iduće četiri godine (1959—1961) izgrađen je DV 110 kV Zadar — Šibenik i TS 110/30 kV Zadar.

Elektrifikacija zadarskih 17 naseljenih otoka završena je 1970. godine. Ukupna dužina vodova svih naponskih nivoa na području »Elektre« Zadar iznosi više od 4 000 km, broj transformatorskih stanica svih naponskih omjera 782, a broj potrošača danas iznosi 67 do 68 tisuća. Potkraj 1972. godine »Elektra« se konstituirala kao OOUR u sastavu RO »Elektrodalmacija« Split i tako ostaje do današnjeg dana. OOUR »Elektra« Zadar pokriva područje općina Benkovac, Biograd, Obrovac, Pag i Zadar.

I. R.

POČETNI RADOVI NA GRADNJI HE DJALE

Planirana gradnja HE Djale još je jedna stepenica u iskorištenju voda Cetine. Investitor RO »Elektroprivreda Dalmacija« utvrdila je plan izgradnje HE Djale koja bi se odvijala prema sljedećim rokovima:

- početak pripremnih radova listopad 1984. godine
- početak glavnih građevnih radova rujan 1985. godine i
- ulazak u probni pogon u siječnju 1989. godine.

Osnovni parametri HE Djale su:

- Tip elektrane
- Pribranska sa dvije proizvodne grupe tipa Kaplan

— Instalirana snaga	— $2 \times 20,4 = 40,8$ MW
— Instalirana protoka	— $220 \text{ m}^2/\text{sek.}$
— Konstruktivni pad	— 21 m
— Ukupna zapremina bazena (max.)	— $3,70 \text{ hm}^3$
— Korisna zapremina bazena	— $2,95 \text{ hm}^3$
— Srednja godišnja proizvodnja energije	— 157,5 GWh
— Veza na mrežu	— DV 110 kV — Konjsko

Prema planu pripremnih radovi su započeli u listopadu prošle godine.

Danas se radovi obavljaju po sljedećim fazama:

Izvode se radovi na južnom dijelu pristupne ceste, a u toku je gradnja DV 35 kV Trilj — Djale. Izvođač je »Dalekovod« Zagreb i »Elektrodalmacija« Split.

Gradnju radilišnog naselja preuzela je Radna organizacija »Konstruktor« Split i radovi su u toku. Započeta je realizacija izgradnje vodovoda Dicmo — Bisko.

U toku je obrada ponuda za turbine s tvornicom Litostroj i za generatore s Radnom organizacijom »Rade Končar«, kao i licitacija za obilazni tunel.

Naručeni su svi uređaji za telefoniju i uskoro će biti isporučeni. Od 1. listopada 1984. djeluje Radna zajednica za izgradnju HE Djale. Njezina je zadaća obavljanje investitorskih poslova, dok OOUR Izgradnja vrši konzalting-poslove za investitora, što je regulirano aktima na nivou ZEOH-a i RO »Elektroprivreda Dalmacija« Split.

I. R.

SANACIJA BAZENA GUSIĆ POLJE

U hidroelektrani »Senj — Sklope« završen je remont i sanacija građevnih objekata koji su planirani u 1984. godini. Najveći zahvat izveden je na sanaciji bazena Gusić-polje koji zadnjih pet godina nije pražnjen, niti su obavljani bilo kakvi zahvati na sanaciji. Bazen je očišćen od velikih naslaga mulja prosječne debljine 30 cm po dnu bazena i skoro 70 posto zamuljenja protočnog kanala kroz bazen, koga u velikim količinama donosi rijeka Lika.

Drugi zahvat izveden je na građevinskom objektu u dovodnom tunelu HE »Sklope«. Budući da je voda oštetila cijevi tehničke vode i cijevi pokazivača razine vode u jezeru, trebalo ih je izmijeniti i ugraditi nove. Osim toga sanirana je betonska obloga vodne komore na Hrmotinama. Izvršena je i antikorozivna zaštita svih željeznih konstrukcija i obnova fasada zapornica na području Like.

I. R.

IZGRADNJA AKUMULACIJE LEPENICA

Odlukom Radničkog savjeta »Elektroprivreda Rijeka« u toku 1985. godine početak će radovi gradnje akumulacijskog sistema »Lepenica«. Akumulacija »Lepenica« novi je dopunski dio postrojenja HE »Nikola Tesla« Vinodol s namjenom da se poveća i poboljša proizvodnja električne energije u HE »Nikola Tesla« za novih 11,5 milijuna kWh i da se spriječe poplavni valovi u području Fužina i Ličkog polja, čime će se omogućiti unapređenje poljoprivredne proizvodnje.

U sklopu nove akumulacije glavni su objekti: pristupna cesta, kanal Lepenica, pregrada s nasipom i crpna hidroelektrana Lepenica. Za realizaciju planiranih objekata potrebna

su ulaganja oko 1 800 milijuna dinara, a sredstva će osigurati elektroprivreda i vodoprivreda Hrvatske. Ulazak u pogon akumulacije planiran je za listopad 1987. godine.

I. R.

TE – TO OSIJEK U PROBNOM RADU

Radovi na izgradnji Te – TO Osijek, instalirane snage 45 MW, uglavnom su završeni. U toku studenog i prosinca prošle godine obavljani su tehnički pregledi na svim objektima i uređajima. Nakon manjih korekturnih radova na temelju nalaza komisija za tehnički pregled izdana je dozvola za ulazak u probni rad.

Četvrtog siječnja 1985. TE – TO Osijek puštena je probni pogon.

Obavljena je sinhronizacija generatora sa sistemom koji već u probnom radu daje prve kilovat-sate u elektroenergetski sistem Jugoslavije. Također i kotlovska postrojenja proizvodi kvalitetnu toplinsku energiju koja se isporučuje industrijskim potrošačima.

Izgradnja TE – TO Osijek počela je početkom siječnja 1981. godine, a u gradnji su sudjelovali domaći i strani izvođači, te nosioci Konzorcija »Siemens« i »Waagner Biroa«.

I. R.

ENERGETSKE POTREBE ZAGREBA U 1985.

Nacrt rezolucije društveno-ekonomskog razvoja Zagreba u 1985. godini obuhvaća i energetske bilancu za ovu godinu izrađenu na temelju podataka svih organizacija koje Zagreb opskrbljuju energijom.

Prema prijedlogu energetske bilance Zagreba za 1985. godinu gradu je potrebno 2,8 milijarde kWh električne energije, 356 600 tona mazuta, 198 000 ugljena, 168 000 tona dizel-goriva, 81 000 tona loživog ulja, 27 250 tona tekućeg plina, 1,4 milijun tona tehnološke pare, 1,3 milijuna MWh ogrjevnog toplina, te 515 milijuna kubičnih metara prirodnog plina.

Novi izvori

Budući da Zagreb nema vlastitih energetske izvora i da ovisi o republičkoj i saveznoj energetskej bilanci, u gradu se već duže vrijeme razmišlja o mogućnostima stvaranja sigurnijih energetske izvora. Uz nuklearnu elektranu u Prevlaci, koja će se početi graditi u idućem srednjoročju, planira se da se na Savi sgrade tri manje »gradske hidroelektrane«. To su HE Podsused, snage 41 MW, HE Prečko od 15 MW i HE Drenje od 30 MW. Ukupna proizvodnja iznosila bi 400 MWh električne energije godišnje. Proizvodnjom iz tih elektrana pokrilo bi se samo 12 posto električne energije u gradu. Izrada projekata savskih hidroelektrana povjerenica je RO Elektroprojektu Zagreb. Idejni projekti za gradnju hidroelektrana Podsused i Drenje predviđeno je da budu završeni do svibnja ove godine. Uz to do listopada 1985. treba dovršiti sve pripreme za gradnju palionice komunalnog otpada iz kojeg bi se proizvodila toplinska para i električna energija.

Prema prvim proračunima, u palionicama bi se 1990. godine izgaranjem 300 do 360 tona kućnog smeća proizvelo oko

490 tisuća tona pare i 70 milijuna kWh električne energije. Upotrebom te besplatne sirovine grad bi godišnje uštedio 45 tisuća tona skupog uvoznog mazuta ili više od milijardu dinara.

I. R.

SAVJETOVANJE O PRIJENOSU ELEKTRIČNE ENERGIJE

U organizaciji Zajednice jugoslavenske elektroprivrede i Savjeta za prijenos električne energije održano je 6. i 7. prosinca 1984. u Novom Sadu Deveto savjetovanje o prijenosu električne energije u Jugoslaviji. Izuzetno brojnom skupu od preko 190 stručnjaka iz svih elektroprijenosnih organizacija prisutne su pozdravili predstavnici Zajednice jugoslavenske elektroprivrede.

Za ovo savjetovanje odabrane su tri teme iz aktualne problematike u razvoju prijenosa električne energije.

Tema 1. Racionalizacija izgradnje, pogona i održavanja u prenosnoj mreži. U ovoj temi obrađena su tehnička rješenja i izvedba postrojenja i dalekovoda, tipizacije i unifikacije radi brže i jeftinije izgradnje, te ekonomičnijeg vođenja pogona i održavanja objekta.

Tema 2. Stanje uvođenja sistema daljinskog vođenja u prijenosnoj mreži. U više referata iznesena su ostvarena iskustva prilikom projektiranja, iskustva s ugrađenom opremom i pri izvođenju prilagođenja postrojenja daljinskom vođenju, te ispitivanjima pred puštanje u pogon.

Tema 3. Iskustva s izgradnje i pogona objekata mreže 400 kV. Obraden je kritički osvrt na ostvarene aktivnosti oko pripreme izgradnje, puštanja u pogon i pogona mreže 400 kV, s osobitim naglaskom na negativna iskustva.

Osiguranje registriranja toga iskustva kao osnove za vođenje daljeg razvoja prijenosne mreže uz uklanjanje načelnih propusta.

Nakon svih referata koji su izneseni vodile su se opširne diskusije. Na temelju iznesenih stručnih rješenja i mišljenja sa ovog savjetovanja doneseni su i odgovarajući zaključci koje je predložila posebna izabrana komisija.

I. R.

PROIZVODNJA UGLJENA IZNAD PLANA

U 1984. godini ostvarena je proizvodnja ugljena u Jugoslaviji u količini od 65 milijuna tona, što je iznad plana. Energetskom bilancom Jugoslavije za prošlu godinu planom je predviđeno 64 milijuna tona.

Uz sve poteškoće dobrom organizacijom rada i primjernim zalaganjem rudara plan je ne samo izvršen, nego čak i prebačen za milijun tona. U odnosu prema 1983. godini proizvodnja je u 1984. veća za 5,6 posto milijuna tona, odnosno 9,5 posto.

Najveći porast, kao i prošlih godina, postignut je u proizvodnji lignita (oko 11,6 posto), kojega je iskopano 53,2 milijuna tona. Proizvodnja mrkog ugljena je povećana za oko 1 posto ili ukupno 11,4 milijuna tona. Proizvodnja kamenog ugljena od 400 000 tona kreće se u granicama plana za 1984. godinu.

I. R.

GODIŠNJI POTROŠAK GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

Potrošnja goriva u termoelektranama na području Hrvatske u 1984. godini iznosi: u elektranama na tekuće gorivo — mazut 325,5 tisuća tona, što je samo 48 posto od plana, te zemnog i koksog plina 160 milijuna m³. Termoelektrana Plomin potrošila je 183 500 tona kamenog ugljena, a planom je predviđeno 253 800 tona.

Zbog neosiguranih količina goriva, naročito mazuta i plina, termoelektrane su u 1984. godini ostvarile proizvodnju od 1 326 milijuna kWh električne energije, dok je planirana proizvodnja 2 810 milijuna kWh. Najosjetljiviji podbačaj proizvodnje iskazale su termoelektrane Rijeka (ostvareno samo 27 posto) i Sisak (39,5 posto).

Nuklearna elektrana Krško osigurala je pogonsko gorivo tako da je u 1984. ostvarila proizvodnju 2.100,5 milijuna kWh, što je 5,9 posto više od plana.

I. R.

SURADNJA ELEKTROPRIVREDE SLOVENIJE I HRVATSKE

Međusobna suradnja SR Slovenije i SR Hrvatske značajan je oblik zajedničkog društveno-političkog i privrednog razvoja objiju republika. Zajednička povezanost na rješavanju mnogih pitanja iz područja privrede obuhvatila je i problematiku energetike.

Dosadašnja povezanost elektroprivrede Slovenije i Hrvatske dala je dobre rezultate. Uspješan je rad u izgradnji prve naše nuklearne elektrane Krško, programiranje nove NE Prevlaka, kao i zajedničko ulaganje u rudnik urana Žirovski Vrh kod Škofje Loke. Program zajedništva usmjeren je i u istraživačkim poslovima utvrđivanja zaliha ugljena, plina i nafte.

Potrebno je nastaviti aktivnost na izgradnji vodnih stepenica na Savi, Dravi, Muri i Kupi jer je to višenamjensko rješenje kojim se postiže energetska korištenje, uređenje poljoprivrednih zemljišta, plovidba, vodoopskrba itd.

Zagađivanje vode

Ozbiljan je problem zagađivanje vode (Sava, Drava, Mura) te je nužno, radi poboljšanja kvalitete vode, nastaviti izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Pri tome treba prioritet dati poboljšanju kvalitete vode Save radi zaštite crpilišta grada Zagreba i osiguranje normalnog rada NE Krško i NE Prevlaka.

U vezi s plinifikacijom u objema republikama su u toku izrade dugoročnih planova plinifikacije. Zbog toga bi obje republike morale prije nego što pristupe gradnji plinovoda zajednički proučiti raspoložive količine domaćeg plina i plina iz uvoza, odrediti veće potrošače i zajednički ustanoviti jedinstveni plinovodni sistem.

Izgradnja dvaju plinovoda na maloj međusobnoj razdaljini ne bi bila racionalna za obje republike, a opskrba potrošača ne bi bila tako sigurna.

I. R.

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE
HRVATSKE

energija

Izdavači:

Godište 34 (1985)

Zagreb 1985

Br. 3

»Elektroprivreda«, Rijeka
 »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
 SIZ za znanstveni rad SR Hrvatske
 Elektra, Karlovac
 Elektroslavonija, Osijek
 Elektroistra, Pula
 Elektroprimorje, Rijeka
 Elektrodalmacija, Split
 Elektra, Zagreb
 Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
 Institut za elektroprivredu, Zagreb

SADRŽAJ

<i>Granić G. — Pešut D.</i> : Primjena metode linearnog programiranja s metodom grama i granica u planiranju razvoja EES-a	179
<i>Filipović-Grčić B. — Čauš I.</i> : Interaktivni proračun podešenja distantne zaštite u visokonaponskim mrežama	187
<i>Mužek Z. — Stingl H. — Komerički Z. — Sarajlija M. — Jelavić V.</i> : Planiranje integralnog sistema grijanja i ventilacije u SOUR-u Brodograđevna industrija Split	193
<i>Hebel Z. — Mesić M.</i> : Karakteristike elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb u 1984. godini	213
<i>Staniša B.</i> : 35 godina proizvodnje i razvoja parnih turbina u Jugoturbini	219
<i>Tropin K.</i> : Tehnološka shema gasovoda Urengoj — Pomari — Užgorod	227
Vijesti iz elektroprivrede	233

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Zduženo poduzeće, Split — Enco Tirelli i Boris Simončić, dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip Brkljačić, dipl. ing., HE Senj — Petar Kuzele, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb — Ivo Božin, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb — dr. Zorko Cvetković, Elektroprenos, Zagreb — Šimun Šimundža, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko Dujmović, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elektroistra«, Pula — Branko Mrakovčić, dipl. ing., »Elektroprimorje«, Rijeka — Marko Šimunović, dipl. ing., »Elektra«, Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris Markovčić, dipl. ing. — Urednik: Zdenka Jelić, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro Hatić, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadinić, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko Cvetković, dipl. ing., Zagreb — Josip Neveščanin, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav Balen, dipl. ec., Jure Šimović, dipl. ec., Petar Kuzele, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Branko Mališ.

Casopis 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, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 500 dinara, a za poduzeća i ustanove 2000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 200 dinara.

Za inozemstvo \$ 80 godišnje.

Tekuci račun kod Narodne banke, Zagreb

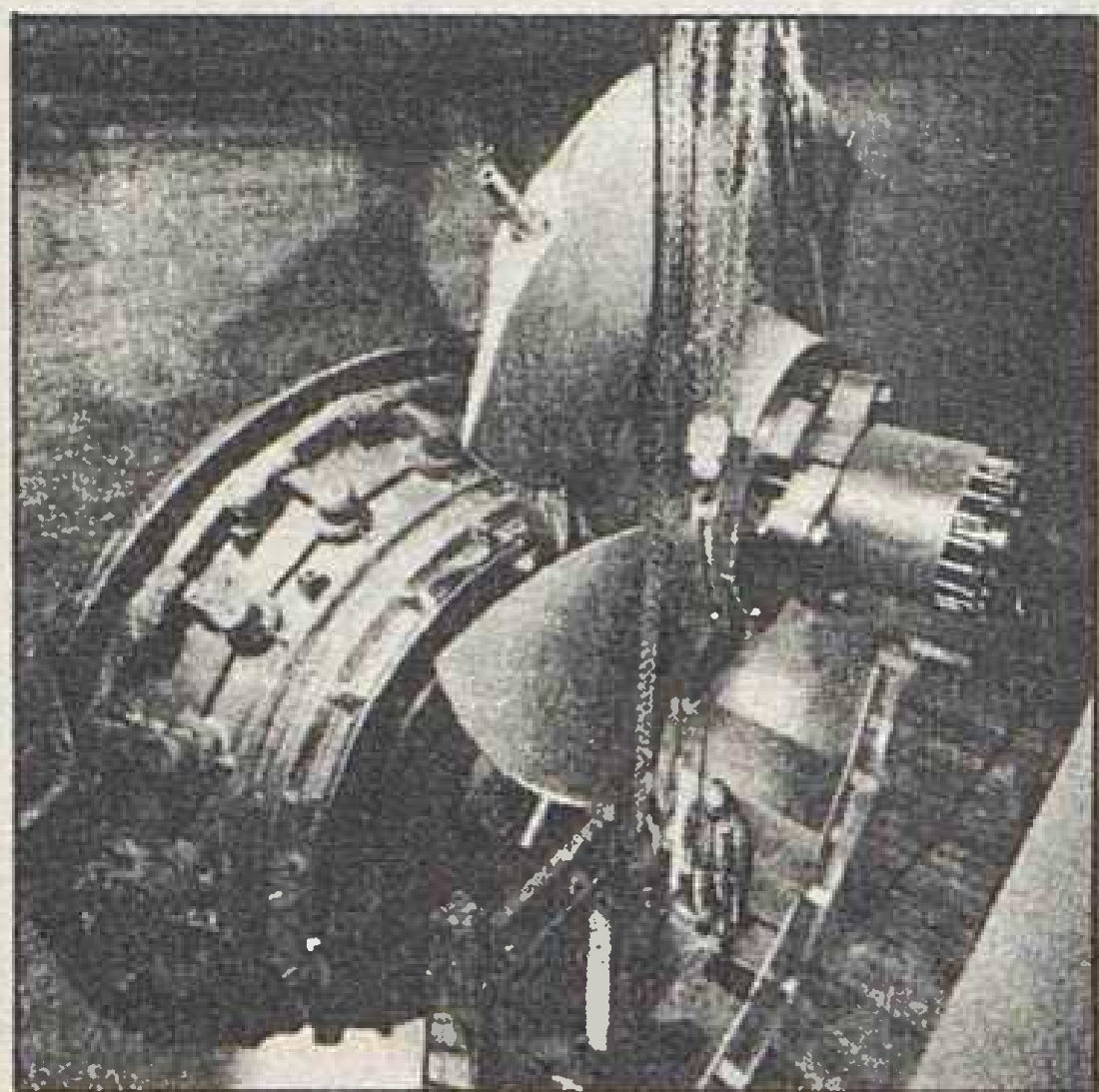
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišej: RO »Zrinski« TIZ Čakovec

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehniku

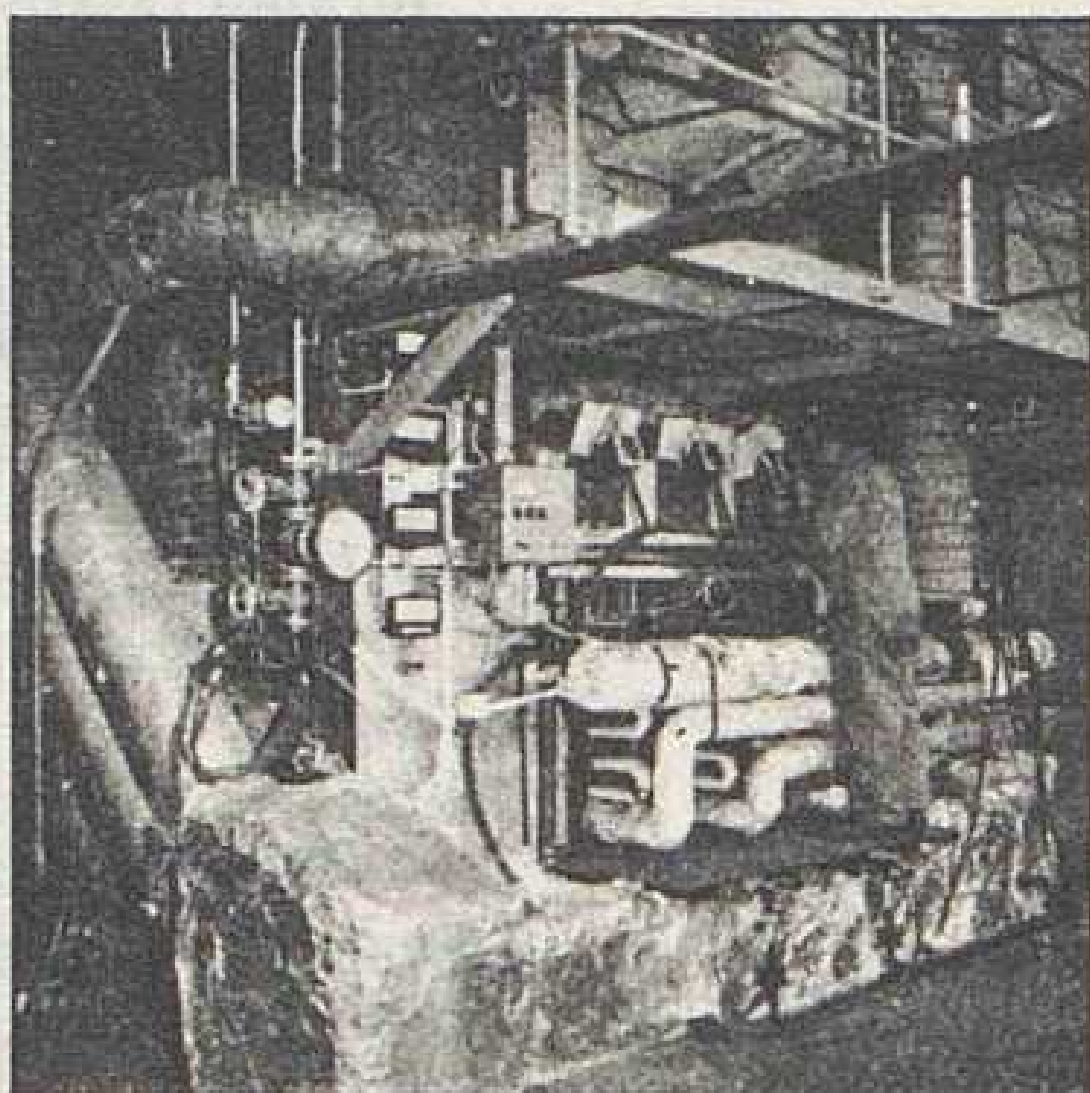
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

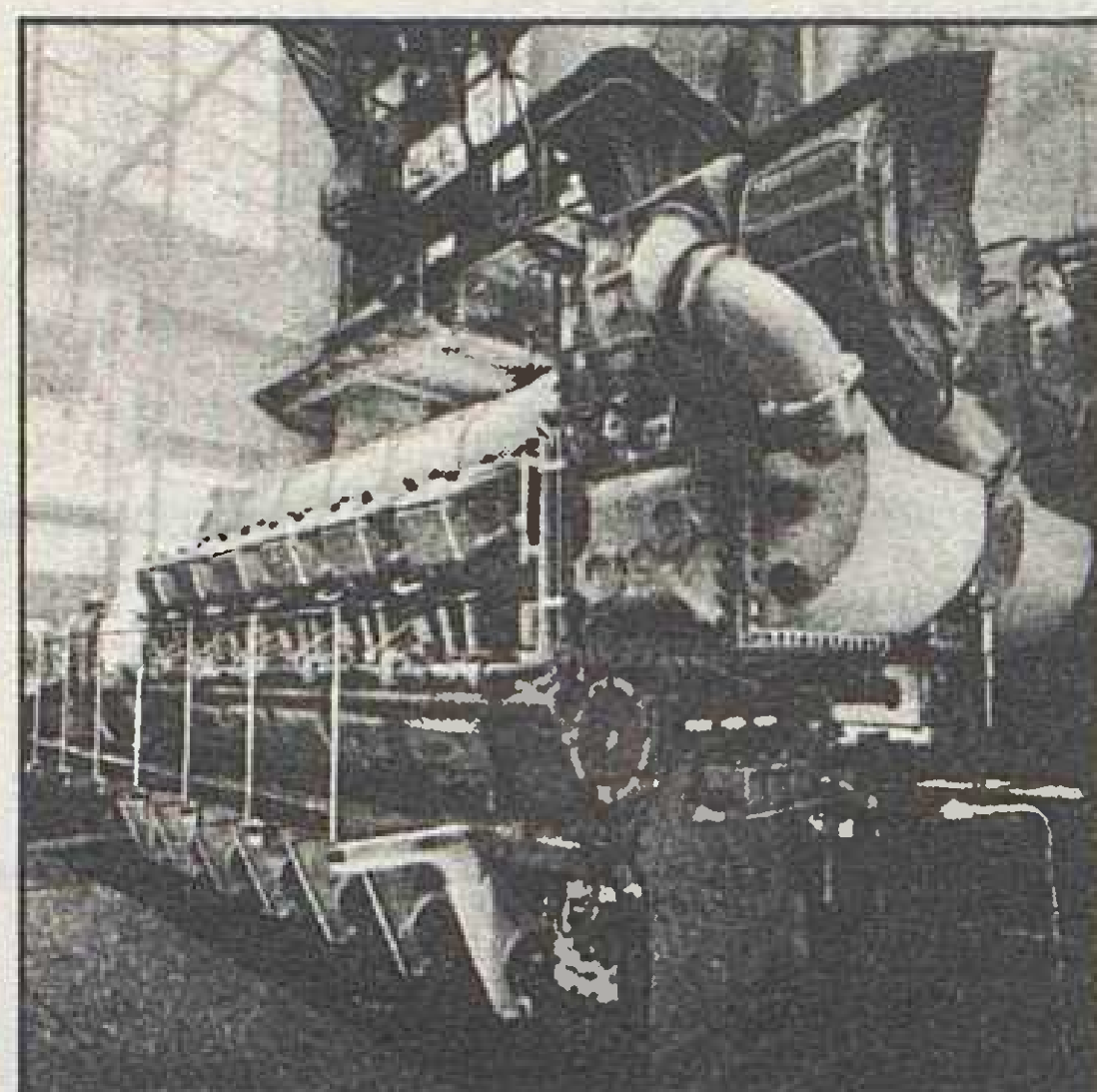
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovsko postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 81 11 22
Telex 89606011

SULZER®



PRIMJENA METODE LINEARNOG PROGRAMIRANJA S METODOM GRAMA I GRANICA U PLANIRANJU RAZVOJA EES-a

dr Goran Granić — mr Damir Pešut, Zagreb

UDK 621.31:681.3

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu je razradena metoda planiranja razvoja elektroenergetskog sistema uz primjenu metode linearnog programiranja i metode grana i granica. Razradena metoda demonstrirana je na jednom jednostavnom primjeru.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, planiranje sistema, linearno programiranje.

1. UVOD

Metodu linearnog programiranja, kao optimizacijsku tehniku, moguće je upotrijebiti i kod planiranja razvoja elektroenergetskog sustava, iako su u primjeni metode prisutna dva osnovna problema. Prvi, koji se odnosi na nelinearnost odnosa u elektroenergetskom sustavu, i drugi što je problem planiranja razvoja — problem odluke da li jedan objekt izgraditi ili ne. Nelinearnost odnosa u sistemu, posebno kad je riječ o krivulji trajanja opterećenja, riješena je podjelom krivulje trajanja na više pravokutnika različitog trajanja. Drugi problem riješen je korištenjem metode grana i grananja u iterativnom postupku s linearnim programiranjem.

2. OSNOVE METODE

2.1. Simulacija odnosa u sistemu za primjenu metode linearnog programiranja

Tehnika linearnog programiranja primjenjuje se kad funkcija cilja ovisi linearno o traženoj nepoznanici uz ograničenja napisana u obliku linearnih jednakosti ili nejednakosti. Ako bi se doslovno primijenio kriterij upotrebe linearnog programiranja kao optimizacijske tehnike, gotovo da se i ne bi mogao naći problem koji bi se mogao rješavati linearnim programiranjem. Linearizacijom odnosa unaprijed se starta s jednim nivoom pogreške koje se mora biti svjestan, ali koja ne isključuje mogućnost primjene linearnog programiranja.

2.1.1. Funkcija cilja

Funkcija cilja, u ovom slučaju se može nazvati i funkcija troškova, sastoji se od stalnih i promjenljivih

troškova rada sistema. Općenito se može napisati izraz za funkciju troškova φ :

$$\varphi = \sum_{g=1}^G \left[\sum_{i=1}^I \alpha_{ig} C_{sig} + \sum_{j=1}^J \alpha_{jg} C_{pjg} \right] \quad (1)$$

gdje je:

- G — broj godina obuhvaćen planiranjem
- α_{ig} — koeficijent izbora elektrane, koji opisuje da li je i -ta elektrana u godini g izabrana i može poprimiti vrijednost 0 ili 1
- C_{sig} — stalni troškovi i -te elektrane u godini g
- C_{pjg} — promjenljivi troškovi j -te elektrane u godini g
- I — broj elektrana kandidata za izbor
- J — ukupni broj termoelektrana i nuklearnih elektrana (izgrađene + kandidati za izbor)
- α_{jg} — koeficijent izgrađenosti elektrane za izgrađene elektrane ima vrijednost 1, a za nove elektrane poprima vrijednost koju ima α_{ig} .

Kako se radi o višegodišnjem vremenskom razdoblju za normaliziranje troškova po vremenskim razdobljima, primjenjuje se metoda aktualizacije. Metoda aktualizacije primjenjuje se za stalne i primjenljive troškove. Općeniti izraz za metodu aktualizacije glasi:

$$Ca_g = \frac{C_g}{(1+a)^{G_0-g}}$$

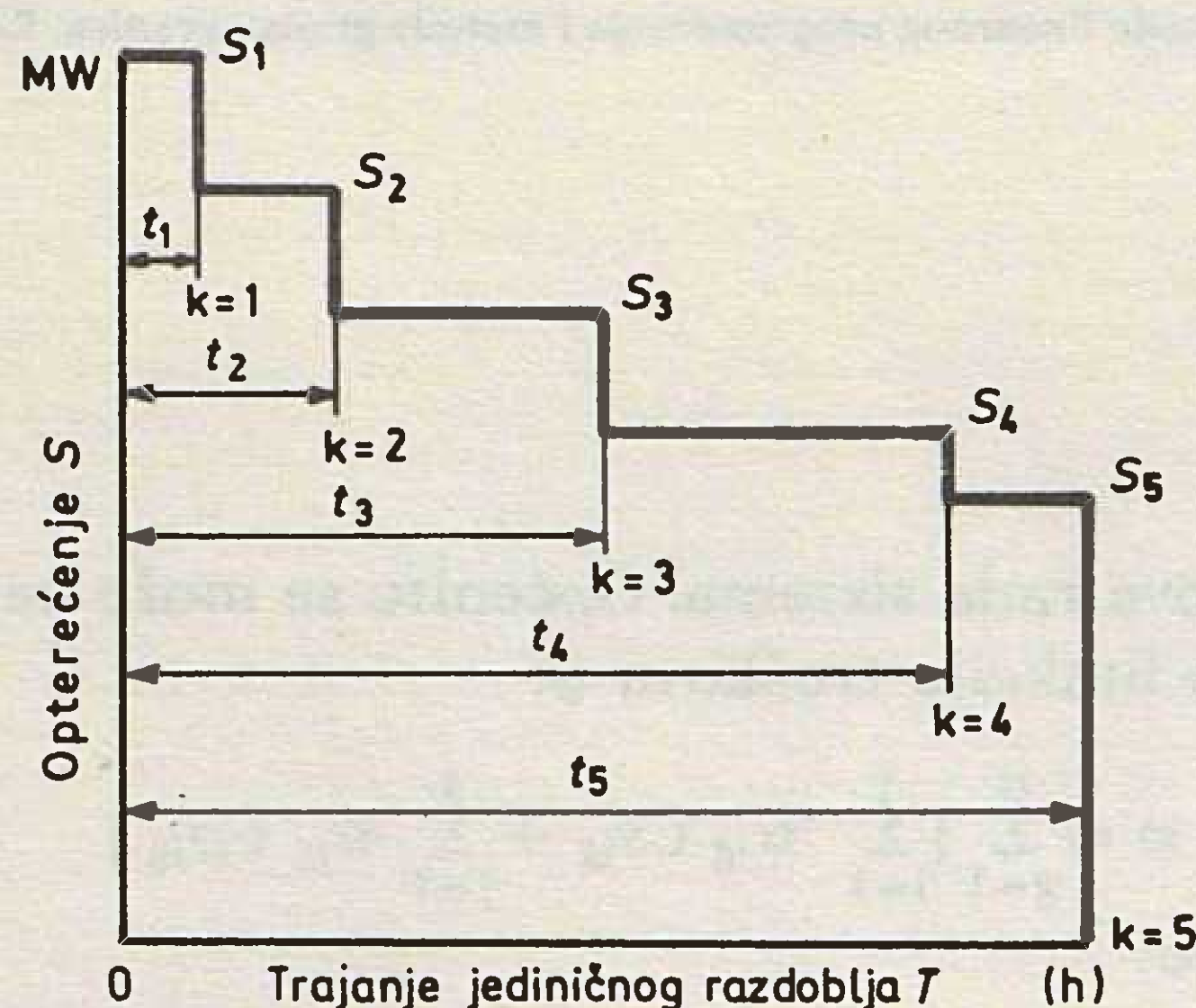
gdje je

- C_g — vrijednost troškova u godini g
- a — stopa aktualizacije
- G_0 — referentna godina prema kojoj se vrši aktualizacija
- Ca_g — aktualizirana vrijednost troškova.

2.1.2. Potrošnja i karakteristike potrošnje električne energije

Izbor vremenske jedinice (mjesec, sezona ili godina) ovisi o svrsi proračuna, veličini sistema ili veličini elektroničkog računala. Ako se proračun provodi radi sagledavanja globalne strukture, moguće je kao vremensku jedinicu uzeti i godinu, odnosno ako se želi veća točnost proračuna, promatrat će se veći broj razdoblja unutar jedne godine.

Zbog potrebe da se odnosi u sistemu lineariziraju, krivulja trajanja se ne može opisati nelinearnom funkcijom ili trima pravcima, kako je naša praksa, već se promatra oblik krivulje opterećenja kao na slici 1.



Slika 1. Krivulja trajanja opterećenja

Podjela krivulje trajanja opterećenja ovisi o realnom obliku krivulje trajanja opterećenja i s većim brojem podjelaka može se, svakako, bolje opisati krivulja trajanja opterećenja, ali se time znatno povećava model. Posebnu pozornost treba posvetiti izboru trajanja najkraćeg vremenskog razdoblja, razdoblja maksimalnog opterećenja. Izborom trajanja vremenskog razdoblja i maksimalnog opterećenja moraju se na najbolji način oslikati karakteristike potrošnje u razdoblju velikih opterećenja.

Za podjelu godine na jedinična vremenska razdoblja (mjeseci, sezone ili godine u cjelini) može se reći sve ono što je već rečeno za podjelu krivulje trajanja. Veći broj vremenskih jedinica omogućava bolje opisivanje sezonskih zakonitosti potrošnje, a time i veću točnost proračuna. Negativna strana većeg broja vremenskih jedinica jest povećanje modela.

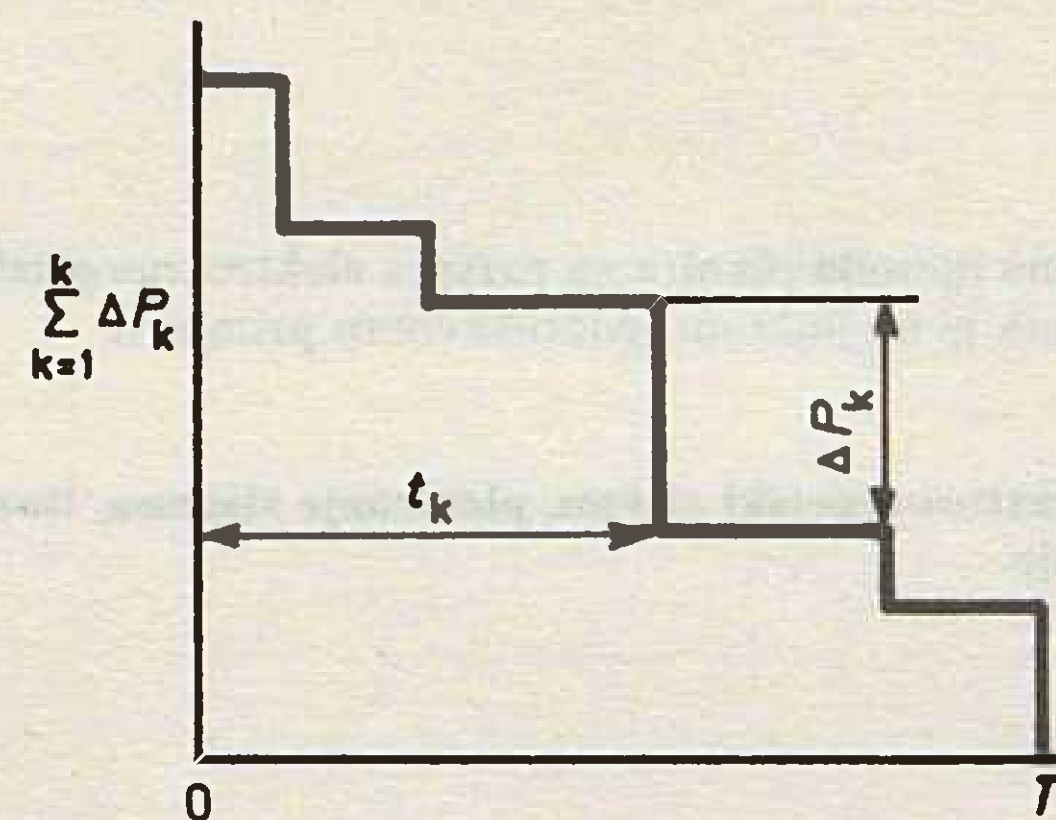
2.1.3. Raspodjela opterećenja

Promjenljivi troškovi sistema element su funkcije cilja. Kako je kriterij optimalnosti minimum troškova u sistemu, raspodjela opterećenja među elektranama provest će se tako da se ostvari minimum troškova proizvodnje elektrana u svakoj vremenskoj jedinici, odnosno u svakoj godini. Unutar jedne vremenske jedinice ukupna proizvodnja svake elektrane jednaka je:

$$W_{lg} = \sum_{k=1}^K \Delta P_{klg} \cdot t_{klg} \quad (2)$$

gdje je:

- l — indeks vremenske jedinice (mjeseca, sezone)
- K — broj vremenskih razdoblja na koje je podijeljena krivulja trajanja razdoblja
- ΔP_{klg} — prirast opterećenja u vremenskom razdoblju k, vremenske jedinice l i godine g
- t_{klg} — trajanje vremenskog razdoblja k, vremenske jedinice l i godine g.



Slika 2. Krivulja trajanja angažirane snage elektrane

Ako postoji ograničenje u proizvodnji u promatranoj vremenskoj jedinici l, onda je potrebno postaviti ograničenje

$$W_{lg} \leq W_{lgmax} \quad (3)$$

gdje je

W_{lgmax} — maksimalno moguća proizvodnja u vremenskoj jedinici l i godini g.

Ograničenje može biti i na ukupnu godišnju proizvodnju W_{gmax}

$$\sum_{l=1}^L W_{lg} \leq W_{gmax} \quad (4)$$

Osim ograničenja na proizvodnju, pri raspodjeli opterećenja potrebno je zadovoljiti ograničenja koja proistječu iz tehničkih karakteristika pojedinog postrojenja, a odnose se na instaliranu snagu (P_{max}) i tehnički minimum (P_{min}).

$$\sum_{k=1}^K \Delta P_k \leq p P_{max} \quad (5)$$

$$\Delta P_K \geq p \cdot P_{min}$$

U toj nejednadžbi uveden je faktor raspoloživosti elektrane p da bi se obuhvatio utjecaj neraspoloživosti elektrana. Ukupna angažirana snaga ograničena je maksimalnim opterećenjem, a opterećenje elektrane u posljednjem razdoblju K minimalnom snagom.

Ukupna angažirana snaga svih elektrana mora biti uravnotežena s potrebama u svakom trenutku, što se može pokazati jednadžbom:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{z=k}^K \Delta P_{zlj} = S_{kl} \quad (6)$$

gdje je

S_{kl} — opterećenje u vremenskom razdoblju k i vremenskoj jedinici l.

Taj uvjet mora biti, dakako, zadovoljen u svim promatranim godinama.

Kako su u raspodjeli opterećenja uključene već izgrađene elektrane i one koje se biraju, potrebno je u prije navedenu jednadžbu uvesti i varijablu izgrađenosti α_j . Njezina vrijednost za već izgrađene elektrane je 1, a za one koje se planiraju 0 ili 1, već prema tome da li je u promatranj godini pretpostavljena izgradnja elektrane ili ne.

a) Hidroelektrane

Neizvjesnost proizvodnje hidroelektrane ima dvije dimenzije: količinu proizvodnje i vremensku dinamiku. Poželjno je da se modelom obuhvate obje karakteristike moguće proizvodnje jer to znatno utječe na raspodjelu opterećenja, odnosno na doprinos elektrane sistemu i položaj u redoslijedu izgradnje.

Podjelom godine na više vremenskih jedinica (npr. 12 mjeseci) mogu se uzeti u proračun oscilacije moguće proizvodnje tijekom godine. I problem više vremenskih hidroloških stanja, kojim bi se obuhvatila neizvjesnost količine proizvodnje hidroelektrane, moguće je uklopiti u model. Pri tom se svakoj mogućoj proizvodnji pridodaje odgovarajuća vjerojatnost. Veći broj hidroloških situacija može izazvati problem veličine modela.

Kako se unaprijed pretpostavlja moguća proizvodnja hidroelektrana, izračunata izvan ovog modela, uz uvažavanje svih specifičnosti postrojenja i veličine akumulacije, iskoristiva proizvodnja se ograničava po svakoj vremenskoj jedinici (izraz 3).

Za hidroelektrane se obično pretpostavlja da faktor raspoloživosti ima vrijednost $p=1$, pa se u izrazu 5 može za hidroelektrane ispustiti varijabla raspoloživosti p .

Minimalna snaga određuje se iz uvjeta nužne proizvodnje u konstantnom dijelu krivulje trajanja opterećenja, pa je p_{\min} za hidroelektrane konstantna snaga iz proračuna moguće proizvodnje.

b) Crpnoakumulacijska postrojenja

Proizvodnja crpnoakumulacijskih postrojenja je u funkciji ukupnih odnosa u elektroenergetskom sistemu. Ograničenja u proizvodnji mogu proizaći iz samih karakteristika postrojenja (npr. veličine gornjeg ili donjeg bazena), kao i iz same strukture troškova u procesu optimizacije raspodjele proizvodnje za svaku vremensku jedinicu posebno.

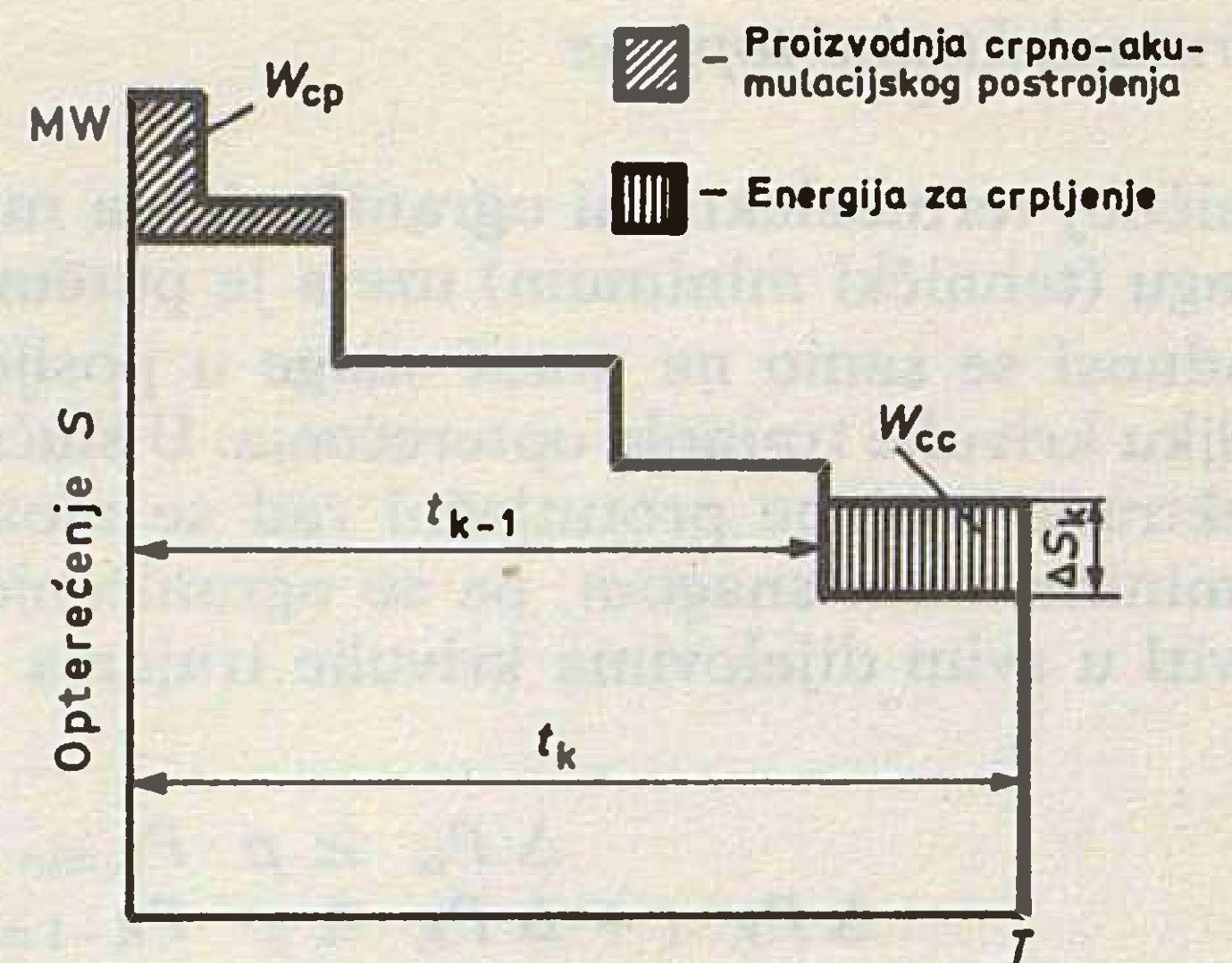
Za svaku vremensku jedinicu proizvodnja crpnoakumulacijskih postrojenja može se odrediti prema izrazu

$$W_{cp} = \sum_{k=1}^{K-1} \Delta P_k \cdot t_k \quad (7)$$

a potrošnja energije za crpljenje

$$W_{cc} = (t_k - t_{k-1}) \cdot \Delta S_k \quad (8)$$

gdje je ΔS_k povećanje opterećenja u K -tom dijelu krivulje trajanja opterećenja. Energija za crpljenje veća je od proizvodnje za gubitke pa vrijedi izraz:



Slika 3. Položaj crpnoakumulacijskog postrojenja u krivulji trajanja opterećenja

$$W_{cp} = \eta W_{cc} \quad (9)$$

Kad ne bi bilo ograničenja na veličinu bazena (gornjeg ili donjeg) proizvodnju crpnoakumulacijskog postrojenja odredili bi troškovi proizvodnje. Ako postoji ograničenje na veličinu bazena, ona se mogu napisati u obliku:

$$W_{cp} \leq W_{cmax}^v \quad (10)$$

gdje je

W_{cmax}^v — maksimalno moguća proizvodnja uvjetovana veličinom bazena

Ograničenje na maksimalnu snagu u turbinskom radu postrojenja postavlja se kao i kod klasične hidroelektrane.

Ako se radi o crpnoakumulacijskom postrojenju s dotokom u gornji bazen, onda jednadžba za proizvodnju glasi:

$$W_{cp}^d + W_{cp} = \sum_{k=1}^{K-1} \Delta P_k \cdot t_k \quad (11)$$

gdje je

W_{cp}^d — proizvodnja crpnoakumulacijskog postrojenja vlastitim dotokom.

Jednako kao i kod hidroelektrana, vlastiti dotok se uzima u proračun za sve vremenske jedinice, odnosno za sve hidrološke prilike koje se promatraju u modelu.

c) Termoelektrane i nuklearne elektrane

Najčešće osim ograničenja snage (minimalne i maksimalne) ne postoje druga ograničenja kod termoelektrana i nuklearnih elektrana. Neostvarivanje proizvodnje zbog neplaniranih ispada uzima se putem faktora raspoloživosti.

U posebnim slučajevima može se ograničiti godišnja proizvodnja zbog problema u osiguranju goriva. Ako su problemi takvi da se ne mogu osigurati ne samo ukupne količine goriva nego je problem i u godišnjoj dinamici, onda se moraju postaviti ograničenja i na vremenske jedinice tijekom godine (izraz 3).

d) Termoelektrane toplane

U klasičnoj termoelektrani ograničenje na minimalnu snagu (tehnički minimum) uzeta je putem izraza 5, a odnosi se samo na porast snage u posljednjem podjeljku krivulje trajanja opterećenja. U slučaju termoelektrane toplane protutlačni rad se može smatrati minimalnom snagom, pa se ograničenje mora postaviti u svim dijelovima krivulje trajanja opterećenja.

$$\begin{aligned} \Delta P_K &\geq p \cdot P_{K \min} \\ \Delta P_{K-1} + \Delta P_K &\geq p \cdot P_{K-1 \min} \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \end{aligned} \quad (12)$$

$$\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_K \geq p \cdot P_{1 \min}$$

Budući da osim protutlačne proizvodnje termoelektrana toplana može ostvariti dio proizvodnje i u kondenzacijskom režimu rada (preostali dio snage do snage na pragu), potrebno je također postaviti ograničenje na maksimalnu snagu

$$\sum_{k=1}^K \Delta P_k \leq p \cdot P_{\max} \quad (13)$$

Protutlačni rad određuje se na temelju predviđanja razvoja toplinskog konzuma i raspodjele toplinskog opterećenja unutar toplinskih sistema.

Kao i kod klasičnih elektrana, može se također postaviti ograničenja na proizvodnju, ali se pri tome mora paziti da moguća maksimalna proizvodnja ne bude manja od protutlačne proizvodnje.

2.1.4. Sigurnost opskrbe potrošača

Sigurnost opskrbe potrošača u funkciji je neizvjesnosti ostvarenja hidrologije i utjecaja neraspoloživosti termoelektrana. Također se tome može dodati kao utjecajni faktor i nivo sigurnosti koji se želi ostvariti.

U modelu u kojem su svi odnosi linearizirani, problem sigurnosti mora se nešto pojednostavniti i svesti na određivanje minimalnog nivoa izgradnje koji će osigurati traženu sigurnost opskrbe potrošača. Taj uvjet se može napisati u obliku

$$\sum_{j=1}^J \alpha_j \cdot P_j \max \geq S_{\max} (1 + \gamma) \quad (14)$$

za $g = 1, 2, \dots, G$

gdje je

S_{\max} — godišnje maksimalno opterećenje
 γ — faktor rezerve u sistemu.

Faktor rezerve u sistemu određuje potreban nivo rezerve u sistemu da bi se osigurala tražena sigurnost opskrbe potrošača (npr. 25% ili 30%). Veličina faktora rezerve u sistemu ovisi o strukturi izvora i nije svejedno radi li se o miješanom hidro-termosistemu s manjim ili većim udjelom hidroelektrana. Važno je također izborom faktora γ obuhvatiti i utjecaj oscilacija u mogućoj proizvodnji hidroelektrana.

Izraz 13 može se dopuniti i raspoloživošću elektrana:

$$\sum_j \alpha_j \cdot P_j \max \geq S_{\max} (1 + \gamma) \quad (14a)$$

za $g = 1, 2, \dots, G$

Koeficijent rezerve u sistemu γ u tom slučaju je znatno niži jer je preko faktora raspoloživosti p uzet u obzir utjecaj neraspoloživosti elektrana na potrebnu izgradnju sistema.

Ako se u modelu promatra veći broj hidroloških prilika, onda se uvjet izgrađenosti sistema postavlja na nepovoljniju hidrologiju. Dakako da u tom slučaju treba odabrati koeficijent rezerve sistema γ prikladan hidrologiji.

Osim ograničenja na minimalnu izgradnju, može se postaviti ograničenje na maksimalnu izgradnju, tako da se odbace one varijante koje daju znatno veću sigurnost nego što je potrebno. Ograničenje se može napisati u obliku

$$\sum_{j=1}^J \alpha_j \cdot P_j \max \leq S_{\max} (1 + \beta) \quad (15)$$

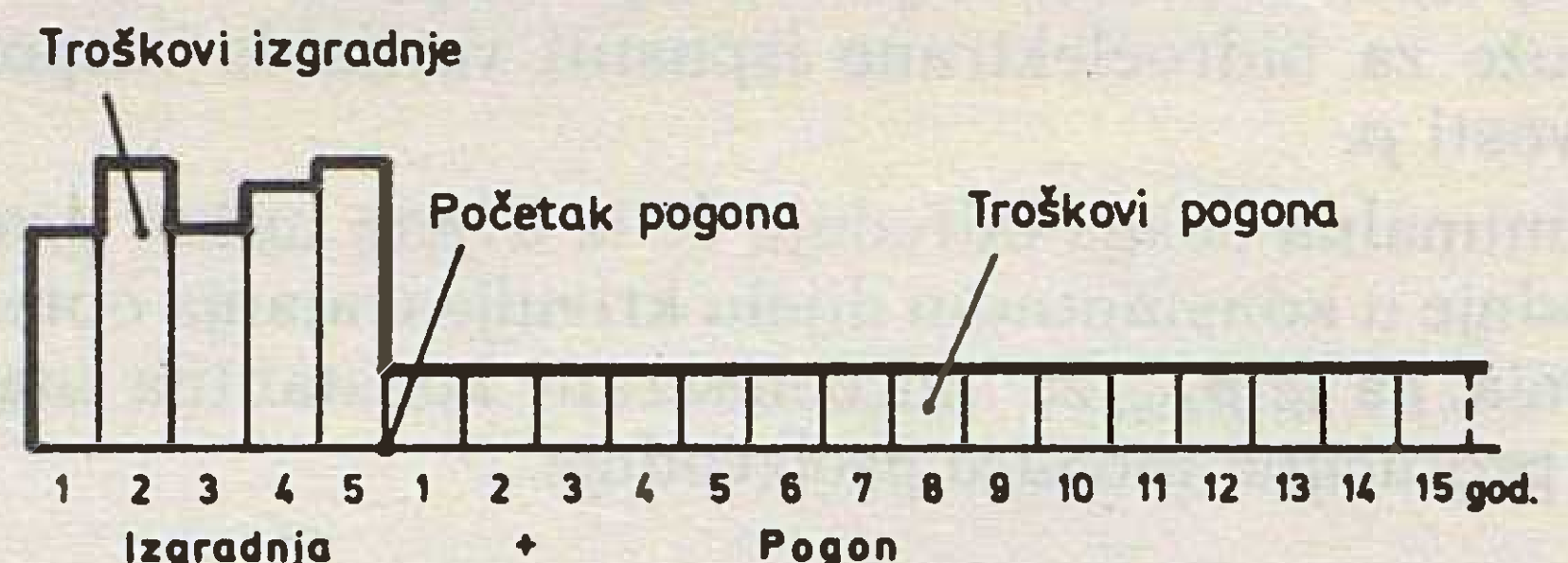
za $g = 1, 2, \dots, G$

gdje je

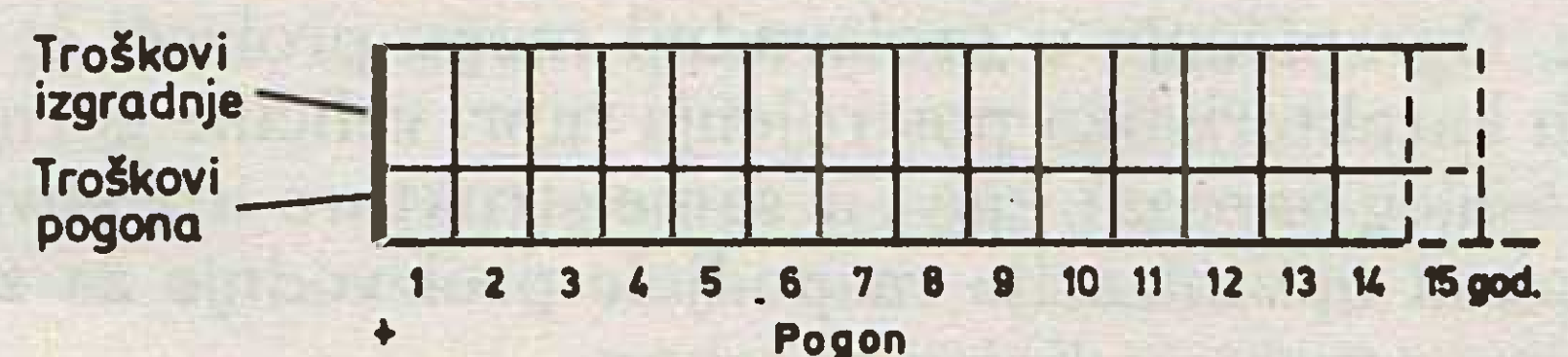
β — koeficijent maksimalno potrebne izgradnje sistema.

2.1.5. Stalni troškovi

Stalni troškovi u novim elektranama mogu se prema vremenskom slijedu nastajanja podijeliti u dvije grupe: troškove izgradnje i troškove pogona. Pri valorizaciji svake nove elektrane moguće je metodološki troškove uključivati u proračun prema slijedu događaja ili isključivo kroz razdoblje rada elektrane.



Slika 4. a). Dinamika troškova slijedom događaja



Slika 4. b). Dinamika troškova isključivo kroz razdoblje pogona

U drugom slučaju, sl. 4. b), potrebno je troškove izgradnje iskazati putem amortizacije i anuiteta, kao troškove koji se pojavljuju u razdoblju pogona. Za proračun funkcije troškova φ , izraz 1, koristi se drugi oblik određivanja stalnih troškova.

Godišnji stalni troškovi svake elektrane kandidata za izbor određuju se kao postotak od investicije:

$$C_s = C_1 \cdot s \quad (16)$$

gdje je

- C_s — stalni trošak
- C_1 — investicije
- s — prosječna stopa stalnih troškova.

Takav način određivanja stalnih troškova primjenjuje se neovisno o tipu elektrane (hidroelektrane, termoelektrane ili nuklearne elektrane). Stalni troškovi postojećih elektrana ili elektrana za koje su donesene odluke o izgradnji ne uzimaju se u proračun jer ne utječu na rezultate proračuna, nego samo povećavaju ukupnu vrijednost funkcije troškova φ .

2.1.6. Promjenljivi troškovi

Promjenljivim troškovima smatraju se troškovi za gorivo u termoelektranama (nuklearnim elektranama i termoelektranama toplanama). Proračun se provodi s prosječnim specifičnim troškovima za gorivo i računa se prema izrazu:

$$C_{pi} = c_{pi} W_{pi} \quad (17)$$

gdje su

- c_{pi} — specifični troškovi za gorivo i-te elektrane
- W_{pi} — proizvodnja i-te elektrane.

Ako se u planskom razdoblju očekuje veći porast troškova za gorivo kod jednog tipa elektrana nego kod ostalih tipova elektrana, moguće je to uzeti u obzir preko diferencijalnog rasta specifičnih troškova. U izrazu

$$C_{pige} = c_{pi} (1 + e)^{g-G_0} \quad (18)$$

- C_{pige} — su eskalirani specifični troškovi za gorivo koji se za godinu g eskaliraju po diferencijalnoj stopi rasta troškova e .

2.2. Dopuna metode linearnog programiranja s metodom grana i granica

Planiranje izgradnje elektroenergetskog sistema je problem odluke, tj. problem u kojem treba odrediti da li jedno postrojenje treba izgraditi ili ne. Sve što je prije napisano odnosi se na metodu cjelobrojnog linearnog programiranja, kojom se problem može cjelovito obuhvatiti. U tom slučaju metoda grana i granica nije potrebna.

Metoda grana i granica uvodi se da bi se odredila vrijednost koeficijenta izbora elektrana α . Već je prije rečeno da koeficijent izbora elektrana α može poprimiti vrijednost 0 ili 1, jer se njime iskazuje status pojedine elektrane-kandidata za izbor (— 0 — elektrana nije izabrana, a 1 — elektrana je izabrana). U metodi linearnog programiranja ne postoji mogućnost da se

neka varijabla definira kao varijabla odluke, već isključivo preko donje (vrijednost 0) i gornje (vrijednost 1) granice. Očito je da će vrijednost varijable α za svaku elektranu i u svakoj vremenskoj jedinici biti $\alpha \geq 0$ odnosno $\alpha \leq 1$. takva rješenja ne mogu se prihvatiti kao konačna, već se iterativnim postupkom, pretraživanjem, usmjerava tok proračuna prema konačnom rješenju.

Proračun započinje iteracijom u kojoj se ne postavljaju ograničenja na varijablu α u vidu odluke da kod nekih elektrana mora imati vrijednost 0 ili 1, već se postavlja samo gornja i donja granica. Da bi se osiguralo da jednom odabrana elektrana u nekoj godini t bude uključena u sistem i u ostalim godinama nakon godine t , postavljaju se dodatni uvjeti u obliku:

$$\alpha_{t+1} \geq \alpha_t \quad (19)$$

U drugoj iteraciji proračuna za elektrane kod kojih je α jednak 1 ili ima vrijednost vrlo blisku jedinici (npr. 0,8 ili 0,9) utvrđuje se vrijednost $\alpha=1$, a za ostale elektrane ostavlja se ponovno mogućnost izbora između vrijednosti 0 i 1. Proračun se ponavlja i ponovno se selektiraju one elektrane s visokim vrijednostima koeficijenta α , i to tako iz iteracije u iteraciju dok se ne dođe do konačnog rješenja u kojem za svaku elektranu koeficijent α iznosi 0 ili 1.

U određenim slučajevima postupak pretraživanja neće biti sasvim jednostavan, jer su moguće kombinacije sa sličnim vrijednostima koeficijenta α . Kod pojave takvih slučajeva potrebno se dosljedno držati metode grana i granica i na temelju mnogih ispitivanja donijeti odluku o najpovoljnijoj kombinaciji.

3. PRIMJER PRORAČUNA

Za demonstraciju metode odabran je jednostavan primjer planiranja razvoja elektroenergetskog sistema. Postojeći elektroenergetski sistem sastoji se od jedne termoelektrane, a kao mogući kandidati za izbor promatrane su jedna hidroelektrana i jedna termoelektrana. Izbor redoslijeda izgradnje izvodi se za plansko razdoblje u trajanju od 2 godine.

Buduća potrošnja električne energije opisana je preko godišnje krivulje trajanja opterećenja. Osnovni podaci o krivulji trajanja opterećenja navedeni su u sljedećoj tablici:

	Trajanje opterećenja h/god.	Opterećenja — MW	
		$g=1$	$g=2$
$k=1$	3 000	420	525
$k=2$	8 760	200	250

Osim zadovoljenja potrošnje, potrebno je također osigurati rezervu u sistemu, koja je u ovom primjeru uzeta u iznosu od 10% od maksimalnog opterećenja.

Karakteristika elektrana (postojeća i kandidata na izbor) navedeni su u sljedećoj tablici:

	Karakteristike elektrana		
	Postojeće	Kandidati za izbor	
		TE	HE
Snaga — maksimalna MW	400,0	200,0	100,0
minimalna MW	165,0	30,0	41,75
Proizvodnja — maksimalna GWh	2 382,72	700,0	595,68
Faktor raspoloživosti %	80,0	100,0	90,0
Cijena troškova za gorivo din/kWh	2.	—	1,8

Pri određivanju maksimalne proizvodnje termoelektrana uzet je u obzir remont u trajanju od 2 mjeseca. Kod hidroelektrana maksimalna proizvodnja određuje se kao višegodišnji prosjek maksimalne moguće proizvodnje, a minimalna proizvodnja kao prosjek konstantne proizvodnje.

Za hidroelektranu su pretpostavljene specifične investicije od $200 \cdot 10^6$ dinara/MW uz stopu stalnih troškova od 12,5%, a za termoelektranu specifične investicije od $70 \cdot 10^6$ d/MW sa stopom od 20%.

Nakon provedenog proračuna dobivene su sljedeće vrijednosti varijable odluka α :

	Vrijednosti varijable odluke α	
	$g=1$	$g=2$
Hidroelektrana	0,510	1,000
Termoelektrana	0,000	0,138

Prema vrijednosti varijable odluke α može se zaključiti da hidroelektrana ima prednost pred termoelektranom. Kako varijabla odluke u konačnosti mora poprimiti vrijednost 0 ili 1, potrebno je ispitati vrijednost α za hidroelektranu za $g=1$ i za termoelektranu u $g=2$.

U drugom koraku proračuna pretpostavljeno je za varijablu odluke α za novu hidroelektranu u $g=1$ vrijednost $\alpha=1$. Ta vrijednost ne utječe na vrijednost varijable odluke za termoelektranu u $g=2$, jer je već u prvom koraku u $g=2$ vrijednost varijable α za hidroelektranu iznosila $\alpha=1$.

Budući da je vrijednost varijable odluke za termoelektranu u $g=2$ manja od 0,5 ($\alpha=0,138$), nameće se dilema da li se može zadovoljiti potrošnja u $g=2$ bez termoelektrane. Ponavljanjem proračuna, a uz pretpostavku da je $\alpha=1$ za termoelektranu u $g=2$, utvrđeno je takvo rješenje nemoguće, odnosno da se bez termoelektrane ne može zadovoljiti predviđena potrošnja u $g=2$.

U konačnom koraku proračuna postavljen je scenario redosljeda izgradnje elektrana: u intervalu $g=1$ hidroelektrana, a u $g=2$ termoelektrana, koji je proizšao kod izgradnje i iz prethodna tri koraka proračuna.

4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Svaki postupak ili optimizacijska tehnika koja se primjenjuje kod planiranja razvoja elektroenergetskog sistema ima određene prednosti i mane u odnosu na ostale postupke ili optimizacijske tehnike. Prednost linearnog programiranja je jednostavnost opisivanja problema i pisanja modela jer se model postavlja na razvijenu optimizacijsku tehniku.

S druge strane, slabost takvog modela je linearizacija odnosa u sistemu i moguća pogreška u proračunu koja proizlazi iz toga. Također se kao nedostatak može smatrati glomaznost modela ako se problem rješava za više hidroloških situacija ili više vremenskih jedinica unutar svake godine planskog razdoblja.

Za rješavanje problema planiranja elektroenergetskog sistema, a uz uvažavanje nelinearnih odnosa u sistemu, potrebno je razviti posebnu programsku podršku, što je vrlo složen i dugotrajan posao. Ako bi se tako razvijen model samo jednom koristio u planiranju, problem bi se mogao brže riješiti primjenom metode linearnog programiranja, naravno uz nešto veću nesigurnost proračuna. Međutim, ako se radi o trajnom korištenju programskog paketa koji omogućava proračun razvoja sistema uz uvažavanje nelinearnih odnosa u sistemu, onda je svakako prednost na strani jednog takvog modela.

LITERATURA

- [1] F. G. RODHE and B. J. KALAS: »Economic optimization and evaluation of hydroelectric power systems«, University of Aachen, Federal Republik of Germany and Baden, Switzerland, 1975.
- [2] H. T. DAJ: »Application of linear programming to electric power generation planning-Westinghouse Electric Corporation«, Pennsylvania, 1974.
- [3] F. BEGLERI, M. A. LANGHTON: »The combined costs method for optimal economic planning of electrical power system«, University of London, 1975.
- [4] MARKOVITZ I. M.: »Optimization of Power system operation«, Moscow, 1967.
- [5] PETRIĆ JOVAN: »Operaciona istraživanja«, Beograd, 1978.
- [6] KALPIĆ DAMIR: »Operaciona istraživanja«, Zagreb, 1976.
- [7] GRANIĆ: »Optimalni redosljed izgradnje elektrana u EES-u«, doktorska disertacija, Zagreb, 1979.
- [8] T. OYAMA: »Applying mathematical programming to measure electricity marginal costs«, IEEEET, PAS — 102, No. 5, May 1983.

IMPLEMENTATION OF LINEAR PROGRAMING WITH BRANCH AND CONSTRAINT METHOD IN PLANNING OF ELECTRIC POWER SYSTEM DEVELOPMENT

In the article is described a method for planning of electric power system development with application of linear programing method as well as branch and constraint method. Developed method is demonstrated on one simple example.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С МЕТОДОЙ ВЕТВЕЙ И ПРЕДЕЛОВ В ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭЭС

В статье разработан метод планирования развития электроэнергетических систем с применением линейного программирования и метода ветвей и пределов. Разработанный метод был показан на одном простом примере.

ANWENDUNG DER METHODE DES LINEAREN PROGRAMMIERENS MIT DER METHODE DER ZWEIGE UND GRENZEN IN DER ENTWICKLUNG DES EE SYSTEMS /PLANUNG/

In der Arbeit wird die Methode der Planung der Entwicklung des elektroenergetischen System mit der Anwendung des linearen Programmierens und der Methode der Zweige und Grenzen ausgearbeitet. Die ausgearbeitete Methode wird anhand eines einfachen Beispieles demonstriert.

Naslov pisaca:

**dr Goran Granić, dipl. inž.
mr Damir Pešut, dipl. inž.**

**Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis
1985 — 01 — 23

Radna organizacija »ATM« specijalizirana je inženjering-organizacija za projektiranje, proizvodnju, montažu i održavanje postrojenja mjerno-regulacione tehnike i automatskog upravljanja u industriji.

Poslovna politika radne organizacije prvenstveno je usmjerena na nudenje kompletnih rješenja i izvođenje mjerno-regulacionih i upravljačkih sistema na postrojenjima termoenergetike, crne i obojene metalurgije, petrokemije, industrije građevnog materijala i prehrambene industrije. Osnovu takve djelatnosti čini vlastiti projektni biro s velikim iskustvom u primjeni mjerno-regulacionih i upravljačkih sistema, kako uređajima vlastite proizvodnje tako i uređajima drugih proizvođača.

Vlastita proizvodnja mjerno-regulacione i upravljačke opreme temeljena je na suvremenom timskom radu i razvojnom odjelu, gdje je vlastitim snagama i znanjem razvijen niz modernih uređaja, koji se uspješno proizvode i plasiraju na domaće i svjetsko tržište.

**PROJEKTIRANJE
 INŽENJERING
 KONZALTING**

**MONTAŽA,
 ISPITIVANJE I PUŠTANJE
 U POKUŠNI RAD**

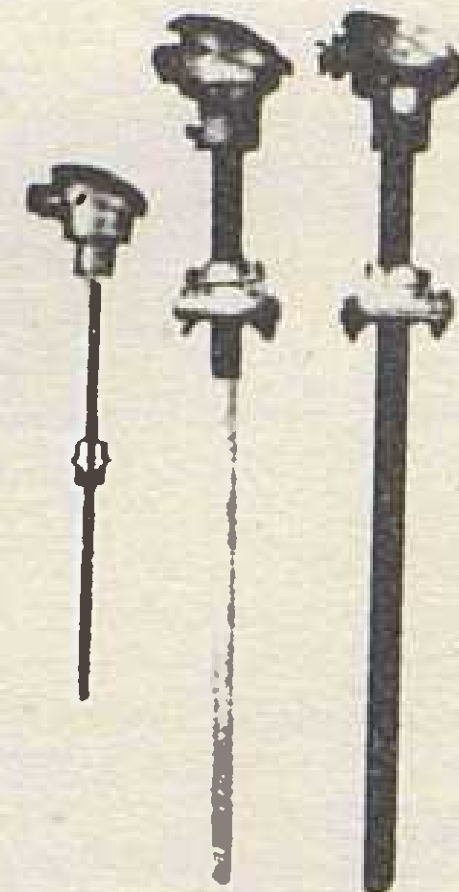
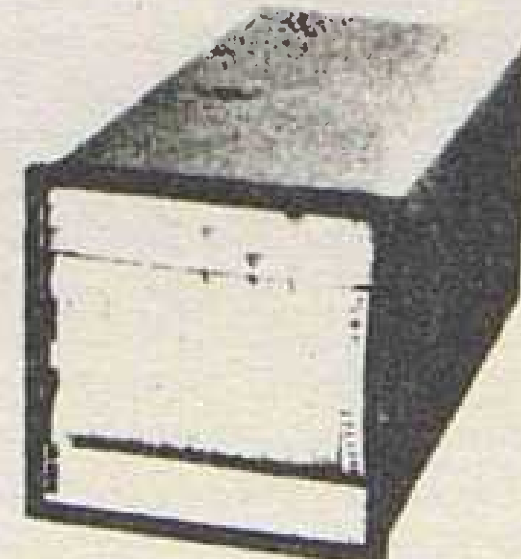
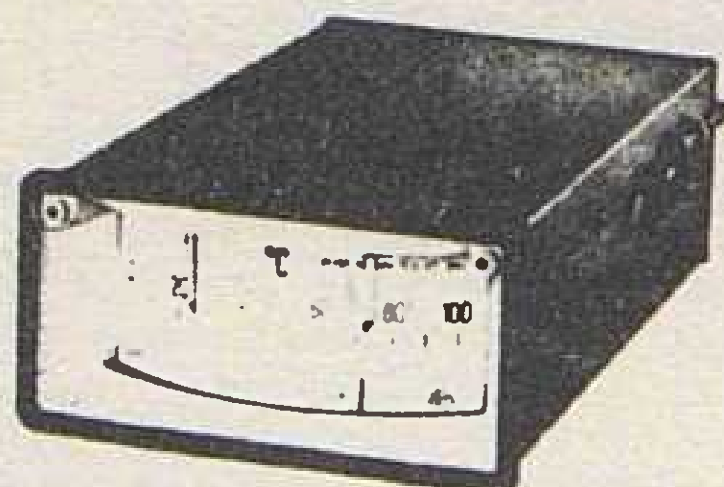
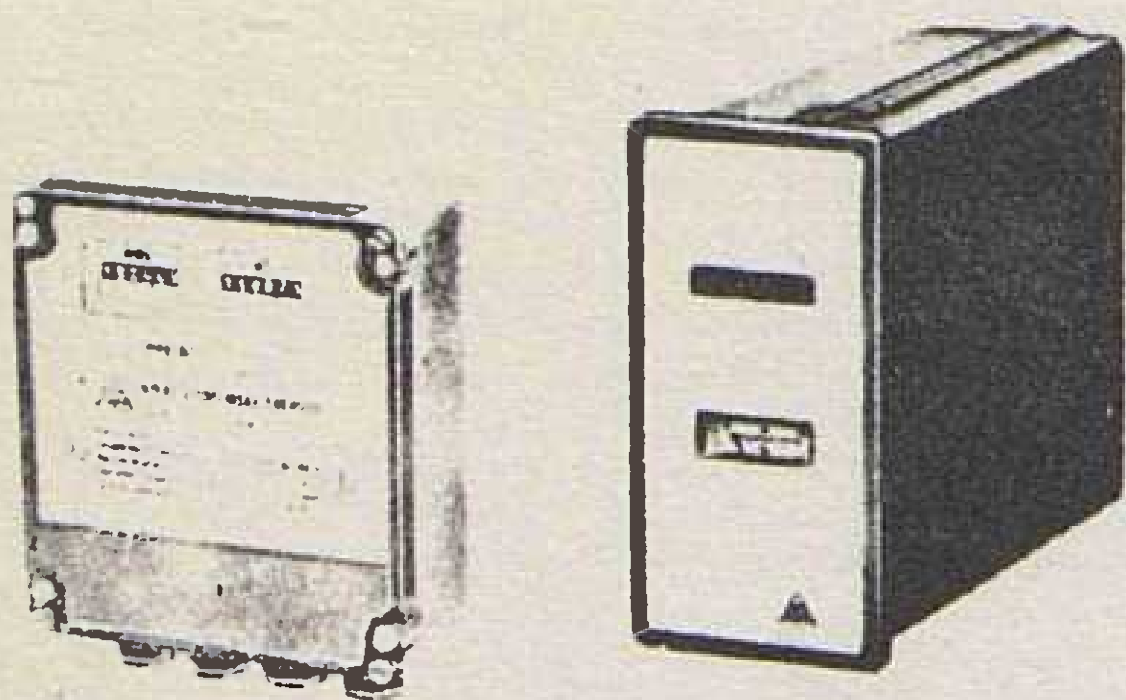
**PROIZVODNJA,
 ISPORUKA NA OSNOVI
 PROIZVODNE
 KOOPERACIJE,
 SERVIS**

Radna organizacija može ponuditi moderna tehnička rješenja za većinu kompliciranih problema, zahvaljujući i razvijenoj poslovnoj suradnji i kooperaciji s poznatim svjetskim proizvođačima mjerno-regulacione opreme. Razvijajući takve odnose i isporučujući svoje proizvode poznatim svjetskim tvrtkama, RO »ATM« privređuje znatna sredstva koja služe za kompletiranje vlastitog proizvodnog programa proizvodima kooperanata pri inženjering-poslovima.

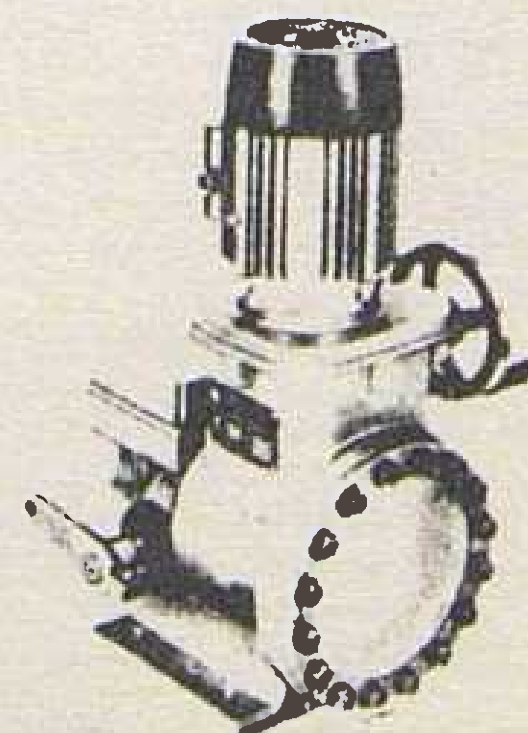
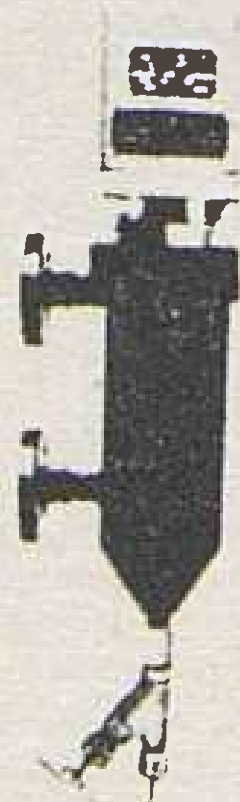
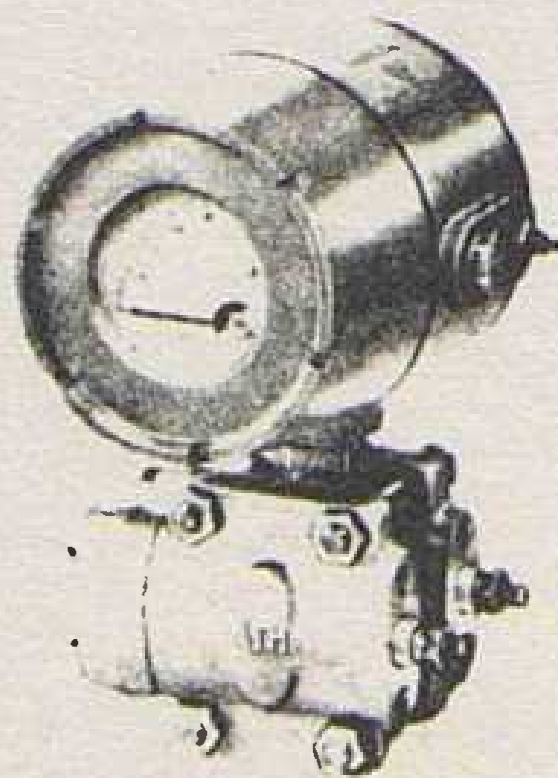
Radna organizacija »ATM« dobila je najveća priznanja za svoje besprijekorno obavljene montažne radove na najvećim objektima u zemlji i inozemstvu. Posebno je značajna činjenica da možemo obavljati sve vrste radova — od projektiranja, predispitivanja opreme, izrade montažne dokumentacije, fizičke instalacije, kontrole kvalitete, funkcionalnog ispitivanja, puštanja u pogon, do vođenja pokusnog pogona i održavanja uređaja u pogonu.

PREDSTAVLJAMO VAM NEKE OD NAŠIH PROIZVODA:

MJERILA TOPLINSKE ENERGIJE
 ELEKTRIČNI POKAZNI INSTRUMENTI
 DVOPOLOŽAJNI REGULATORI
 PISAČI



TERMOELEMENTI I OTPORNI TERMOMETRI
 OPREMA ZA MJERENJE U SILOSIMA
 NIVOREGULATORI
 PI I PID-REGULATORI
 ELEKTRIČNI SERVOMOTORI
 REGULACIONI VENTILI
 REDUKCIONO-RASHLADNE STANICE



MJERNI PRETVARAČI OTPORA I MILIVOLTA
 PRETVARAČI TLAKA I DIFERENCIJALNOG TLAKA
 MJERNE PRIGUŠNICE
 ARMATURE ZA MJERENJE PROTOKA
 INTEGRATORI ISTOSMJERNE STRUJE

INTERAKTIVNI PRORAČUN PODEŠENJA DISTANTNE ZAŠTITE U VISOKONAPONSKIM MREŽAMA

mr Božidar Filipović-Grčić — mr Ivan Čauš, Zagreb

UDK 621.316:925

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U članku je prezentiran kompjutorski program za proračun podešenja distantne zaštite u visokonaponskim mrežama. Dan je primjer proračuna s analizom rezultata.

Ključne riječi: interaktivni proračun, distantna zaštita, visokonaponska mreža.

1. UVOD

Podešavanje viših stupnjeva distantne zaštite — drugog, trećeg i pobude, kojima se osigurava rezervno šticeenje susjednih dionica, mora se provesti uzimajući u obzir:

- utjecaj međunapajanja
- koordinaciju s podešenjima releja u idućim susjednim stanicama
- utjecaj struja tereta
- utjecaj otpora luka.

U malo složenijim uzamčenim mrežama proračun podešenja — koji bi osim navedenog morao uzeti u obzir promjene uklopnih stanja — moguć je samo pomoću računala.

Funkcije računala u nadzoru i vođenju sistema su mnogobrojne, a najvažnije su: nadzor uklopnih stanja, prikupljanje podataka, izrada izvještaja, proračun stabilnosti, tokova snaga, proračun kratkog spoja itd. Upravo te dvije posljednje funkcije, dakle proračun tokova snaga i kratkog spoja za različite konfiguracije, daju veličine struje i napona u pojedinim elementima sistema i te veličine su ulazni podaci za proračun podešenja distantne zaštite.

Koristeći se poznatim algoritmima za proračun podešenja i spomenute ulazne podatke, dobivamo automatski proračun podešenja releja — odnosno provjeru je li u nekoj novouspostavljenoj konfiguraciji osigurano rezervno šticeenje — za različite položaje kvara uz pretpostavku otkaza pojedinih zaštita ili prekidača na vodovima.

Program za proračun podešenja obuhvaća različite kontrole, npr. selektivnosti, kojom se provjerava presijecanje pojedinih stupnjeva, kontrolu nepotrebne prorade, kojom se provjerava pobuda u odnosu prema tokovima snaga, itd.

Promjena konfiguracije obuhvaća ne samo isklapanje pojedinih vodova, transformatora i generatora,

već obuhvaća i razdvajanje sabirnica u postrojenjima.

2. OPIS PROGRAMA I DIJAGRAM TOKA

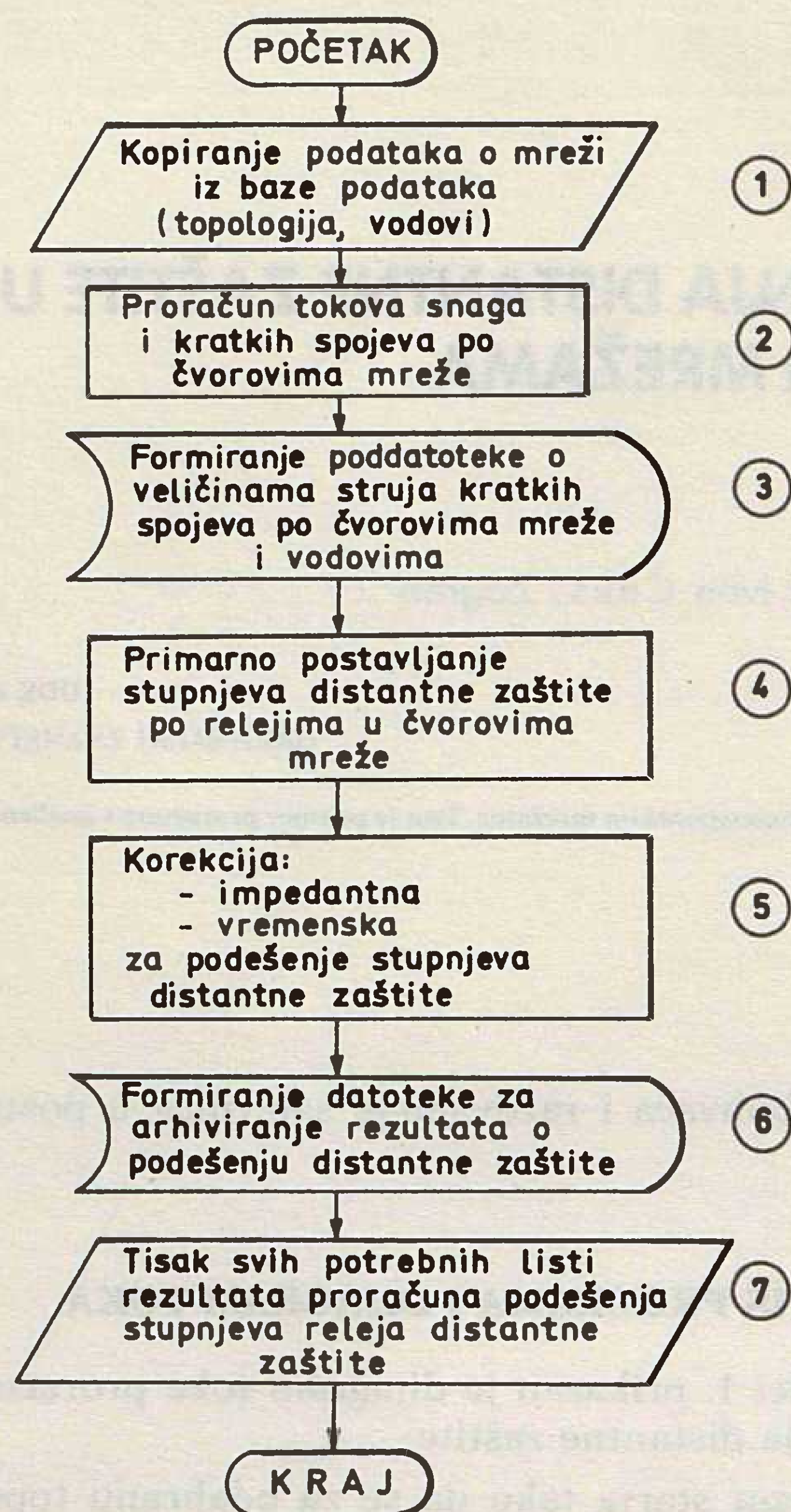
Na slici 1. prikazan je dijagram toka proračuna podešenja distantne zaštite.

Program starta tako da se za odabranu topologiju mreže iz baze podataka učitavaju svi podaci o vodovima, generatorima i transformatorima, nakon čega se provodi proračun tokova snaga pomoću programa LOAD FLOW i kratkog spoja pomoću programa ZSKS i ZSKS1. Rezultati proračuna kratkog spoja su struje po iznosu i smjeru u svim granama u zdravim i bolesnim fazama, naponi u svim čvorovima, kutovi napona u odnosu prema referentnom naponu te kutovi između napona i struja. Tim rezultatima formira se datoteka koja se dalje koristi u proračunu podešenja.

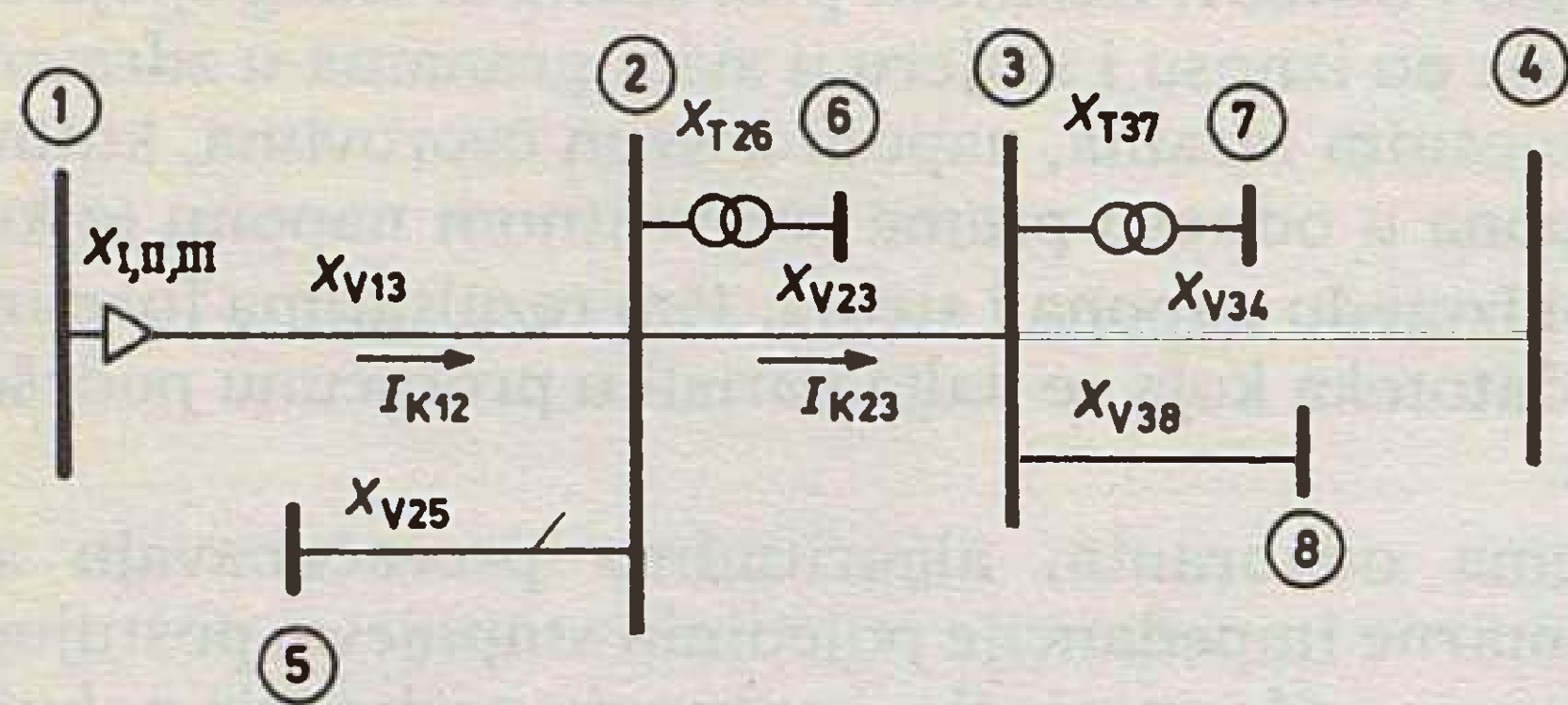
Prema odabranim algoritmima proračunavaju se primarne impedancije pojedinih stupnjeva, poštujući faktore međunapajanja, i računaju podešenja pobudnih članova. Nakon toga provjerava se selektivnost, tj. kontrolira se presijecanje karakteristike i po potrebi korigiraju podešenja. O proračunu i korekcijama proračuna nešto više ćemo reći kasnije.

Rezultati proračuna pohranjuju se u posebnoj datoteci. Ona sadrži podatke o lokaciji releja, podešenjima proradnih stupnjeva i pobudnih članova. Ti rezultati se dalje preračunavaju u ovisnosti o prenosnim omjerima mjernih transformatora na sekundarne vrijednosti.

Predviđeno je štampanje više vrsta izlaznih tablica kako međurezultata, npr. proračuna kratkog spoja, tako i pomoćnih izlaznih tablica primarnih i sekundarnih impedancija svih stupnjeva za sve releje. Također je, za neke tipove releja, predviđeno štampanje karakterističnih veličina koje se podešavaju na releju.



Slika 1. Dijagram toka



Slika 2. Uz proračun podešenja

3. PRORAČUN PODEŠENJA

Za proračun podešenja korišteni su standardni izrazi navedeni u [1]. Slika 2. poslužit će nam kao primjer za definiranje osnovnih jednadžbi proračuna.

Prvi stupanj se podešava prema izrazu:

$$X_I = 0,85 X_{v12} \quad (1)$$

Dakle, prvi stupanj ne smije prijeći prve susjedne sabirnice, a provjera se provodi proračunom kratkog spoja na tim sabirnicama.

Donja granica podešenja drugog stupnja definirana je zahtjevom da relej u točki 1. sigurno isklapa sve kvarove barem u drugom stupnju, dakle:

$$X_{II \min} = 1,2 X_{v12} \quad (2)$$

Gornja granica doseg drugog stupnja definirana je zahtjevima selektivnosti:

- Drugi stupanj releja u čvoru 1 ne smije prelaziti prvi stupanj bilo kojeg releja u čvoru 2 (tj. karakteristike se ne smiju sjeći).
- Drugi stupanj ne smije proradivati kod kratkih spojeva na niženaponskoj strani transformatora u čvoru 2, pri čemu moramo uzeti u obzir sve transformatore.

Maksimalan doseg drugog stupnja određen je izrazom:

$$X_{II \max} = 0,85 / X_{v12} + 0,85 K_{m1} \cdot X_{v23} / \quad (3)$$

uz uvjet da je

$$K_{mn} \cdot X_{23} < K_{m2} \cdot X_{v25} < K_{m3} \cdot X_{Tr} \quad (4)$$

Faktor međunapajanja definiran je omjerom struje na mjestu kvara i struje kroz relej; npr. za relej u čvoru 1 faktor međunapajanja je:

$$K_{m1} = \frac{I_{k23}}{I_{k12}} \quad (5)$$

Uvjet (4) je funkcija uklopnog stanja mreže i uvrštenja generatora, tj. nije jednoznačan, i u složenijim konfiguracijama nije ga moguće jednostavno odrediti zbog velikog broja kombinacija. Zbog toga je proračun podešavanja koncipiran tako da se — nakon proračuna kratkog spoja za promatranu konfiguraciju — zada tzv. početno podešenje drugog stupnja, a nakon toga obavi automatsko skraćivanje odnosno produživanje drugog stupnja i provjera presijecanja s karakteristikama svih vodova u susjednoj stanici. Pošto je utvrđen maksimalni dopušteni doseg drugog stupnja, provjerava se uvjet (2) i štampa upozorenje ako taj uvjet nije ispunjen. U tom slučaju selektivnost se postiže povećanjem vremenskog otezanja drugog stupnja. Drugi stupanj mora, dakle, »hvatati« kvarove na sabirnicama u čvoru 2, a ne smije proradivati kod kvarova na sabirnicama u čvoru 3. Provjera se obavlja proračunom kratkog spoja u tim čvorovima.

Na sličan način podešava se treći stupanj, uz napomenu da konfiguracija mreže utječe na podešenje još više. Donja granica $X_{III \min}$ određena je zahtjevom da relej u čvoru 1 bude rezervna zaštita za sve kvarove na svim vodovima koji izlaze iz čvora 2 i da djeluje selektivno. Uz oznake na slici 2. vrijedi:

$$X_{III \min} = 1,2 (X_{v12} + K_{m2} X_{v23}) \quad (6)$$

imajući na umu uvjete definirane u (4).

Gornja granica definirana je također uvjetima selektivnosti; treći stupanj releja u čvoru 1 ne smije prelaziti drugi stupanj bilo kojeg releja u čvoru 2. Na primjer, podešenje trećeg stupnja releja u čvoru 1 je:

$$X_{III \max} = 0,85 / X_{v12} + 0,85 (K_{m2} \cdot X_{v23} + 0,85 K_{m4} \cdot X_{v38}) / \quad (7)$$

uz uvjet da je

$$(K_{m2} \cdot X_{v23} + K_{m4} \cdot X_{v38}) < (K_{m2} \cdot X_{v12} + K_{m5} \cdot X_{v34}) \quad (8)$$

Uvjet (8), slično kao uvjet (4), nije jednoznačno određen, već je funkcija uklopnog stanja mreže, uz napomenu da je broj kombinacija velik čak i kod razmjerno jednostavnih konfiguracija mreže. Kod kompliciranih konfiguracija problem postaje složen i proračuni su mogući jedino primjenom računala.

Proračun se izvršava za zadanu konfiguraciju analogno kao za drugi stupanj, tj. kontrolira se presijecanje karakteristika inicijalnog podešenja trećeg stupnja u čvoru 2, vrši se automatsko skraćivanje trećeg stupnja, daje upozorenje ako nije ispunjen uvjet (6) i zadaje duže vremensko otezanje trećeg stupnja. Dakako, sve se to radi za zadanu konfiguraciju mreže.

Osim toga, provjera ispravnog rada trećeg stupnja obavlja se proračunom kratkih spojeva na svim drugim susjednim sabirnicama. Također se kontrolira mogućnost pogrešnih isklapanja pri maksimalnim opterećenjima koristeći program tokova snaga.

Minimalno podešenje pobudnih članova odabire se prema izrazu

$$Z_{pobmin} = 1,4 Z_{v12} \quad (9)$$

a maksimalna pobuda prema izrazu

$$Z_{pobmax} = 0,9 \frac{U_{pogmin}}{2\sqrt{3} (I_{tmax} + I_i)} \quad (10)$$

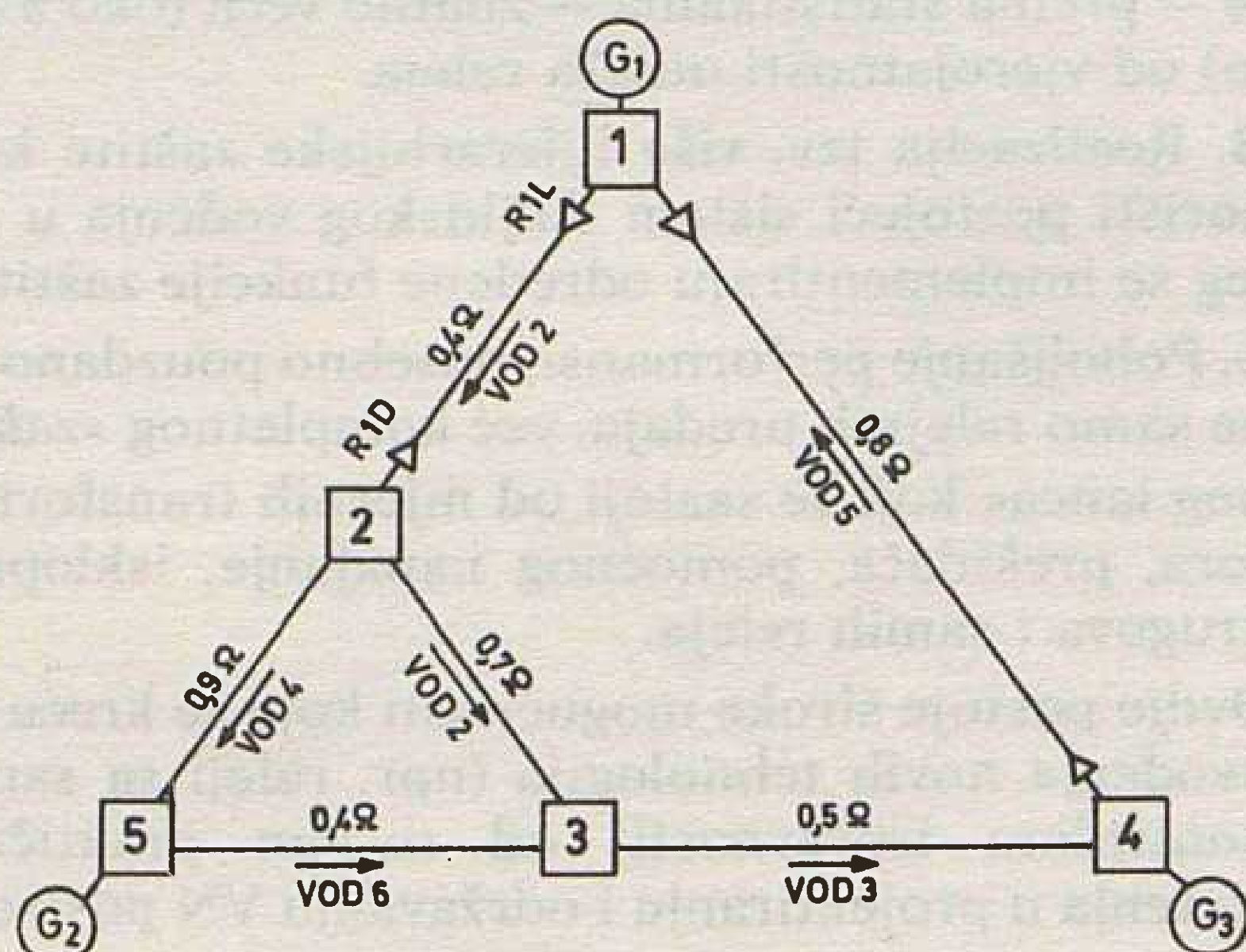
Vrijednosti U_{pogmin} i I_{tmax} računaju se programom LOAD FLOW a I_i (struja izjednačenja kod JKS) programom ZSKS1. Podešenje pobudnih članova kontrolira se, dakle, preko tokova snaga.

Osim navedenih kontrola, u programu su ugrađene i druge npr. kontrola smjera i dosega. Kontrolom smjera se na osnovi proračuna smjerova struja kratkog spoja u pojedinim granama kontrolira dobiva li relej ispravan kriterij za smjer.

4. PRIMJER PRORAČUNA

Program za proračun podešenja distantne zaštite DIZ omogućuje proračun podešenja u mrežama s većim brojem čvorova i grana. Njegovo korištenje pokazat ćemo na modelu jednostavne mreže na sl. 3.

Cijeli proračun odvija se, dakako, prema dijagramu toka prikazanom na slici 1.



Slika 3. Test – mreža

Prvi proračun napravljen je uz pretpostavku da su uključeni svi vodovi i generatori, a rezultati su prikazani na LISTU 1 (str. 190). Komentirat ćemo ukratko rezultate tog proračuna.

Ako je kratki spoj nastupio u čvoru 4 i ako je u čvoru 1 došlo pri tome do otkaza zaštite ili prekidača, rezervno šticeenje moralo bi se ostvariti sa zaštitom R1D u čvoru 2 na vodu 2. Iz LISTA 1 vidi se da ta zaštita nema kriterij smjera (simbol D), što znači da je struja na vodu 2 usmjerena od čvora 1 prema čvoru 2. Drugim riječima, zaštita neće isklapati u trećem stupnju, već će eventualno isklapanje uslijediti tek od pobudnih članova. Promjena smjera struje na vodu 2 nastupa tek ako je kvar na vodu 5 unutar 60% dužine voda gledano od čvora 1.

Na sličan način obavljaju se proračuni u ostalim točkama mreže za istu ili promijenjenu konfiguraciju.

Dakako da se umjesto generatora mogu isklapati pojedini vodovi i kompletne sabirnice, a moguće je na zahtjev dobiti i različite vrste izlaznih tablica.

Osim ovih ispisa, moguće je na zahtjev štampati različite međurezultate proračuna koji mogu biti interesantni za analizu rada relejne zaštite. Moguće je, na primjer, za pojedine tipove releja štampati tablice s veličinama koje su podešene na releju i tako imati točnu evidenciju svih podešenja distantne zaštite u mreži.

Iz rezultata dobivenih za test mrežu na slici 3. vidi se sljedeće:

- Test-mreža odabrana je s razmjerno malim razlikama u dužinama vodova (max 1:2) i simetričnim rasporedom jednakih generatora. Prilike u stvarnim mrežama nisu ni izdaleka tako povoljne.
- Unatoč tome pojavljuje se problem dosega viših stupnjeva, što upućuje da je u realnim mrežama situacija kritična.
- Posebno je važno da su se u svim ispitivanjima na test-mreži pojavili slučajevi da kriterij smjera nije kod kvarova na susjednoj dionici, odnosno na drugim susjednim sabirnicama za neke releje ispunjen (simbol D na LISTOVIMA). To znači da je rezervno šticeenje osigurano (eventualno) samo s pobudnim članovima ili da dolazi do kaskadnog isključivanja nakon kojega se mijenja smjer struje u pojedinim granama. I jedan i drugi slučaj rezultiraju dugim vremenima isklopa i ispadom većeg broja vodova.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na kraju, potreban je kratak komentar ne samo svrhe programa i rezultata proračuna, već i određenih implikacija koje proizlaze iz ovih razmatranja, a koje prethodno nisu spominjane.

1. Proračun podešenja distatne zaštite u složenim VN mrežama nije moguć bez upotrebe računala. U tome i jest smisao i praktična vrijednost ovog programa, posebno danas kada većina elektroprijenosnih organizacija ima na raspolaganju potrebna ra-

T E S T (3 GENERATORA)

PRIMARNE REAKCIJE BEZ KOREKCIJE OBZIROM NA SELEKTIVNOST

BROJ VODA	V O D		LUKACIJA RELEJA	NAZIV RELEJA	STUPNJEVI PODEŠENJA			POBUDA	
	UD CVUKA	DU CVUKA			I	II	III	MIN	MAX
1	CVUK 1	CVUK 2	CVUK 1	R1L	0.340	1.181	2.537	1.210	6.376
2	CVUK 2	CVUK 3	CVUK 2	R2L	0.595	1.892	1.892	1.210	8.040
3	CVUK 3	CVUK 4	CVUK 3	R3L	0.425	12.573	12.573	1.430	3.072
4	CVUK 2	CVUK 5	CVUK 2	R4L	0.765	7.310	7.310	1.430	4.175
5	CVUK 4	CVUK 1	CVUK 4	R5L	0.680	3.369	3.369	1.320	4.236
6	CVUK 5	CVUK 3	CVUK 5	R6L	0.340	1.868	2.392	0.990	3.356
1	CVUK 2	CVUK 1	CVUK 2	R1D	0.340	0.340	0.340	1.320	5.052
2	CVUK 3	CVUK 2	CVUK 3	R2D	0.595	1.275	1.275	1.210	8.113
3	CVUK 4	CVUK 3	CVUK 4	R3D	0.425	1.182	1.676	0.990	3.258
4	CVUK 5	CVUK 2	CVUK 5	R4D	0.765	2.033	3.783	1.430	4.052
5	CVUK 1	CVUK 4	CVUK 1	R5D	0.680	2.226	3.579	1.430	4.079
6	CVUK 3	CVUK 5	CVUK 3	R6D	0.340	0.340	0.340	1.430	2.970

PRIMARNE REAKCIJE S KOREKCIJOM OBZIROM NA SELEKTIVNOST

BROJ VODA	V O D		TER. SIR. (KA)	REAKCIJA VODA (UHM)	LUKACIJA RELEJA	NAZIV RELEJA	STUPNJEVI PODEŠENJA			POBUDA		PRIMJEDBA ZK-MAX			
	UD CVUKA	DU CVUKA					(S) I	(S) II	(S) III	MIN	MAX				
1	CVUK 1	CVUK 2	0.400	0.400	CVUK 1	R1L	0.1	0.340	0.6	1.089	1.6	1.789	1.210	6.376	6.589
1	CVUK 2	CVUK 1	0.400	0.400	CVUK 2	R1D	0.1	0.340	0.6	0.918	1.6	1.716	1.320	5.052	5.484
2	CVUK 2	CVUK 3	0.300	0.700	CVUK 2	R2L	0.1	0.595	0.6	1.082	1.1	1.231	1.210	8.040	4.586
2	CVUK 3	CVUK 2	0.300	0.700	CVUK 3	R2D	0.1	0.595	0.6	1.006	1.6	2.044	1.210	8.113	3.484
3	CVUK 3	CVUK 4	0.700	0.500	CVUK 3	R3L	0.1	0.425	0.6	1.112	1.6	1.740	1.430	3.072	23.969
3	CVUK 4	CVUK 3	0.700	0.500	CVUK 4	R3D	0.1	0.425	0.6	0.806	1.1	0.907	0.990	3.258	3.484
4	CVUK 2	CVUK 5	0.600	0.900	CVUK 2	R4L	0.1	0.765	0.6	1.206	1.6	1.730	1.430	4.175	23.969
4	CVUK 5	CVUK 2	0.600	0.900	CVUK 5	R4D	0.1	0.765	0.6	1.206	1.6	2.008	1.430	4.052	10.896
5	CVUK 4	CVUK 1	0.600	0.800	CVUK 4	R5L	0.1	0.680	0.6	1.106	1.1	1.351	1.320	4.236	20.033
5	CVUK 1	CVUK 4	0.600	0.800	CVUK 1	R5D	0.1	0.680	0.6	1.183	1.6	1.778	1.430	4.079	6.825
6	CVUK 3	CVUK 5	0.700	0.400	CVUK 3	R6L	0.1	0.340	0.6	0.783	1.6	1.828	0.990	3.356	4.371
6	CVUK 5	CVUK 3	0.700	0.400	CVUK 5	R6D	0.1	0.340	0.6	0.990	1.6	1.973	1.430	2.970	3.484

SEKUNDARNE KURIGIRANE REAKCIJE

BROJ VODA	V O D		TER. SIR. (KA)	REAKCIJA VODA (UHM)	LUKACIJA RELEJA	NAZIV RELEJA	OMJER PI/PU	STUPNJEVI PODEŠENJA			POBUDA		PRIMJEDBA ZK-MAX
	UD CVUKA	DU CVUKA						I	II	III	MIN	MAX	
1	CVUK 1	CVUK 2	0.400	0.400	CVUK 1	R1L	400/1100	0.124	0.396	0.650	0.440	2.319	2.396
1	CVUK 2	CVUK 1	0.400	0.400	CVUK 2	R1D	400/1100	0.124	0.334	0.624	0.480	1.837	1.267
2	CVUK 2	CVUK 3	0.300	0.700	CVUK 2	R2L	400/1100	0.216	0.394	0.448	0.440	2.924	1.668
2	CVUK 3	CVUK 2	0.300	0.700	CVUK 3	R2D	400/1100	0.216	0.366	0.743	0.440	2.950	1.267
3	CVUK 3	CVUK 4	0.700	0.500	CVUK 3	R3L	400/1100	0.155	0.404	0.633	0.520	1.717	8.710
3	CVUK 4	CVUK 3	0.700	0.500	CVUK 4	R3D	400/1100	0.155	0.293	0.330	0.360	1.185	1.267
4	CVUK 2	CVUK 5	0.600	0.900	CVUK 2	R4L	400/1100	0.278	0.439	0.629	0.520	1.518	8.716
4	CVUK 5	CVUK 2	0.600	0.900	CVUK 5	R4D	400/1100	0.278	0.439	0.730	0.520	1.474	3.962
5	CVUK 4	CVUK 1	0.600	0.800	CVUK 4	R5L	400/1100	0.247	0.402	0.491	0.480	1.540	7.285
5	CVUK 1	CVUK 4	0.600	0.800	CVUK 1	R5D	400/1100	0.247	0.430	0.647	0.520	1.483	3.209
6	CVUK 3	CVUK 5	0.700	0.400	CVUK 3	R6L	400/1100	0.124	0.285	0.665	0.360	1.220	1.589
6	CVUK 5	CVUK 3	0.700	0.400	CVUK 5	R6D	400/1100	0.124	0.360	0.717	0.520	1.080	1.267

LIST 1

čunala i kadrove. Program, dakle, omogućuje točan proračun podešenja za zadanu konfiguraciju, što je, dakako, nužan uvjet ispravnog rada releja.

2. Za VN mreže koje imaju djelomično ili potpuno izgrađen sistem daljinskog vođenja programa omogućuje da se kod novouspostavljenih uklopnih stanja — poznavajući postojeća podešenja — izvrši:

— Kontrola je li osigurano rezervno šticeenje te eventualno intervenira promjenom konfiguracije i makar privremeno uspostavi takvo uklopno stanje koje je optimalno za rad zaštite.

— Analiza kvara kod većih poremećaja, budući da se znade točno ponašanje releja za poznato mjesto kvara. U kombinaciji s prikupljenim signalima o radu zaštite dobivamo mogućnosti restauracije sistema.

3. Problem rezervnog šticeenja odnosno korektnog rada distantne zaštite u višim stupnjevima postoji — kako je to pokazano na primjeru proračuna — i u razmjerno jednostavnim i simetričnim konfiguracijama. U stvarnim VN mrežama situacija je znatno teža zbog višestruke učvorenosti, bitno različitih du-

žina vodova, razmještaja izvora i sl. Postoji nekoliko načina rješavanja tog problema koje ćemo samo ukratko spomenuti.

A. Udvajanje zaštite kojim se rješava problem otkaza releja i tako sprečava prorada ostalih releja u rezervnim stupnjevima. No, time se istovremeno povećava vjerojatnost pogrešnih isklopa, koja je — prema statistikama — znatno veća (oko 5 puta) od vjerojatnosti otkaza releja.

B. Realizacija tzv. više hijerarhijske zaštite koja koristi postojeći sistem daljinskog vođenja u kojeg se implementiraju određene funkcije zaštite.

C. Poboľšanje performansi, posebno pouzdanosti, ne samo relejnih uređaja, već kompletnog »zaštitnog lanca« koji se sastoji od mjernih transformatora, prekidača, pomoćnog napajanja, isklopnih krugova i samih releja.

Ovdje postoje široke mogućnosti koje se kreću od uvođenja novih tehnologija (npr. releji sa samokontrolom ispravnosti) od sasvim praktičnih rješenja u projektiranju i održavanju VN postrojenja.

D. Zahvati u mreži. Pod tim razumijevamo djelomični ili potpuno radijalni pogon VN mreže, odnosno brzo sekcioniranje mreže nakon nastanka kvara.

4. Ovdje, dakako, nije moguće analizirati sve navedene mogućnosti. Ograničit ćemo se samo kratko na 3. D koje naizgled predstavlja najjednostavnije rješenje a koje je, osim toga, analizirano pomoću programa DIZ.

Stvarne mogućnosti naših mreža su takve da je izbor mogućih uklopnih stanja zapravo malen. Naime, možda je moguće odabrati konfiguraciju koja je optimalna za rad relejne zaštite, ali je vrlo problematično je li ta konfiguracija istodobno optimalna s obzirom na:

- sigurnost pogona
- tokove snaga, odnosno gubitke u sistemu.

Ako ti uvjeti nisu ispunjeni, teško je braniti bilo kakvu konfiguraciju isključivo zahtjevima zaštite.

Što se tiče brzog sekcioniranja, ono je također problematično jer su analize pokazale da razdvajanjem sabirnica i uspostavljanjem nove konfiguracije pojedini releji u mreži mogu izgubiti svojstvo rezervnog šticećenja koje su inače imali u prethodnoj konfiguraciji.

LITERATURA

- [1] »Tehničko uputstvo za podešavanje zaštite dalekovoda visokog napona TU-ZA-03,« »Elektroistok«, Beograd, 1982.
- [2] K. SUZUKI i dr.: »Interactive computation system of distance relay setting for a large scale EHV power system,« IEEE PAS-99.

- [3] B. GASTINEAU i dr.: »Using the computer to set transmission line phase distance and ground back-up relays,« IEEE PAS-96.
- [4] B. FILIPOVIĆ, I. ČAUŠ: »Interaktivni proračun podešenja distantne zaštite,« IV Simpozij o relejnoj zaštiti, Ljubljana, 1984.

INTERACTIVE CALCULATION OF DISTANT PROTECTION SETTING IN HIGH VOLTAGE NETS

In the article is presented a computer program for calculation of distant protection setting in high voltage nets. Example of calculation with result analysis is given.

INTERAKTIVE BERECHNUNG DER EINSTELLUNG DES DISTANTEN SCHUTZES IN DEN HOCHSPANNUNGSNETZEN

Im Artikel wird ein Computerprogramm für die Berechnung der Einstellung des distanten Schutzes in den Hochspannungsnetzen präsentiert. Angeführt wird ein Beispiel der Berechnung mit der Analyse der Resultate.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ РАСЧЕТ НАЛАДКИ ДИСТАНТНОЙ ЗАЩИТЫ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ

В статье представлена программа для расчета на ЭВМ наладки дистантной защиты высоковольтных сетей. Приводится пример расчета с анализом результатов.

Naslov pisaca:

mr Filipović-Grčić Božidar, dipl. inž.

mr Čauš Ivan, dipl. inž.

Institut za elektroprivredu 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1984 — 10 — 17

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OUR **Elektroprenos**

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:
prijenos električne energije, izrađuje studije,
razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje
elektroprijenosnih postrojenja i telekomunikacio-
nih uređaja, te svojim vozilom marke

Kaelble

i prikolicom

Scheuerle

prevozi teški teret do 120 tona.

OUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB
Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

PLANIRANJE INTEGRALNOG SISTEMA GRIJANJA I VENTILACIJE U SOUR-U BRODOGRAĐEVNA INDUSTRIJA SPLIT

Zdravko Mužek — Hrvoje Štingl — mr Zlatko Komerički — Marijan Sarajlija — Vladimir Jelavić, Zagreb

UDK 696.4

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Opisana je metoda planiranja integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u industrijskom kompleksu. Planiranje se tretira kao proces sa strateškim odlukama, a kao cilj postavlja se sinteza takvog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode koji će u periodu promatranja iziskivati najniže izdatke i uvažavati ekološka ograničenja. Razvijena metoda primijenjena je za planiranje integralnog sistema grijanja i ventilacije u SOUR-u Brodograđevna industrija Split.

Ključne riječi: energetska opskrba, optimiranje.

1. UVOD

Poremećaji u energetici iz sedamdesetih godina produbili su svijest o nužnosti dugoročnijeg planiranja u toj domeni. Posljedica je čitav niz istraživanja energetskih sistema svih hijerarhijskih nivoa: od velikih energetskih sistema čitavih zemalja do energetskih sistema stambenih naselja i industrijskih kompleksa. Jedna od malobrojnih industrijskih organizacija u nas koja je potakla planiranje svog energetskog razvoja jest i SOUR Brodograđevna industrija Split (u daljem tekstu Brodosplit).

Brodosplit je velik industrijski sistem sa specifičnim tehnološkim procesima. Energetske potrebe tehnoloških procesa svode se na korištenje električne energije (zavarivanje, strojna obrada), plinova za zavarivanje i rezanje metala te zanemarivih količina visokotemperaturne topline (ljevaonica, kovačnica). Taj je segment energetske opskrbe adekvatno riješen.

Radi osiguranja suvremenih radnih uvjeta u Brodosplitu odlučeno je da se pristupi izradi »Idejnog rješenja integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode« [L 1], koji bi trebalo da bude i plan razvoja toplinskog sistema Brodosplita u razdoblju 1986–2000. god. (ovo razdoblje jest i period promatranja sistema).

Kao pri svakom planiranju, i pri planiranju integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u Brodosplitu treba da su prisutne određene odrednice u planiranju [L 2]:

- a) određivanje cilja planiranja,
- b) ispitivanje i utvrđivanje putova kojima je cilj moguće postići,

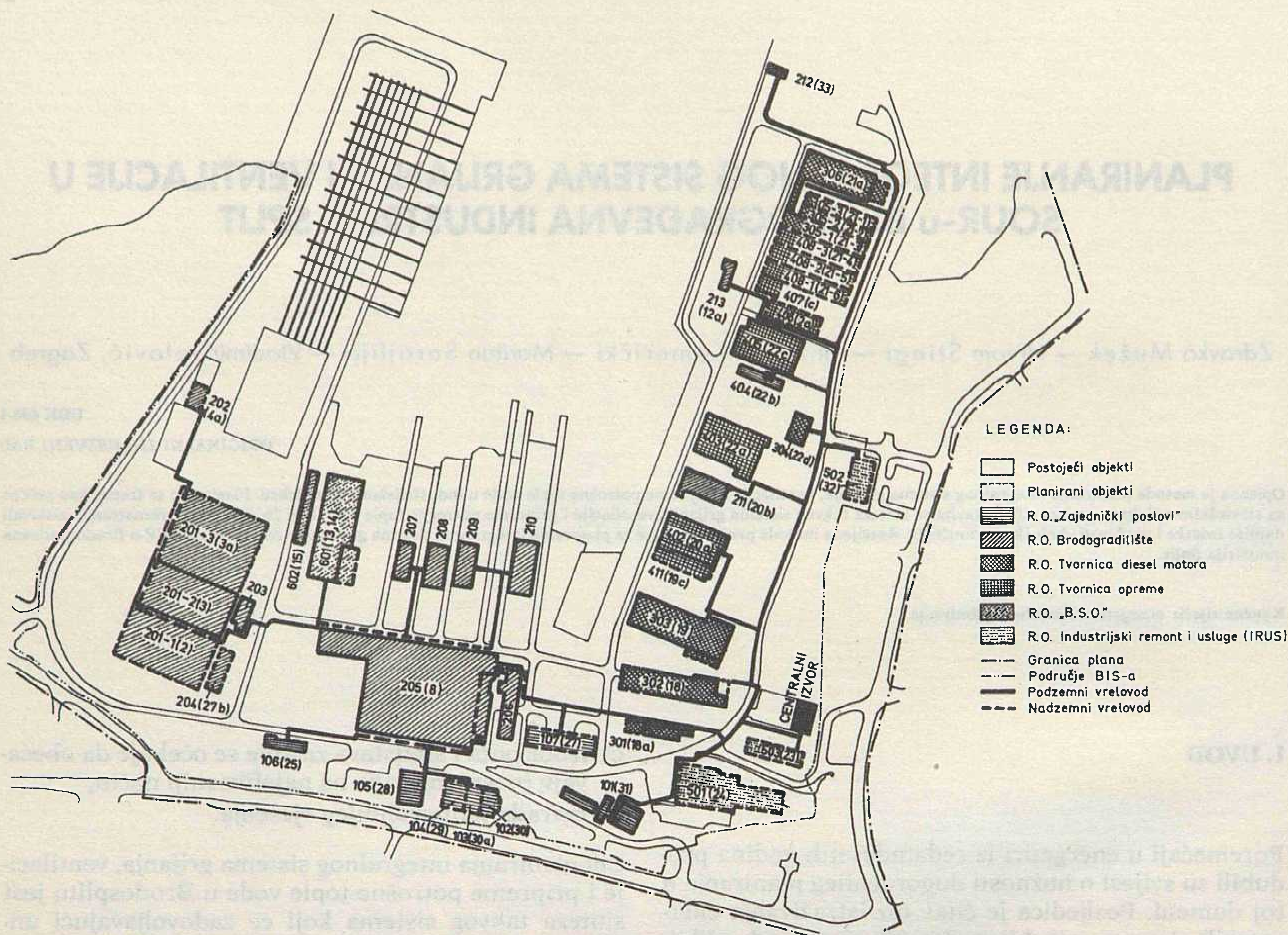
- c) izbor puta i sredstava za koje se očekuje da obećavaju ostvarenje cilja na najefikasniji način,
- d) razrada najpovoljnijeg rješenja.

Cilj planiranja integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u Brodosplitu jest sinteza takvog sistema koji će zadovoljavajući unaprijed zadane tehničke uvjete u pogledu radnih uvjeta u prostorijama iziskivati minimalne ukupne aktualizirane izdatke za Brodosplit u periodu promatranja i zadovoljiti ekološka ograničenja. Kao metoda osnovna za račun funkcijske efikasnosti sistema koristit će se metoda sadašnje neto-vrijednosti (izgradnja sistema financira se u cijelosti vlastitim sredstvima Brodosplita).

Ostale odrednice u planiranju (ad b, c i d) dat će se kasnije, pri razradi.

Postojeće stanje ventilacije i opskrbe ogrjevnom toplinom u Brodosplitu ne zadovoljava. U znatnom broju prostorija nisu ni ugrađene instalacije za grijanje, a manji broj grije se električnom energijom, toplom vodom iz kotlovnica vezanih uz te prostore ili termogenima na ekstralako loživo ulje.

Izradom PUP-a Brodosplita [L 3] utvrđena je i lokacija centralnog postrojenja za transformaciju energije (slika 1). Iako ta lokacija ima i nekih mana, nema osnove da se mijenja jer je ostali prostor u Brodosplitu rezerviran za druge sadržaje. Imajući to pred očima, integralni sistem treba da se osniva na centralnom postrojenju za transformaciju smještenom na PUP-om predviđenoj lokaciji. S tim u vezi treba istaći da se veći broj postrojenja za transformaciju u Brodosplit dopremljene energije (nema mogućnosti opskrbe prirodnim plinom), koja bi bila smještena pri objektima, neće razmatrati zbog prostornih ograničenja, problema s manipulacijom goriva, ekoloških teškoća itd.



Slika 1.

2. KRATAK OPIS VARIJANATA GRIJANJA, VENTILACIJE I PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE

U sklopu kompleksa Brodosplita djeluje veći broj radnih organizacija i radnih zajednica. Predmet razmatranja ovog rada jest integralni sistem grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode, pa je potrebno obuhvatiti one građevinske objekte pri kojima je potrebno grijanje, ventilacija ili priprema potrošne tople vode. Dispozicija tih objekata u kompleksu Brodosplita dana je na slici 1. Objekti su specificirani troznamenkastim brojevima u kojima prva znamenka označava pripadnost radnom sistemu unutar organizacijske sheme, a druge dvije redni broj. Postojeće stanje izgrađenosti objekata vidljivo je sa slike 1, a termin ulaska ostalih objekata u funkciju dan je tablici 1.

Dnevno vrijeme rada u Brodosplitu je u jednoj ili jednoj i pol smjeni, tjedno 5 ili 6 dana (prisutne su razlike ovisno o namjeni objekata). Opravdano je stoga obustavljati grijanje objekata u periodima dana i tjedna kad se ne koriste (s tim u vezi određeno je i nekoliko varijanti godišnjih dijagrama trajanja vanjskih temperatura, obuhvaćajući samo pojedine periode dana).

Budući da se u promatranim periodima dana temperatura niža od 0°C javlja prosječno samo 5 sati u godini (oko 0,45 % ukupnog broja sati ogrjevnog razdoblja), odstupljeno je pri određivanju ogrjevnih potreba od JUS-om propisane vrijednosti za projektnu temperaturu te je vanjska temperatura 0°C usvojena kao projektna.

Osjetna temperatura u proizvodnim halama te zgradama (ovim terminom obuhvaćene su kancelarije, svlačionice, blagovaonice i sl.) određena je u skladu s minimalnim zahtjevima prema JUS-u.

2.1. Osnovni principi grijanja i ventilacije hala

Pri optimalizaciji integralnog sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu analizirana su dva osnovna sistema grijanja hala:

- grijanje toplim uzduhom
- grijanje zračenjem.

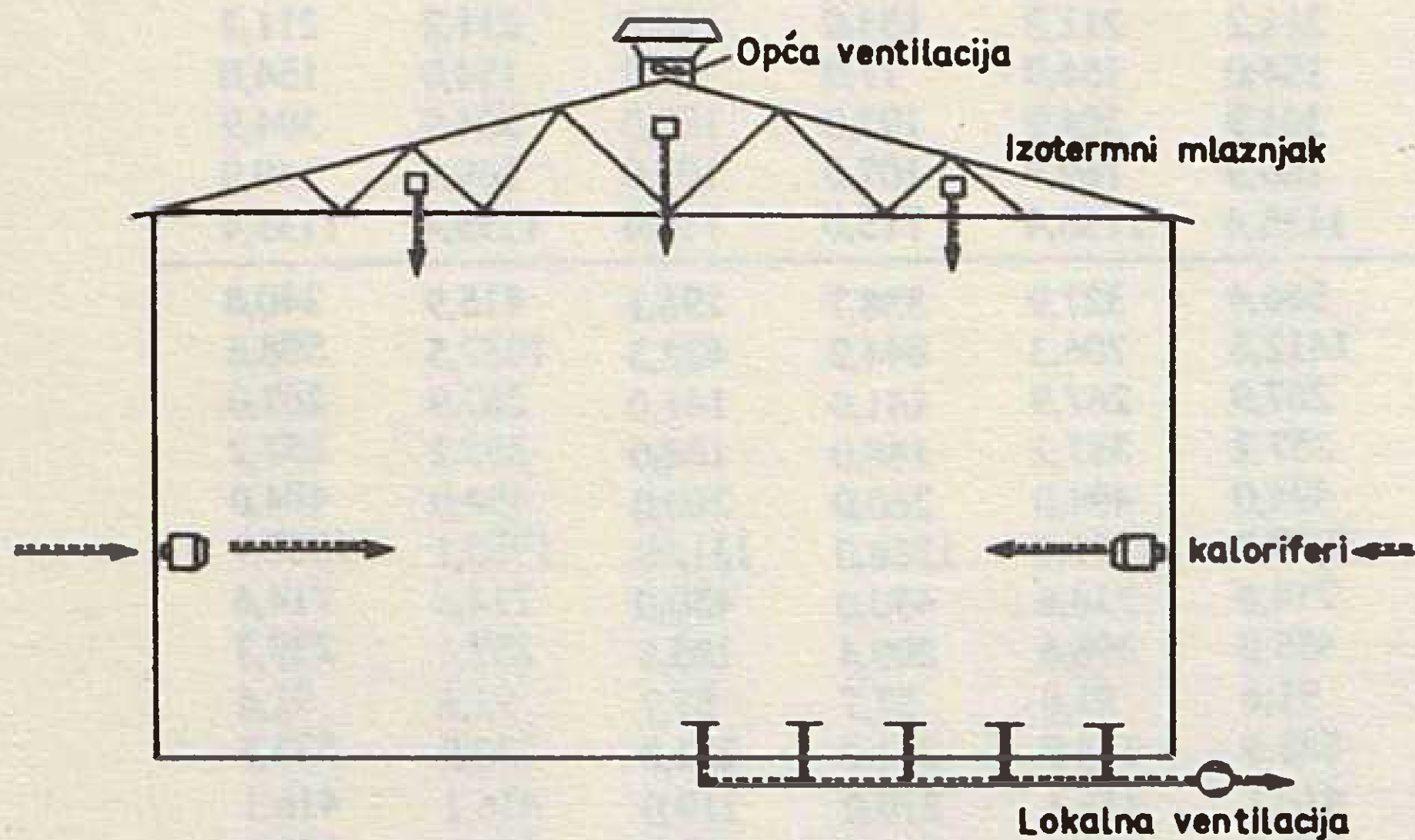
Grijanje toplim uzduhom moguće je izvesti centralnim jedinicama s razvodom uzduha putem razvodnih kanala ili lokalnim jedinicama — kaloriferima. Zbog nižih investicijskih ulaganja povoljnije je grijanje kaloriferima te se sistem s razvodom uzduha kanalima nije razmatrao.

Tablica 1.

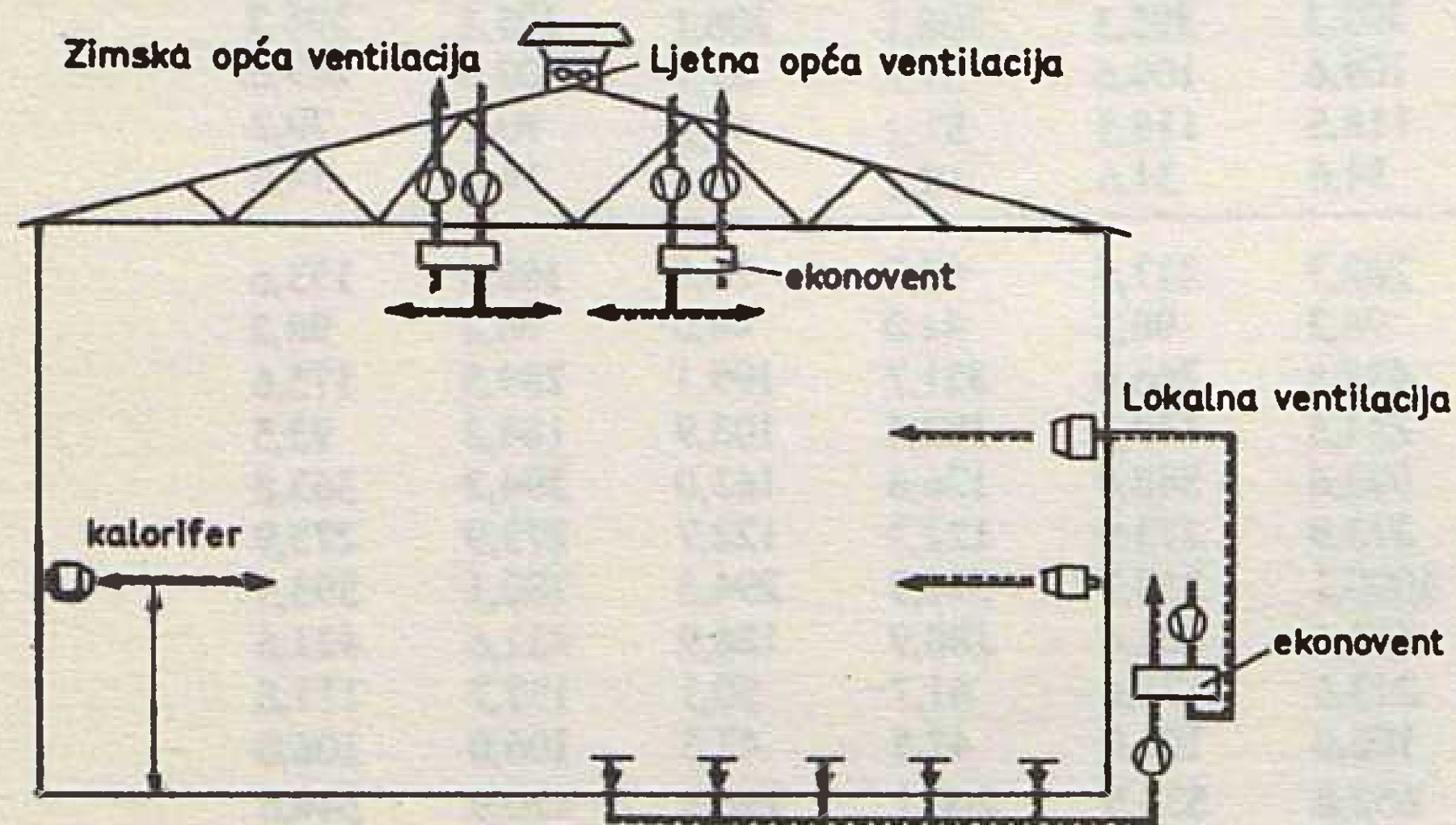
Osjetna temperatura prostorija, dnevni period grijanja, termin ulaska u pogon te maksimalno i minimalno toplinsko opterećenje i potrebna toplina objekata

Oznaka objekta	Osjetna temp.	Period grijanja	Termin ulaska u pogon	y=1, 2, 3				y=4, 5			
				Topl. opterećenje		Potrebna toplina		Topl. opterećenje		Potrebna toplina	
				maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.
				° C	h	godina	kW	kW	GJ	GJ	kW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A 101	20	7-17	1987.	1100,0	1100,0	1746,8	1746,8	1100,0	1100,0	1745,8	1746,8
A 102	20	7-15	1988.	410,0	410,0	651,1	651,1	410,0	410,0	651,1	651,1
A 103	20	7-15	1988.	133,0	133,0	211,2	211,2	133,0	133,0	211,2	211,2
A 104	22	7-15	1988.	97,0	97,0	154,0	154,0	77,0	77,0	154,0	154,0
A 105	20	7-15	1987.	192,0	192,0	304,9	304,9	192,0	192,0	304,9	304,9
A 106	20	7-15	1987.	107,0	107,0	169,9	169,9	107,0	107,0	169,9	169,9
A 107	20	7-15	1990.	715,0	715,0	1135,4	1135,4	715,0	715,0	1135,4	1135,4
H 201/1	14	7-17	1995.	461,2	267,0	566,4	327,9	338,7	196,1	415,9	240,8
H 201/2	14	7-17	1987.	1150,5	275,2	1412,8	706,3	844,9	422,3	1037,5	598,6
A 202	20	7-17	2000.	141,0	141,0	267,9	267,9	141,0	141,0	267,9	267,0
A 203	20	7-17	1987.	188,0	188,0	357,2	357,2	188,0	188,0	357,2	357,2
A 204	20	7-17	1995.	260,0	260,0	494,0	494,0	260,0	260,0	494,0	494,0
H 205	14	7-17	1987.	2506,1	1784,9	3077,5	2191,9	1588,0	131,09	1950,1	1388,9
A 205	20	7-17	1987.	450,0	450,0	714,6	714,6	450,0	450,0	714,6	714,6
H 206	14	7-17	1987.	370,5	334,6	455,0	398,6	209,4	183,5	257,1	225,3
A 206	20	7-17	1987.	57,7	57,7	91,6	91,6	57,7	57,7	91,6	91,6
A 207	20	7-17	1987.	281,0	281,0	533,9	533,9	281,0	281,0	533,9	533,9
A 208	20	7-17	1987.	219,0	219,0	416,1	416,1	219,0	219,0	416,1	416,1
A 209	20	7-17	1987.	181,0	181,0	343,9	343,9	181,0	181,0	343,9	343,9
A 210	20	7-17	1987.	131,0	131,0	248,9	248,9	131,0	131,0	248,9	248,9
H 211	16	7-17	1987.	100,0	54,5	122,8	66,9	73,2	39,3	84,9	48,3
A 211	20	7-17	1987.	208,1	208,1	395,3	395,3	208,1	208,1	395,3	395,3
A 212	20	7-17	1987.	57,7	57,7	109,6	109,6	57,7	57,7	109,6	109,6
H 213	16	7-17	1987.	96,5	96,5	118,5	118,5	57,2	57,2	70,2	70,2
A 213	20	7-17	1987.	18,2	18,2	34,6	34,6	18,2	18,2	34,6	34,6
H 301	18	7-19	1987.	130,3	107,9	262,7	217,5	92,0	76,2	185,5	153,6
A 301	20	7-19	1987.	44,0	44,0	98,2	98,2	44,0	44,0	98,2	98,2
H 302/1	14	7-19	1987.	487,2	295,5	438,5	266,0	321,7	195,1	289,5	175,6
H 302/2	14	7-19	1989.	271,6	154,7	244,5	139,2	182,4	103,9	164,2	93,5
H 302/3	14	7-19	1989.	265,9	245,5	593,6	548,0	176,6	163,0	394,2	363,8
A 302	20	7-19	1987.	122,7	122,7	273,9	273,9	122,7	122,7	273,9	273,9
H 303	18	7-19	1987.	540,7	406,1	1090,1	818,7	391,9	294,3	790,1	593,3
A 303	20	7-19	1987.	188,9	188,9	421,6	421,6	188,9	188,9	421,6	421,6
H 304	14	7-19	1987.	95,7	77,8	213,6	173,6	61,7	50,1	137,7	111,8
A 304	20	7-19	1987.	47,5	47,5	106,0	106,0	47,5	47,5	106,0	106,0
H 305/2	16	7-19	1990.	372,4	304,9	652,8	534,5	240,1	196,6	420,9	344,6
A 305/2	20	7-19	1990.	64,0	64,0	142,8	142,8	64,0	64,0	142,8	142,8
H 306/1	16	7-19	1987.	372,2	340,5	652,5	596,9	247,9	226,7	434,6	397,4
A 306/2	16	7-19	1987.	61,2	37,5	107,3	65,7	43,2	27,5	75,7	48,0
A 306	20	7-19	1987.	190,4	190,4	424,9	424,9	190,4	190,4	424,9	424,9
H 401, 402	16	7-19	1987.	575,0	575,0	1008,0	1008,0	575,0	575,0	1008,0	1008,0
A 401	20	7-19	1987.	155,8	155,8	347,7	347,7	155,8	155,8	347,7	347,7
H 403	16	7-19	1987.	500,0	337,7	876,5	592,0	332,8	224,8	583,4	394,1
A 403	20	7-19	1987.	169,3	169,3	377,9	377,9	169,3	169,3	377,9	377,9
H 404	20	7-19	1987.	242,0	242,0	540,1	540,1	242,0	242,0	540,1	540,1
H 405	20	7-19	1987.	297,4	297,4	663,8	663,8	229,8	229,8	512,9	512,1
A 405	20	7-19	1987.	137,6	137,6	307,1	307,1	137,6	137,6	307,1	307,1
A 406	20	7-19	1990.	330,0	330,0	524,0	524,0	330,0	330,0	524,0	524,0
A 407	20	7-19	1990.	218,0	218,0	486,6	486,6	218,0	218,0	486,6	486,6
H 408/1	16	7-19	1987.	640,0	640,0	1121,9	1121,9	640,0	640,0	1121,9	1121,9
A 408/1	20	7-19	1987.	100,0	100,0	223,2	223,2	100,0	100,0	223,2	223,2
H 408/3	16	7-19	1987.	517,2	417,7	906,7	732,2	333,5	268,3	584,6	470,3
A 408/3	20	7-19	1987.	100,0	100,0	223,2	223,2	100,0	100,0	223,2	223,2
H 501/1	16	7-19	1995.	31,7	26,4	55,6	46,2	23,1	19,3	40,5	33,8
H 501/2	16	7-19	1995.	52,6	37,3	92,2	65,4	39,9	28,4	69,9	49,8
H 501/3	16	7-19	1995.	59,1	43,3	103,6	75,9	43,1	31,6	75,6	55,4
H 501/4	16	7-19	1995.	59,8	44,6	104,8	78,2	44,5	33,2	78,0	58,2
A 501	20	7-19	1995.	153,6	153,6	342,8	342,8	153,6	153,6	342,8	342,8
H 502	16	7-19	1990.	84,9	65,1	148,8	114,1	62,1	47,2	108,9	82,7
A 502	20	7-19	1990.	217,6	217,6	485,7	485,7	217,6	217,6	485,7	485,7
H 503	16	7-19	1995.	76,8	62,7	174,6	109,9	55,7	45,5	97,6	79,8
A 503	20	7-19	1995.	42,0	42,0	93,7	93,7	42,0	42,0	93,7	93,7
H 601	14	7-17(6 d)	1987.	858,3	667,9	1359,5	1058,0	714,3	432,2	1131,5	684,6
A 601	20	7-17(6 d)	1987.	406,9	406,9	928,5	928,5	406,9	406,9	928,5	928,5
A 602	20	7-17(6 d)	1987.	29,3	29,3	66,9	66,9	29,3	29,3	66,9	66,9

Princip uzdušnog grijanja jedne hale prikazan je shematski na slici 2. i 3. Kaloriferi su smješteni na nosive stupove hale za horizontalno puhanje uzduha ili su obješeni o krovnu konstrukciju za vertikalno puhanje. Uzduh iz hale i/ili svježi uzduh siše se ventilatorima kalorifera, zagrijava se prolazom kroz cijevni registar s ogrjevnim medijem i upuhuje u halu (broj kalorifera s optočnim i svježim uzduhom ovisi o uvjetima ventilacije).



Slika 2.



Slika 3.

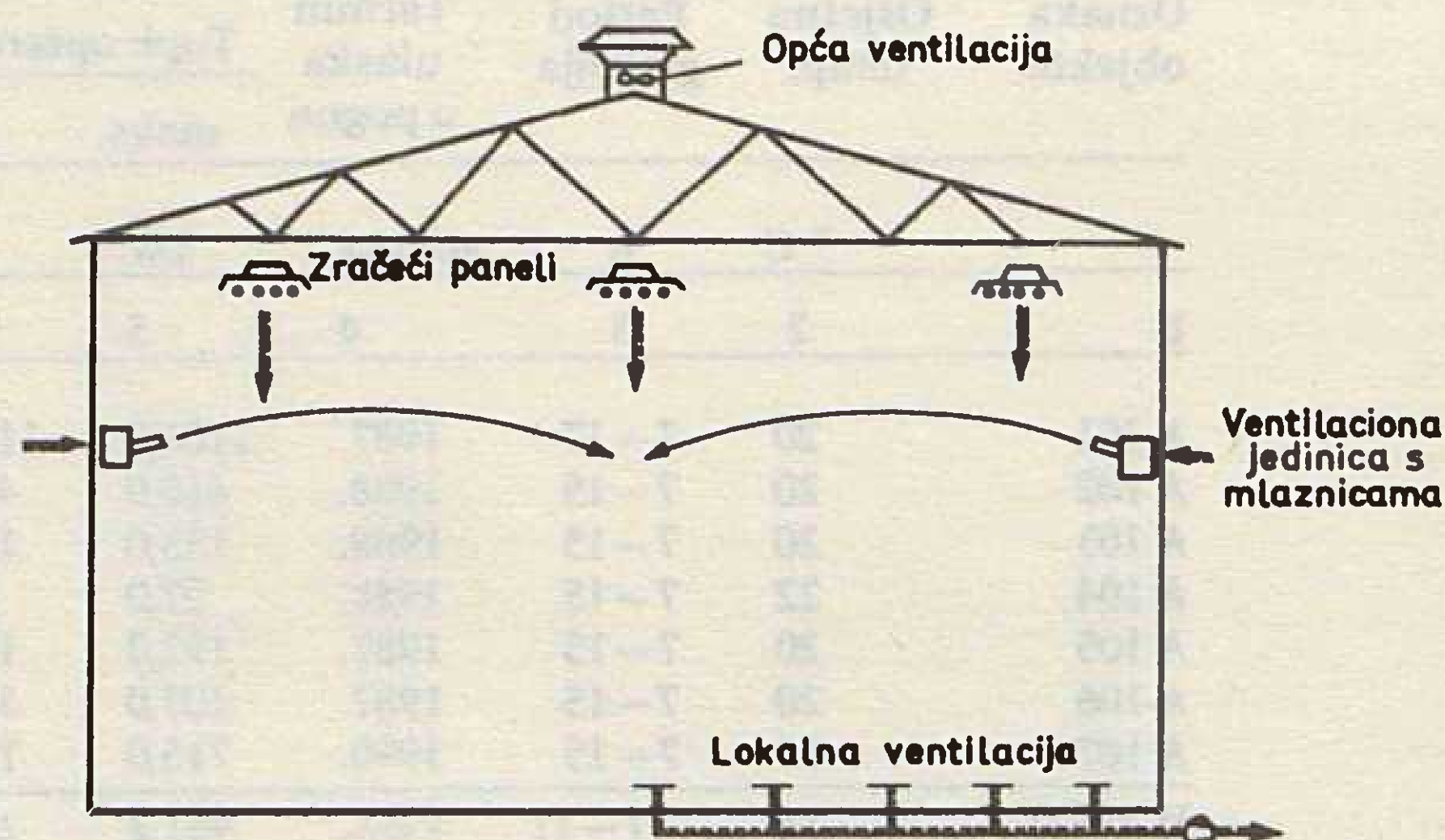
Pri kaloriferima su razmatrani ovi ogrjevni mediji: vrela voda 130/70 °C, vrela voda 110/70 °C i topla voda 90/50 °C (topla voda — radi mogućnosti korištenja dizalica topline).

Da bi se pri uzdušnom grijanju hale smanjio gubitak topline izazvan »bježanjem« toplog uzduha u gornju zonu hale, usvaja se sistem unitermiranja sa stropnim izotermnim mlaznjacima (aksijalni ventilatori). Mlaznjaci obješeni pri vrhu hale potiskuju topli uzduh u radnu zonu hale, odnosno izjednačavaju temperaturu uzduha po visini hale.

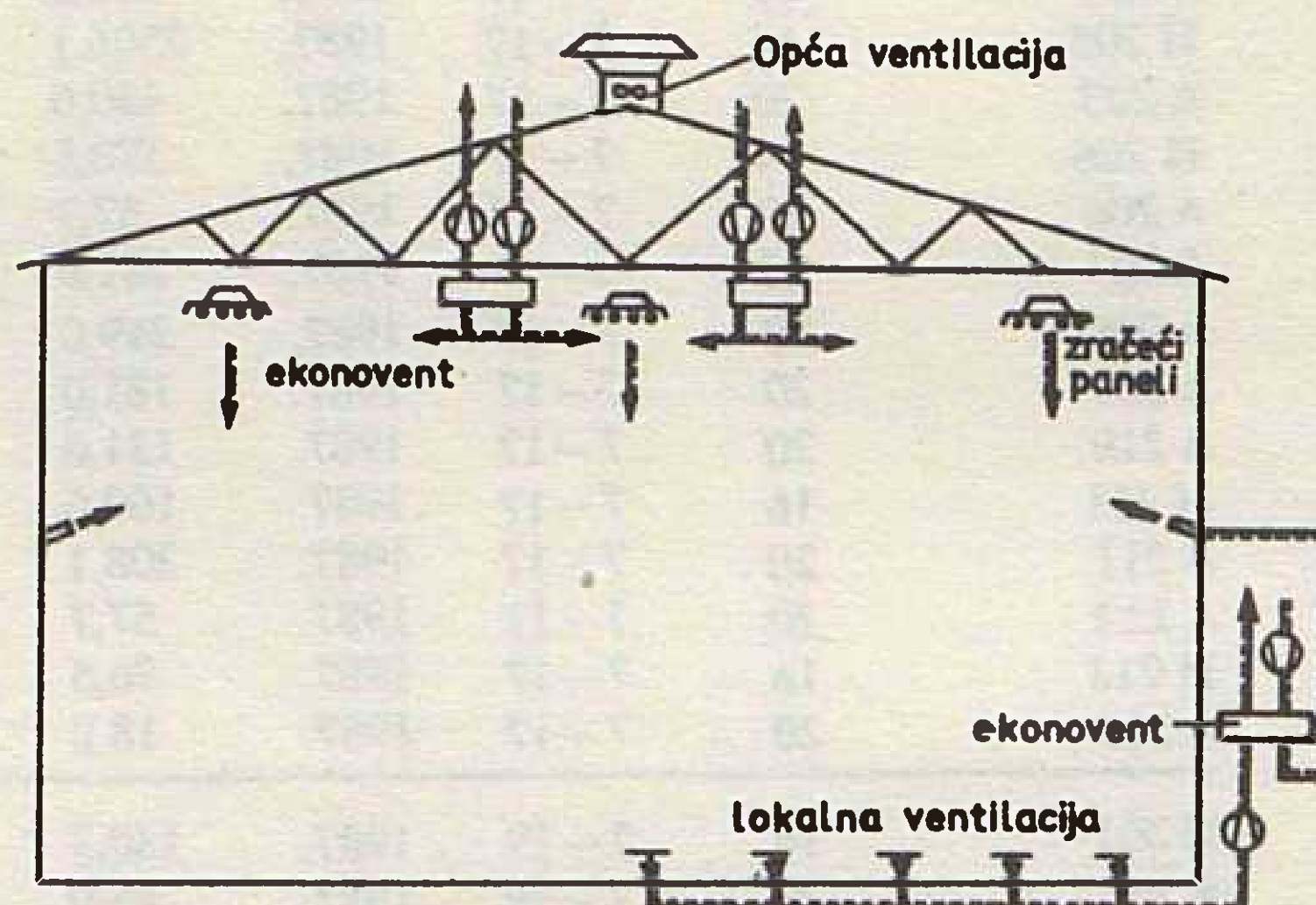
Grijanje zračenjem uobičajeno je izvoditi plinskim ili termouljnim panelima. Pri plinskim panelima razmatrao se kao ogrjevni medij miješani plin (zrak — ukapljeni plin), a pri termouljnim, termoulje temperature 280/240 °C.

Kako je uz istu osjećajnu temperaturu u hali moguće pri grijanju zračenjem održavati za 3 °C nižu temperaturu uzduha nego pri uzdušnom grijanju, a da osjećaj ugodnosti bude jednak, to su pri grijanju zračenjem moguće znatne uštede topline. Raspodjela temperature po visini hale je povoljna. Princip grijanja

zračenjem jedne hale shematski je prikazan na slici 4. i 5.



Slika 4.



Slika 5.

Pri ventilaciji hala razmatrana je opća i lokalna ventilacija. U halama sa znatnijom kontaminacijom štetnim plinovima u donjoj zoni zbog tehnološkog procesa (za određene hale Brodosplita karakteristično rezanje plinskim plamenicima i zavarivanje) teži se što više kontaminata odstraniti lokalnom ventilacijom, a preostali dio općom ventilacijom. Na slikama 2, 3, 4. i 5. shematski su prikazani principi lokalne i opće ventilacije jedne hale u zimskom i ljetnom pogonu.

U zimskom pogonu ventilacija može biti izvedena s regeneracijom topline otpadnog zraka ili bez regeneracije te topline.

Regeneracija topline se, u varijantnom razmatranju mogućih idejnih rješenja u ovom radu, analizirala korištenjem rotacionih regeneratora topline, tzv. ekonoventa. Pri ovom sistemu uzduh isisan lokalnom sistemom ventilacije (pri lokalnoj ventilaciji razmatra se sistem »vianova« zbog specifičnih zahtjeva tehnološkog procesa) izmjenjuje toplinu sa svježim zrakom koji se nakon zagrijavanja u ekonoventu ubacuje u halu u njezinoj gornjoj zoni (ovo je uvjetovano nižom temperaturom tog uzduha u odnosu na temperaturu u hali).

Opća ventilacija pri sistemu s regeneracijom topline izvodi se kao što je prikazano na slici 3. i 5. (pri halama sa znatnom infiltracijom vanjskog uzduha nije ekonomski prihvatljivo da se za svu oču ventilaciju koriste ekonoventi, što je uzeto u obzir).

Pri ventilaciji bez regeneracije topline (slika 2. i 4.) uzduh isisan lokalnom ventilacijom (sistem »viano-va«) s mjesta kontaminacije moguće je ili izravno vratiti u halu nakon pročišćavanja u finom filtracijskom modulu (elektrostatski, vlaknasti i adsorpcijski filteri) ili izbaciti iz hale, a svježi uzduh preko kalorifera (pri uzdušnom grijanju) ili izravno, bez prethodnog zagrijavanja, ubaciti u halu tlačnim ventilatorima s mlaznicama, smještenim u gornjoj zoni hale (pri grijanju zračenjem).

Slično tomu izvodi se i opća zimska ventilacija: otpadni se uzduh aksijalnim ventilatorima isisava pri krovu hale, a svježi se preko kalorifera (uzdušno grijanje) ili izravno, bez zagrijavanja, mlaznicama upuhuje u halu (grijanje zračenjem).

Lokalna ljetna ventilacija identična je onoj prikazanoj na slici 2. i 4, a opća se (radi štednje energije) provodi otvaranjem vrata i otvora na zidovima te isisavanjem uzduha već spomenutim aksijalnim ventilatorima na krovu hale (ukupni kapacitet krovnih ventilatora dimenzionira se za ljetnu ventilaciju: dva-put je veći od kapaciteta sistema mehaničkog dovoda svježeg uzduha za zimsku ventilaciju).

Iz netom navedenih sistema grijanja i ventilacije hala proizlazi da bi trebalo razmatrati 5 varijanti grijanja i ventilacije hala:

- opća zimska ventilacija bez ekonoventa, lokalna bez ekonoventa ili filtracijskog modula (z = 1)
- opća zimska ventilacija bez ekonoventa, lokalna s filtracijskim modulom (z = 2)
- opća zimska ventilacija s ekonoventima, lokalna s filtracijskim modulom (z = 3)
- opća zimska ventilacija s ekonoventima, lokalna bez ekonoventa ili filtracijskog modula (z = 4)
- opća zimska ventilacija s ekonoventima, lokalna s ekonoventima (z = 5)

Navedene varijante razmatrat će se i u ovom radu. Radi jednostavnije identifikacije pojedine varijante grijanja i ventilacije u objektu uvode se ove oznake varijanata:

$$H(x, 10y + z)$$

gdje su:

- x — oznaka objekta (definirana slikom 1)
- y — oznaka sistema grijanja hale (odnosno oznaka distributivne mreže)
 - y = 1 uzdušno grijanje vrelom vodom 130/70 °C
 - y = 2 uzdušno grijanje vrelom vodom 110/70 °C
 - y = 3 uzdušno grijanje toplom vodom 90/50 °C
 - y = 4 zračeće grijanje termouljnim panelima

$$y = 5 \text{ zračeće grijanje panelima s miješanim plinom (ukapljeni plin + mazut)}$$

Osim oznaka za navedene varijante, potrebno je označiti i postojeće sisteme grijanja i ventilacije u halama ako je njihova funkcija adekvatna potrebama. Definira se:

$$y = 6 \text{ postojeće postrojenje za transformaciju}$$

$$z = 6 \text{ postojeći sistem grijanja i ventilacije hale.}$$

2.2. Grijanje prostorija u zgradama

Pri grijanju manjih prostorija (poslovne prostorije, svlačionice, blagovaonice itd.) razmatra se: radijatorsko grijanje (sistem 90/70 °C i 90/50 °C) te ventilokonvektorsko grijanje (90/50 °C). Pretpostavlja se da se održavanje kvalitete uzduha u prostorijama provodi aeracijom (npr. otvaranjem prozora). Detaljniju analizu u tom smislu (da li je umjesto aeracije u određenoj prostoriji nužna ventilacija) treba provesti pri razradi izvedbenog projekta jer nema utjecaja na rezultate u ovom radu.

Radi identifikacije varijante grijanja zgradâ uvode se ove oznake varijanti:

$$A(x, 10y + z)$$

gdje su:

- x — oznaka objekta (definirano u pog. 1.)
- y — oznaka distributivne mreže u Brodosplitu (izravno definira sistem grijanja i ventilacije za grijanje zgrada):
 - y = 1 vrela voda 130/70 °C
 - y = 2 vrela voda 110/70 °C
 - y = 3 topla voda 90/50 °C
 - y = 4 termoulje
 - y = 5 miješani plin
 - y = 6 postojeće postrojenje za transformaciju
- z — oznaka instalacije u zgradi
 - z = 6 postojeće instalacije u zgradi
 - z = 7 radijatori 90/70 °C
 - z = 8 radijatori 90/50 °C
 - z = 9 ventilokonvektori 90/50 °C

2.3. Priprema potrošne tople vode

Pri većem broju zgrada potrebno je pripremati i potrošnu toplu vodu. Razmatrat će se priprema vode u postojećim uređajima, priprema potrošne tople vode energijom iz centraliziranog ogrjevnog sistema, priprema tople vode toplinom Sunca, te priprema tople vode električnom energijom. S tim u vezi uvode se ove oznake za sistem pripreme potrošne tople vode:

$$P(x, 10y + z)$$

gdje su:

- x — oznaka zgrade

y — oznaka distributivne mreže definirana prije, osim:

$y = 7$ distributivna mreža ne postoji radi pripreme vode pri novom rješenju

z — oznaka instalacije za pripremu tople vode u objektu

$z = 6$ postojeće stanje pripreme vode

$z = 7$ priprema vode sunčevom toplinom

$z = 8$ priprema vode električnom energijom

$z = 9$ priprema vode iz centraliziranog sistema novim instalacijama u objektu koje su definirane oznakom y .

2.4. Centralna postrojenja za energetske transformacije

Oblici energije »na pragu Brodosplita« čije korištenje je analizirano u ovom radu jesu ugljen, teško loživo ulje, ukapljeni plin, električna energija, toplina mora, toplina Sunca.

Potrebno je analizirati ova centralna postrojenja za energetske transformacije:

- vrelovodnu kotlovnicu na ugljen ($v = 1$)
- vrelovodnu kotlovnicu na teško loživo ulje ($v = 2$)
- vrelovodnu kotlovnicu s baznim kotlovima na ugljen i vršnim kotlom na teško loživo ulje ($v = 3$)
- termouljnu kotlovnicu na teško loživo ulje ($v = 4$)
- dizalicu topline pogonjena elektromotorom (temperatura izlazne vode 70°C) i kotlovnicu na teško loživo ulje za vršno opterećenje ($v = 5$)
- dizalicu topline pogonjena elektromotorom (temperatura izlazne vode 60°C), kotlovnicu na ugljen i kotlovnicu na teško loživo ulje za vršno opterećenje ($v = 6$)
- dizalicu topline pogonjena dizelskim motorom (temperatura izlazne vode 75°C) i kotlovnica na teško loživo ulje za vršno opterećenje ($v = 7$)
- dizalica topline pogonjena dizelskim motorom (temperatura izlazne vode 60°C), kotlovnicu na ugljen i kotlovnica na teško loživo ulje za vršno opterećenje ($v = 8$)
- rasplinjačku stanicu za ukapljeni plin ($v = 9$)
- generator za uplinjavanje ugljena s vrelovodnom kotlovnicom na generatorski plin ($v = 10$)
- energanu na ugljen (koeficijent turbine $\alpha = 0,4$) ($v = 11$).

3. MATEMATIČKI MODEL ZA OPTIMALIZACIJU INTEGRALNOG SISTEMA GRIJANJA I VENTILACIJE

Mnogobrojne mogućnosti koje se mogu primijeniti za zadovoljavanje toplinskih i ventilacijskih potreba objekata u Brodosplitu, te nužnost da se između tih mnogobrojnih mogućnosti odredi najpovoljnija, uvjetuju osnivanje i primjenu matematičkog modela za optimalizaciju integralnog sistema grijanja i ventilacije. Navedenom treba dodati da je pri donošenju financijskih odluka u uvjetima kada je dio polaznih parametara neizvjestan (a ta neizvjesnost je u pravilu prisutna, pa tako i u ovom slučaju) nužno izvršiti analizu osjetljivosti rješenja na promjenu tih parametara, što bi bez korištenja matematičkog modela bilo dugotrajno i zamorno.

Kakav matematički model primijeniti pri optimalizaciji sistema ovisi o kvantitativnim karakteristikama vezâ među varijablama sistema te matematičkoj formi kriterija optimalizacije. Kao što je naglašeno u uvodu, kriterij optimalizacije integralnog sistema grijanja i ventilacije jest minimum ukupnih aktualiziranih izdataka sistema u razdoblju do 2000. godine (kao metoda osnovna za račun financijske efikasnosti investicijskih mogućnosti koristit će se metoda čiste sadašnje vrijednosti). Funkcija kriterija jest linearna, a i veze među varijablama integralnog sistema jesu takve da se uz zanemarive aproksimacije mogu uspostaviti linearne relacije. Za optimalizaciju sistema je, stoga, pogodno koristiti linearno programiranje (iako bi zbog odsustva ograničenja u konkretnim uvjetima Brodosplita bilo moguće do rješenja doći i algoritmom za prosto pretraživanje domene mogućih rješenja).

U prethodnom poglavlju specificirane su varijante grijanja i ventilacije hala, grijanja zgrada te pripreme potrošne tople vode u zgradama. Svaku od ovih varijanata treba pri optimalizaciji kombinirati s mogućim adekvatnim varijantama distributivne mreže i centralnog postrojenja za transformaciju. Matematičkim modelom za linearno programiranje mogli bi se, bez većih teškoća, obuhvatiti svi ovi centralizirani sistemi »odjednom«. Pogodnije je, međutim, koristiti model u koracima, posebno za svaki tip centraliziranog sistema, definiran parom y, v . Na taj način za svaki par y, v dobiva se optimalna varijanta grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u svakom objektu.

Rangiranjem tako dobivenih integralnih sistema dobija se uvid u odnose financijske efikasnosti pojedinog sistema što je od znatne koristi pri analizi stabilnosti sistema (odnosno osjetljivosti na promjene ulaznih parametara).

Matematički model za optimalizaciju integralnog sistema grijanja i ventilacije sastoji se od sistema jednadžbi potreba i jednadžbe cilja.

Svaka varijanta integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode definirana je tipom centralnog izvora (v) i tipom distributivne mreže (y). Sistem jednadžbi potreba za grijanje i pri-

premu potrošne tople vode za određenu varijantu integralnog sistema, definiranu parom y, v bit će (jednadžbe treba ispisati za svaki x):

$$\overline{QH}(x, 11) = f(x, 66) \cdot QH(x, 66) + \sum_{z=1}^6 f(x, 10y + z) \cdot QH(x, 10y + z) \quad (1)$$

$$\overline{QA}(x) = QA(x, 66) + \sum_{z=6}^9 QA(x, 10y + z) \quad (2)$$

$$\overline{QP}(x) = QP(x, 66) + QP(x, 10y + 6) + QP(x, 10y + 9) + \sum_{z=7}^8 QP(x, 70 + z) \quad (3)$$

gdje su:

$\overline{QH}(x, 11)$ — potrebna toplina za grijanje hale x pri sistemu grijanja $y = 1$ i sistemu ventilacije $z = 1$ (referentne ogrjevnne potrebe hale), GJ/god.

$f(x, 10y + z)$ — koeficijent svodenja na referentne ogrjevnne potrebe ($f_z = \overline{QH}(x, 11) / \overline{QH}(x, 10y + z)$)

$QH(z, 10y + z)$ — varijabla potreba topline hale x , sistema grijanja y i sistema ventilacije z

$\overline{QH}(x)$ — potrebna korisna toplina za grijanje zgrade x (bez obzira na ogrjevni medij potrebe su uvijek jednake), GJ/god.

$QA(x, 10y + z)$ — varijabla potreba topline zgrade x , distributivne mreže y i tipa instalacija (sistema grijanja) u zgradi z

$\overline{QH}(x)$ — potrebna korisna toplina za pripremu potrošne tople vode u zgradi x (bez obzira na ogrjevni medij potrebe su uvijek jednake), GJ/god.

$QP(x, 10x + z)$ — varijabla potreba topline za pripremu potrošne tople vode u zgradi x , iz distributivnog sistema y i instalacija u zgradi z

Funkcija cilja jest suma umnožaka svih varijabli i specifičnih aktualiziranih izdataka koje iziskuje određena varijanta energetske opskrbe objekata. Za određenu varijantu integralnog sistema definiranu parom brojeva y, v funkcija cilja jest ovakva:

$$\begin{aligned} TU(y, v) = & \sum_x (QH(x, 66) \cdot \\ & \cdot TH(x, 66) + \sum_{z=1}^6 (QH(x, 10y + z) \cdot \\ & \cdot (TH(x, 10y + z, v)) + QA(x, 66) \cdot \\ & \cdot TA(x, 66) + \sum_{z=6}^9 (QA(x, 10y + z) \cdot \\ & \cdot TA(x, 10y + z, v)) + \\ & + QP(x, 66) \cdot TP(x, 66) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + QP(x, 10y + 6) \cdot TP(x, 10y + 6, v) + \\ & + QP(x, 10y + 9) \cdot TP(x, 10y + 9, v) + \\ & + \sum_{z=7}^8 (QP(x, 70 + z) \cdot TP(x, 70 + z)) \end{aligned} \quad (4)$$

gdje su:

$TH(x, 66)$

— specifični ukupni aktualizirani izdaci pridruženi hali x pri postojećem načinu grijanja i ventilacije i korištenju postojećeg postrojenja za transformaciju, dinara/GJ

$TH(x, 10y + z, v)$

— specifični ukupni aktualizirani izdaci integralnog sistema definiranog distributivnom mrežom y i centralnim izvorom v , pridruženi hali x u kojoj je instaliran sistem ventilacije z , dinara/GJ

$TA(x, 66)$

— specifični ukupni aktualizirani izdaci pridruženi zgradi x pri postojećim ogrjevnim instalacijama u zgradi i postojećem postrojenju za transformaciju, dinara/GJ

$TA(x, 10y + z, v)$

— specifični aktualizirani izdaci integralnog sistema definiranog distributivnom mrežom y i centralnim izvorom v , pridruženi zgradi x u kojoj je instaliran sistem grijanja x , dinara/GJ

$TP(x, 66)$

— specifični ukupni aktualizirani izdaci pridruženi pripremi tople vode u zgradi x iz postojećeg postrojenja za transformaciju i uz korištenje postojećih instalacija za pripremu tople vode u objektu, dinara/GJ

$TP(x, 10y + 6, v)$

— specifični ukupni aktualizirani izdaci pridruženi pripremi tople vode u zgradi x toplinom iz distributivne mreže y i centralnog izvora v , uz korištenje postojećih instalacija za pripremu vode u objektu, dinara/GJ

$TP(x, 10y + 9, v)$

— specifični ukupni aktualizirani izdaci pridruženi pripremi potrošne tople vode novim instalacijama u zgradi x toplinom iz distributivne

$TP(x, 70 + z)$ — mreže y i centralnog izvora v , dinara/GJ
— specifični ukupni aktualizirani izdaci pridruženi pripremi potrošne tople vode u zgradi x Sučevom toplinom ($x = 7$) ili električnom energijom ($x = 8$), dinara/GJ.

Kao što je iz matematičkog modela vidljivo, za optimizaciju integralnog sistema grijanja i ventilacije nužno je poznavati dva skupa ulaznih podataka:

- energetske potrebe sistema grijanja i ventilacije hala, energetske potrebe sistema grijanja zgrada i potrebnu toplinu za pripremu potrošne tople vode u zgradama, te
- specifične ukupne aktualizirane izdatke u toku vremena promatranja sistema pridružene svakoj varijanti energetske opskrbe objekata.

Utvrđivanje energetske potrebe sistema grijanja i ventilacije objekata te potrebne topline za pripremu potrošne tople vode jest rutinski problem, definiran nacionalnim standardima te se, stoga, ovdje neće dopisivati. Korisno je, međutim, radi kompletnosti opisa modela dati metodu računa specifičnih aktualiziranih izdataka u toku vremena promatranja sistema (važno je naglasiti da se izgradnja sistema financira isključivo vlastitim sredstvima Brodosplita). Ta metoda opisat će se na primjeru sistema grijanja i ventilacije hale (formalno je jednak postupak i za ostale sisteme).

Ukupni aktualizirani izdaci određenog sistema grijanja i ventilacije hale obuhvaćaju:

- a) aktualizirane stalne izdatke »u hali«,
- b) aktualizirane izdatke za snagu i električnu energiju za pogon uređaja »u hali«,
- c) aktualizirane stalne izdatke centralnog postrojenja za transformaciju energije i distributivne mreže od centralnog izvora do hale,
- d) aktualizirane izdatke za gorivo i električnu energiju pri centraliziranom sistemu (»do hale«).

a) Aktualizirani stalni izdaci sistema »u hali«

Aktualizirani stalni izdaci sistema u hali obuhvaćaju ukupne investicijske izdatke za sistem grijanja i ventilacije u hali te aktualizirane ostale stalne izdatke tog sistema (investicijsko održavanje, premije osiguranja, ostali materijalni izdaci).

Aktualizirani stalni izdaci sistema u hali izračunavaju se prema izrazu:

$$TS(x, 10y + z) = I(x, 10y + z) \cdot (r + 1)^{\tau_1 - \tau(x)} - IR(x, 10y + z) + p \cdot I(x, 10y + z) \cdot ((r + 1)^{\tau_2 - \tau(x)} - 1) / (r \cdot (r + 1)^{\tau_2 - \tau_1}) \quad (5)$$

gdje su:

$TS(x, 10y + z)$ — aktualizirani stalni izdaci instalacija u hali, dinara

$I(x, 10y + z)$ — ukupni investicijski izdaci instalacija u hali, dinara
 $(r + 1)$ — diskontni faktor (r — diskontna stopa)
 τ_1 — referentna godina (1986. godina), god.
 $\tau(x)$ — godina investiranja u instalacije u hali (= godina izgradnje instalacija), god.
 τ_2 — zadnja godina perioda promatranja sistema (2000. god.), god.
 $IR(x, 10y + z)$ — rezidualna vrijednost investicija, dinara
 p — godišnja stopa ostalih stalnih izdataka za instalacije.

Ako je vijek trajanja određene investicije kraći od vijeka promatranja sistema (odnosno ako prije isteka vremena promatranja sistema određena instalacija dotraje), potrebno je aktualiziranim izdacima investicija dodati aktualizirani izdatak za obnavljanje instalacije.

Rezidualna vrijednost investicija izračunava se prema izrazu:

$$IR(x, 10y + z) = (r + 1)^{\tau_1 - \tau_2} \cdot \sum_{i=1}^n I_i(x, 10y + z) \cdot \frac{\sigma_i - (\tau_2 - \tau_i(x) - 1)}{\sigma_i} \quad (6)$$

gdje je:

$I_i(x, 10y + z)$ — ukupni investicijski izdaci za investicije s vijekom trajanja i , dinara
 σ_i — vijek trajanja i -te instalacije, god.
 $\tau_i(x)$ — godina investiranja i -te investicije (za investicije s obnavljanjem u periodu promatranja — godina zadnjeg investiranja), god.
 τ_2 — zadnja godina perioda promatranja, god.

b) Aktualizirani izdaci za snagu i električnu energiju za pogon uređaja »u hali«

Ukupna instalirana snaga elektromotora za pogon uređaja grijanja i ventilacije u ogrjevnom periodu iznosi u hali $P(x, 10y + z)$, kW. Zbog standardnih vrijednosti snaga elektromotora (koji se odabiru posebno za svaki uređaj), stvarno angažirana električna snaga je niža i odgovara onoj potrebnoj za pogon uređaja. Ako se faktor iskorištenja kapaciteta elektromotora označi s f_p , proizlazi da je godišnja korištena električna energija u ogrjevnom periodu u kWh:

$$E(x, 10y + z) = \tau_g \cdot P(x, 10y + z) \cdot f_p \quad (7)$$

gdje je:

τ_g — vrijeme trajanja ogrjevne sezone, h.

Aktualizirani izdaci za snagu i električnu energiju za pogon uređaja »u hali« će iznositi:

$$TE(x, 10y + z) = (C(E) \cdot E(x, 10y + z) + C(P) \cdot \tau_m \cdot f_r \cdot P(x, 10y + z) \cdot f \cdot \frac{(r+1)^{\tau_2 - \tau(x)} - 1}{r \cdot (r+1)^{\tau_2 - \tau_1}} \quad (8)$$

gdje je:

$C(E)$ — cijena električne energije (aritmetička sredina tarifnih stavova u dnevnom periodu grijanja), dinara/kWh

$C(P)$ — cijena električne snage, dinara/kW

τ_m — broj mjeseci ogrjevnog perioda. Budući da električni uređaji pri grijanju i ventilaciji hale rade konstantno u toku dnevnog proizvodnog rada, trebalo bi, teoretski, pretpostaviti da će oni svojom snagom izravno utjecati na visinu maksimalno korištene snage. Stvarni uvjeti rada (treba sagledati baš sve uređaje za grijanje i ventilaciju) vjerojatno neće biti tako nepovoljni, pa treba pretpostaviti da postoji faktor istodobnosti maksimalnih snaga f_r .

c) *Aktualizirani stalni izdaci centralnog postrojenja za transformaciju goriva i distributivne mreže od centralnog izvora do hale*

Ovi izdaci ne mogu se uključiti u model bez određenih aproksimacija. Nije, međutim, teško na realnom integralnom sistemu provjeriti da su aproksimacije uz pomoć kojih se taj sistem uključuje u matematski model zanemarive. Usprkos tomu, egzaktan pristup zahtjeva dobivanje točnog rješenja te radi prevladavanja aproksimativnih karakteristika sistema treba uvesti iterativni postupak.

Aktualizirani stalni izdaci centralnog postrojenja za transformaciju goriva i distributivne mreže od centralnog izvora do hale jesu suma aktualiziranih investicijskih izdataka i aktualiziranih ostalih stalnih izdataka (investicijsko održavanje sistema, premije osiguranja, ostali materijalni izdaci, bruto osobni dohoci osoblja za vođenje sistema).

Radi pripreme ulaznih podataka za matematski model potrebno je, u prvom koraku, pri svakoj varijanti integralnog sistema (varijantu definiraju značajke y i v) odrediti rast sistema u periodu promatranja za minimalnu i maksimalnu varijantu tog sistema (minimalna varijanta odgovara sistemu 3 ventilacije u halama i zadržavanju postojećih izvora topline do isteka njihova vijeka trajanja, a maksimalna sistemu ventilacije 1 u halama). Specifični aktualizirani izdaci (dinara/kW) aproksimiraju se, u prvom koraku, specifičnim aktualiziranim izdacima aritmetičke sredine minimalnog i maksimalnog rasta sistema. Za isti rast utvrđuju se i specifični aktualizirani izdaci distributivne mreže. No, ovdje treba promatrati potreban tempo izgradnje pojedine dionice. Ako se putem određene dionice opskrbljuje samo jedan objekt, tada se ta dionica gradi u godini izgradnje sistema u objektu, a ako određena dionica služi za opskrbu više objekata, treba je izgraditi u godini izgradnje sistema grijanja u terminski prvom objektu.

Specifični aktualizirani stalni izdaci mreže za svaki objekt jesu suma specifičnih aktualiziranih stalnih izdataka svih dionica na putu od centralnog izvora do objekta.

Dakle, u prvom koraku specifični aktualizirani stalni izdaci centraliziranog sistema za objekt jesu:

$$TK(x, y, v) = TK(v) + \sum_{i=1}^n TK(i, y) \quad \text{dinara/kW} \quad (9)$$

gdje je:

$TK(v)$ — specifični aktualizirani stalni izdaci centralnog izvora, dinara/kW

n — broj dionica od centralnog izvora do objekta x

$TK(i, y)$ — specifični aktualizirani stalni izdaci i -te dionice u distributivnoj mreži y , dinara/kW

Budući da tako određeni TK predstavljaju aproksimativnu vrijednost, potrebno je, pošto se s ovakvim TK provede optimalizacija sistema, utvrditi stvarne TK za tako dobiveno rješenje te postupak ponovno provesti. Iterativni postupak se prekida kad se dobiveno rješenje integralnog sistema u potpunosti »poklapa« s rješenjem u prethodnoj iteraciji.

d) *Aktualizirani izdaci za gorivo, električnu energiju za pogon postrojenja za transformaciju i distributivne mreže*

Godišnji izdaci za gorivo i električnu energiju za pogon centraliziranog sistema proporcionalni su pridobivenoj toplini, pa ovise i o sistemu grijanja i ventilacije u halama i o vrsti centralnog postrojenja za transformaciju energije. Aktualizirani izdaci za gorivo i električnu energiju u toku vremena promatranja računaju se prema izrazu:

$$TQ(x, 10y + z, v) = \frac{C(v)}{\eta_i(v) \eta_m(y) \eta_h(y)} \cdot \frac{(r+1)^{\tau_2 - \tau(x)} - 1}{r \cdot (r+1)^{\tau_2 - \tau_1}} \cdot (1+e) \quad \text{dinara/GJ} \quad (10)$$

gdje su:

$C(v)$ — cijena goriva za centralni izvor tipa v (ugljen, teško loživo ulje itd.), dinara/GJ

$\eta_i(v)$ — stupanj korisnog djelovanja transformacije energije pri centralnom izvoru tipa v ,

$\eta_m(y)$ — prosječni stupanj korisnog djelovanja distributivne mreže tipa y

$\eta_h(y)$ — stupanj korisnog djelovanja uređaja u hali

e — odnos cijene električne energije i cijene goriva pomnožen s potroškom električne energije (u GJ) po 1 GJ transformiranog goriva.

★

Ukupne aktualizirane izdatke u toku vremena promatranja sistema potrebno je svesti na jedinicu korištene topline za grijanje u hali. Na taj način dobivaju se koeficijenti uz svaku varijablu u funkciji cilja:

Za halu x , sistem grijanja y , sistem ventilacije z i tip centralnog izvora v specifični ukupni aktualizirani izdaci će biti:

$$\begin{aligned} TU(x, 10y + z, v) = & \frac{TS(x, 10y + z)}{QH(x, 10y + z)} + \\ & + \frac{TE(xy, 10y, m, z)}{QH(x, 10y + z)} + \\ & + \frac{TK(x, y, v) \cdot F(x, 10y + z)}{QH(x, 10y + z) \eta_m(y) \eta_h(y)} + \\ & + TQ(x, 10y + z, v) \end{aligned} \quad (11)$$

gdje je:

$F(x, 10y + z)$ — toplinska snaga ogrjevnih tijela za grijanje hale x pri sistemu grijanja y i ventilacije z , kW

4. PRISTUP PLANIRANJU I ULAZNI PODACI ZA OPTIMALIZACIJU INTEGRALNOG SISTEMA GRIJANJA I VENTILACIJE

Svako predviđanje budućnosti povezano je s neizvjesnostima. Neizvjesnosti su to veće što je period promatranja duži. Neizvjesnosti imanentne budućnosti utkane su i u optimalizaciju integralnog sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu jer se ona osniva i na ulaznim podacima za koje se ne može sa sigurnošću tvrditi da njihove buduće, stvarne vrijednosti neće odstupati od onih očekivanih.

U vezi s rečenim, nameće se pitanje razložnost primjene egzaktnih matematičkih postupaka optimalizacije kad je sam rezultat pod utjecajem neizvjesnosti vezanih za ulazne parametre. Skepticizam izražen tim pitanjem implicira zapravo nužnost pronalaženja takvog postupka pri sintezi optimalnog sistema, kojim se spomenute neizvjesnosti mogu prevladati (one se ne mogu izbjeći). Važna teoretska posljedica ovakvog sagledavanja jest da se odluke formuliraju kao strateške.

Prevladavanje neizvjesnosti koje se unose ulaznim podacima u proces optimalizacije i donošenje strateških odluka moguće je (i uobičajeno) analizom osjetljivosti rješenja na promjenu ulaznih parametara za koje se zna da mogu odstupati od očekivanih veličina. U tu svrhu polazi se od određenog scenarija ulaznih parametara te ispituje stabilnost, odnosno promjene u osnovnom rješenju ako se izmijeni taj scenario ulaznih podataka. Posebno je vrijedno ispitivanje optimističkih i pesimističkih varijanti samo jedne komponente u scenariju ulaznih podataka jer se na taj način dobiva neposredan uvid u stabilnost rješenja prema poremećaju tih ulaznih podataka.

Ispitivanjem stabilnosti rješenja, promjenom ulaznih parametara, moguće je da se pokaže da određeno rješenje već pri manjem odstupanju ulaznih veličina prestaje biti optimalno. U tom slučaju treba da se sagledaju svi momenti (pa i oni koje je teže kvantificirati jer su kvalitativnog karaktera) koji mogu pridonijeti ispravnoj odluci. Potrebno je sagledati i faktore vezane za okruženje sistema u smislu prilagod-

ljivosti s obzirom na eventualnu mogućnost uključivanja u buduću veći energetska sistem. Drugim riječima, preporučljivo je fleksibilno planiranje radi izbjegavanja odluka koje previše sužavaju raspon budućih mogućnosti.

Neizvjesnosti koje su pristutne pri optimalizaciji sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu mogu se svesti u četiri skupine:

- međusobni odnosi cijena energije i opreme u promatranom budućem razdoblju,
- ocjena sadašnje i buduće vrijednosti financijskih sredstava Brodosplita vezano za alternativne mogućnosti njihove alokacije,
- moguća odstupanja od planiranog razvoja proizvodnih i poslovnih kapaciteta u Brodosplitu,
- mogućnosti opskrbe Brodosplita pojedinim oblicima energije danas i u budućnosti.

Iako je navedenim faktorima svojstvena neizvjesnost, ipak postoji dovoljno indikacija za njihovo sagledavanje. U protivnom bi planiranje bilo besmisleno. S druge strane, neizvjesnost, odnosno odstupanja koja mogu nastupiti u budućnosti od onih očekivanih, najvjerojatnijih vrijednosti nemaju pri svim navedenim ulaznim podacima isti rang utjecaja na rješenje.

Pokazat će se da neizvjesnosti navedene ad (c) i (d) imaju manje utjecaj na rješenje i da ih je dozvoljeno promatrati kao determinirane, dok neizvjesnosti ad (a) i (b) mogu znatnije odstupati od očekivanih, te ih pri sintezi integralnog treba tako i tretirati.

a) *Međusobni odnosi cijena energije i opreme u promatranom budućem razdoblju*

Cijene opreme i energije računane su sa stalnim cijenama iz kraja 1984. godine. Takav pristup je uobičajen u praksi donošenja financijskih odluka jer eventualne prognoze eskalacije cijena na način da se prema raznim stopama eskaliraju cijene pojedinih oblika energije i pojedine opreme unosi više neizvjesnosti nego što pridonosi objektivnosti razmatranja. Budući da odlučni utjecaj na rezultat optimalizacije imaju međusobni odnosi cijena, ovakav pristup, tj. račun sa stalnim cijenama ima svoje puno opravdanje.

Na osnovi iskustva o međusobnom kretanju cijena proizvoda strojogradnje i elektrostrojogradnje ne bi trebalo očekivati neke značajnije promjene u odnosima cijena pojedine opreme u budućnosti. S cijenama energije, odnosno relativnim odnosima kretanja cijena energije i opreme situacija je bitno drugačija. Pri tome se misli na svjetske tendencije, jer domaća iskustva ne mogu poslužiti na donošenje zaključaka zbog nekonzistentnosti politike cijena energije u nas i danas i u prošlosti. Poznato je da su današnji odnosi cijena goriva i električne energije u Jugoslaviji utvrđeni administrativno i da je u postojećoj situaciji kod nekih energetskih oblika nemoguće namiriti sredstva potrebna za proširenu reprodukciju i na taj način omogućiti daljni razvoj proizvodnje. Zbog toga je nelogičnosti u trenutnim odnosima cijena goriva potrebno izbjeći.

Širenje međunarodnih odnosa i međunarodne trgovine uvjetuje da politika ekonomske autarkije u bilo kojem obliku jednostavno ne može egzistirati u suvremenom svijetu. Posljedica na ekonomskom planu jest tendencija usvajanju univerzalnih ekonomskih zakonitosti koje treba da vladaju da bi pojedina zemlja uopće mogla biti prisutna na svjetskoj sceni. Ta istina u ekonomskim odnosima u svijetu najočitije se spoznaje na području međunarodne razmjene, gdje samo roba čija je cijena svjetski objektivizirana može pronaći kupca. Različiti oblici nacionalnih poticaja pri izvozu nužno koncipiraju strukturu cijene drugih roba, namijenjenih domaćem ili inozemnom tržištu, što samo potvrđuje neodrživost ekonomske autarkije [L 4].

Nužno je stoga uvažiti odstupanja koja će najvjerojatnije nastupiti u domeni cijena energije u budućnosti u odnosu na aktualno stanje (računajući sa stalnim cijenama).

riva na domaćem tržištu (tablica 2). Područje »od domaćeg do svjetskog odnosa cijena« jest područje unutar kojeg će se istraživati stabilnost rješenja na promjene cijena energije.

U tablici 3. nisu prikazani i tarifni stavovi električne energije za nivo napona 35 kV (na ovom se nivou promatraju izdaci za električnu snagu i energiju u Brodosplitu). S postojećom cijenom električne energije u SRH elektroprivreda ne može namicati sredstva ni ti za prostu reprodukciju te će već uskoro postati nužnost korigirati postojeće odnose cijena električne energije spram ostalih energetske oblika. U svim analizama će se, stoga, računati s očekivanim realnim cijenama električne energije (el. energija za viši tarifni stav 9,7 dinara/kWh, za niži tarifni stav 5,2 dinara/kWh, snaga 2326,0 dinara/kWh). Ove cijene jesu procjena osnovana na odnosu stalnih i promjenjivih troškova u elektroenergetskom sistemu SRH te stalnih i promjenjivih troškova termoelektrane na

Tablica 2.

Ogrjevne vrijednosti i cijene goriva

Listopad 1984. godine

Vrsta goriva	Donja ogrjevna vrijednost	Cijena (1 \$ = 186,68 dinara)			Odnos cijena	
	kJ/kg	\$/t	\$/GJ	dinara/GJ	%	
Svjetski odnosi cijena						
sirova nafta	45 440	235,27	5,178	967	100	
teško loživo ulje	40 200	145,72	3,625	677	70	100
ukapljeni plin	46 060	259,96	5,644	1 054	109	156
ekstralako loživo ulje	41 870	357,74	8,544	1 595	165	236
lignit	10 050	23,42	2,330	435	45	64
mrki ugljen	16 750	36,43	2,175	406	42	60
uvozni ugljen	29 310	53,11	1,812	338	35	50
Aktualne domaće cijene						
teško loživo ulje	40 200			970		100
ukapljeni plin	46 060			1 655		171
ekstralako loživo ulje	41 870			1 707		176
lignit (Tušnica)	10 240			322		33

Napomena: Cijene ugljena su fco depo u BIS-u.

Cijene energetske oblika utvrđivane su prije na osnovi troškovnog principa. Naftna kriza uvjetovala je promjene; troškovni pristup je napušten, pa se u svijetu cijene određuju prema njihovoj tržišnoj vrijednosti. Uzimajući to u obzir, moguće je, sagledavajući svjetske odnose u energetici, uspostaviti određene realnije odnose cijena goriva. U tablici 2. dani su međusobni svjetski odnosi cijena goriva povezani za cijenu sirove nafte (prema energetske ekvivalentu). Navedene cijene goriva trebalo bi da predstavljaju osnovu za provedbu tehničko-ekonomskih analiza. No, ipak ih je potrebno uzeti s dužnim oprezom jer je pitanje kada će biti uspostavljeni u domaćoj privrednoj politici (kao primjer će se navesti da aktualna domaća cijena naftnih derivata sadrži u sebi i elemente pokrivanja rafinerijskih gubitaka). Pri izradi ovog rada računa se stoga i s aktualnim cijenama go-

ugljen snage 300 MW, zadržavajući međusobne odnose cijena iz postojećih tarifnih stavova (1984. godina).

b) *Ocjena sadašnje i buduće vrijednosti financijskih sredstava Brodosplita vezano za alternativne mogućnosti njihove alokacije*

Ove neizvjesnosti odnose se na ocjenu preferencija vremena pri računu financijskih tokova. Prisutne su zbog doze subjektivizma koju ta ocjena nužno sadrži. Primjena metode neto sadašnje vrijednosti u optimizaciji integralnog sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu implicira korištenje mjere preferencija vremena — diskontne stope. Poznato je da visina diskontne stope ovisi o ovim faktorima (navode se samo osnovni faktori važni pri financiranju vlastitim sredstvima): raspoloživoj količini novca, kamatnoj

stopi po kojoj se posuđuje i unajmljuje novac, riziku posuđivanja i unajmljivanja novca te investiranja, stopi inflacije, dužini perioda promatranja, ekonomskom stanju organizacije i zemlje.

Kao primjer navedimo da znatne količine novca koje stoje na raspolaganju i sužene alternativne mogućnosti alokacije sredstava utječu na to da diskontna stopa bude niža. S druge strane, viša kamatna stopa po kojoj se novac posuđuje i unajmljuje i rizik pri investiranju »diže« diskontnu stopu, itd.

Prema dogovoru s financijskim stručnjacima Brodosplita računa se da je diskontna stopa od 15% najrealnija u uvjetima Brodosplita. Zbog neizvjesnosti i subjektivizma koju diskontna stopa sadrži ispitivat će se stabilnost rješenja na odstupanja od te vrijednosti diskontne stope u veoma širokom rasponu: od 0 do 20%.

c) *Moguća odstupanja od planiranog razvoja proizvodnih i poslovnih kapaciteta u Brodosplitu*

Na osnovi građevinskih i tehnoloških karakteristika objekata u Brodosplitu, te meteoroloških i projektnih parametara u vezi s potrebnim i željenim stanjem radnih uvjeta, izračunati su za svaku varijantu grijanja i ventilacije objekata (varijanta je definirana parom značajki y, z) te pripremu potrošne tople vode projektno toplinsko opterećenje objekta, godišnje potrebna toplina, električna snaga uređaja sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u objektima te potrebna električna energija.

Budući da je cilj ovog rada prikaz strateških elemenata u sintezi integralnog sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu, dovoljno je dati samo najnužnije podatke s tim u vezi (ostali se podaci mogu naći u [L 1]): toplinsko opterećenje svakog objekta u varijanti pri kojoj je to toplinsko opterećenje minimalno i u varijanti pri kojoj je ono maksimalno (ti parametri ovise o uvjetima ventilacije prostorija, odnosno o tome u kojoj se mjeri koristi toplina otpadnog uzduha). Ti podaci su zajedno s podatkom o terminu ulaska pojedinog objekta u pogon dani u tablici 1.

Iz tablice je vidljivo da odstupanja od planiranih proporcija razvoja prostora koje je potrebno energetski opskrbiti ne mogu znatnije utjecati na rezultat optimizacije. To je posljedica toga što je znatan broj tih prostora već izgrađen, odnosno što se u periodu promatranja planira izgraditi svega oko 20% novih prostora (izraženo u potrebnoj ogrjevnj snazi). Jasno je stoga da čak i znatnija odstupanja ne mogu imati veći utjecaj na bonitet ponuđenog rješenja.

d) *Mogućnosti opskrbe Brodosplita energijom*

Detaljnija analiza mogućnosti opskrbe Brodosplita energijom nije predmet istraživanja u ovom radu. Dat će se stoga samo najosnovnije napomene u mjeri potrebnoj za sintezu integralnog sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu.

U vezi s potencijalnim mogućnostima opskrbe Brodosplita ugljenom, prema informacijama Poslovne zajednice za ugljen SRH, količine ugljena potrebne

jedino Brodosplitu mogle bi se bez većih teškoća dobavljati iz postojećih obližnjih kopova jer se radi o malim količinama. Ovi rudnici, na žalost, nisu povezani željezničkom prugom sa Splitom, pa je nužan kamionski prijevoz, što poskupljuje cijenu ugljena fco depo u Brodosplitu.

Radi potrebnih referentnih podataka o cijeni ugljena za Brodosplit i svojstvima ugljena (o čemu ovisi koncipiranje uređaja za transformaciju, posebno karakteristika sistema za ispušt dimnih plinova u atmosferu) usvojiti će se pretpostavka koja se danas čini najrealnijom: da će se ugljen (lignit) dobavljati iz rudnika Tušnica uz kondicije po kojima ga već dobavlja splitski Jugovinil.

Za nivo snaga centralnog postrojenja za transformaciju koje zahtijeva toplinski sistem Brodosplita do kraja stoljeća u obzir za korištenje dolaze granulati orah i kocka. Podaci o karakteristikama ugljena granulata orah iz rudnika Tušnica dani su u tablici 3.

Tablica 3.

Podaci o uzorku lignita (orah) iz rudnika Tušnica

Sastav lignita, %		Sastav pepela, %		
vлага ukupno	34,00	SiO ₂	9,71	
pepeo	19,15	Fe ₂ O ₃	8,28	
isplinjivo	30,19	Al ₂ O ₃	3,82	
koks	35,23	CaO	42,10	
ugljik sagorivo	16,08	MgO	2,50	
sumpor ukupno	2,56	SO ₃	30,00	
sumpor vezani	0,16			
sumpor sagorivi	2,40			
Kemijaska analiza, %				
C	H	S	H ₂ + O ₂	pepeo
28,85	2,89	2,40	12,15	19,15
Temperatura sinterovanja			1 000 °C	
Temperatura mekšanja			1 220 °C	
Temperatura razlijevanja			1 270 °C	
$H_g = 11\,761$ kJ/kg				
$H_d = 10\,240$ kJ/kg				

U vezi s korištenjem teškog loživog ulja situacija je poznata (trenutno je na snazi zabrana gradnje postrojenja na teško loživo ulje). Budući da se sistem grijanja i ventilacije u Brodosplitu promatra u dužem vremenskom razdoblju (do 2000. godine), nužno je provesti analize i uz pretpostavku korištenja tog oblika energije te na osnovi financijskog boniteta varijante donijeti odluku o uvjetima njegova korištenja. Pri tome se naglašava da eventualna odluka o orijentaciji na korištenje teškog loživog ulja može značiti i kombinirano korištenje otpadnih ulja jer su raspoložive količine ovog potonjeg u Brodosplitu znatne (otpadna ulja će se cijenom tretirati kao teško loživo ulje).

Korištenje ukapljenog naftnog plina u Brodosplitu razmatra se prvenstveno kao eventualna prethodnica budućem korištenju prirodnog plina za koji se

pretpostavlja da bi možda mogao u budućnosti biti eksploabilan iz podmorja srednjeg ili južnog Jadrana. Ne treba, međutim, odbaciti ni orijentaciju na ukapljeni plin ako se ekonomska efikasnost te varijante pokaže neosporno povoljnijom od opskrbe drugim oblicima energije. Trenutna situacija raspoloživih količina ukapljenog naftnog plina u SFRJ jest nepovoljna [L 5] s obzirom na nepovoljnu deviznu situaciju i nabavu planiranih količina nafte (tj. proizvodnju ukapljenog naftnog plina). Očekuje se nastavak takvog stanja i u idućih nekoliko godina, pa će mogućnost opskrbe korisnika biti limitirana (što treba imati na umu pri koncipiranju strategije integralnog sistema).

Sagledavajući mogućnosti opskrbe Brodosplita energijom kao parametar u scenariju ulaznih podataka za optimalizaciju integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode, proizlazi da ih nije nužno tretirati kao neizvjesnosti. Naime, za eksploataciju toplinskog sistema u Brodosplitu trebaju relativno neznatne količine energije u bilanci SRH. Nijednu od tih količina sigurno nije problem dobiti ako se pokaže da njihovo korištenje pokazuje znatniju financijsku efikasnost prema korištenju ostalih oblika energije.

★

U prethodnim stavcima napomenute su osnove tretiranja nekih ulaznih podataka za optimalizaciju integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode. Ostale ulazne podatke za model nemoguće je dati u ovom članku, jer njihov broj premašuje mogućnosti ovog časopisa (broj ulaznih podataka je oko 4 000). Činjenica je da određivanje tih ulaznih podataka, usprkos potrebi korištenja niza matematičkih modela, ne odstupa od uobičajene rutine u stručnom pristupu tehničkim rješenjima (potrebno je proračunati toplinske potrebe objekata, dimenzionirati ogrjevnu instalaciju u objektima, optimirati polaganje, promjer i izolaciju svih tipova — značajka y — distributivnih mreža, riješiti pokrivanje toplinskog konzuma različitim postrojenjima za energetske transformacije — značajka v , riješiti izvedbu toplinske stanice i regulacije sistema, odrediti visinu dimnjaka za sisteme gdje je to potrebno, optimirati korištenje Sunčeve energije za pripremu potrošne tople vode itd. te utvrditi aktualizirane specifične izdatke pridružene svim tim podsistemima).

5. OPTIMALIZACIJA INTEGRALNOG SISTEMA GRIJANJA I VENTILACIJE U BRODOSPLITU

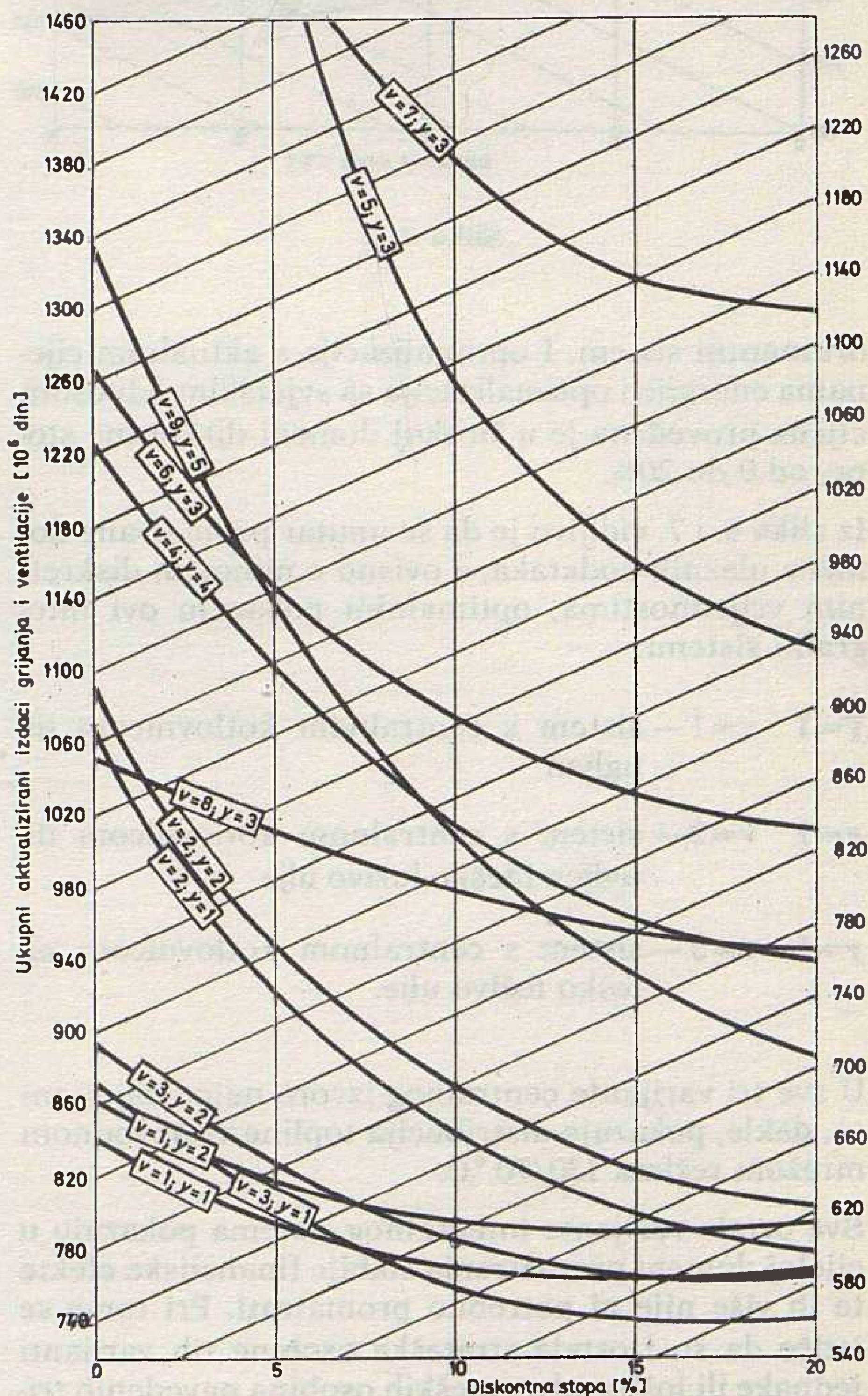
5.1. Strategija razvoja integralnog sistema grijanja i ventilacije

U poglavlju 3. opisan je matematički model za optimalizaciju integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripremu potrošne tople vode u Brodosplitu, a u poglavlju 4. dane su osnovne smjernice za određivanje ulaznih podataka za optimalizaciju integralnog sistema. Na osnovi tako određenih ulaznih podataka i ko-

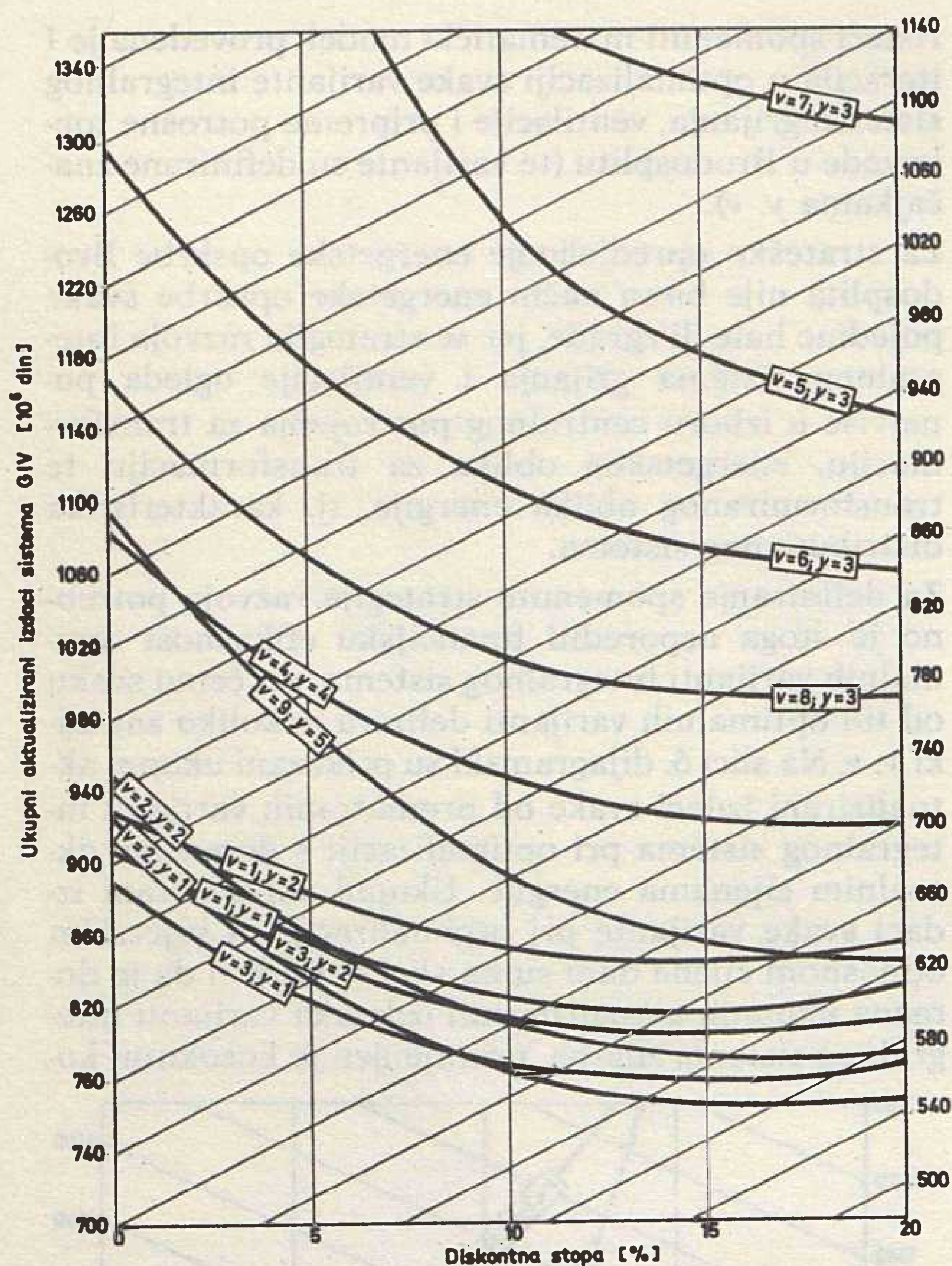
risteći spomenuti matematički model, provedena je iteracija u optimalizaciji svake varijante integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u Brodosplitu (te varijante su definirane značajkama y, v).

Za strateško opredjeljenje energetske opskrbe Brodosplita nije bitan način energetske opskrbe svake pojedine hale ili zgrade, jer se strategija razvoja integralnog sistema grijanja i ventilacije ogleda ponajviše u izboru centralnog postrojenja za transformaciju, energetskog oblika za transformaciju te transformiranog oblika energije, tj. karakteristika distributivnog sistema.

Za definiranje spomenute strategije razvoja potrebno je stoga usporediti financijsku efikasnost optimalnih varijanti integralnog sistema, pri čemu svaku od tih optimalnih varijanti definira nekoliko značajki y, v . Na slici 6. dijagramski su prikazani ukupni aktualizirani izdaci svake od promatranih varijanti integralnog sistema pri optimalizaciji s domaćim, aktualnim cijenama energije. Ukupni aktualizirani izdaci svake varijante pri optimalizaciji sa svjetskim odnosnom cijena dani su na slici 7. Budući da je domena ukupnih aktualiziranih izdataka varijanti integralnog sistema znatna, primijenjen je kosokutni ko-



Slika 6.



Slika 7.

ordinantni sistem. I optimalizacija s aktualnim cijenama energije i optimalizacija sa svjetskim odnosom cijena provedena je u širokoj domeni diskontne stope, od 0 do 20%.

Iz slika 6. i 7. vidljivo je da se unutar promatrane domene ulaznih podataka, a ovisno o njihovim diskretnim vrijednostima, optimalnim pokazuju ovi integralni sistemi:

$y=1$ $v=1$ — sistem s centralnom kotlovnicom na ugljen

$y=1$ $v=2$ — sistem s centralnom kotlovnicom na ugljen i teško loživo ulje

$y=1$ $v=3$ — sistem s centralnom kotlovnicom na teško loživo ulje.

U sve tri varijante centralnog izvora najpovoljnijom se, dakle, pokazuje distribucija topline vrelovodnom mrežom režima 130/70 °C.

Sve ostale varijante integralnog sistema pokazuju u cijeloj domeni promatranja slabije financijske efekte te ih više nije ni potrebno promatrati. Pri tome se ističe da su i ostale strateške osobine tih varijanti jednake ili lošije od strateških osobina navedenih triju varijanata.

Strategiju razvoja integralnog sistema grijanja i ventilacije treba, dakle, zacrtati na osnovi diskusije triju varijanta sistema ($v=1, 2, 3$). Iz slike 6. vidljivo je da se pri aktualnim cijenama energetske oblika, u domeni diskontne stope od 0 do oko 6% najpovoljnijim pokazuje korištenje ugljena u centralnoj kotlovnici ($v=1$). To je posljedica činjenice da niska diskontna stopa preferira investicijski skuplja rješenja s nižim eksploatacijskim izdacima. Također pri aktualnim cijenama energije, ali u domeni diskontne stope od otprilike 6–20%, najpovoljniji je sistem $v=3$, dakle, izgradnja kotlovnice s kotlovima na ugljen u osnovnom dijelu dijagrama opterećenja i s kotlovima na teško loživo ulje za pokrivanje vršnih opterećenja. Kotlovnica na teško loživo ulje ($v=2$), kao što je vidljivo sa slike 6, nije pri domaćim cijenama energije konkurentna korištenju ugljena (bilo u kombinaciji s teškim loživim uljem, bilo »samostalno«).

Svjetski odnos cijena teškog loživog ulja i ugljena manji je nego domaći, aktualni odnos ovih energenata. Imajući na umu izrazito kratko vrijeme trajanja ogrjevnice sezone u Brodosplitu i znatno niže investicijske izdatke u kotlovnici na teško loživo ulje prema onima u kotlovnici na ugljen, očekivalo se da će varijanta s teškim loživim uljem pokazati svoj bonitet pri svjetskom odnosu cijena energije. Optimalizacija varijanata integralnih sistema grijanja i ventilacije, rezultati koji su dani na slici 7, to je i pokazala: u domeni diskontne stope od oko 12 do 20% sistem s kotlovnicom na teško loživo ulje ($v=2$) povoljniji je od ostalih varijanata integralnog sistema. Pri nižim diskontnim stopama najmanje aktualizirane izdatke zahtijeva sistem s kotlovnicom koncipiranom na ugljenu (u osnovnom dijelu dijagrama trajanja opterećenja) i teškom loživom ulju (u vršnom dijelu dijagrama trajanja opterećenja).

Postavlja se pitanje kakvu odluku o strategiji razvoja energetike Brodosplita donijeti na osnovi ovakvih rezultata. Promatra li se rješenje pri diskontnim stopama od otprilike 12 do 20% (unutar kojega leži najrealnija vrijednost diskontne stope — 15%), vidljivo je da u ovom području nema »križanja« varijanti glede financijskog boniteta. Mijenja li se cijena goriva unutar te domene diskontne stope od aktualnih k svjetskim odnosima, najpovoljnija varijanta integralnog sistema grijanja i ventilacija kretat će se od varijante ugljen/teško loživo ulje ($v=3$) do varijante s teškim loživim uljem ($v=2$). Treba, međutim, naglasiti da razlika u ukupnim aktualiziranim izdacima između varijante ugljen/teško loživo ulje ($v=3$) i varijante s teškim loživim uljem ($v=2$) iznosi u domeni diskontne stope (10%, 20%) i pri svjetskom odnosu cijena energije manje od 2,5% (pri diskontnoj stopi 15% — 2,18%). Aktualne domaće cijene energije i svjetske cijene energije moguće je tretirati i terminski, pri čemu treba pretpostaviti da će se svjetski odnos cijena energije ustaliti u nas u nekom, za sada neizvjesnom, budućem terminu.

Na osnovi iznesenog u prethodnom stavku, zaključuje se da strategiju razvoja integralnog sistema grijanja

nja i ventilacije u Brodosplitu treba osnivati na izgradnji kotlovnice na ugljen u osnovnom dijelu dijagrama opterećenja i kotlovima na teško loživo ulje za pokrivanje vršnih opterećenja, dakle na varijanti $v=3$.

Osim financijske efikasnosti, ova varijanta ima i drugih povoljnosti od kojih treba istaći mogućnost jednostavnog uključivanja u možebitni, budući energetski sistem Splita ili industrijske zone (bez obzira na to kako će taj sistem biti koncipiran), što je izuzetno dragocjeni strateški element.

U dijagramima sa slike 6. i 7. nisu prikazani izdaci pri energiji (zajednička proizvodnja topline i električne energije) i pri generatoru za uplinjavanje ugljena. Te varijante su zbog specifičnosti naknadno vrednovane, usporedbom njihova financijskog boniteta s prije navedenom najpovoljnijom varijantom.

5.2. Idejno rješenje grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u objektima Brodosplita

Pri definiranju strategije razvoja integralnog sistema grijanja i ventilacije u Brodosplitu odluka je donesena na osnovi različitog scenarija ulaznih podataka (ovisno o diskontnoj stopi i odnosima cijena energije). Pri definiranju idejnog rješenja grijanja, ventila-

cije i pripreme potrošne tople vode u objektima Brodosplita poći će se od jednog, najvjerojatnijeg scenarija ulaznih podataka jer moguća odstupanja od tog scenarija ne mogu imati strateško značenje, odnosno ne mogu znatnije utjecati na financijsku efikasnost cijelog integralnog sistema.

Na osnovi ulaznih podataka definiranih ranije, računajući s diskontnom stopom od 15% i svjetskim odnosom cijena energije (usvaja se da je ovaj scenario ulaznih podataka najvjerojatniji), optimalizacijom varijante $y=1, v=3$ integralnog sistema proizašli su sistemi grijanja ventilacije i pripreme tople vode u objektima Brodosplita dani u tablici 4.

Treba ponoviti da je optimalizacija izvršena na osnovi ulaznih podataka koji ne pretpostavljaju izgradnju novih decentraliziranih postrojenja za transformaciju goriva (ona kao što je vidljivo iz tablice 4 nisu pokazala bonitet spram integralnog sistema), te pri pripremi potrošne tople vode gdje je razmatrana Sunčeva toplina i električna energija kao decentralizirani načini energetske opskrbe. Potrebno je stoga za objekte pri kojima su izdaci u distributivnu mrežu ekstremno visoki usporediti optimalizacijom dobiveno rješenje s nekim od decentraliziranih načina energetske opskrbe. Odnosi se to na objekte nižih toplinskih opterećenja koji su udaljeni od magistralnih

Tablica 4.

Optimalna varijanta grijanja, ventilacije i pripreme potrošne vode u objektima BIS-a

Hale		H(201/1, 14) H(201/2, 11) H(205, 11) H(206, 11) H(211, 11) H(213, 11)	H(301, 11) H(302/1, 11) H(302/3, 11) H(303, 11) H(304, 11) H(305/2, 14) H(306/1, 14) H(306/2, 14)	H(401, 16) H(403, 11) H(404, 11) H(408/1, 16) H(409/3, 14)	H(501/1, 14) H(501/2, 14) H(501/3, 14) H(501/4, 14) H(502, 14) H(503, 14)	H(601, 11)
Zgrade	A(101, 16) A(102, 16) A(103, 16) A(104, 17) A(105, 16) A(106, 16) A(107, 17)	A(202, 17) A(203, 17) A(214, 17) A(205, 16) A(206, 17) A(207, 17) A(208, 17) A(209, 17) A(210, 17) A(211, 17) A(212, 17) A(213, 17)	A(301, 17) A(302, 17) A(303, 17) A(304, 17) A(305/2, 17) A(306, 17)	A(401, 16) A(403, 17) A(405, 17) A(406, 17) A(407, 16) A(408/1, 17) A(408/3, 17)	A(501, 17) A(502, 17) A(503, 17)	A(601, 17) A(602, 17)
Priprema potrošne tople vode	P(107, 19)	P(202, 78) P(203, 19) P(204, 19) P(205, 19) P(206, 19) P(207, 19) P(211, 19) P(212, 78) P(213, 19)	P(301, 78) P(302, 19) P(303, 19) P(304, 78) P(305/1, 19) P(305/2, 78) P(306, 19)	P(401, 19) P(403, 19) P(404, 19) P(405, 19) P(406, 19) P(407, 19) P(408/1, 19)	P(501, 19) P(502, 19) P(503, 19)	P(601, 19)

dionica distributivne mreže, zbog čega je dionica magistralna mreža — objekt veće dužine, a malih toplinskih tokova, odnosno skupa. Takva usporedba pokazala je da objekte A (202) i A (212) ne treba opskrbljivati toplinom iz centraliziranog vrelovodnog sistema, već da pri njima treba izgraditi decentralizirane izvore topline — male kotlove na ugljen tipova onih korištenih za etažne ogrjevne sisteme u domaćinstvima (objekt A (202) ulazi u funkciju tek 2000. godine, a ogrjevna mu je snaga oko 62 kW, dok je objekt A (212) već u funkciji, a ogrjevna mu je snaga 141 kW). Budući da je u oba ova objekta potrošnu toplu vodu najpovoljnije pripremiti u električnim kotlovima, dakle opet decentraliziranim načinom energetske opskrbe, oni se u daljim razmatranjima više neće promatrati u sklopu centraliziranog sistema grijanja i pripreme potrošne tople vode u Brodosplitu.

5.3. Distributivna vrelovodna mreža za optimalnu varijantu opskrbe

U ovoj iteraciji optimalizacije integralnog sistema grijanja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode u Brodosplitu distributivna mreža se optimirala na osnovi prosječnih toplinskih snaga objekata (aritmetičke sredine minimalne i maksimalne toplinske snage objekta). U drugoj iteraciji distributivnu mrežu najpovoljnijeg načina energetske opskrbe treba ponovo optimirati, ali sada s toplinskim opterećenjem objekata proizašlih optimalizacijom u prvoj iteraciji. Ta opterećenja dana su u tablici 5.

Na osnovi tih podataka i sheme trase distributivne mreže dane na slici 1 (kao što je rečeno objekti A (202) i A (212) se ne uključuju u opskrbu iz distributivne mreže) izvršena je optimalizacija distributivne vrelovodne mreže. Rezultati optimalizacije dani su na shematskom prikazu mreže (slika 8).

5.4. Konceptija centralne kotlovnice

Centralno postrojenje za transformaciju energije goriva u toplinu vrele vode treba da bude koncipirano s kotlom na ugljen čije karakteristike odgovaraju karakteristikama kotla KLM 125 i kotlom na teško loživo ulje (ili otpadna ulja) čije karakteristike odgovaraju karakteristikama BKG 150 (proizvođač oba navedena kotla je TPK Zagreb). Dijagram porasta konzuma na pragu kotlovnice i pokrivanje dijagrama trajanja opterećenja u Brodosplitu spomenutom konceptijom kotlovnice dano je na slici 9.

Godišnje potrebna masa ugljena (zaokruženo na 50 t), za dijagram pokrivanja dan na slici 9, iznosi (ugljen je karakteristika lignita iz Tušnice — 10,24 MJ/kg):

- 1987. godine 3 100 t
- 1988. godine 3 250 t

- 1989. godine 3 300 t
- 1990–1994. godine 3 500 t
- 1995–1999. godine 3 600 t
- 2000. godine 3 650 t

Tablica 5.
Toplinsko opterećenje grijanja i pripreme potrošne tople vode pri optimalnom sistemu

Oznaka zgrade	Toplinsko opterećenje	Oznaka hale	Toplinsko opterećenje	Priprema vode	Toplinsko opterećenje
	kW		kW		kW
A 101	1 100,0			P 107	57,0
A 102	410,0				
A 103	133,0				
A 104	97,0				
A 105	192,0				
A 106	107,0				
A 107	715,0				
A 202	141,0	H 201/1	267,0	P 203	41,5
A 203	188,0	H 201/2	1 150,5	P 204	46,8
A 204	260,0	H 205	2 506,1	P 205	61,0
A 205	450,0	H 206	370,5	P 206	14,1
A 206	57,7	H 211	100,0	P 207	47,1
A 207	281,0	H 213	96,5	P 211	18,3
A 208	219,0			P 213	10,5
A 209	181,0				
A 210	131,0				
A 211	208,1				
A 212	57,7				
A 213	18,2				
A 301	44,0	H 301	130,3	P 302	26,9
A 302	122,7	H 302/1	487,2	P 303	20,3
A 303	188,9	H 302/2	271,6	P 305/1	9,2
A 304	47,5	H 302/3	265,9	P 306	11,8
A 305/2	64,0	H 303	540,7		
A 306	190,4	H 304	95,7		
		H 305/2	304,9		
		H 306/1	340,5		
		H 306/2	37,5		
A 401	155,8	H 401	575,0	P 401	18,8
A 403	500,0	H 403	500,0	P 403	10,2
A 405	137,6	H 404	242,0	P 404	2,2
A 406	330,0	H 405	297,4	P 405	31,3
A 407	218,0	H 408/1	640,0	P 406	20,3
A 408/3	100,0	H 408/3	417,7	P 407	28,5
				P 408/1	12,2
A 501	153,6	H 501/1	26,4	P 501	30,5
A 502	217,6	H 501/2	37,3	P 502	20,3
A 503	42,0	H 501/3	43,3	P 503	34,1
		H 501/4	44,6		
		H 502	65,1		
		H 503	62,7		
A 601	406,9	H 601	858,3	P 601	30,5
A 602	29,3				

Prema dijagramu pokrivanja toplinskog opterećenja Brodosplita danom na slici 9, proizlaze ove potrebe u teškom loživom ulju (ili ekvivalentu otpadnih ulja):

- 1987. godine 130 t
- 1988. godine 150 t
- 1989. godine 170 t
- 1990 – 1994. godine 260 t
- 1995 – 1999. godine 310 t
- 2000. godine 310 t

6. ANALIZA ONEČIŠĆENJA ZRAKA I DEFINIRANJE VISINE DIMNJAKA

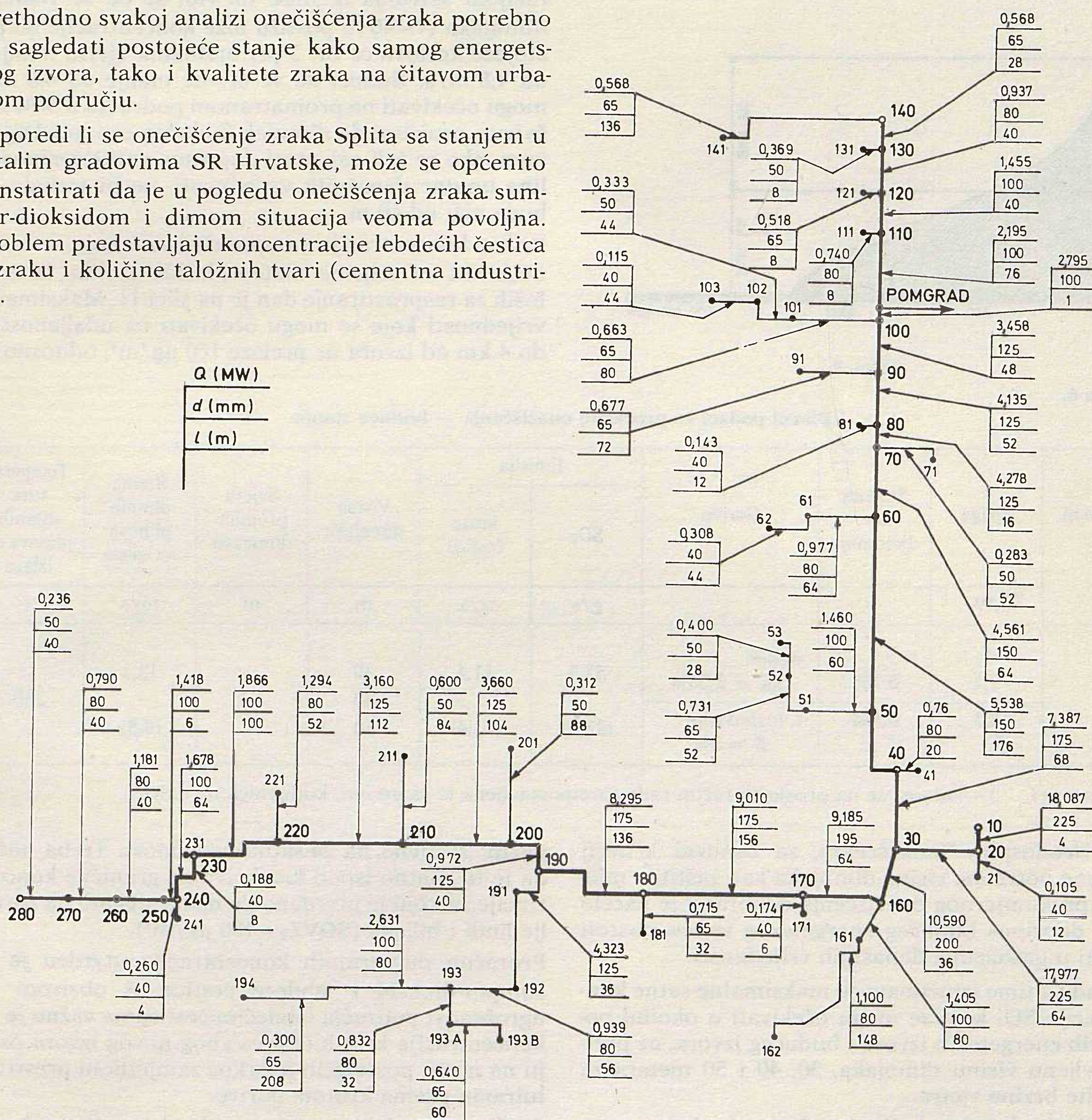
Teškoće koje se javljaju zbog sve većeg onečišćenja okoline naročito su izražene u industrijsko-urbanim područjima. Nužno je stoga pri planiranju energetske opskrbe potpuno ravnopravno financijsko-tehničkim razmatranjima tretirati i pitanje očuvanja kvalitete zraka.

Prethodno svakoj analizi onečišćenja zraka potrebno je sagledati postojeće stanje kako samog energetskog izvora, tako i kvalitete zraka na čitavom urbanom području.

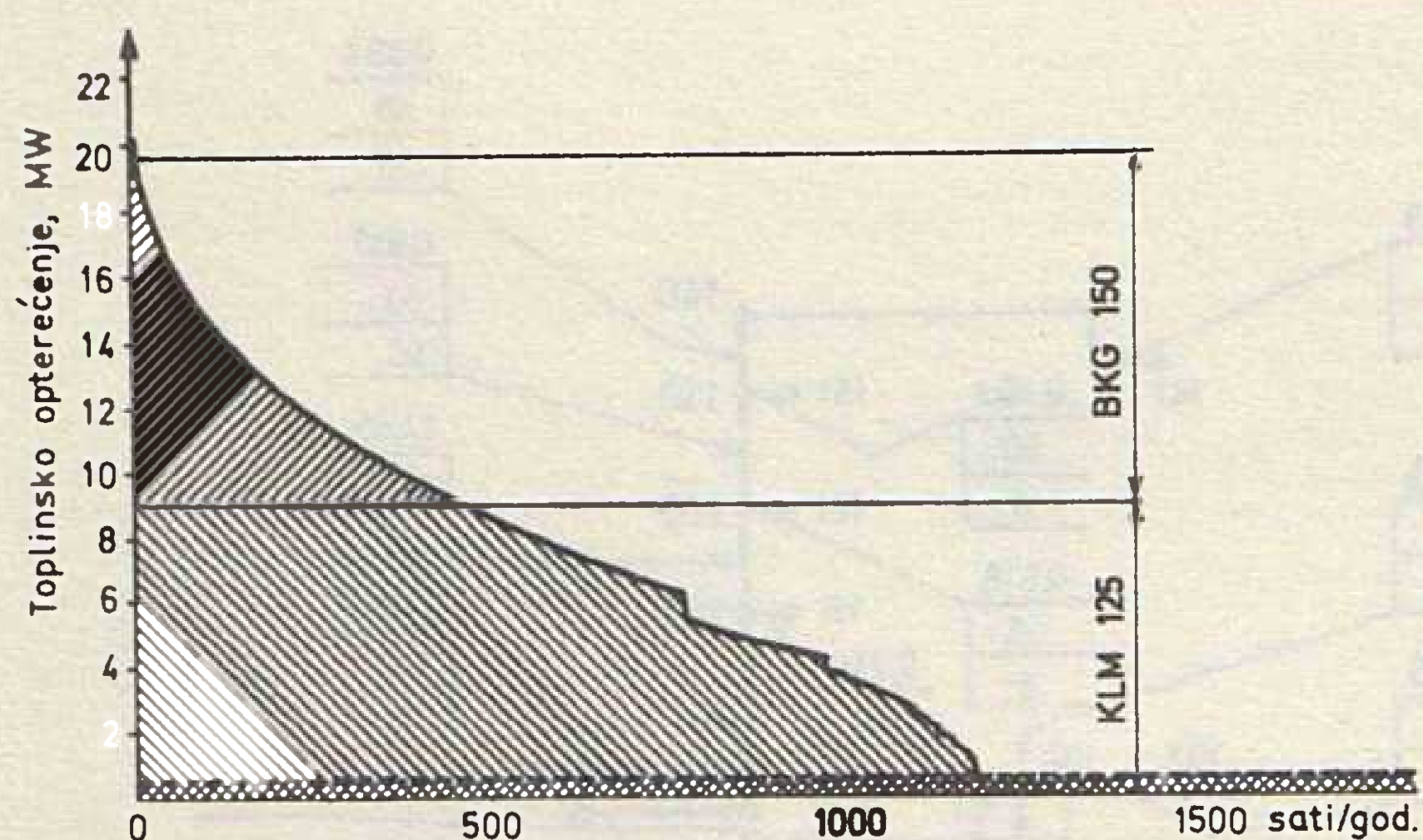
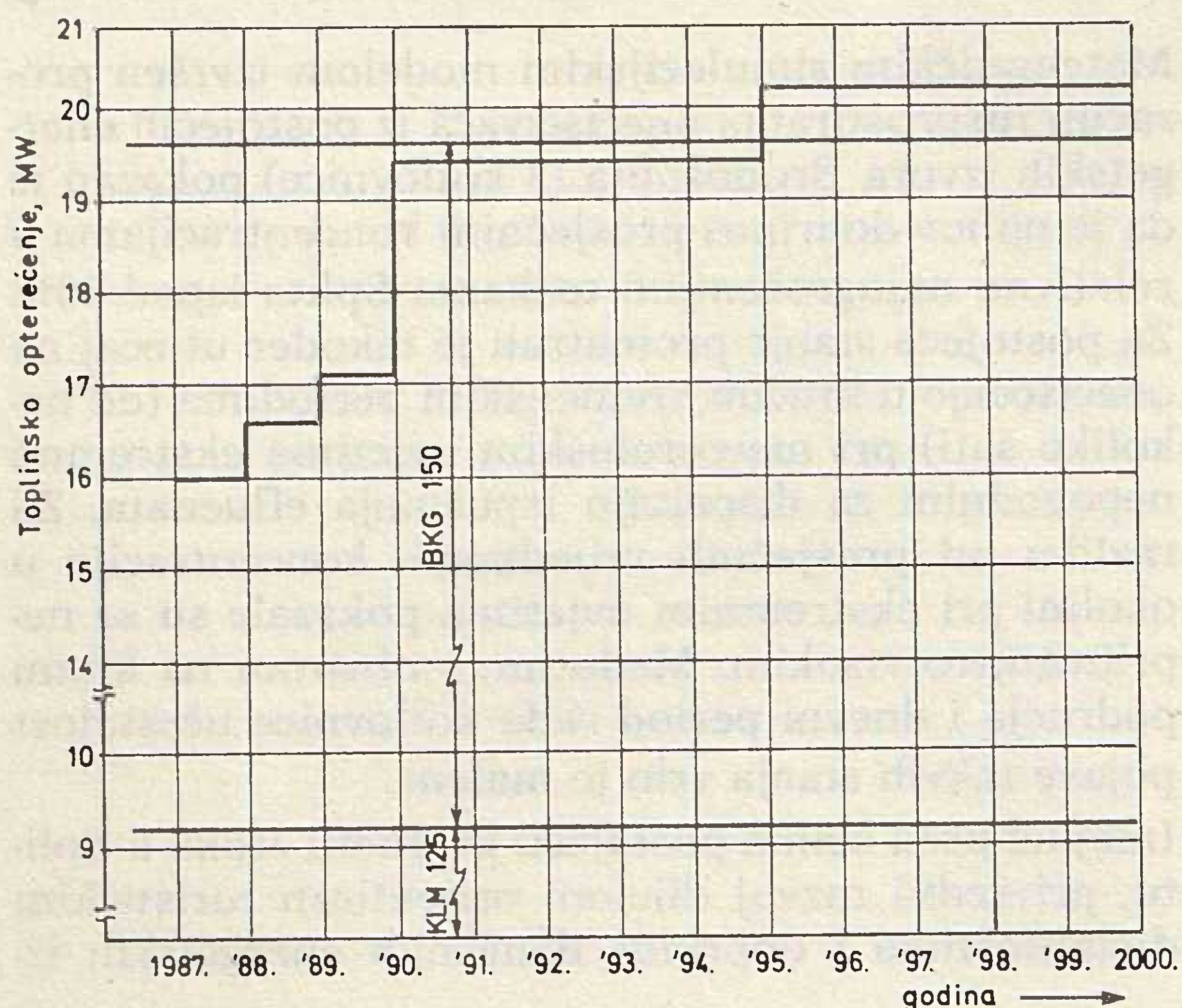
Usporedi li se onečišćenje zraka Splita sa stanjem u ostalim gradovima SR Hrvatske, može se općenito konstatirati da je u pogledu onečišćenja zraka sumpor-dioksidom i dimom situacija veoma povoljna. Problem predstavljaju koncentracije lebdećih čestica u zraku i količine taložnih tvari (cementna industrija).

Matematičkim simulacijskim modelom izvršen proračun rasprostiranja onečišćivača iz postojećih energetskih izvora Brodosplita (3 kotlovnice) pokazao je da je njihov doprinos prosječnim koncentracijama u relativno najugroženijim točkama Splita ispod 10%. Za postojeće stanje promatran je također utjecaj na onečišćenje u kraćim vremenskim periodima (od nekoliko sati) pri meteorološkim uvjetima ekstremno nepogodnim za disperziju ispuštanja efluenta. Za razliku od prosječnih vrijednosti, koncentracije u okolini pri ekstremnim uvjetima pokazale su se neprihvatljivo visokim. Međutim, s obzirom na klimu područja i dnevni period rada kotlovnice učestalost pojave takvih stanja vrlo je malena.

Imajući pred očima postojeću kvalitetu zraka u Splitu, privredni razvoj dijelom orijentiran turističkim djelatnostima i doprinos današnjih energetskih iz-



Slika 8.



Slika 9.

Tablica 6.

Ulazni podaci za proračun onečišćenja — buduće stanje

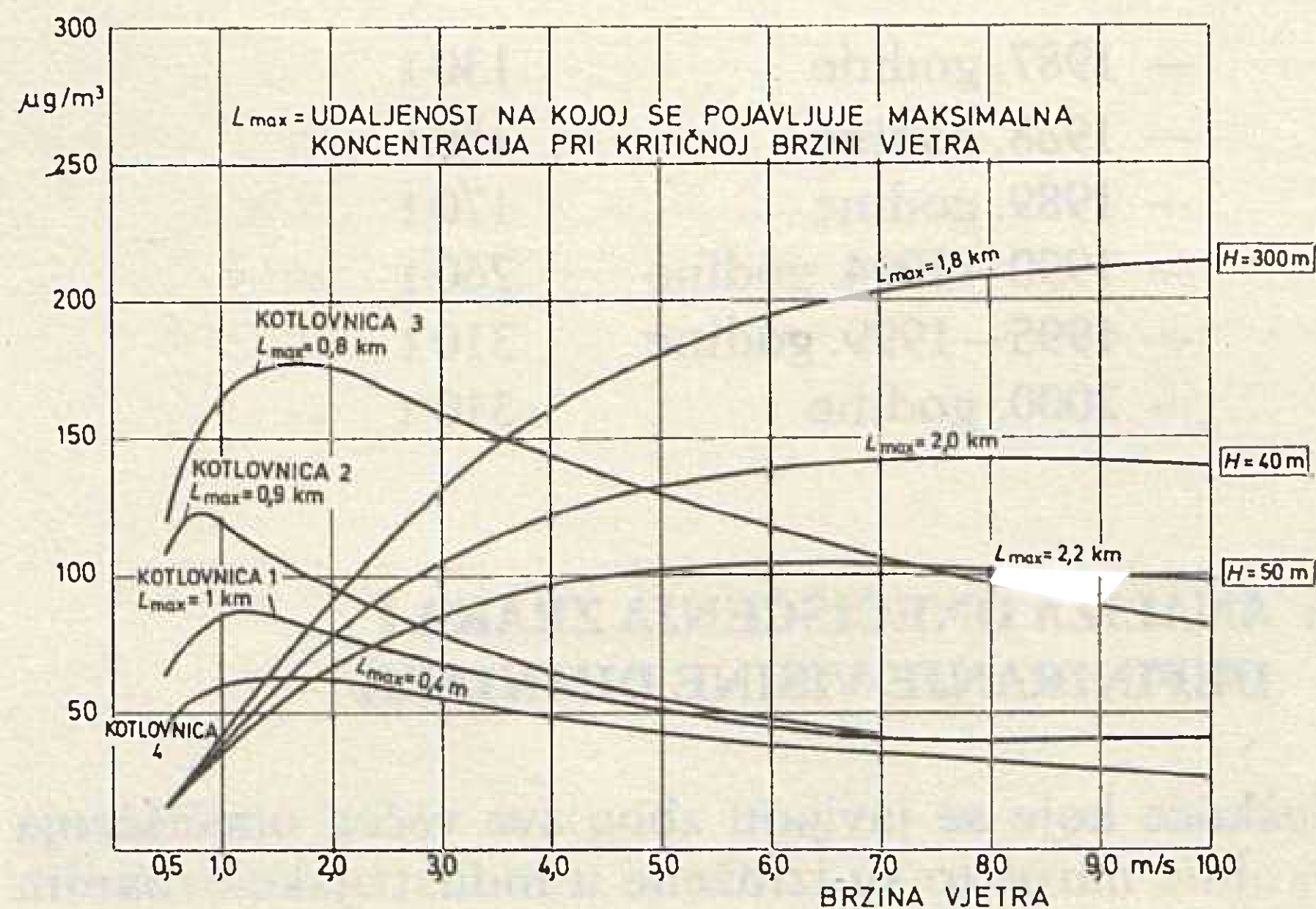
Kotlovnici	Snaga MW	Stupanj kor. djelovanja	Gorivo	Emisija		Visina dimnjaka m	Svjetli promjer dimnjaka m	Brzina dimnih plinova na izlazu m/s	Temperatura dimnih plinova na izlazu °C
				SO ₂ g/s	krute čestice g/s				
5.	9,2	0,757	ugljen S _{uk} = 2,56%	57,3	11,4	30	1,3	13,1	230
	8,5	0,854	t. loživo ulje S = 3%	(42,6)	(11,4)	50			

Napomena: () — odnosi se na prosječni režim rada (pretpostavljena je samo ind. kotlovnica na ugljen).

vora Brodosplita onečišćenju, za osnovni kriterij procjene potrebne visine dimnjaka kao zaštitne mjere od prekomjernog onečišćenja odabrano je načelo da se doprinos budućeg energetskog izvora nastoji održati u granicama današnjih vrijednosti.

U skladu s time izračunate su maksimalne satne koncentracije SO₂ koje se mogu očekivati u okolini postojećih energetskih izvora i budućeg izvora, uz pretpostavljenu visinu dimnjaka, 30, 40 i 50 metara za različite brzine vjetra.

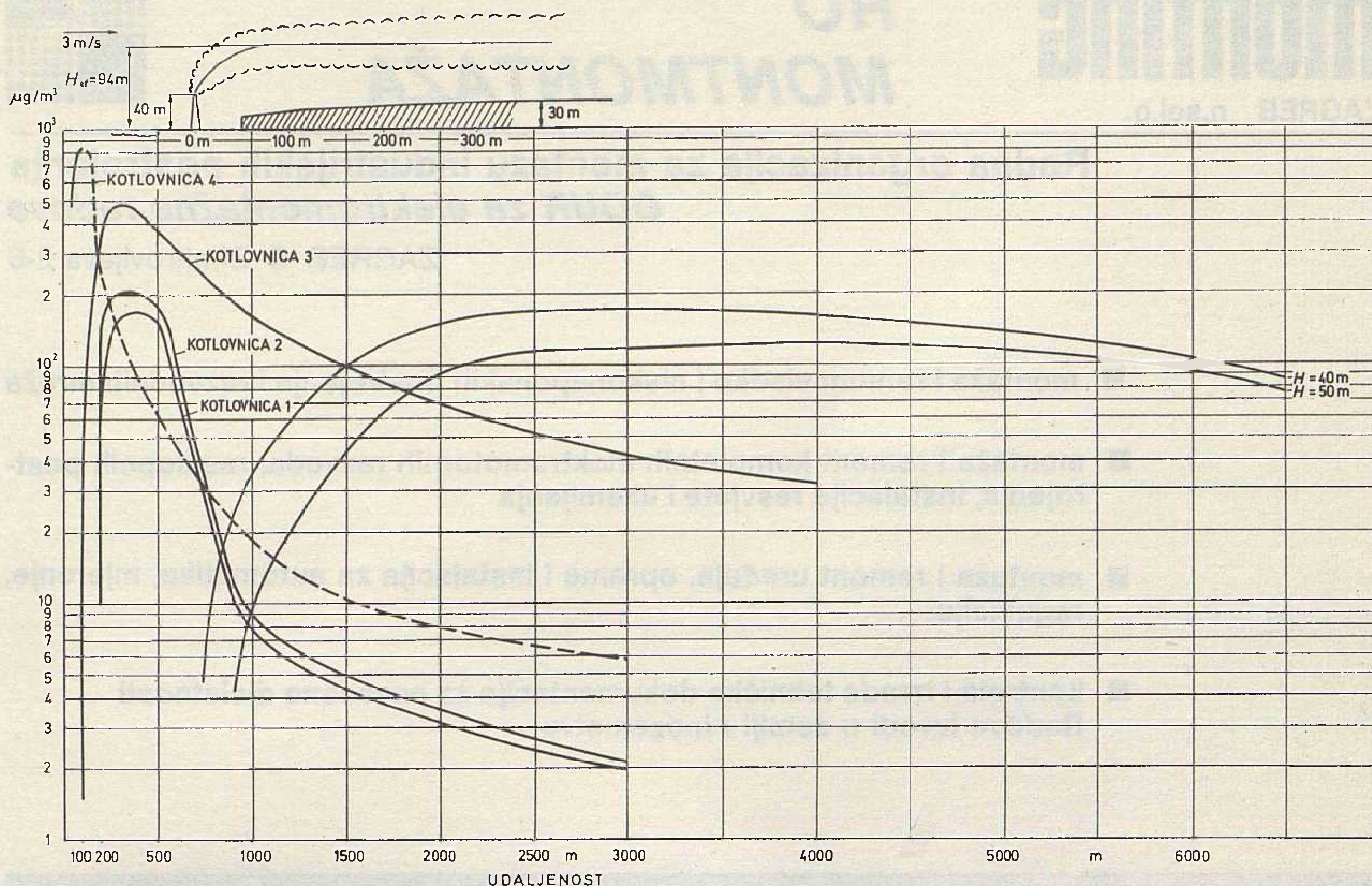
Tehnološke karakteristike ispuštanja budućeg energetskog izvora dane su u tablici 6, a na slici 10. dan je



Slika 10.

prikaz izračunatih vrijednosti koncentracija. Komparacijom krivunja iz slike 10. vidi se da se visinom dimnjaka $H=40$ m postižu niže koncentracije od postojeće kotlovnice br. 3 pri brzinama vjetra manjim od $4,8$ m/s. Budući da se brzine manje od $4,8$ m/s mogu očekivati na promatranom području u 50% slučajeva, proizlazi da dimnjak budućeg energetskog izvora, ako se želi osigurati doprinos onečišćenju okoline unutar današnjih vrijednosti, ne bi trebalo da bude niži od 40 m.

Prikaz koncentracija sumpor-dioksida koje se mogu očekivati za vrijeme meteoroloških prilika izrazito loših za rasprostiranje dan je na slici 11. Maksimalne vrijednosti koje se mogu očekivati na udaljenosti 2 do 4 km od izvora ne prelaze $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, odnosno 90



Slika 11.

održati utjecaj energetskih izvora Brodosplita u okruženju današnjih vrijednosti. Promatraju li se kratkotrajne maksimalne vrijednosti koncentracija pri ekstremnim meteorološkim uvjetima, tom visinom postižeće se bolji uvjeti rasprostiranja od današnjih. Dakako, visinom većom od navedene postigli bi se još povoljniji uvjeti rasprostiranja. Tako bi već visinom dimnjaka 50 metara očekivane koncentracije u okolini bile oko 20% niže. S obzirom na to da su investicije u dodatno povećanje visine dimnjaka relativno malene, a efekti poboljšanja pokazali su se značajni, preporučeno je da se prije izgradnji dimnjaka visine 50 metara ili čak veće.

LITERATURA

- [1] Tim autora: »Idejno rješenje integralnog sistema grijanja i ventilacije u SOUR-u Brodograđevna industrija Split«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1984.
- [2] L. JOHANSEN: »Predavanja iz makroekonomskog planiranja«, Centar za kulturnu djelatnost, Zagreb, 1985.
- [3] »Provedbeni urbanistički plan Brodograđevne industrije« Split, Urbanistički zavod Dalmacije, Split, 1984.
- [4] Z. HILL: »Odnosi cijena energije, Podloge za izradu studije Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.
- [5] J. PETRUŠA: »Stanje i perspektive proizvodnje UNP u SFRJ«, Savjetovanje Energetika gradova, Beograd, 1984.

PLANNING OF INTEGRAL HEATING AND VENTILATION SYSTEM IN SOUR BRODOGRAĐEVNA INDUSTRIJA SPLIT

In the article is described a method for planning of integral heating and ventilation and hot water production system in industry. Planning is considered as process with strategic decisions and as target is complete system for heating, ventilation and hot water with lowest costs and environmental impact. Developed method is applied for planning of integral system for heating and ventilation in SOUR Brodograđevna industrija Split.

PLANUNG DES INTEGRALEN BEHEIZUNGSSYSTEMS UND DER BELÜFTUNG BEI SOUR — SCHIFFSBAUINDUSTRIE SPLIT

Beschrieben wird die Planungsmethode des integralen Beheizungssystems, der Belüftung und der Vorbereitung des warmen Gebrauchswassers im Industriekomplex. Die Planung wird als ein Prozess mit strategischen Beschlüssen behandelt und als Ziel wird die Synthese so eines Beheizungssystems der Belüftung und der Vorbereitung des warmen Gebrauchswassers, die im Zeitabschnitt der Betrachtung am billigsten sein wird und die Regeln des Umweltschutzes beachten wird. Die entwickelte Methode wurde bei der Planung des integralen Beheizungssystems und der Belüftung bei SOUR — Schiffsbauindustrie Split angewendet.

ПЛАНИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ НА СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННОГО ТРУДА «БРОДОГРАДЖЕВНА ИНДУСТРИЈА, г. СПЛИТ

Описан метод планирования интегральной системы отопления, вентиляции и подготовки потребления теплой воды в промышленном комплексе. Планирование рассматривается как процесс со стратегическими постановками, а целью ставится синтез такого отопления, вентиляции и подготовки потребления теплой воды, который в течение рассматривания потребует наименьшие затраты и учет экологические ограничения. Разработанный метод был применен для планирования интегральной системы отопления и вентиляции на Сложной организации объединенного труда «Бродограджевна индустрија» (Судоостроительное производство), г. Сплит.

Naslov pisaca:

Zdravko Mužek, dipl. inž.
 Hrvoje Štingl, dipl. inž.
 mr Zlatko Komerički, dipl. inž.
 Marijan Sarajlija
 Vladimir Jelavić, dipl. inž.

Institut za elektroprivredu 41000
 Zagreb, Proleterskih b. 37
 Jugoslavija

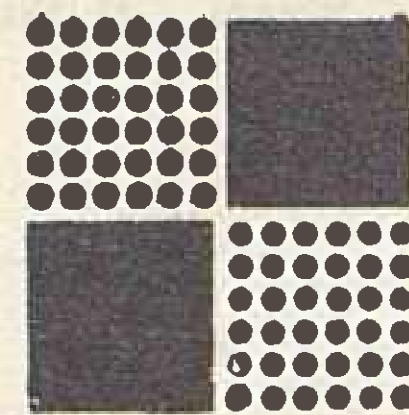
Uredništvo primilo rukopis
 1985 — 05 — 05

SOUR

MONTING

ZAGREB n.sol.o.

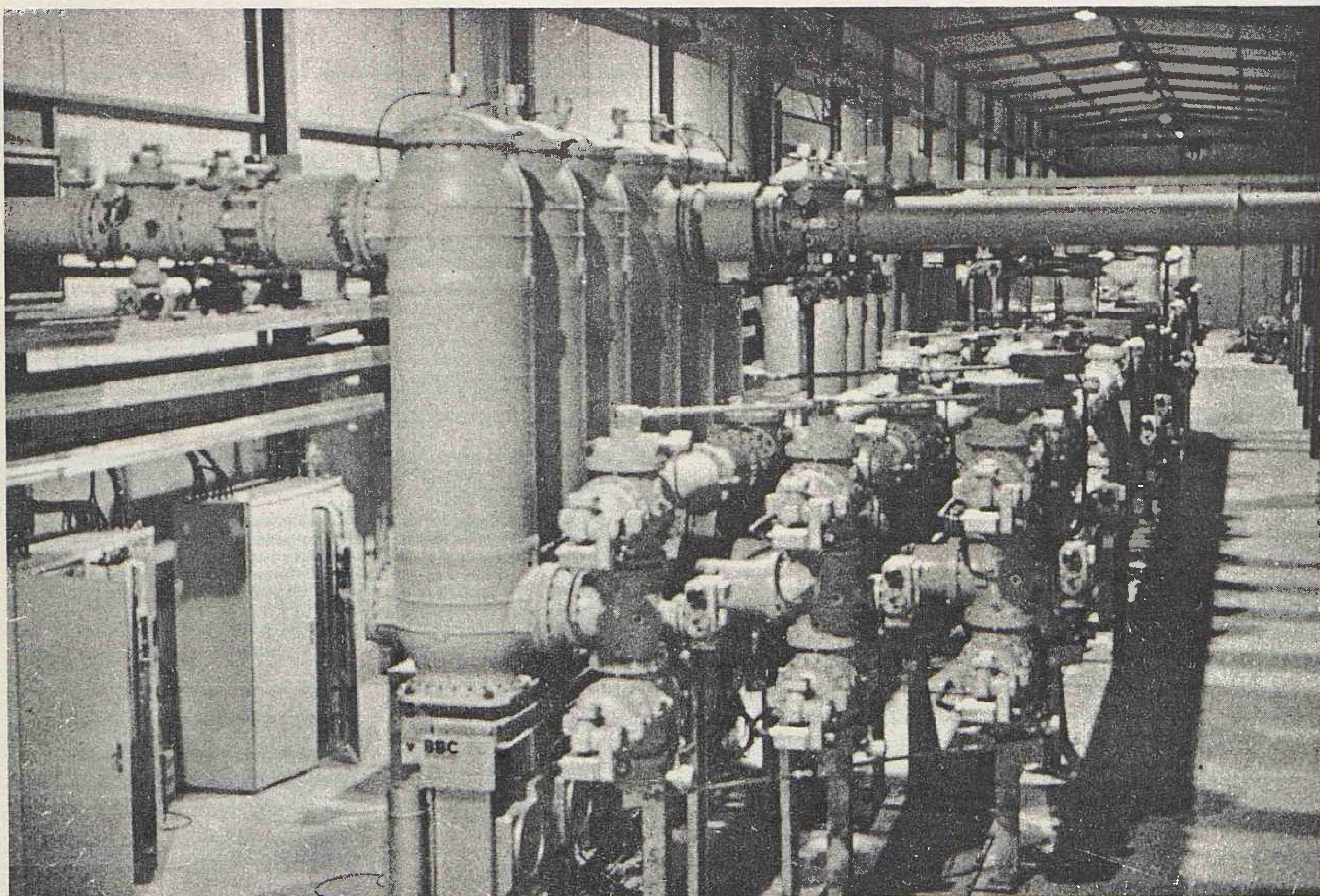
**RO
MONTMONTAŽA**



**Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOUR za elektromontažne radove**

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



Detalj s montaže trafostanice SF6 220 kV u Libiji

KARAKTERISTIKE ELEKTROENERGETSKOG KONZUMA ELEKTROPRIVREDE ZAGREB U 1984. GODINI

Dr Zdravko Hebel — Miroslav Mesić, Zagreb

UDK 621.31

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Na temelju podataka o opterećenjima transformatorskih stanica 110/x kV na području Elektroprivrede Zagreb (sjeverozapadna Hrvatska) formirane su odgovarajuće datoteke energetske podataka.

Podaci su složeni na način koji omogućuje brzu i preglednu analizu opterećenja za bilo koju grupu elemenata (TS) i bilo koji vremenski interval u godini (najmanje 1 dan, najviše 1 godina) primjenom odgovarajućih programskih paketa na elektroničkom računalu UVINAC-1100 SRC-a u Zagrebu.

U Elektroprenosu Zagreb provodi se mjesečna analiza karakteristika elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb pomoću elektroničkog računala i publicira mjesečni energetski izvještaj.

Opisani sistem je osnova za određivanje karakteristika elektroenergetskog konzuma u 1984. godini u smjeru ukupni konzum (svi elementi) — energetski segmenti (grupe elemenata) — element konzuma.

Ključne riječi: elektroenergetski konzum, Elektroprivreda Zagreb, karakteristike.

1. KARAKTERISTIKE UKUPNOG KONZUMA ELEKTROPRIVREDE ZAGREB U 1984. GODINI

Ukupni konzum obuhvaća transformatorske stanice 110/x kV na području Elektroprivrede Zagreb, sjeverozapadna Hrvatska (slika 1). Energetski segmenti (I – IX) određeni su na temelju organizacijskih, energetskih i geografskih kriterija, a prema potrebi mogu se odrediti i nekim drugim kriterijem.

U tablici na slici 2. prikazane su vrijednosti maksimalnog opterećenja (P_{max}) s vremenom nastupanja (datum, dan, sat), temperatura u doba nastupa P_{max} , minimalnog opterećenja (P_{min}) s vremenom nastupanja, odgovarajućom srednjom snagom i srednjom temperaturom, te mjesečnom izračunatom energijom — po mjesecima u 1984. godini.

Podatak o temperaturi za vrijeme nastupanja P_{max} dobiven je odgovarajućom interpolacijom triju poznatih dnevnih temperatura 7, 14 i 21 sat (porijeklo podataka — Republički hidrometeorološki zavod SRH) za meteorološko mjerno mjesto Zagreb — Maksimir, koje se procjenjuje dovoljno reprezentativnim za ovo područje.

Kretanje mjesečnih maksimalnih opterećenja ukupnog konzuma u 1984. godini prikazano je na slici 3.

Karakteristike ukupnog konzuma za dan nastupa godišnjeg maksimuma (P_{max} , datum, dan, sat, T) i minimuma, kao i srednja godišnja snaga, temperatura i izračunata energija prikazane su na slici 4, a na slici 5. prikazan je dnevni dijagram opterećenja za promatran dan. Za usporedbu na istom dijagramu za dan nastupa godišnjeg maksimuma u 1983. godini.

Participacija glavnih dijelova (makrosegmenti) konzuma u maksimalnom opterećenju ukupnog konzuma u 1984. godini prikazana je na slici 6, a na slici 7. prikazana je participacija pojedinih energetskih segmenata u maksimalnom opterećenju distributivnog konzuma.

Zbog kompletnosti slike konzuma u vrijeme nastupanja P_{max} na slici 8. prikazana je participacija elemenata energetskog segmenta ZAGREB MAKRO u P_{max} distributivnog konzuma

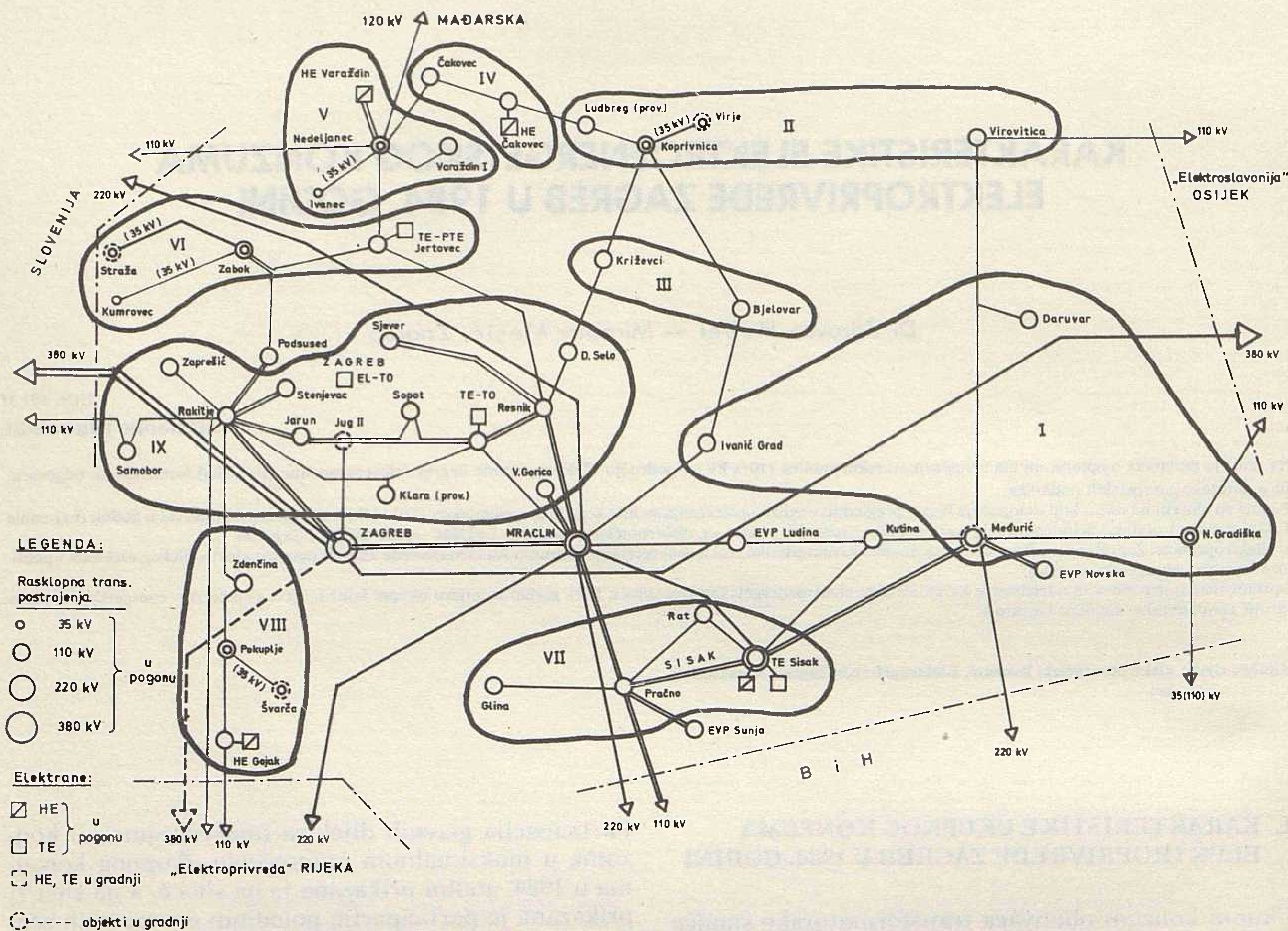
Iz činjenice da Elektroprivreda Zagreb predstavlja približno 42% elektroenergetskog konzuma SR Hrvatske, a energetski segment ZAGREB MAKRO 52% konzuma Elektroprivrede Zagreb izvodi se zaključak o učešću ovog segmenta (šire područje grada Zagreba) u maksimalnom opterećenju SR Hrvatske.

2. KOMPARACIJA KARAKTERISTIKA KONZUMA U 1983. I 1984. GODINI

S obzirom na raspoložive podatke o karakteristikama konzuma Elektroprivrede Zagreb za 1983. godinu i rezultate provedene analize za 1984. godinu moguće je usporediti karakteristike konzuma.

Na slici 9. prikazana su kretanja P_{max} po mjesecima za ukupni konzum, a na slici 10. kretanja P_{max} po mjesecima za energetski segment ZAGREB MAKRO.

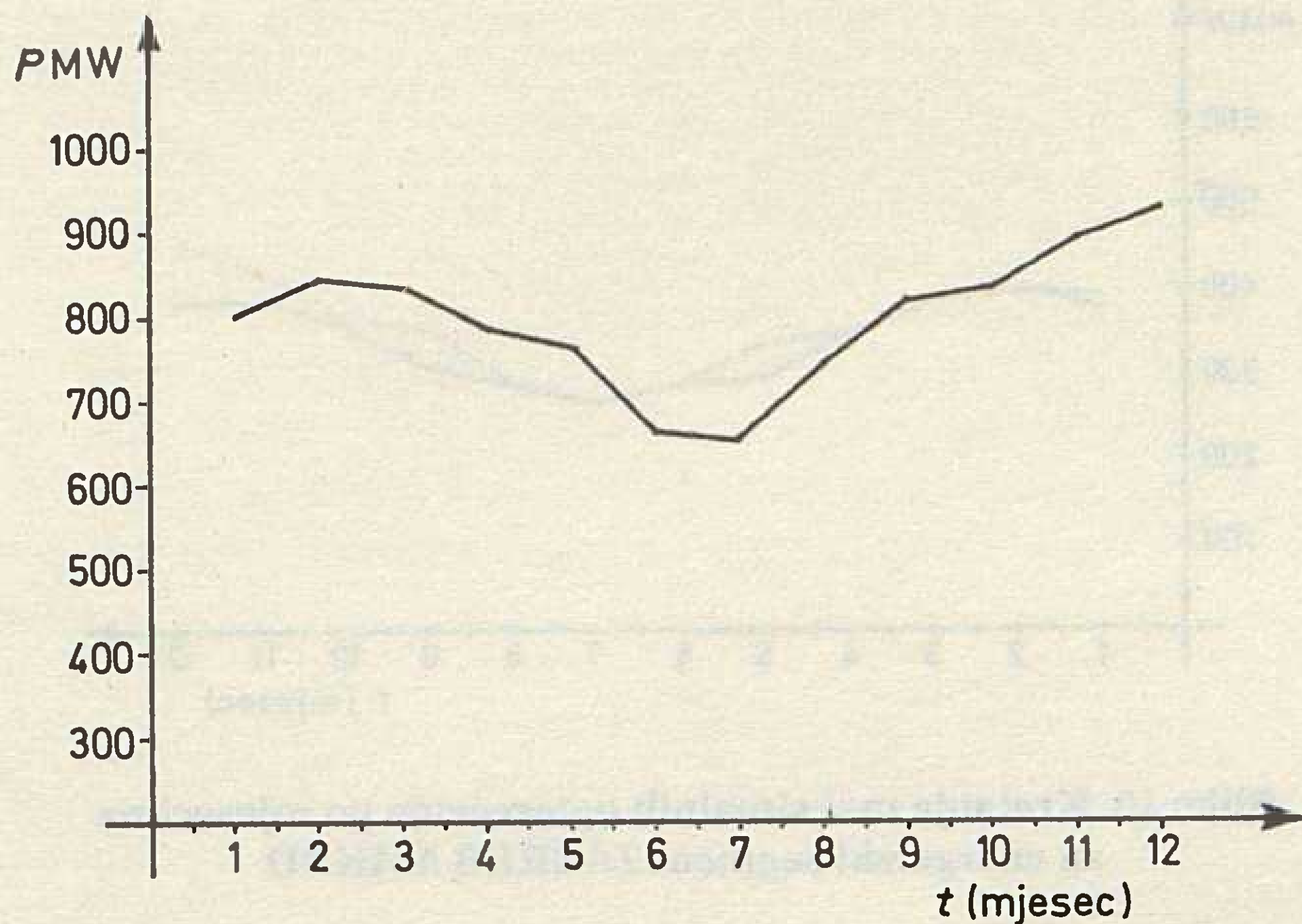
Na slici 11. prikazane su usporedne vrijednosti ukupnog elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb za 1983. i 1984. godinu po mjesecima. Prilikom usporedbe i procjene navedenih veličina potrebno je uzeti u obzir neke prisutne činjenice:



Slika 1. Shema mreže 380, 220 i 110 kV na području »Elektroprivrede Zagreb«

Mjesec	P_{max} (MW)	Datum	Dan	Sat	$T(^{\circ}C)$	P_{min} (MW)	Datum	Dan	Sat	P_{sred} (MW)	T_{sred} ($^{\circ}C$)	W_{mjes} (MWh)*
Siječanj	801,51	11.01.	Sri.	19.45	-4	337,64	02.01.	Pon.	04.45	578,94	-0,55	430 731,36
Veljača	846,06	17.02.	Pet.	19.00	-2,4	422,35	06.02.	Pon.	02.15	644,23	0,68	448 384,08
Ožujak	831,54	20.03.	Uto.	19.15	0,5	427,03	29.03.	Čet.	03.45	611,42	5,38	454 896,42
Travanj	784,38	05.04.	Čet.	20.30	10,1	338,20	29.04.	Ned.	04.15	568,39	10,49	409 240,80
Svibanj	763,13	10.05.	Čet.	20.45	7,2	313,91	20.05.	Ned.	05.15	530,85	14,46	394 952,40
Lipanj	674,51	12.06.	Uto.	21.30	12,0	296,57	24.06.	Ned.	06.00	499,03	17,90	359 301,60
Srpanj	662,38	10.07.	Uto.	21.30	21,0	47,97	12.07.	Čet.	14.45	486,86	19,03	362 223,84
Kolovoz	737,45	29.08.	Sri.	20.45	13,5	322,52	19.08.	Ned.	06.00	510,03	19,10	379 462,32
Rujan	822,61	26.09.	Sri.	20.00	8,6	337,97	10.09.	Pon.	03.00	553,54	16,29	398 548,80
Listopad	836,88	17.10.	Sri.	19.00	6,8	367,28	22.10.	Pon.	03.15	583,39	12,15	434 042,16
Studeni	897,43	15.11.	Čet.	17.15	-0,3	297,35	19.11.	Pon.	19.45	626,58	6,00	451 137,60
Prosinac	933,21	24.12.	Pon.	17.45	0,6	416,94	01.12.	Sub.	04.00	687,94	1,35	511 827,94

Slika 2. Karakteristike ukupnog elektrolenergetskog konzuma »Elektroprivrede Zagreb« po mjesecima u 1984. godini

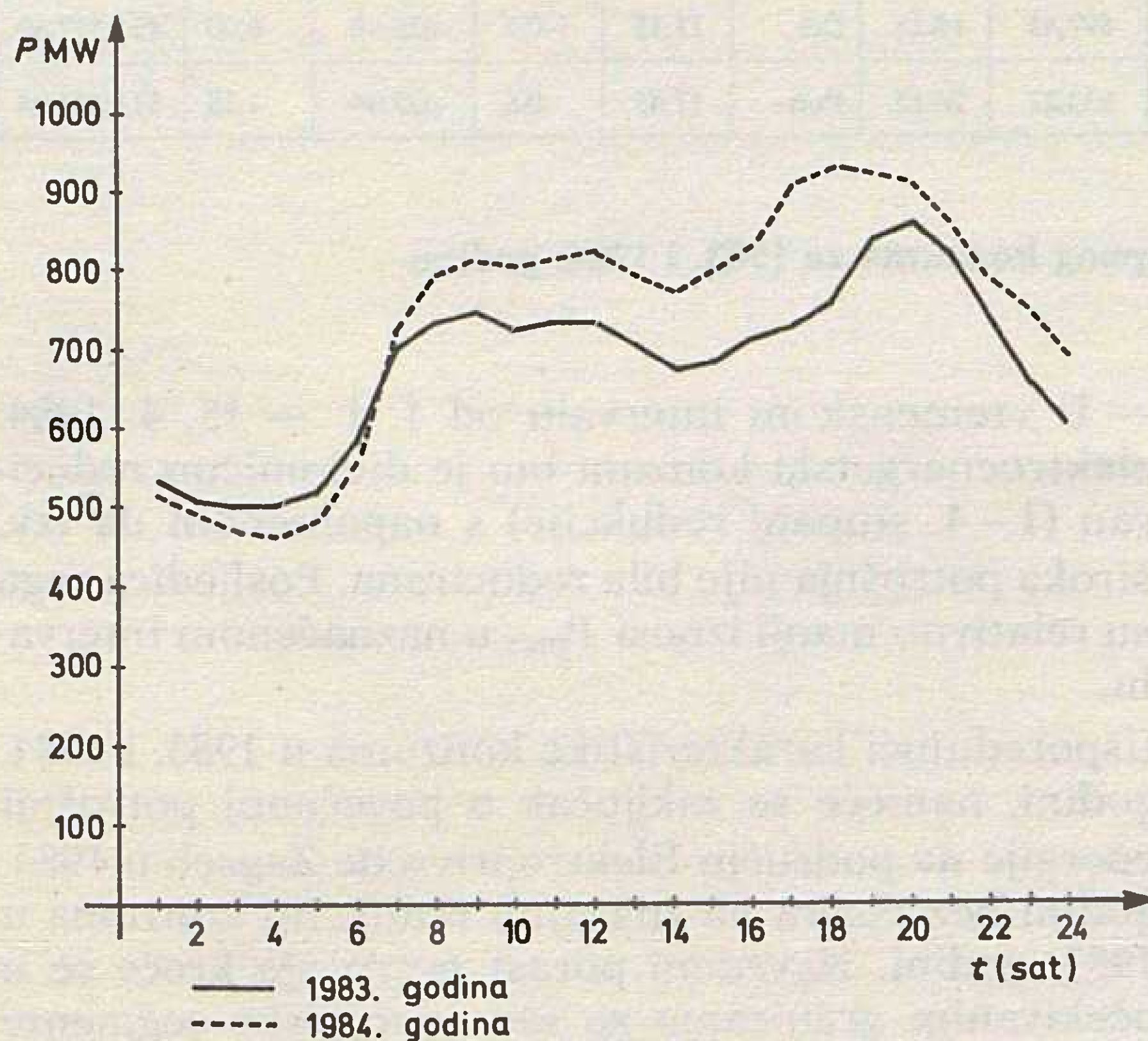


Slika 3. Kretanje mjesečnih maksimalnih opterećenja u 1984. godini

	MW	Mjesec	Datum	Dan	Sat	$T(^{\circ}\text{C})$
P_{max}	933,21	Prosinac	24. 12.	PON.	17.45	0.6
P_{min}	47,97	Srpanj	12. 07.	Čet.	14.45	33,0
$P_{\text{sred, god}}$	573,43					
$T_{\text{sred, god}}$	10,19					
W_{god}^*	5 037 703,40 MWh					

* Izračunana vrijednost

Slika 4. Godišnje karakteristične vrijednosti ukupnog konzuma



Slika 5. Dnevni dijagram opterećenja za dan nastupa godišnjeg maksimuma u 1983. i 1984. godini

Karakter potrošnje	Udio u P_{max} (MW)	Udio u P_{max} (%)
Distribucija	839,42	89,96
Direktni potrošači	69,50	7,45
ŽTP*	24,24	2,60
Ukupno	933,21	100,00

* Dvofazne prosječne 15 – min snage

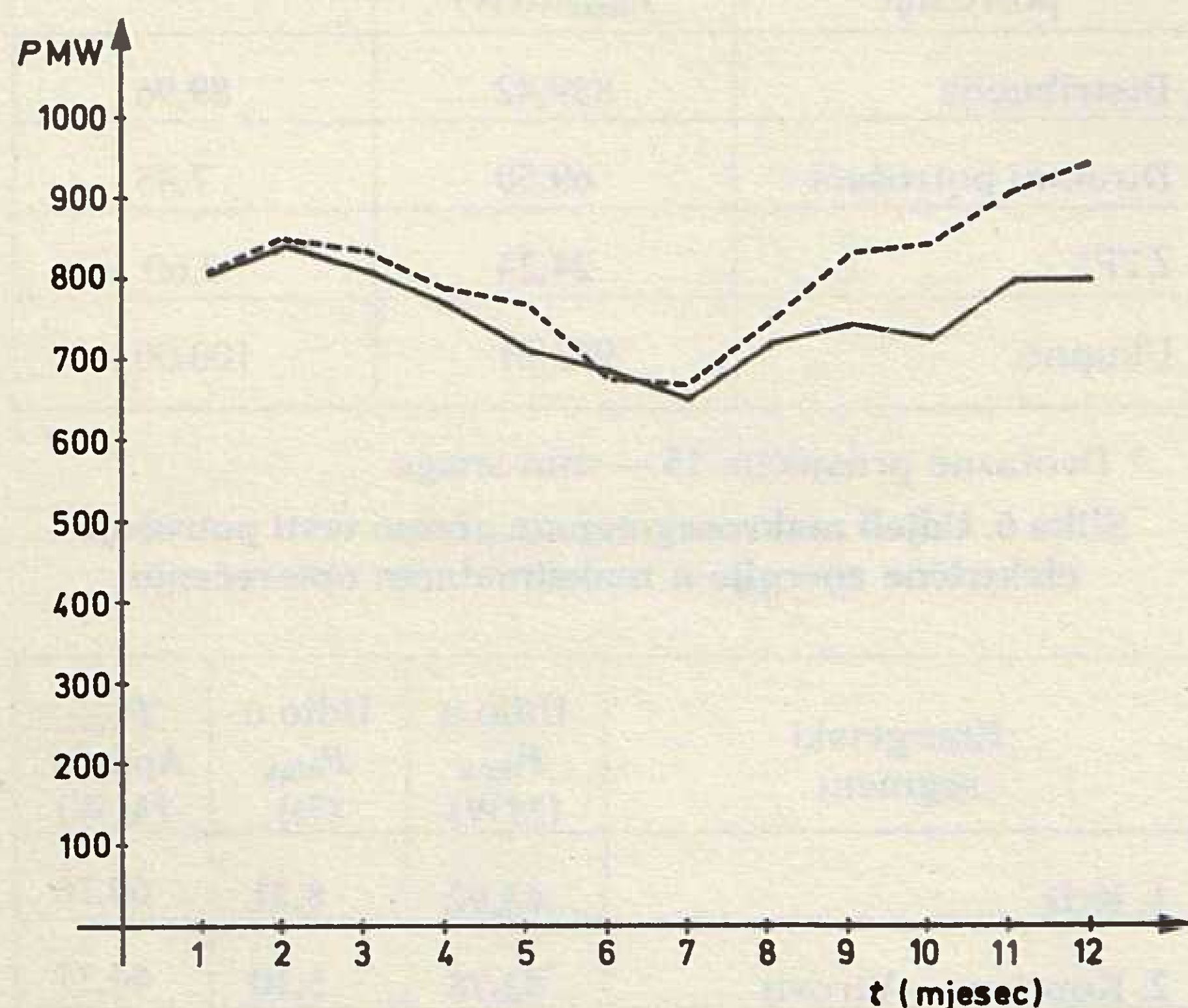
Slika 6. Udjeli makrosegmenata prema vrsti potrošnje električne energije u maksimalnom opterećenju

Energetski segment	Udio u P_{max} (MW)	Udio u P_{max} (%)	P_{max} Apsolu. (MW)
1. Križ	68,92	8,21	69,76
2. Koprivn. – Virovit.	42,78	5,10	44,37
3. Bjelovar – Križevci	33,00	3,93	33,40
4. Čakovec	29,79	3,55	30,59
5. Varaždin	47,18	5,62	53,58
6. Zabok	58,04	6,91	58,56
7. Sisak	54,90	6,54	55,10
8. Karlovac	64,84	7,72	66,76
9. Zagreb – Makro	440,02	52,42	451,57
Distribucija – Suma	839,47	100,00	863,69

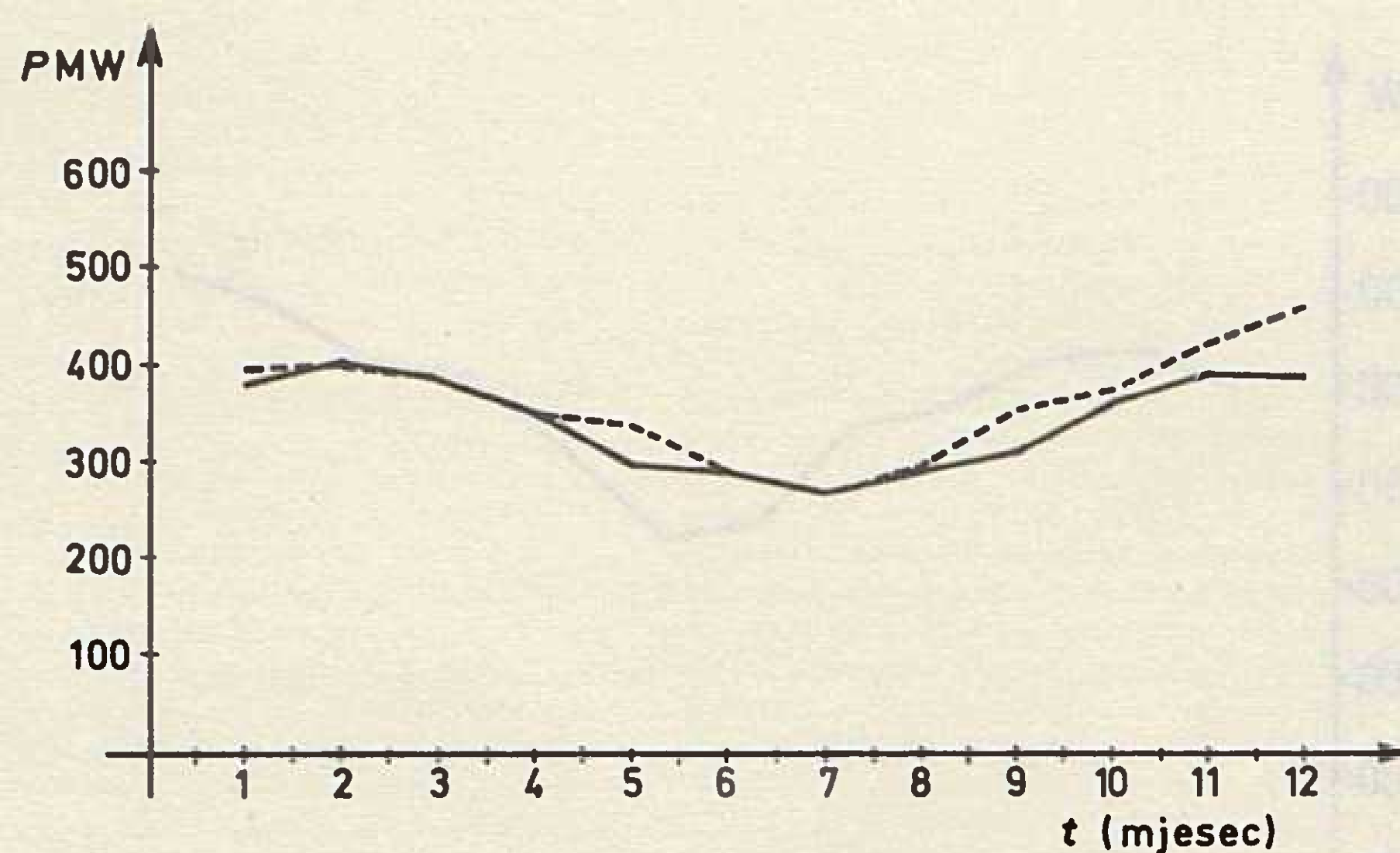
Slika 7. Udjeli energetskih segmenata u maksimalnom opterećenju distributivnog konzuma

TS 110/x kV	Udio u P_{max} (MW)	Udio u P_{max} (%)	Apsolutni godišnji maksimum (MW)
1. Resnik	92,80	20,55	103,20
2. TE – TO	79,80	17,67	101,40
3. Sopot	29,80	6,60	33,60
4. Jarun	98,07	21,72	108,90
5. Klara	17,21	3,81	18,65
6. EL – TO daje u mre. 30 kV	6,20	1,37	33,50
7. Rakitje	24,00	5,31	36,80
8. Stenjevac	19,54	4,33	26,27
9. Resnik – Ksaver	26,20	5,80	27,60
10. Samobor	13,60	3,01	14,40
11. Velika G.	23,00	5,09	25,20
12. Dugo Selo	10,75	2,38	21,12
13. Zaprešić	10,60	2,35	17,80

Slika 8. Udjeli transformatorskih stanica u maksimalnom opterećenju energetskog segmenta ZAGREB MAKRO



Slika 9. Kretanje maksimalnih opterećenja po mjesecima za 1983. i 1984. godinu za ukupni konzum



Slika 10. Kretanje maksimalnih opterećenja po mjesecima za energetske segmente ZAGREB MAKRO

	1983. godina								1984. godina							
	P_{max}	Datum	Dan	Sat	$T(^{\circ}C)$	P_{sred}	T_{sred}	W_{mjes}^*	P_{max}	Datum	Dan	Sat	$T(^{\circ}C)$	P_{sred}	T_{sred}	W_{mjes}
I	816,61	20.01.	Čet.	19.15	1,0	599,65	3,3	446 139,60	801,51	11.01.	Sri.	19.45	-4,9	578,94	-0,55	430 731,36
II	861,11	23.02.	Sri.	19.00	-6,5	634,14	-0,5	426 142,08	846,06	17.02.	Pet.	19.00	-2,4	644,23	0,68	448 384,08
III	821,30	02.03.	Sri.	19.00	4,3	590,58	7,0	439 391,52	831,54	20.03.	Uto.	19.15	0,4	611,42	5,38	454 896,42
IV	773,27	14.04.	Čet.	19.45	5,3	541,46	13,4	389 851,20	784,38	05.04.	Čet.	20.30	10,1	568,39	10,49	409 240,80
V	719,28	05.05.	Čet.	19.45	14,0	485,15	17,5	360 944,16	763,13	10.05.	Čet.	20.45	7,2	530,85	14,46	394 952,40
VI	693,47	01.06.	Sri.	20.30	19,0	521,99	19,1	375 832,80	674,51	12.06.	Uto.	21.30	12,0	499,03	17,90	359 301,60
VII	659,41	06.07.	Sri.	20.30	23,0	492,41	23,1	366 353,04	662,38	10.07.	Uto.	21.30	21,0	486,86	19,03	362,223,84
VIII	730,13	31.08.	Sri.	19.30	21,7	508,79	20,7	378 539,76	737,45	29.08.	Sri.	20.45	13,5	510,03	19,10	379 462,32
IX	750,46	14.09.	Sri.	19.15	17,1	513,41	16,4	369 655,20	822,61	26.09.	Sri.	20.00	8,7	553,54	16,29	398 548,80
X	731,60	26.10.	Sri.	20.15	8,6	523,76	10,7	389 677,44	836,88	17.10.	Sri.	19.00	6,8	583,39	12,15	434 042,16
XI	809,54	23.11.	Sri.	20.30	-3,1	585,67	2,7	421 168,40	897,43	15.11.	Čet.	17.15	-0,3	626,58	6,00	451 137,60
XII	809,18	14.12.	Sri.	20.30	-4,6	612,61	1,0	455 781,84	933,21	24.12.	Pon.	17.45	0,6	687,94	1,35	511 827,94

(*) Izračunata vrijednost

Slika 11. Komparacija karakteristika ukupnog konzuma za 1983. i 1984. godinu

— U vremenskom intervalu 22.9 — 25.10. 1983. elektroenergetski konzum bio je reduciran za približno trećinu u vremenu od 14 do 23 sati svakog dana, a od 25.10 — 23. 12. 1983. za također približno trećinu u vremenu od 14 do 20 sati svakog dana, a zbog izrazito nepovoljne elektroenergetske situacije u SR Hrvatskoj.

Posljedica toga su neuobičajene veličine i vremena nastupanja P_{max} u 1983. godini i specifični dnevni režim potrošnje električne energije u naznačenim intervalima (porast opterećenja u prijednevima, neuobičajeno vrijeme nastupanja P_{max} , malen porast opterećenja nakon ponovnog uključivanja reduciranog dijela konzuma i sl.).

— U vremenskom intervalu od 1. 1. — 15. 4. 1984. elektroenergetski konzum bio je djelomično reduciran (1—4. stupanj redukcije) s napomenom da tzv. široka potrošnja nije bila reducirana. Posljedica toga su relativno manji iznosi P_{max} u naznačenom intervalu.

Uspoređujući karakteristike konzuma u 1983. i 1984. godini, nameće se zaključak o povećanoj potrošnji energije na području Elektroprivrede Zagreb u 1984. godini bez obzira na značajnu redukciju konzuma u 1983. godini. Navedeni porast potrošnje kreće se u očekivanim granicama za sve energetske segmente osim za segment ZAGREB MAKRO gdje je zabilježen najveći porast.

Na sl. 12. prikazane su vrijednosti P_{\max} , P_{sred} i W god za ukupni konzum, a na sl. 13. iste vrijednosti za energetske segment ZAGREB MAKRO.

S obzirom na činjenicu da je energetske segment ZAGREB — MAKRO visokokoncentrirani potrošač električne energije i respektirajući raspoloživost drugih energenata, kao i mogući utjecaj temperature, intenzivnu industriju i stambenu izgradnju na području grada Zagreba i sl., ovaj porast potrošnje električne energije procjenjuje se realnim.

	1983. godina	1984. godina
P_{\max}	861,11 MW	933,21 MW
$T(^{\circ}\text{C})$	-6,5 $^{\circ}\text{C}$	0,6 $^{\circ}\text{C}$
P_{sred}	550,80 MW	573,43 MW
W_{god}^*	4 706 042,32 MWh	5 037 703,40 MWh

(*) Izračunana vrijednost

Slika 12. Usporedba karakteristika ukupnog konzuma za 1983. i 1984. godinu

	1983. godina	1984. godina
P_{\max}	402,51 MW	451,57 MW
$T(^{\circ}\text{C})$	-4,8 $^{\circ}\text{C}$	0,7 $^{\circ}\text{C}$
P_{sred}	235,06 MW	249,60 MW
W_{god}^*	2 059 191,30 MWh	2 192 545,00 MWh

(*) Izračunana vrijednost

Slika 13. Usporedne vrijednosti karakteristika energetskeg segmenta Zagreb Makro u 1983. i 1984. godini

3. KOMENTAR KARAKTERISTIKA KONZUMA U 1984. GODINI

Rezultati analize karakteristika elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb u 1984. godini i odgovarajuće usporedbe s 1983. godinom pokazuju približno očekivano ponašanje konzuma tijekom 1984. godine.

Ponašanje ukupnog konzuma, energetskeg segmenta i njihovih elemenata po sezonama, mjesecima i karakterističnim danima u mjesecu odnosno godini pokazuje pravilnost, iako u nekim energetskeg segmentima ima slučajeva stanovitog odstupanja, što se može objasniti njihovim specifičnostima u domeni potrošnje električne energije, ili režimom rada izvora električne energije u promatranom energetskeg segmentu. Komparacija karakteristika konzuma za posljednji kvartal 1983. i 1984. godine ilustrira dimenzije redukcije potrošnje električne energije u

smislu razlika u dnevnim i mjesečnim maksimalnim opterećenjima, odgovarajućim energijama, te različitim vremenima nastupanja P_{\max} .

U 1984. godini zabilježena su dva raspada lokalnog elektroenergetskog sistema: 12. 7. 1984. oko 14 sati i 19. 11. 1984. oko 19 sati, što je vidljivo iz neuobičajenih iznosa minimalnih opterećenja i njihovog vremena nastupanja.

Zbog prirode ulaznih podataka (15-minutni prosjeci opterećenja TS 110/x kV zapisani na maksiprint trakama) u ovakvoj obradi na elektroničkom računalu nije moguće utvrditi točno vrijeme nastupanja minimalnog opterećenja i njegovu veličinu.

Zato podatke o P_{\min} treba promatrati s navedenim ograničenjima i obaveznom rezervom i kao prilog kompleksnijoj analizi raspada i uspostavljanja lokalnog elektroenergetskog sistema.

Rezimirajući rezultate analize karakteristika elektroenergetskog konzuma u 1984. godini, procjenjuje se da će s obzirom na pravilnost ponašanja konzuma u 1984. godini ta godina korisno poslužiti u sličnoj analizi za niz godina.

4. ZAKLJUČAK

Korištenjem datoteka energetskeg podataka i primjenom odgovarajućih programa provedena je godišnja analiza karakteristika elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb na elektroničkom računalu. Uz navedene datoteke prikupljeni su i ulazni podaci za temperaturne datoteke za isti vremenski period (1980–1984. godine), i to za meteorološko mjesto Zagreb — Maksimir.

Mogućnost pridruživanja interpoliranih temperatura maksimalnom opterećenju u smjeru ukupni konzum — energetskeg segmenti — elementi energetskeg segmenta, a posebno za energetskeg segment ZAGREB MAKRO u kojem se nalazi meteorološko mjesto, može korisno poslužiti kod globalnih procjena utjecaja promjene temperature (kao jednog od parametara) na veličinu i ponašanje opterećenja konzuma.

Uz podatke o radnim snagama iz raspoloživih mjernih mjesta prikupljaju se i za sada samo arhiviraju u odgovarajuće datoteke i podaci o jalovim opterećenjima, pa se za određene namjene na identičan način mogu analizirati i karakteristike jalovih opterećenja za područje Elektroprivrede Zagreb.

Razvijeni sistem upisa novih energetskeg i temperaturnih podataka i odgovarajućih energetskeg analiza primjenjuje se i arhivira na mjesečnom principu i sadašnja sredena arhiva za period 1980–1984. godine sadrži oko 50 milijuna uređenih i obrađenih podataka, što je kvalitetna osnova za provođenje analiza karakteristika elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb za niz godina.

LITERATURA

- [1] M. MESIĆ, »Mjesečne analize karakteristika elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb«, Elektroprenos Zagreb
- [2] M. MESIĆ, »Karakteristike elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb za period 1. 1 — 31. 12. 1983. godine«, Elektroprenos Zagreb
- [3] M. MESIĆ, »Karakteristike elektroenergetskog konzuma Elektroprivrede Zagreb za period 1. 1 — 31. 12. 1984. godine«, Elektroprenos Zagreb
- [4] Dr Z. HEBEL — M. MESIĆ, »Analiza elektroenergetskog konzuma na području Elektroprivrede Zagreb pomoću elektroničkog računala,« Energija 2, travanj 1984.

CHARACTERISTICS OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION OF ELEKTROPRIVREDA ZAGREB IN 1984 YEAR

On the base of transformer power stations 110/X kV demands in area of Elektroprivreda Zagreb /north — west Croatia/ formed are files of power data. Data provides quick and overview analysis of demands for each unit /TS/ and each time interval in one year /at least 1 day, most 1 year/ by use of programe package on computer UNIVAC — 1100 SRCE, Zagreb. In Elektroprenos Zagreb monthly analysis of power demand are performed by computer and monthly power report is published. Described is base for calculation of electric power demands characteristics for 1984 year especially for total demand /all elements/ — power segments /groups of elements/ — consumption element.

MERKMALE DES ELEKTROENERGETISCHEN VERBRAUCHS DER ELEKTROWIRTSCHAFT ZAGREB IM JAHR 1984

Aufgrund der Angaben über die Belastung der Transformator — Stationen 110/x Kv auf dem Gebiet der Elektrowirtschaft Zagreb /nordwestliches Kroatien/ wurden entsprechende Dateien mit Energieangaben geschaffen. Die Daten sind so geordnet, daß eine schnelle und übersichtliche Analyse der Belastungen für jede Elementengruppe /TS/ und jedes Zeitintervall im Jahr /mindestens 1 Tag, höchstens 1 Jahr/ ermöglicht wird indem man entsprechende Programmpakete am Elektronenrechner UNIVAC — 1100 des SRC in Zagreb anwendet.

In Elektroprenos Zagreb wird eine monatliche Analyse der Charakteristiken des Elektroenergetischen Verbrauchs der Elektrowirtschaft durchgeführt und zwar mit Hilfe des elektronischen Rechners. Der monatliche energetische Bericht wird publiziert. Das beschriebene System ist die Grundlage für die Bestimmung der Charakteristiken des elektroenergetischen Verbrauchs im Jahr 1984. /Alle Elemente/ des gesamten Konsums — energetische Segmente /Gruppen der Elemente/ — Element des Konsums.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА ЗАГРЕБ В 1984 ГОДУ

На основании данных о нагрузках подстанций 110/х кВ на территории Электрохозяйства Загреб (северо-западная часть Хорватии) созданы соответствующие сборники энергетических данных. Данные собраны так, что возможен быстрый и ясный анализ нагрузок для любой группы элементов (ПС) и для любого интервала времени в течение года (не менее 1 дня и не более 1 года), применяя соответствующие пакеты программ на ЭВМ УНИВАЦ — 1100 СРЦ в г. Загребе. В Электропередаче (Электропребеносе) Загреб производится ежемесячный анализ характеристик электропотребления Электрохозяйством Загреб на ЭВМ и объявляется ежемесячное сообщение. Описанная система является основой для определения характеристик электропотребления в 1984 году в направлении: итоговое потребление (все элементы) — энергетические сегменты (группы элементов) — элемент потребления.

Naslov pisaca:

dr. Zdravko Hebel, dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet
41000 Zagreb, Unska 17
Jugoslavija

Miroslav Mesić, dipl. inž.
Elektroprenos, 41000 Zagreb
Proleterskih brigada 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985 — 01 — 12

35 GODINA PROIZVODNJE I RAZVOJA PARNIH TURBINA U JUGOTURBINI

Branko Staniša, Karlovac

UDK 621.165
PREGLEDNI RAD

U povodu 35 godina proizvodnje i razvoja parnih turbina u Jugoturbini, te gradnje tvornice parnih turbina velikih jediničnih snaga u našoj zemlji, dan je pregled njihova razvoja u nas od prvih početaka do danas.

Ključne riječi: parna turbina, proizvodnja turbina, razvoj proizvodnje.

1. UVOD

Prošlo je 35 godina od dana kada je 1949. godine u starom pogonu na obali Korane u Karlovcu osnovana Tvornica parnih turbina »Edvard Kardelj«. Tada su postavljeni temelji budućih pogona za mogućnost proizvodnje parnih turbina jediničnih snaga do 100 MW. Od tog vremena pa do danas Jugoturbina, jedina tvornica parnih turbina u našoj zemlji, prešla je težak ali značajan razvojni put. Kao jedan od prvenaca poslijeratne industrije rasla je zajedno s razvojem naše industrije i zemlje u cjelini. Od prvih vlastitih rješenja pa preko licencnih i kooperacijskih ugovora razvila se proizvodnja parnih turbina u Jugoturbini do današnjih modernih, pouzdanih, visokoekonomičnih vlastitih jedinica snage do 100 MW. Parne turbine proizvedene u Jugoturbini ugrađene su u mnoge manje termoelektrane, industrijske energane i javne toplane u Jugoslaviji i drugim zemljama, kao i na brodove koji plove pod zastavama raznih država.

Da bi mogla pratiti razvoj naše Elektroprivrede u koju se danas ugrađuju turboagregati jedinične snage 200, 300 i 600 MW i smanjila uvoz i ovisnost o stranim isporučiocima ovako važne i strateške energetske opreme, Jugoturbina i šira društvena zajednica pristupila je gradnji nove tvornice parnih turbina velikih jediničnih snaga do 1 300 MW. Izgradnjom takve tvornice i osposobljavanjem ostale prateće industrije za ovakvu proizvodnju, moći će se za potrebe domaćeg i stranog tržišta proizvoditi turbine i najvećih snaga. U ovom radu je dan kratak prikaz 35-godišnjeg razvoja te sadašnje i buduće mogućnosti proizvodnje parnih turbina u Jugoturbini, s mogućnošću njihove primjene.

2. POČETAK I TOK RAZVOJA PROIZVODNJE PARNIH TURBINA U NAŠOJ ZEMLJI

Proizvodnja parnih turbina u našoj zemlji počela je 1949. godine u improviziranoj radionici starog pogo-

na »Vuna« na obali Korane u Karlovcu. U toj improviziranoj radionici na relativno zastarjelim strojevima počela su se stjecati prva proizvodna i tehnološka iskustva radnika i stručnjaka skupljenih iz svih područja Jugoslavije, za veoma složeni proizvod — parne turbine. Prve turbinske lopatice isporučene su već 1950. godine za remont parne turbine u TE Brestanice. Uz proizvodnju se gradi i nova tvornica s modernim halama. U nove pogone na lokaciji Male Švarče u Karlovcu Jugoturbina je preseljena tokom 1952/1953. godine.

Prva kondenzacijska turbina akcijskog tipa vlastite konstrukcije, snage 12,5 MW proizvedena je 1955. godine za TE Kostolac. U to vrijeme bio je to velik uspjeh ne samo za Jugoturbinu, već i za cijelu domaću strojogradnju. Neposredno nakon ove Jugoturbina je za TE Konjščinu proizvela dvije turbine istog tipa i snage, koje su puštene u pogon 1956. godine. Iste je godine Jugoturbina predala i brodogradilištu Split prvu parnu turbinu za pogon broda Drvar, snage 3 087 kW /4200 KS/, koju je proizvela također po vlastitoj konstrukciji. Dalje, usporedo s razvojem naše poslijeratne elektroprivrede, industrije i urbanizacije počeo je i razvoj termoelektronskih, industrijskih i toplanskih parnih turbina.

Za složenije turbine većih snaga vlastiti razvoj bi bio prespor. Zbog toga se morala otkupiti licenca za područje snaga do 100 MW, do kojih je dimenzionirana postojeća tvornica. U 1959. godini proizvedena je dvokučišna kondenzacijska parna turbina snage 32 MW za TE Kakanj po dokumentaciji njemačke tvrtke AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft). Turbina snage 125 MW proizvedena je 1968. godine za TE Plomin, a visoki i srednji tlak turbine snage 200 MW 1970. godine za TE Tuzla, također po dokumentaciji poljske tvrtke Zamech, a po licenci sovjetske tvrtke LMZ (Leningradski metaličeskij zavod). Niski tlak je izradila tvrtka Zamech jer proizvodne hale Jugoturbine nisu dimenzionirane za tako velike snage turbine.

Tvornica je licence uspješno koristila za ubrzavanje vlastitog razvoja, a istekom licencnih ugovora osposobila se za proizvodnju vlastitih turbina svih tipova snage do 100 MW. Od 1965. godine Jugoturbina uglavnom proizvodi parne turbine snage do 100 MW po vlastitoj konstrukciji. U 1959. godini izgrađena je prva parna turbina vlastite konstrukcije za pogon pumpe, snage 92 kW. Kondenzacijska parna turbina snage 15 MW vlastite konstrukcije izrađena je 1962. godine za TE Barauni u Indiji, a 1970. godine kondenzacijska turbina s reguliranim oduzimanjem pare, snage 20 MW za Zavode Crvena zastava — Kragujevac. Nadalje je kondenzacijska turbina s dva regulirana oduzimanja pare, snage 35 MW 1972. godine dobrojena za Željezaru Zenica. Prvu parnu turbinu za pogon kompresora snage 1,5 MW proizvela je Jugoturbina 1978. godine po vlastitoj konstrukciji za Soda-So Lukavac. U 1980. godini isporučena je kondenzacijska turbina s jednim reguliranim oduzimanjem pare, snage 50 MW, Toplani Ljubljana. To je danas najveća proizvedena parna turbina vlastite konstrukcije u našoj tvornici. Za 35 godina proizvodnje Jugoturbina je za domaće i strano tržište isporučila 341 parnu turbinu, ukupne snage 2 122 MW, od toga 198 turbina vlastite konstrukcije.

Danas se svi složeniji proračuni turbina izvode na elektroničkom računalu. Pri projektiranju turbine primjenjuju se visokoekonomični profili lopatica. Za usavršavanje postojećih proračuna turbina, konstrukcije protočnog dijela i projektiranje novih tipova turbina Jugoturbina je projektirala i instalirala u ispitnoj stanici parodinamičku komoru i eksperimentalnu turbinu. Svaki novoprojektirani dio turbine eksperimentalno se ispituje prije uvođenja u tipizaciju i ugradnju u stvarnu turbinu. Maksimalni naponi se ulažu na smanjenju uvoznih komponenti i na korštenju domaćeg repromaterijala i opreme. Tako da je danas na turbini samo do 5% uvozne opreme. Posebna pažnja se posvećuje osiguranju i kontroli kvalitete. Svaki vitalniji sklop turbine prije ugradnje se ispita u ispitnoj stanici. Turbine manjih snaga se prije isporuke kompletno ispituju u ispitnoj stanici. Poseban razvoj doživio je regulacijski sustav turbine, gdje se od prve polužne regulacije došlo do moderne visokopouzdanje hidrauličke regulacije, koju tvornica dalje razvija u elektrohidrauličku. Također se posebna pažnja posvećuje održavanju, remontu i servisiranju parnih turbina.

Danas, nakon 35-godišnje proizvodnje i razvoja, zahvaljujući znatnom ulaganju u znanstvenoistraživački rad i praćenjem razvoja turbina u svijetu naše parne turbine su u samom svjetskom vrhu turbogradnje i s obzirom modernosti konstrukcije, i stupanj korisnosti, kvalitetu izrade i pouzdanost rada. Razvijena je tipizacija kondenzacijskih, kondenzacijskih s reguliranim oduzimanjem, protutlačnih i protutlačnih turbina s reguliranim oduzimanjem, snaga do 100 MW.

3. OSNOVNI TIPOVI PARNIH TURBINA JUGOTURBINE

Kao prvi korak prema uklapanju u suvremene težnje u izgradnji parnih turbina izrađena je u Jugoturbini tipizacija parnih turbina snage do 100 MW. Ona se sastoji od pet osnovnih tipova turbina svrstanih u porodicu od 42 standardizirane jednokućišne jedinice bez međupregrijanja pare. Potrebno je napomenuti da su standardizirani samo pojedini sklopovi, npr. profili lopatica, labirintne brtve, dijelovi kućišta, ležajni blokovi, uljni sistem, regulacijski sustav, ventili svježe pare i parorazvodni ventili i kondenzacijsko postrojenje. Jedinčna snaga turbine, parametri svježe, oduzimne i izlazne pare, te protočne količine pare nisu standardizirani, već se prilagođuju zahtjevima kupca. Tipizirane jedinčne snage turbine služe konstruktorima kao podloga za odabiranje tipiziranih sklopova.

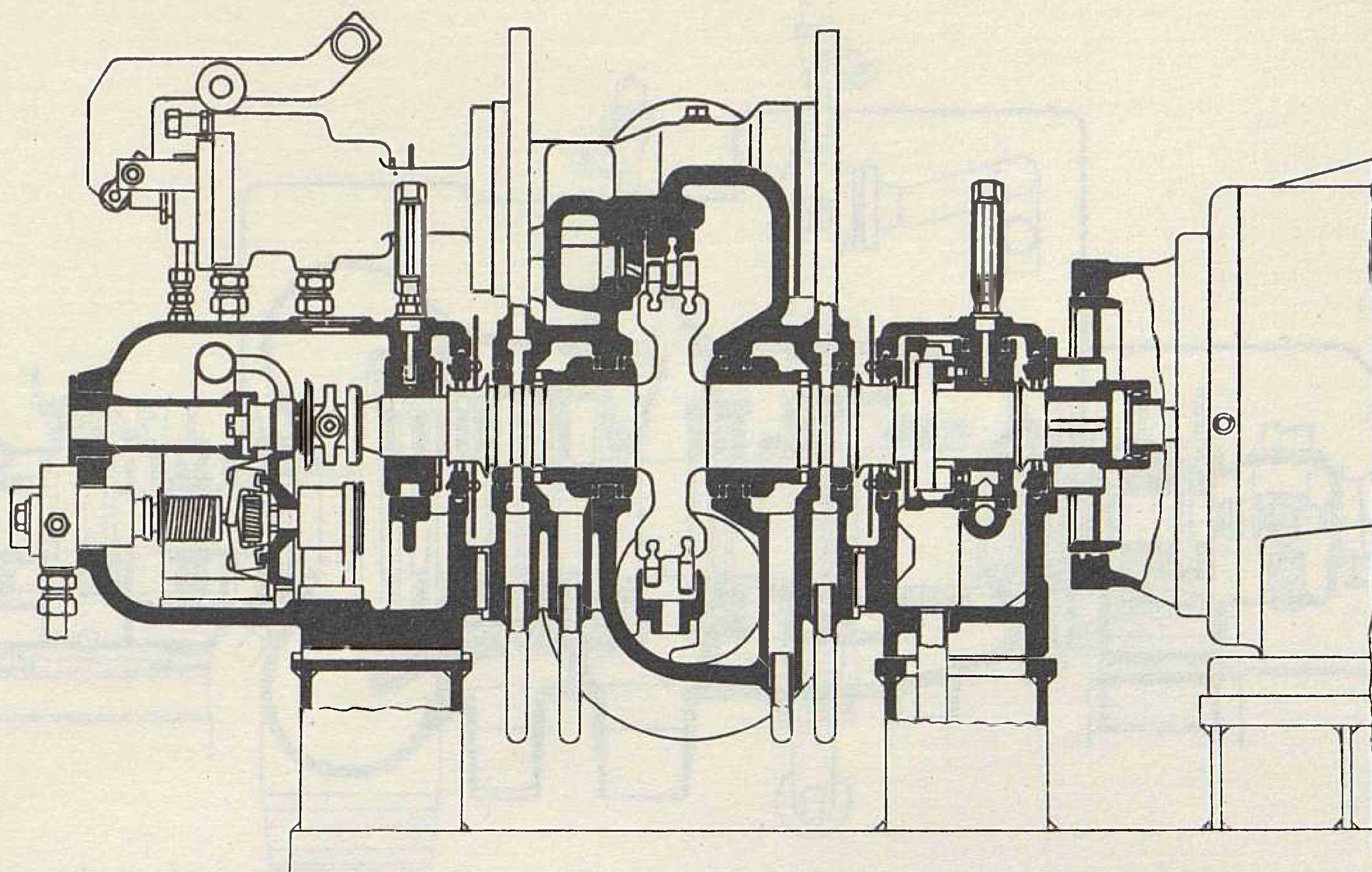
3.1. Protutlačne parne turbine

Protutlačne turbine primjenjuju se u industrijskim energanama i javnim toplanama za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije, gdje je uglavnom potrošnja toplinske energije konstantna. Također se mogu primjenjivati za pogon pumpi, kompresora, ventilatora i drugih rotirajućih strojeva. To su najjednostavnije visokopouzdanje turbine, a budući da se izlazna para koristi za toplinske potrošače, postrojenja s protutlačnim turbinama su najekonomičnija među svim termoenergetskim postrojenjima. Ove se turbine proizvode za snage od oko 30 kW do 50 MW. Parametri svježe pare mogu iznositi od 0,8 MPa, temperatura zasićenja do 14 MPa i 813 K (540 °C). Protutlak na izlazu iz turbine može iznositi nešto više od atmosferskog tlaka do 4 MPa za preduključinske jedinice. Turbine snage ispod 10 do 15 MW su brzohodne, brzine vrtnje 125 i 167 s⁻¹ i pogone električni generator preko zupčastog reduktora. Brzina vrtnje turbina većih snaga iznosi 50 s⁻¹, te direktno pogone električni generator.

Primjer protutlačne turbine snage do 300 kW brzine vrtnje 167 s⁻¹, tip 0—PR 00,3, prikazan je na sl. 1. To je jednostupna Curtisova turbina s dva vijenca rotorskih lopatica. Primjenjuje se uglavnom za pogon pumpi, ventilatora, a u nekim slučajevima za pogon malog električnog generatora.

3.2. Protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare

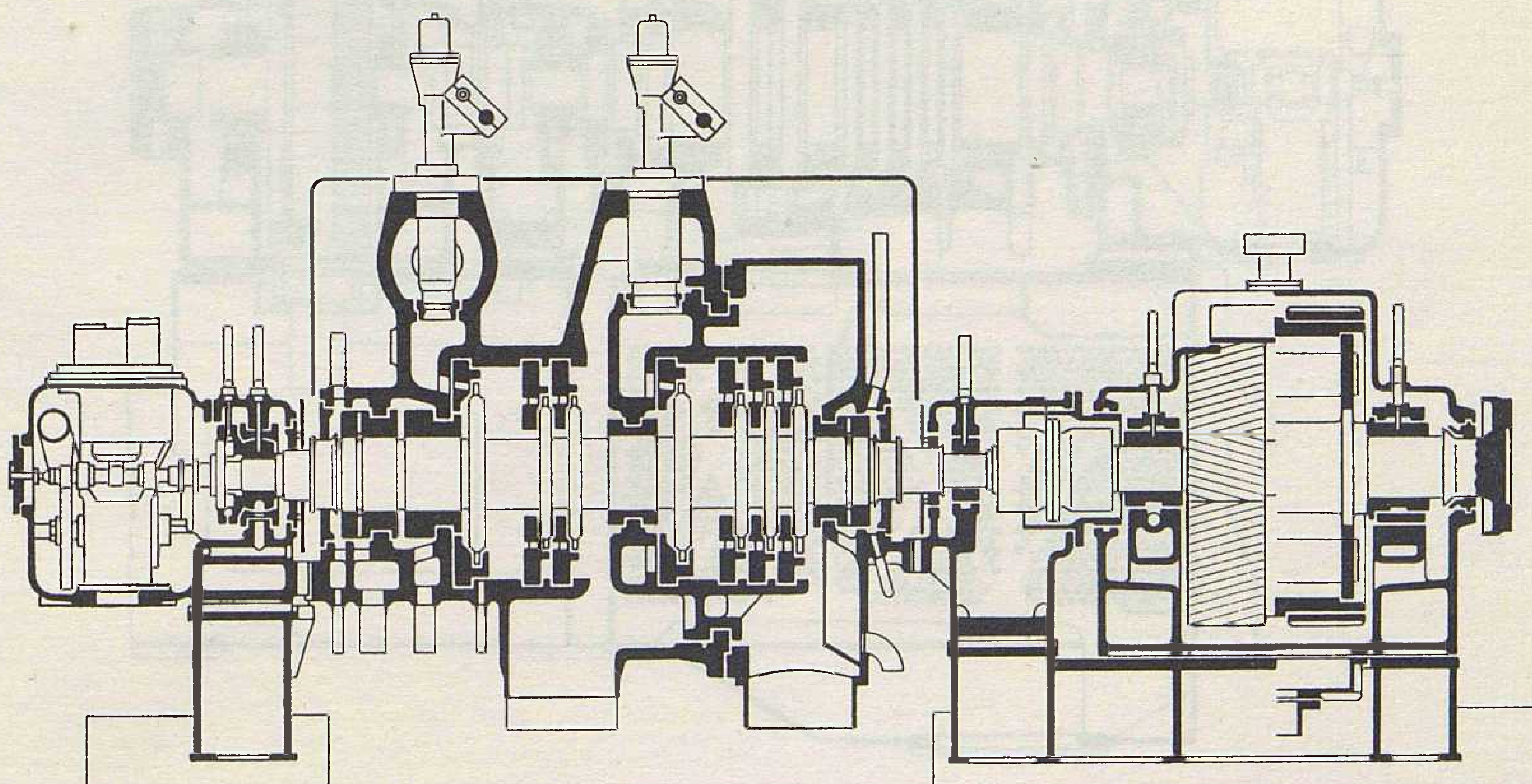
U industrijskim energanama i javnim toplanama gdje su potrebne dvije energetske razine pare za toplinske potrošače primjenjuju se protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare. Ekonomičnost takvih turbina također je vrlo visoka jer nemaju kondenzacijski dio i gubitaka vodom za ukapljavanje pare. Međutim, loša strana ovih kao i svih protutlačnih



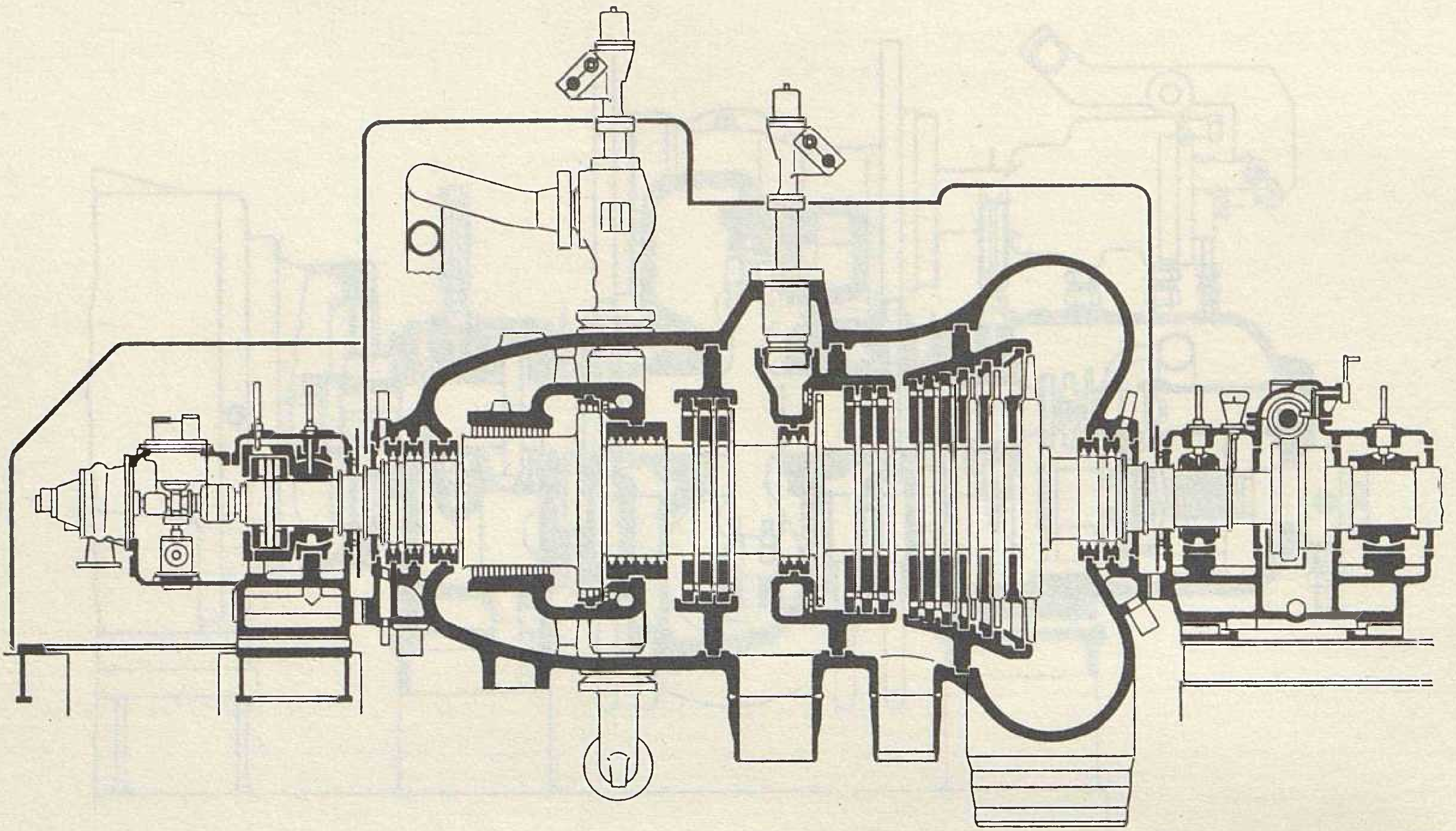
Slika 1. Uzdužni presjek protutlačne parne turbine tip 0 – PR 00,3, jedinične snage do 0,3 MW, brzine vrtnje $166,7 \text{ s}^{-1}$

turbina jest ta što ne mogu raditi ako nema potrošnje izlazne pare jer nemaju kondenzacijski dio. Primjer protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare, manje snage, tip 1 – OP 03,5, pogodne za ugradnju u industrijske energane prikazan je na sl. 2. Tlak pare na ulazu u turbinu je 4 MPa, temperatura 713 K (440°C). Količina reguliranog oduzimanja pare iznosi $2,77 \text{ kg/s}$, pri tlaku 1,9 MPa, protutlak je 0,6 MPa. Brzina vrtnje turbine iznosi 125 s^{-1} . Snaga turbine je 3 MW.

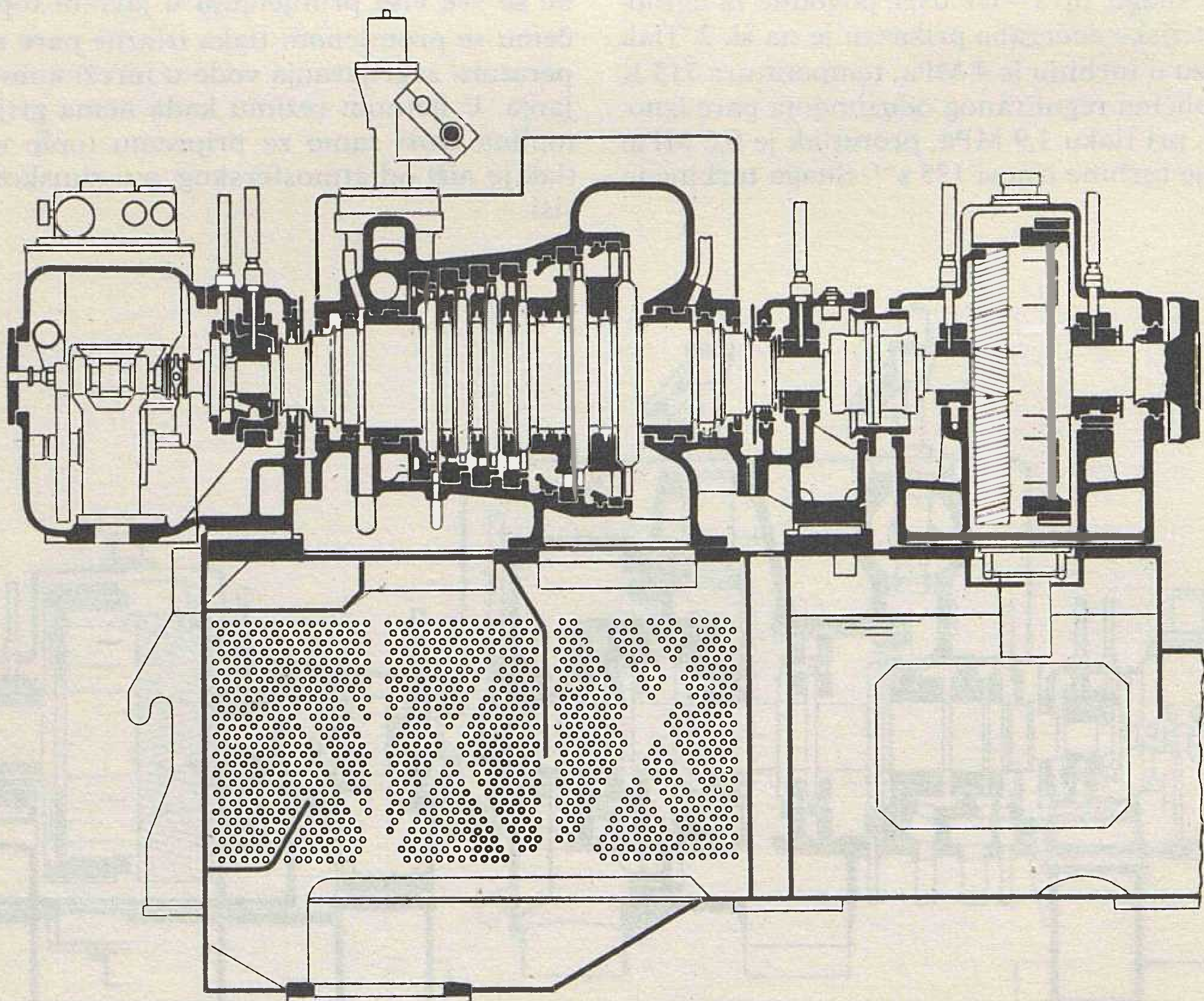
Na sl. 3. prikazan je primjer protutlačne turbine s regulacijskim oduzimanjem pare s kliznim protutlakom od 50 do 250 kPa, tip 1 – OP 35,0. Ovakve turbine se sve više primjenjuju u javnim toplanama, pri čemu se promjenom tlaka izlazne pare mijenja temperatura zagrijavanja vode u mreži komunalnog grijanja. U ljetnom režimu kada nema grijanja, već se toplina troši samo za pripremu tople vode, izlazni tlak je niži od atmosferskog, a u zimskom režimu je viši.



Slika 2. Uzdužni presjek protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare, tip 1 – OP 03,5, jedinične snage 3 MW, brzine vrtnje 125 s^{-1}



Slika 3. Uzdužni presjek protutlačne turbine s reguliranim oduzimanjem pare, tip 1 – OP 35,0 MW, jedinične snage 30 MW, brzine vrtnje 50 s^{-1}



Slika 4. Uzdužni presjek kondenzacijske parne turbine, tip 0 – KD 00,5, jedinične snage 0,4 MW, brzine vrtnje $166,7 \text{ s}^{-1}$ i poprečni presjek kondenzatora

3.3. Kondenzacijske parne turbine

Tipizirane kondenzacijske turbine Jugoturbine bez međupregrijavanja pare male i srednje snage (od 300 kW, do 60 MW) namijenjene su za ugradnju u manje termoelektrane, industrijske energane i energetska postrojenja brodova. Parametri svježe pare tih turbina mogu iznositi od 0,8 MPa (suho zasićena para) do 14 MPa i 813 K (540 °C). Ugradnjom ovakve jedinice dobiva se pouzdan vlastiti izvor električne ili mehaničke energije, pri čemu je moguće korištenje otpadne topline. U manje jedinice ispod 6 MW obično se između turbine i radnog stroja ugrađuje reduktor brzine vrtnje, dok veće jedinice izravno pogone radni stroj (generator turbopuhalo i slično). Paketne jedinice se obično rade do snage 3,5 MW. Takvom izvedbom su turbina, reduktor, radni stroj, kondenzator, uljni spremnik i pomoćna oprema smještena na temeljnoj ploči. To omogućuje da se kompletna montaža i ispitivanje turbine izvede u tvornici. Na taj način se ubrzavaju montažni radovi na gradilištu i pojeftinjuje zgrada energane jer je sva oprema smještena na razini zemljišta.

Primjer izvedene kondenzacijske turbine pokretne izvedbe, snage 0,4 MW, tip 0-KD 00,5 za pogon broskog električnog generatora prikazan je na sl. 4. Brzina vrtnje turboagregata je $166,7/25 \text{ s}^{-1}$. Tlak svježe pare je 1,5 MPa, temperatura 503 K (230 °C), tlak u kondenzatoru iznosi 90 kPa.

3.4. Kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare

Ove se turbine uglavnom primjenjuju u industrijskim energanama i javnim toplanama za kombi-

niranu proizvodnju toplinske i električne energije, kad se žele iz vlastitog izvora osigurati potrebne količine toplinske i električne energije. Ekonomičnost kondenzacijskih turbina s reguliranim oduzimanjem nije tako velika kao u protutlačnih turbina jer se dio topline gubi s rashladnom vodom u kondenzatoru. Međutim, ovi turboagregati su vrlo elastični u pogonu i mogu neovisno o potrošnji toplinske energije proizvoditi potrebnu količinu električne energije. U ljetnim mjesecima, kada je potreba za toplinskom energijom malena ili je uopće nema, mogu raditi u kondenzacijskom režimu i proizvoditi samo električnu energiju. Međutim, tada se gube prednosti kombinirane proizvodnje.

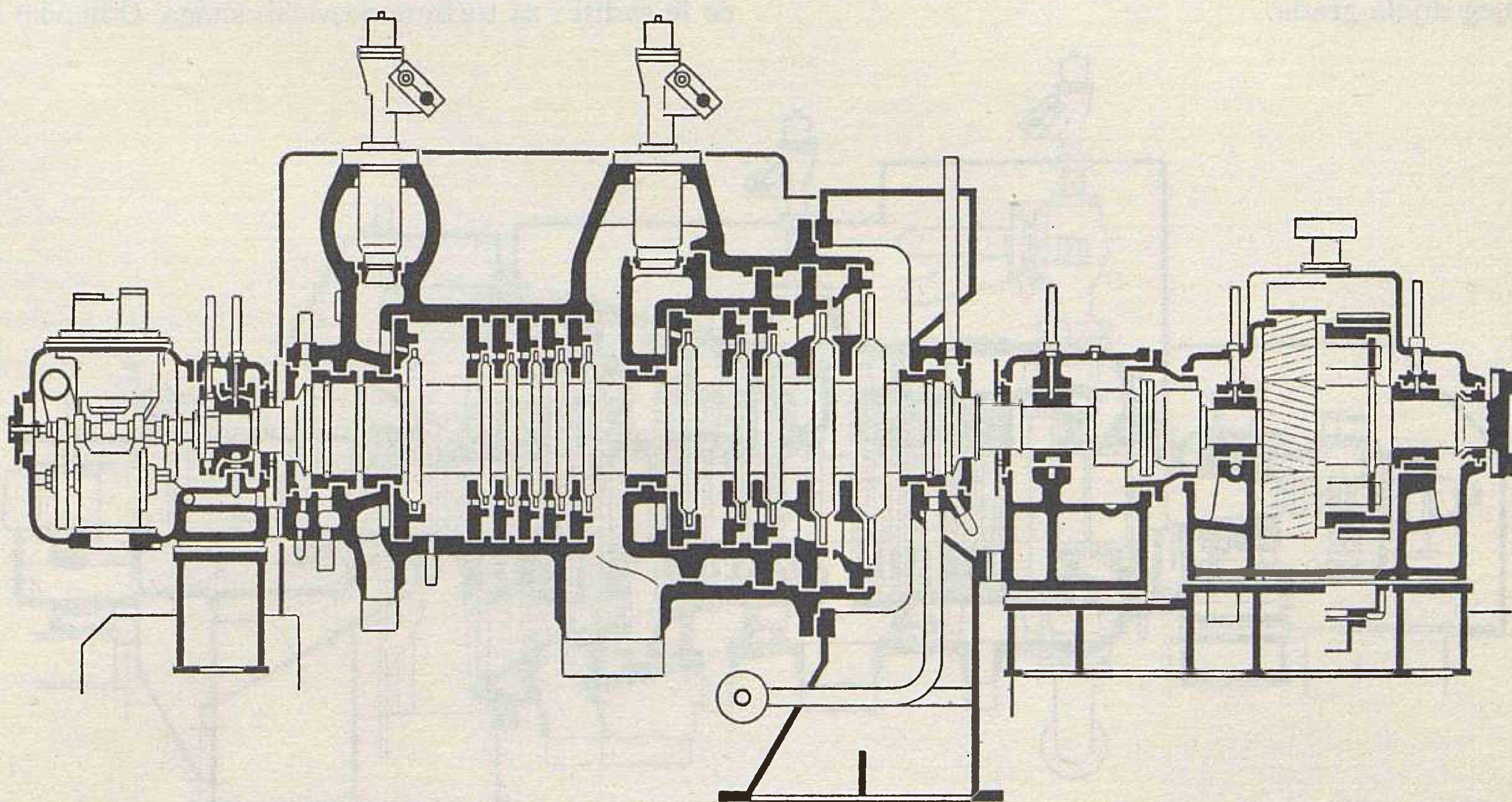
Jugoturbina proizvodi ovakve turbine po vlastitoj konstrukciji snage od oko 1,5 do 100 MW.

Primjer izvedene kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, snage 8 MW, tip 1-OK 10,0 za industrijsku energanu prikazan je na sl. 5.

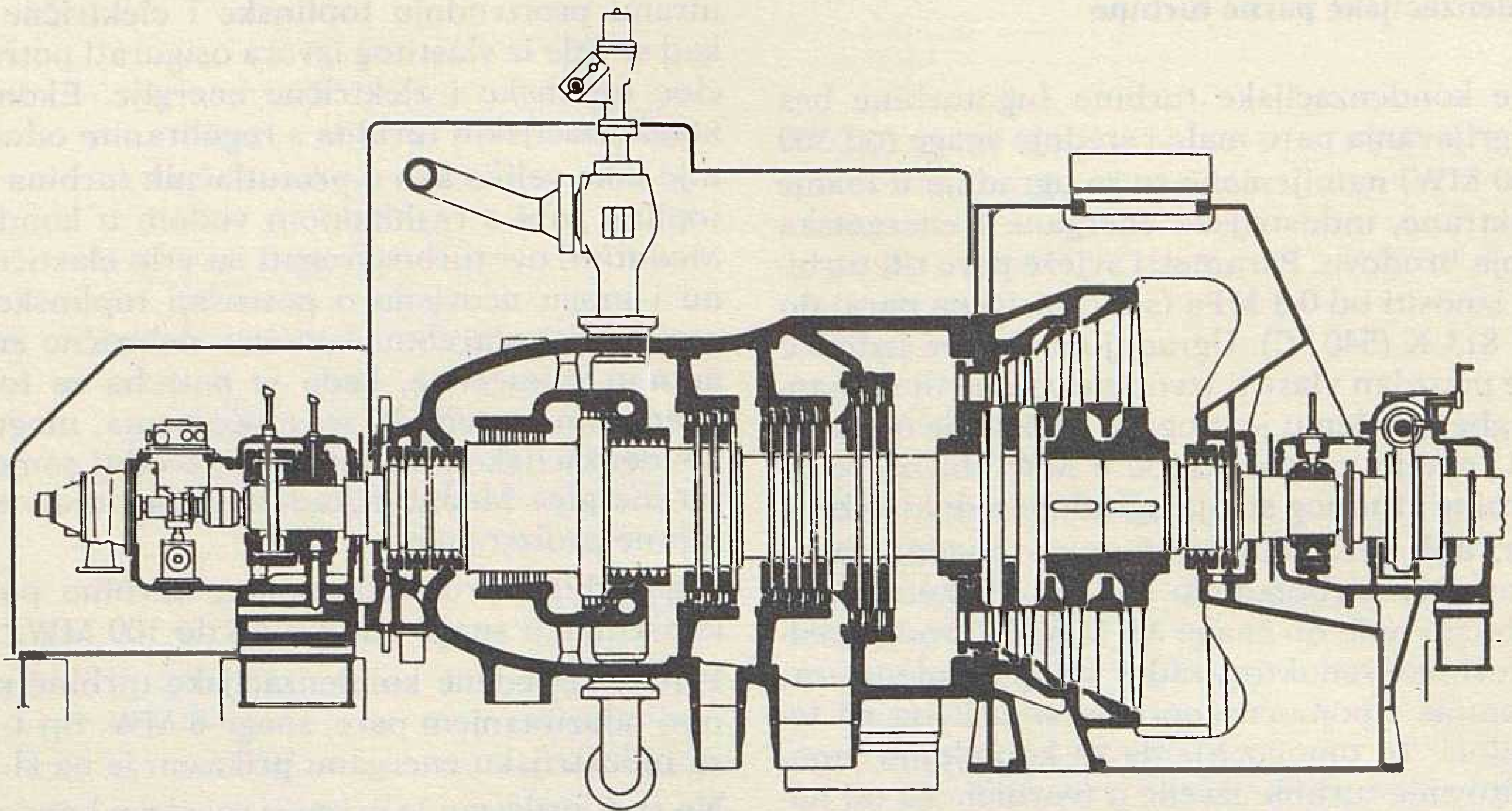
Na sl. 6. prikazan je primjer izvedene kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, snage 45 MW, tip 1-OK 50,0 za javnu toplanu [3]. Iz reguliranog oduzimanja pare tlaka 0,13 MPa dobiva se do 135 MW topline za komunalno grijanje.

3.5. Kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare

Za javne toplane i industrijske energane gdje je uz dvije energetske razine pare za toplinske potrošače potrebno neovisno o potrošnji topline proizvoditi određenu količinu električne energije, primjenjuju se kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare. Ako je ovakva turbina ugrađena u javnu toplanu, para iz prvog reguliranog oduzimanja koristi



Slika 5. Uzdužni presjek kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, tip 1-OK 10,0, jedinične snage 8 MW, brzine vrtnje 125 s^{-1}



Slika 6. Uzdužni presjek kondenzacijske turbine s reguliranim oduzimanjem pare, tip 1 – OK 50,0, jedinične snage 45 MW, brzine vrtnje 50 s^{-1}

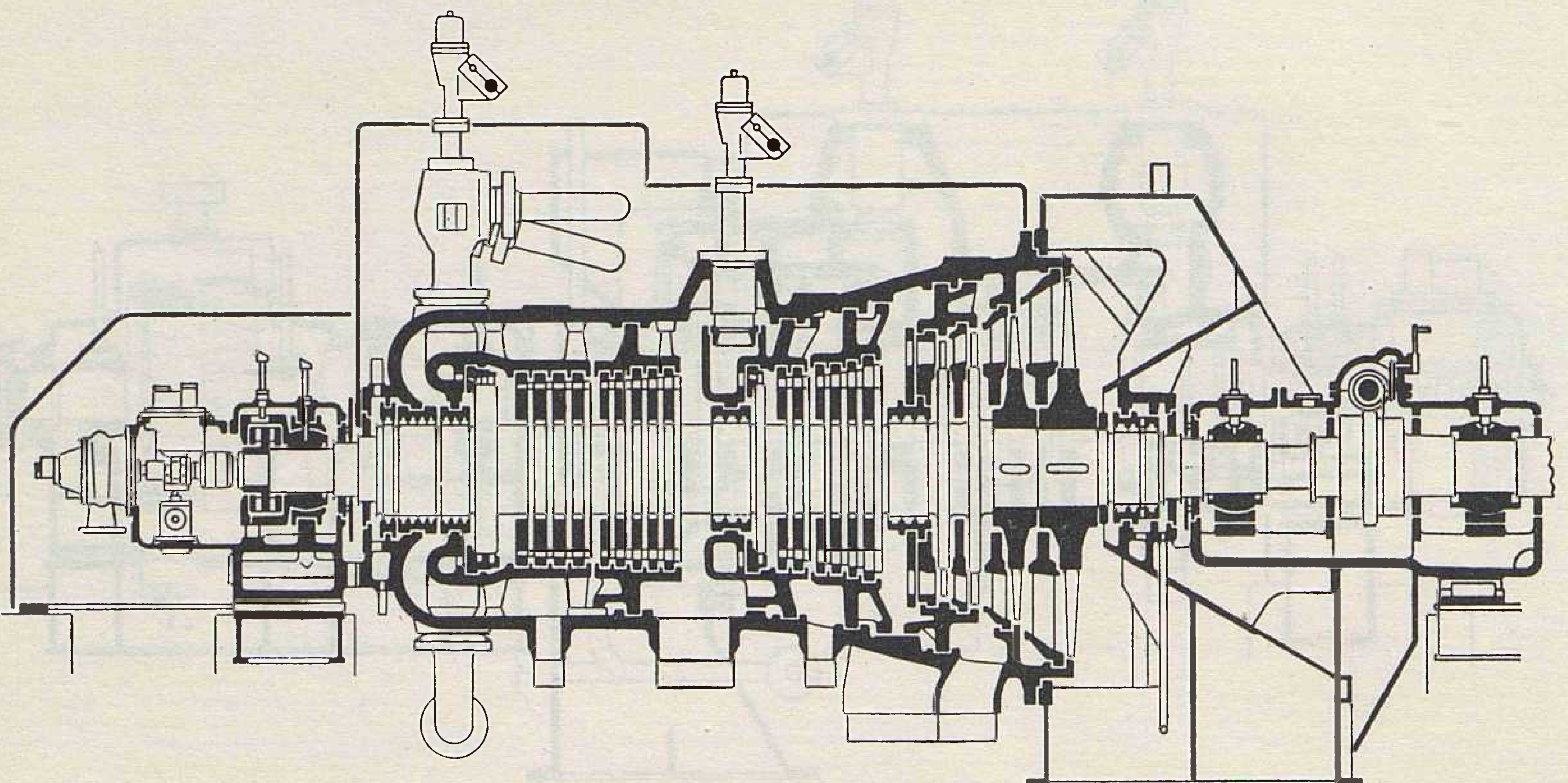
se za tehnološke potrebe obližnje industrije, a para iz drugog reguliranog oduzimanja za komunalno grijanje. Jugoturbina je razvila tipizaciju ovakvih jednodijelinskih turbina bez međupregrijanja pare snage od oko 8 do 100 MW, tlaka svježe pare do 14 MPa i temperature 813 K (540°C).

Primjer izvedene kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare snage 35 MW, tip 2 – OK 35,0, brzine vrtnje 50 s^{-1} , ugrađene u industrijsku energanu prikazan je na sl. 7. Para iz prvog reguliranog oduzimanja tlaka 0,93 MPa koristi se za potrebe tehnološkog procesa, a iz drugog reguliranog oduzimanja tlaka 0,12 MPa za potrebe grijanja industrije i obližnjeg dijela grada.

4. PROIZVODNE MOGUĆNOSTI TURBINA, SADAŠNJE I BUDUĆE

Proizvodne mogućnosti parnih turbina u Jugoturbini su ovisne uglavnom o proizvodnom prostoru i strojnom parku. Sadašnja glavna proizvodna i montažna hala ima duljinu 185 m i širinu 22 m. U hali su smještene tri kranske dizalice nosivosti po 0,25 MN i jedna nosivosti 0,15 MN.

Proizvodne mogućnosti na postojećim kapacitetima su izrada svih tipova parnih turbina jedinične snage do 100 MW u količini do 200 MW godišnje, ovisno o veličini objekta. Međutim, visoki i srednji tlak moguće je raditi i za turbine najvećih snaga. Odljevke ku-



Slika 7. Uzdužni prerez kondenzacijske turbine s dva regulirana oduzimanja pare, tip 2 – OK 35,0, jedinične snage 35 MW, brzine vrtnje 50 s^{-1}

čišta tvornica nabavlja iz Vulkana i Litostroja, a otkivke rotora turbine iz Željezare Zenica, lopatični materijal iz Željezare Ravne, kao i uvozom s Istoka i Zapada.

U izgradnji je tvornica turbina velikih jediničnih snaga do 1 300 MW ili, točnije rečeno, dogradnja postojeće tvornice turbina jer će, kad se izgradi, biti njezin sastavni dio. Gradit će se u dvije faze. Rok puštanja u pogon prve faze izgradnje je sredina 1986. godine. Sa stoji se iz glavne proizvodne i montažne hale duljine 165 m i širine 32 m.

Hala za obradu i montažu manjih dijelova ima duljinu 165 m i širinu 18 m, a ona za proizvodnju lopatica je veličine 60 × 50 m, gdje će se moći proizvoditi lopatice duljine do 1 600 mm.

Od važnijih objekata u drugoj fazi izgradnje bit će izgrađena bravarija za proizvodnju niskotlačnih kućišta turbine, kondenzatora i cjevovoda; vitlaonica promjera tunela $\phi 10$ m i duljine 26 m; vanjsko skladište za smještaj poluproizvoda s dizalicom od 2,5 MN.

Izgradnjom nove tvornice moći će se proizvoditi parne turbine za klasične i nuklearne elektrane po licenci tvrtke BBC (Brown Boveri & Cie) snage do 1 300 MW. Proizvodni kapacitet je određen uzorkom turbina 2 × 200 MW i 1 – 600 MW na godinu. Pri tome su dimenzije strojeva i dizalice određeni prema turbini snage 1 300 MW, brzine vrtnje 25^{-1} . Ako bi trend jediničnih snaga rastao prema predviđanjima danim u literaturi, projektirana nosivost kranskih staza do 5 MN omogućila bi i takvu proizvodnju. Odljevci od čeličnog ljeva do mase 25 t nabavljat će se iz Litostroja, a veće mase iz uvoza. Također, odljevci od sivog ljeva do 30 t nabavljat će se u zemlji, dok će se oni većih masa uvoziti. Svi otkivci će se nabavljati iz domaćih tvornica. Grubi i precizni otkivci turbinskih lopatica također će se nabavljati u zemlji.

Potrebno je napomenuti da će se u kapacitetima postojeće tvornice parnih turbina moći proizvoditi do 35% dijelova velikih jedinica. Osobito su značajni postojeći kapaciteti za proizvodnju ležajeva, termičke obrade, alatnice i izrade priprema, te proizvodni i istraživački laboratoriji. Tako se uz postojeću infrastrukturu, visina investicija hitno smanjila i bolje popunila usposlenost postojećeg kapaciteta. Također je potrebno napomenuti da će se osim usvajanja proračuna, konstrukcije, tehnologije i proizvodnje parnih turbina velikih jediničnih snaga do 1 300 MW po licenci tvrtke BBC, kao osnovnog strateškog pravca razvoja turbogradnje u Jugoturbini, i dalje usavršavati postojeće koncepcije turbina i projektirati novi tipovi turbina manjih snaga. Cilj svih stručnih i znanstvenih istraživanja i razvoja koji provodi Jugoturbina u krugu projektiranja, proizvodnje, eksploatacije i održavanja parnih turbina jest dobivanje što pouzdanije, ekonomičnije i jeftinije turbine prilagođene potrebama kupaca.

ZAKLJUČAK

U 35 godina proizvodnje Jugoturbina je vlastitim razvojem i uz pomoć tehnologije poznatih svjetskih

proizvođača razvila svoje suvremene, pouzdane, visokoekonomičke parne turbine jedinične snage do 100 MW, koje su ju uvrstile u sam vrh svjetske turbogradnje.

Parne turbine proizvedene u Jugoturbini ugrađene su u mnoge manje termoelektrane, industrijske energane i javne toplane u Jugoslaviji i drugim zemljama, te na brodovima raznih država. U 35 godina proizvedena je 341 parna turbina, od toga 198 vlastite konstrukcije Jugoturbine.

Stručni kadar Jugoturbine koji stalno sudjeluje pri projektiranju energetskih objekata i prati rad turbine u eksploataciji i svjetska dostignuća, te surađuje s fakultetima i institutima u zemlji i inozemstvu, neprekidno daje najsuvremenija rješenja parnih turbina.

Da bi mogla pratiti razvoj elektroprivrede u koju se ugrađuju turboagregati sve većih jediničnih snaga, Jugoturbina je pristupila gradnji nove tvornice parnih turbina velikih jediničnih snaga. Njezinom izgradnjom Jugoturbina će moći za domaće i strano tržište proizvoditi parne turbine za klasične i nuklearne elektrane jedinične snage do 1 300 MW po tehnologiji švicarske tvrtke BBC.

Sadašnji osnovni pravac razvoja turbogradnje u Jugoturbini jest usvajanje proračuna, konstrukcijske koncepcije, tehnologije i proizvodnje parnih turbina jediničnih snaga do 1 300 MW po licenci tvrtke BBC. Uz to se i dalje radi na usavršavanju postojećih konstrukcija parnih turbina i projektiranju novih tipova turbina manjih snaga.

35 YEARS OF STEAM TURBINE PRODUCTION AND DEVELOPMENT IN JUGOTURBINA

On the occasion of 35 years of production and development of steam turbines in Jugoturbina, as well as the construction of a large steam turbine factory in Yugoslavia, the paper outlines their development from the very beginning up to the present days.

35 JAHRE DER HERSTELLUNG UND ENTWICKLUNG DER DAMPFTURBINEN IN JUGOTURBINA

Anlässlich der 35 jährigen Herstellung und Entwicklung der Dampfturbinen in Jugoturbina und des Ausbaus einer Dampfturbinen — Fabrik großer Leistungseinheiten in unserem Land, wurde eine Übersicht ihrer Entwicklung von den Anfängen bis heute gegeben.

35-ЛЕТИЕ ПРОИЗВОДСТВА И РАЗВИТИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН В ЮГОСЛАВИИ

По случаю 35-летия производства и развития паровых турбин в Юготурбине и строительства завода паровых турбин крупных единичных мощностей в СФРЮ дается обзор их развития с самого начала и до настоящего времени.

Naslov pisca:

mr Branko Staniša, dipl. inž.
»Jugoturbina« 47000 Karlovac
Mala Šverča 155, Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985 — 01 — 08

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRI DA UDE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTROPROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



Tehnološka shema gasovoda Urengoj — Pomari — Užgorod

Kiril A. Tropin, Beograd

Linijski deo projektovan je od jedne cevi prečnika 1 420 mm. Na složenim prelazima preko vodenih prepreka predviđeni su osnovni vod i rezervni prečnik 1 220 mm. Na prelazima preko reka srednje dužine osnovni vodovi su od cevi prečnika 1 420 mm, a rezervni cevovodi prelaza preko vodenih pregrada spojeni su premošćenjima radi zajedničkog korišćenja sa drugim gasovodima sistema.

Na lokalnim deonicama, gde je korak kompresorskih stanica nešto povećan u odnosu na proračun, predviđeni su lupinzi (petlje) za izravnavanje propusne moći gasovoda po celoj dužini.

U područjima kompresorskih stanica pored prelaza preko velikih vodenih prepreka osim linijskih slavina postoje premošćenja prečnika 1 220 mm za priključivanja na druge gasovode u cilju mogućeg međusobnog rezerviranja.

Na čeonj kompresorskoj stanici na području Urengojkog nalazišta gasa postavlja se pet agregata za prepumpavanje gasa snage do 10 MW koji obezbeđuju pritisak u magistrali 7,5 MPa.

Temperaturni režim transportovanja gasa promenljiv je i menja se po celoj dužini gasovoda u zavisnosti od sezone i prenošenja toplote u tlo, kao i efekta prigušivanja na svakoj deonici između kompresorskih stanica. Posebni temperaturni uslovi određeni su na čeonj deonici trase, koja uglavnom prolazi po većito zamrznutoj zemlji, uključujući i zemljište koje gubi nosivost pri odmrzavanju. Na ovoj deonici predviđeno je transportovanje gasa u toku cele godine na temperaturi ispod nule, koja se zimi postiže uređajima za vazdušno hlađenje, a u letnjem periodu priključivanjem specijalne stanice za rashlađivanje gasa sa propanskim ciklusom, koja je postavljena na zajedničkom platou sa Urengojskom kompresorskom stanicom.

U sastavu gasovoda takođe postoje čvorišta za merenje na granicama održavanja magistrale raznim proizvodnim udruženjima za transportovanje gasa, kao i na granici Sovjetskog Saveza, čvorišta za pokretanje i primanje uređaja za čišćenje, ogranak prema varošici Beregovo na granici Sovjetskog Saveza i Mađarske Narodne Republike, gasovodi priključaka na spremište za čuvanje gasa — koja obezbeđuju stabilnost prenosa gasa.

Konstrukcija gasovoda

Linijski deo gasovoda je od čeličnih cevi sa pravolinijskim električno zavarenim šavom.

Za deonice I i II kategorije usvojene su cevi 1 420 × 18,7 mm, za deonice III kategorije cevi 1 420 × 15,7 mm. Ojačanja u zoni linijskih slavina, čvorišta za priključak kompresorskih stanica izvedeni su od cevi 1 420 × 23,2 mm. Osnovni konstruktivni sklopovi su izrađeni u zavisnosti od fabričkih uslova. Gasovod je izolovan lepljivim trakama od polimernih materijala. Broj slojeva izolacije, kao i zaštitnog omotavanja utvrđeni su u zavisnosti od uslova polaganja.

Deo cevi isporučen je sa polietilenskom izolacijom. Pri njihovoj upotrebi na trasi izolovano je samo sučelje trakama ili termokontaktim rukavcima.

S obzirom na veliku plovnost cevi prečnika 1 420 mm i na znatne podužne sile u gasovodima u pogonu, naročito značenje ima pouzdano opterećenje cevovoda balastom, što je postignuto korišćenjem armiranobetonskih i drugih utega, kotva za zatvaranje i šipova.

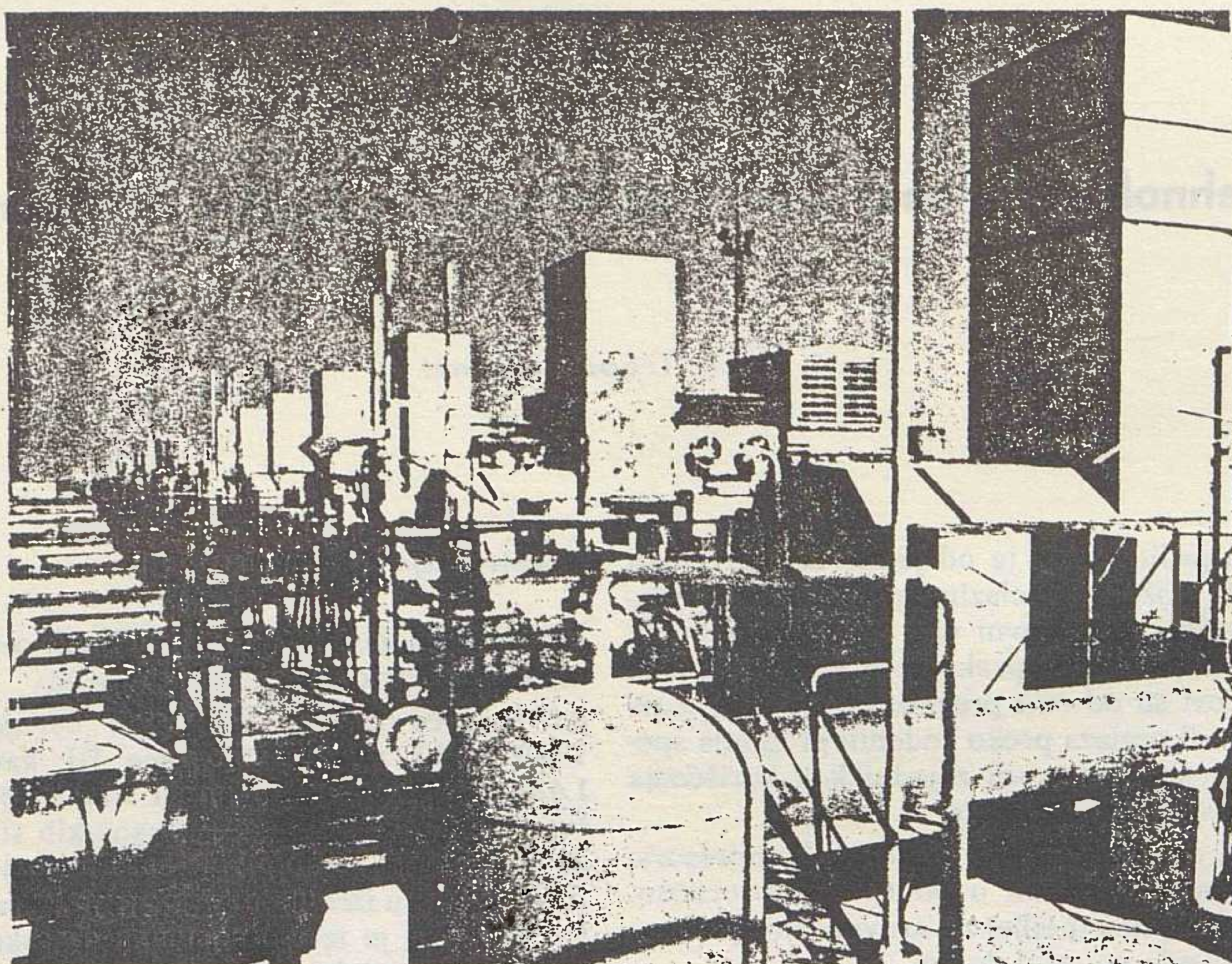
Kompresorske stanice

Projektovanje kompresorskih stanica izvršeno je na osnovu unificiranih rešenja, koja su bila odobrena Gosstrojem SSSR-a. Unifikacija obuhvata sav kompleks kompresorske stanice uključujući generalni plan, tehnološke, građevinske i druge delove projekta.

Proizvodna zona obuhvata tri agregata za prepumpavanje gasa snage po 25 MW, od kojih je svaki smešten u posebnoj zgradi — skloništu, postrojenja za prečišćavanje i hlađenje gasa, koja se postavljaju na otvorenim platoima, rezervnu elektranu s gasnim turbinama, čvorišta za pripremu i reduciranje gasa za pokretanje i ogrev, kao i gasovode tehnološkog raspleta.

Objekti proizvodne i pomoćne namene

Za organizaciju i smeštaj eksploatacionih službi obezbeđenje pouzdane eksploatacije sistema za



Jedna od kompresorskih stanica izgrađena od blokova fabričke izrade

transportovanje gasa u dužem periodu u sastavu projekta predviđeni su sledeći osnovni objekti: izvode nje elektrohemijske zaštite podzemnih cevovoda od korozije u zemljištu; višekanalni relejni vod za vezu po celoj dužini gasovoda sa kanalima telemehanike; automatizovani sistem upravljanja tehnološkim procesom transporta gasa koji obuhvata sredstva računске tehnike; sistem linijske telemehanike; centar dispečerske službe; centralne i skupinske baze za remont tehnološke opreme i transportnih sredstava; automobilske puteve duž trase i prelaze, prilazne puteve za kompresorske stanice; baze za prijem i čuvanje opreme, stanične zatvorene železničke koloseke i pristaništa obaveznih građevinskih organizacija i organizacija naručilaca; staklene bašte i farme pomoćnog poljoprivrednog gazdinstva (severno podneblje!), uključujući i one koje koriste sekundarnu toplotu kompresorskih stanica.

Sem toga predviđen je kompleks objekata stambene i kulturno-komunalne namene u mestima lokacije kompresorskih stanica i drugih eksploatacionih službi. U severnom regionu, gde u blizini kompresorskih stanica nema naselja, izgrađuju se autonomna naselja za 400 stanovnika. U naseljenim se reonima stambena izgradnja za potrebe gasovoda, po pravilu usklađuje sa izgradnjom obližnjih naselja.

Organizacija projektantskih radova

Za izvršenje kompleksa projektantsko-istraživačkih radova na trasi gasovoda dužine oko 4,5 hiljada kilometara bilo je angažovano pet projektantskih insti-

tuta Ministarstva industrije gasa: Južnii gipromgaz (generalni projektant), Sojuzgazprojekt, Giprospecgaz, Giprogazcentr, VNIPItransgaz.

Pojedine delove projekta razrađivali su specijalizirani instituti Ministarstva industrije gasa, drugih ministarstava i drugih resora, uključujući Ministarstvo PTT-a, Ministarstvo gradnje transporta, Ministarstvo rečne plovodbe, Ministarstvo šumske industrije, Glavna uprava gradnje SSSR-a i dr.

Generalni projektant predložio je opštu ideju projekta, obavio kompleks proračuna optimizacije tehnološke sheme transporta gasa, hidrauličke i toplotne proračune, sastavio rekapitulaciju materijala za izbor generalnog pravca trase i sintetizirajuće razdele projekta.

Sva rešenja projekta bila su usmerena na stvaranje sistema za transportovanje gasa velike pouzdanosti i ekonomičnosti koji odgovara savremenom nivou tehnologije transporta gasa.

Montaža opreme u kompresorskim stanicama

Naglo povećanje dobijanja i transportovanja gasa ne bi mogli da se ostvare a da se nije skratio rok izgradnje kompresorskih stanica. Efekat se postigao korišćenjem kompresorskih stanica izgrađenih od blokova fabričke izrade.

Godišnje uštede od primene blokovsko-kontejnerskog komponovanja umesto postavljanja agregata u zgradi iznosi preko 100 hiljada rubalja po jednoj kompresorskoj stanici.

Novi blokovsko-kontejnerski agregat za prepumpavanje gasa predstavlja postrojenje snage 16 MW, koje radi na otvorenom prostoru u granicama temperature okoline od -55 do $+45$ °C — praktično u svim klimatskim zonama Sovjetskog Saveza.

Pogonski motor je avionska gasna turbina. Kompresor je dvostepeni, centrifugalni kapaciteta 32,68 miliona m^3 /dan, stepen kompresije 1,44, apsolutni pritisak od 5,3 do 7,6 MPa.

Agregat se sastoji od odvojenih, blokova i pogodnih za prevoz potpuno fabričke izrade, u kojima je smeštena celokupna oprema. Na gradilištu kompresorske stanice izvodi se montaža i sučeljavanje blokova agregata na monolitnom armiranobetonskom temelju u strogom tehnološkom redosledu.

Izgradnja podvodnih prelaza gasovoda prečnika 1 420 mm

Radovi na izgradnji podvodnih prelaza su najkomplikovaniji i zahtevaju najveći utrošak rada pri izgradnji snažnih gasovoda.

Pokazalo se kao najefikasnija izrada u bazi sekcija od nekoliko cevi i zatim njihovo šlepovanje na mesto polaganja na prolazima. Primena ove metode i snažne tehnike za podvodno otkopavanje omogućili su da se već 1982. godine obavi izgradnja podvodnog prelaza preko reke Kame od dva cevovoda na trasi gasovoda Urengoj — Pomari Užgorod u toku jedne navigacije umesto planom predviđenog roka od dve godine i da se poveća produktivnost rada na 120 %. Naročito značenje ima uvođenje prelaza cevima prečnika 1 420 mm i optimizacija projektnih rešenja u pogledu rezervisanja i povećanja pouzdanosti gasovoda na prelazima sistema od više gasovoda Zapadni Sibir — Centar.

Pri korišćenju cevi prečnika 1 420 mm smanjuje se broj cevovoda koji se polažu i izostavlja se primena obalskih komora za prijem i puštanje uređaja za čišćenje cevovoda iznutra, čije koštanje za prelaze malih dužina može da bude veće od koštanja samog podvodnog gasovoda. Polaganje na prelazima cevi prečnika 1 420 mm (istog prečnika kao i cevi same magistrale) znatno poboljšava uslove eksploatacije i za 40 % smanjuje obim zemljanih radova. Već 1982. godine bilo je položeno 10 km podvodnih prelaza cevima prečnika 1 420 mm.

Analiza otkaza podvodnih cevovoda za poslednjih 20 godina otkrila je osnovne uzroke oštećenja cevi: polaganje na nedovoljnoj dubini, koja je uzrok naprezanja zamorenosti na ugnutim deonicama, nedovoljna kontrola zavarivačkih radova i dr.

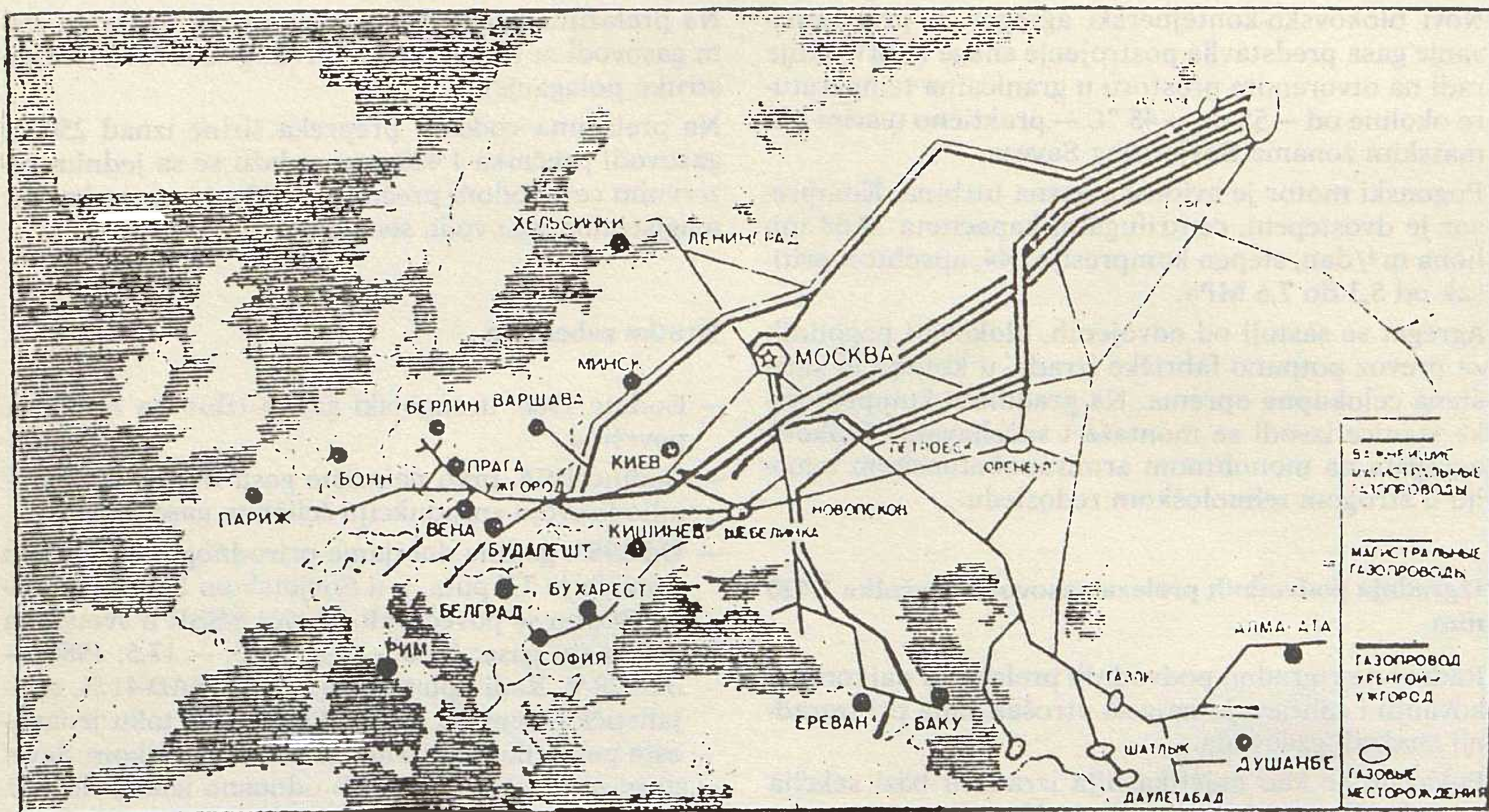
Na trasi Urengoj — Pomari — Užgorod izgrađeno je podvodnih prelaza preko vodenih prepreka širine preko 750 m — 4 (u sistemu gasovoda Zapadni Sibir — Centar to su prelazi preko akumulacije Kujbyšev, Volge, Obi i Kame), širine od 250 do 750 m — 5; širine od 75 do 250 m — 12; širine od 30 do 75 m — 9; širine do 30 m — 762. Nadvodna konstrukcija je, u pravilu, najekonomičnija za prelaze preko vodenih prepreka širine do 30 m.

Na prelazima preko vodenih prepreka širine do 250 m gasovodi se izvode bez rezervnog cevovoda (jednostruko polaganje).

Na prelazima vodenih prepreka širine iznad 250 m gasovodi prečnika 1 420 mm polažu se sa jednim rezervnim cevovodom prečnika 1 220 mm za svaka dva magistralna gasovoda sistema.

Kratke zabeleške

- Godine 1966. urengojski gas je izbio na zemljinu površinu.
- Godine 1978. prvo nalazište gasa Urengoja otpremilo je svoju »produkciju čeličnim gasotokom«.
- Od 1950. godine dobijanje prirodnog gasa u svetu poraslo je 7,7 puta, a u Sovjetskom Savezu 75 puta. Stalno se povećavalo učešće SSSR u svetskom dobijanju gasa: 1950. — 2,8; 1965. — 17,5; 1980. — oko 28 %. Radi upoređenja: učešće SAD-41 %, socijalističkih zemalja bez SSSR-26 %. U toku jedanaeste petoletke dobijanje gasa u Sovjetskom Savezu povećaće se do 38-47 % odnosno izneće do 630 milijardi kubnih metara godišnje i na taj način skoro će se postići nivo SAD.
- Zahvaljujući izgradnji gasovoda stalno je rastao udeo prirodnog gasa u ukupnom gorivnom bilansu Sovjetskog Saveza. On je iznosio 1960. godine 7,9; 1970. godine 19,1; 1980. godine već 27,1 %.
- Sistem od šest magistralnih gasovoda Zapadni Sibir — Centar, uključujući eksportni gasovod Zapadni Sibir — Zapadna Evropa, imaće dužinu skoro 20.000 km. Kapacitet ovog najvećeg u svetu kompleksa za transportovanje gasa izneće 200 milijardi kubnih metara gasa godišnje. Ukupna snaga 356 kompresorskih stanica ovog gasnog sistema prećiće 24 000 MW.
- Dužina svih naftnih i gasnih magistrala Sovjetskog Saveza pet puta je veća od dužine zemljinog ekvatora.
- Godine 1983. stavljena je u pogon početna deonica gasovoda Urengoj — Pomari — Užgorod dužine 1 043 km, koja prolazi preko Tjumenske oblasti.
- Te godine CK KPSS i Savet ministara SSSR Čestitali su graditeljima, monterima, pogonskom osoblju, projektantima, partijskim, sovjetskim, sindikalnim i komsomolskim organizacijama, svim učesnicima gradnje magistrale gasovoda Urengoj — Pomari — Užgorod izvršenje zadatka Partije i Vlade 6 meseci pre roka.
- Železničari, brodari rečne plovidbe, avijatičari, automobilisti dopremili su na trasu gasovoda preko pet miliona tona tereta.
- Prvi put u praksi najtežih 1 400 km gasovoda na Severu položeno je u toku jedne sezone.
- 30 miliona kvadratnih metara iznosi površina izolacionog pokrivača na cevima gasovoda. Na takvoj površini bi mogao da se smesti grad od tri miliona stanovnika.
- Pre godinu dana na trasi je bilo položeno svega nekoliko desetina kilometara cevi.



Karta — shema gasovoda u jedanaestoj petoletki: a — najvažniji magistralni gasovodi; b — magistralni gasovodi; c — gasovod Urengoj — Pomari — Užgorod; d — nalazišta gasa

- Supermagistrala je postala oličenje sovjetskih dostignuća nauke, tehnike i proizvodnje.
- Pouzdan rad gasovoda obezbeđuju termički ojačane cevi, koje izrađuju Volžska fabrika cevi (Volgogradska oblast).
- Za vreme najvećeg intenziteta izvođenja radova na gasovodu bilo je zaposleno najviše 40 000 ljudi.

Još nešto o gasovodu Sibir — Zapadna Evropa

U septembru 1983. održana je u Moskvi konferencija za štampu povodom završetka pre roka gasovoda Urengoj — Pomari — Užgorod, na kojoj su učestvovali sovjetski i strani novinari.

Ministar izgradnje preduzeća naftene i gasne industrije B. J. Ščerbina izjavio je da gasovod Sibir — Zapadna Evropa predstavlja sastavni deo Energetskog programa Sovjetskog Saveza. U XI petoleći predviđana je izgradnja šest supersnažnih magistralnih gasovoda od severnih područja Tjumenske oblasti prema Centru zemlje. Dva od njih, Urengoj — Moskva i Urengoj — Petrovsk, stavljena su u eksploataciju 1981, odnosno 1982. godine. Naročito je važno da su oba gasovoda dostigla projektovani kapacitet već istih godina kojih su stavljeni u pogon. Pre roka izgrađen je i treći gasovod od Urengoja do Novopskova. Četvrtu magistralu petoletke predstavlja gasovod Urengoj — Pomari — Užgorod.

Ako se uzme u obzir da je sem gasovoda Urengoj — Pomari — Užgorod iste godine (1983) stavljeno u pogon još pet hiljada kilometara raznih magistrala, panorama ovog sektora privrede stvorice još jači utisak.

U naše vreme, po svoj prilici, nije bilo gradnje oko koje bi buktale slične strasti. Treba se setiti da je ovaj gasovod bio plod političkog popuštanja, primer uzajamne korisne privredne saradnje niza zemalja Evrope i Sovjetskog Saveza. Pogodbu »Gas — cevi« opravdano su nazvali na Zapadu pogodbom stoleća. Njena realizacija predviđena je za 25 godina. Sovjetski Savez se obavezao isporučivati Zapadnoj Evropi 30 milijardi kubnih metara gasa godišnje, od toga SRN preko deset milijardi, Francuskoj i Italiji po osam milijardi kubnih metara godišnje itd.

Iz naše, jugoslovenske štampe znamo da je ova pogodba, na žalost, našla ne samo pristalice, već i jarse protivnike. Administracija SAD Objavila je embargo zaisporuku tehnike i opreme, ne vodeći računa o interesima svoje zemlje i svojih saveznika. Računalo se s tim da Sovjetski Savez tobože bez zapadne tehnologije neće moći izgraditi gasovod, a to će evropske zemlje dovesti bez sovjetskog gasa u još veću zavisnost od naftnih magnata SAD.

Međutim, kao što znamo, niz državnika Evrope, rukovodioca firmi nisu popustili pod pritiskom Vašingtona i pogodba se ostvarila. Ekonomske sankcije, kako se sećamo, dopunjavane su raznim političkim zaokretima.

Novinari su se takođe interesovali koliki je udeo uvozne opreme u kompresorskim stanicama.

Prema prvobitnom projektu, odgovorio je ministar Ščerbina, predvidelo se je četrdeset kompresorskih stanica na gasovodu Urengoj — Pomari — Užgorod, od kojih je 33 trebalo opremiti agregatima za prepumpavanje gasa kupljenim u zapadno evropskim firmama, i samo sedam sovjetskim. Posle uvođenja »sankcija« bilo je usvojeno rešenje da se isporučuje

turboagregati sovjetske proizvodnje za 22 kompresorske stanice, ukupne snage 23 000 MW, dok na agregate za prepumpavanje gasa svojevremeno kupljene u inostranstvu otpada snage od svega 1 000 MW.

Na molbu predstavnika štampe bili su navedeni podaci o dužinama magistralnih gasovoda za daljinsko transportovanje gasa u Sovjetskom Savezu. Ona je dostigla 225 000 km, rekao je ministar. Istaknuto je takođe da se samo u SSSR-u grade gasovodi manjih prečnika i prema tome manje propusne moći, efektivna dužina gasovoda SSSR-a, tj. redukovana na bazisni (prosečni) prečnik i pritisak u inostranstvu, faktički je četiri puta veća od dužine svih gasovoda u svetu.

Da li je tačno, kao što to tvrde neki na Zapadu, da su »sankcije« SAD i potreba da se na gradilište gasovoda prebace neplanirani resursi naneli osetnu štetu sovjetskoj privredi?

U odgovoru na ovo pitanje ministar Ščerbina je izneo da slične tvrdnje predstavljaju narednu zlonamernu izmišljotinu. Pokušaj da se stavi pod sumnju sposobnost industrijsko-ekonomskog potencijala SSSR za izgradnju gasovoda bez spoljnih isporuka bezuspešno je propao. »Sankcije« nanele su pre svega nemalu štetu materijalnu, moralnu i političku samim SAD.

Sve ovo ne samo što nije nanelo štetu sovjetskoj privredi, već je učvrstilo njenu moć, istaklo je njene nove mogućnosti.

U odgovoru na pitanje novinara zapadnih agencija B. J. Ščerbina je izjavio da je Sovjetski Savez spreman već i danas otpočeti izvršenje svojih obaveza u pogledu isporuke gasa zemljama Zapadne Evrope, tj. znatno pre roka predviđenog sporazumom.

Priredio prema sovjetskoj literaturi

Kiril A. Tropin, dipl. inž.

11000 Beograd, Vj. Kovača 18



»PASTOR«

TVORNICA VATROGASNIH APARATA I AUTOMATSKIH
INSTALACIJA, OOUR INŽENJERING ZA
PROTUPOŽARNU ZAŠTITU,

ZAGREB, Selska cesta 90/a

TELEFON: (041) 567-666

TELEX: 21696

»PASTOR« OOUR — INŽENJERING ZA PROTUPOŽARNU ZAŠTITU PROJEKTIRA, PROIZVODI I MONTIRA:

- STABILNE PROTUPOŽARNE CO₂ INSTALACIJE,
- STABILNE PROTUPOŽARNE INSTALACIJE S RASPRŠENOM VODOM, SISTEM HIDROFORA S TOPIVIM ILI TERMOMAKSIMALNIM JAVLJAČIMA
- STABILNE PROTUPOŽARNE »SPRINKLER« INSTALACIJE,
- STABILNE PROTUPOŽARNE INSTALACIJE S PJENOM,
- STABILNE PROTUPOŽARNE INSTALACIJE S PRAHOM,
- STABILNE INSTALACIJE ZA HLAĐENJE,
- VATRODOJAVNE INSTALACIJE,
- STABILNE PROTUPOŽARNE INSTALACIJE SA HALONIMA,
- VATROGASNA VOZILA NA PRAH S-2 × 250 i S-2 × 1000 I KOMBINIRANA VATROGASNA VOZILA S-250 + Pz-250 I S-1000 + Pz-1000
- MEHANIČKI AKUSTIČKI DETEKTOR MAD,
- VATROGASNE PRIKOLICE S-250 i Pz-250.

»PASTOR« OOUR — VATROGASNI APARATI

- VATROGASNI APARATI NA PRAH
- VATROGASNI APARATI SA HALONOM 1211
- VATROGASNI APARATI NA CO₂
- VATROGASNI APARATI S PJENOM
- VATROGASNI APARATI S VODOM
- HIDRANTSKI ORMARIĆI
- OPREMA ZA POPRAVAK I SERVISIRANJE SVIH VRSTA APARATA

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

ELEKTROENERGETSKA BILANCA HRVATSKE ZA 1985. GODINU

1. Ukupno potrebna električna energija

Na skupštini Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Republičkog SIZ-a potrošača električne energije usvojena je elektroenergetska bilanca Hrvatske za 1985. godinu.

Osnovne veličine elektroenergetske bilance utvrđene su na osnovi studije »Metodologija za izradu elektroenergetske bilance« koji su usvojili Zajednička skupština Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Republička samoupravna interesna zajednica potrošača električne energije Hrvatske od 29. prosinca 1978. Planom potreba električne energije obuhvaćene su potrebe na mreži prijenosa distributivnih radnih organizacija, potrebe direktnih i specijalnih potrošača, te gubici u prijenosnoj elektroenergetskoj mreži.

Potrebe električne energije	Plan 1985. godine
— potrebe distributivnih potrošača	10 125 GWh
— potrebe direktnih potrošača	1 188 GWh
— potrebe specijalnih potrošača	2 143 GWh
— gubici u prijenosnoj mreži	474 GWh
Ukupno	13 930 GWh

Ukupne potrebe električne energije u 1985. godini u odnosu prema 1984. veće su za 4,67 posto.

Godišnje potrebe električne energije potrošača distribucije planiraju se na osnovi prosječne trogodišnje stope porasta. Za 1985. godinu planiran je porast potrošnje distributivnih potrošača od 3,50 posto.

Osim iz mreže prijenosa, radne organizacije distribucije opskrbljuju se električnom energijom i iz vlastitih elektrana (distributivne elektrane) i nabavom iz industrijskih elektrana.

U 1985. godini planira se proizvodnja u distributivnim elektranama 72,8 GWh i preuzimanje od industrijskih elektrana 2,4 GWh, ukupno 75,2 GWh.

1.1. Direktni i specijalni potrošači. Potrebe direktnih i specijalnih potrošača planiraju se na temelju prijava samih potrošača koje moraju biti usklađene s izdanim elektroenergetskim suglasnostima.

U 1985. godini ne ulazi u pogon nijedan novi direktni potrošač, ali su već postojeći (zbog ulaska novih i rekonstrukcije starih pogona) najavili značajnija povećanja preuzimanja prema 1984. godini. INA – Petrokemija Omišalj najavljuje povećanje preuzimanja za 40 GWh (početak rada prve faze), Tvornica aluminijske Ražine povećanje za 56 GWh i Tvornica »Dalmacija« Dugi Rat povećanje za 41,5 GWh (bolji stupanj iskorištenja).

1.2. Gubici prijenosa. Prema metodologiji za izradu elektroenergetske bilance, gubici električne energije u pri-

jenosnoj mreži planiraju se u istom odnosu prema ukupnim bruto-potrebama ostvarenima u prethodnoj godini. Plan gubitaka za 1985. godinu iznosi 474,0 GWh ili 3,40 posto bruto-potreba.

2. Raspoloživa električna energija

Potrebe potrošača za električnom energijom podmiruju se proizvodnjom hidroelektrana, proizvodnjom termoelektrana i isporukama električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama na temelju ugovora o dugoročnoj suradnji i izgradnji elektroenergetskih objekata.

Elektroenergetski sustav Hrvatske raspolagat će u 1985. godini sa snagom na pragu od 3 852 MW u proizvodnim kapacitetima.

2.1. Proizvodnja hidroelektrana. Prema metodologiji za izradu elektroenergetske bilance, proizvodnja hidroelektrana planira se na temelju prosječnih mjesečnih dotoka voda u nizu od 40 godina (1926. do 1965. godine). Plan proizvodnje hidroelektrana u 1985. godini iznosi 5 424 GWh (protočne HE 1 213 GWh, akumulacione 4 211 GWh).

2.2. Proizvodnja termoelektrana. Prema samoupravnom sporazumu o zajedničkom radu u jugoslavenskom elektroenergetskom sustavu godišnja proizvodnja električne energije u termoelektranama, termoelektranama toplinama i nuklearnim elektranama može se planirati do 78 posto vrijednosti koja se dobije množenjem raspoložive snage elektrane na pragu s brojem sati u godini umanjanim za broj sati planiranog remonta.

Planirana ukupna proizvodnja termoelektrana za 1985. godinu iznosi 3 591 GWh. Proizvodnja TE Plomin planirana je u iznosu od 500 GWh, jer pri sadašnjem stanju postrojenja nije moguće postići veću godišnju proizvodnju. Predviđena proizvodnja NE Krško (1 869 GWh) veća je od one predviđene kriterijem, ali se smatra realnom.

Zbog očekivanih poteškoća u osiguranju tekućeg goriva za termoelektrane planirana je njihova proizvodnja samo u razdoblju veće potrošnje električne energije, tj. od siječnja do uključivo travnja i od listopada do kraja godine. Plinske termoelektrane nisu angažirane u planu proizvodnje termoelektrana za 1985. godinu. Početkom 1985. godine u pogon je ušla TE-TO Osijek, snage na pragu 42 MW.

2.3. Isporuke iz drugih termoelektrana. Plan preuzimanja električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama za 1985. godinu utvrđen je na temelju Osnovnih ugovora i Aneksa Osnovnim ugovorima o dugoročnoj suradnji i izgradnji elektroenergetskih objekata, i to sa:

- Elektroprivredom BiH za TE Tuzla, IV, TE Kakanj i TE Gacko
- Združenom elektroprivredom, Beograd, za TE Obrenovac VI.

Plan godišnjih isporuka

— TE Tuzla	1 092 GWh
— TE Kakanj	276 GWh
— TE Gacko	434 GWh
— TE Obrenovac	1 680 GWh

Ukupno 3 482 GWh

Ukupno raspoloživa električna energija

— proizvodnja hidroelektrana	5 424 GWh
— proizvodnja TE izgrađenih u drugim republikama za potrebe Hrvatske	3 482 GWh
— proizvodnja TE na ugljen	500 GWh
— proizvodnja NE Krško za ZEPH	1 869 GWh
— proizvodnja toplana	550 GWh
— proizvodnja TE na tekuće gorivo	672 GWh

Ukupno raspoloživo 12 497 GWh

Nepodmirene potrebe 1 433 GWh

Elektroenergetski sistem Hrvatske raspolaže u 1985. godini s dovoljno izgrađenih kapaciteta elektrana da se podmire sve planirane potrebe za električnom energijom. Za nepodmirene potrebe od 1 433 GWh postoje raspoloživi kapaciteti za proizvodnju u termoelektranama na tekuće gorivo. Za podmirenje svih potreba bi bilo godišnje potrebno 802.000 tona tekućeg goriva. Po energetske bilanci SR Hrvatske osigurano je svega 444 300 tona, to jest nedostaje oko 358 000 tona.

Predviđeno je da se 1 433 GWh koje nedostaju podmire kupnjom raspoloživih količina električne energije u zemlji i inozemstvu.

I. R.

GORIVO ZA TERMoeLEKTRANE

Potrebe goriva u 1985. godini za pojedine termoelektrane u Hrvatskoj utvrđene su na temelju njihove planirane proizvodnje na pragu elektrana i na temelju specifičnog potroška topline za kWh i toplinske vrijednosti goriva koje koristi.

Ukupne godišnje potrebe goriva jesu:

— kameni ugljen	256 800 tona
— teško loživo ulje	444 300 tona
— zemni plin	$23,0 \times 10^6 \text{ m}^3$
— koksni plin	$34,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

Za proizvodnju električne energije u toplanama je potrebno osigurati 115 300 tona tekućeg goriva, a za proizvodnju toplinske energije 172 700 tona. Za NE Krško u 1985. godini potrebno je osigurati devizna sredstva plaćanja za izmjenu 1/3 gorivih elemenata. Troškove snose SR Hrvatska i SR Slovenija, svaka po 50 posto.

I. R.

JUGOSLAVENSKA ELEKTROENERGETSKA BILANCA ZA 1985.

Elektroenergetska bilanca Jugoslavije za 1985. godinu izrađena je kao skupna elektroenergetska bilanca republika i autonomnih pokrajina, a usvojila ju je Skupština Zajednice jugoslavenske elektroprivrede.

Osnovne veličine jugoslavenske elektroenergetske bilance za 1985. godinu na mreži prijenosa jesu:

Potrebe električne energije

— distribucija	48 336 GWh
— direktni potrošači	17 630 GWh
— gubici prijenosa	2 454 GWh
— energija za pumpanje	918 GWh

Ukupne potrebe 69 338 GWh

Raspoloživa električna energija

— proizvodnja hidroelektrana	25 659 GWh
— proizvodnja termoelektrana na ugljen	37 401 GWh
— proizvodnja NE	3 738 GWh
— proizvodnja TE na tekuća goriva i plin	2 540 GWh

Ukupno HE + TE 69 338 GWh

— Uvoz	2 500 GWh
— Izvoz	-2 500 GWh

Raspoloživo 69 338 GWh

Manjak 0

U usvojenoj Jugoslavenskoj elektroenergetskoj bilanci za 1985. godinu formalno su izbalansirana potrošnja i proizvodnja električne energije u godini kao cjelini, ali i ne po mjesečnoj dinamici. Formalnost se ogleda u tome što uvoz električne energije nije ugovoren, a republike odnosno autonomne pokrajine koje su iskazale višak — Slovenija, Srbija, Makedonija, Kosovo — i one koje su iskazale manjak — Hrvatska, BiH, Crna Gora i Vojvodina — nisu međusobno uskladile nikakvu isporuku električne energije.

I. R.

HIDROENERGETSKI POTENCIJAL VRBASA

Vode plivsko-vrbaskog porječja iskorištene su djelomično u HE »Jajce I«, HE »Jajce II« i HE »Bočac«. Ukupno instalirana snaga iznosi 190 MW, a moguća godišnja proizvodnja oko 650 milijuna kWh električne energije.

Stručnjaci energetičari SR BiH ocijenili su da je vodeni tok Vrbasa danas nedovoljno iskorišten. Nakon opsežnih istraživanja i na osnovi dobivenih podataka izrađeni su idejni projekti za gradnju dviju hidroelektrana i proširenje HE »Jajce II«.

Instalirana snaga ovih hidroenergetskih postrojenja u kanjonu Vrbasa povećala bi se za daljnjih 123,5 MW, što bi omogućilo povećanje godišnje proizvodnje za oko 436 milijuna kWh električne energije.

I. R.

OPSKRBA NAFTOM I PLINOM

Energetskom bilancom Jugoslavije za 1985. godinu planirana proizvodnja nafte s domaćih izvora je 4,1 milijuna tona. Kombinat INA ostvarit će 3 milijuna, a »Naftagas« 1,1 milijun tona. Planiran je uvoz 11 milijuna tona sirove nafte, i to 5,5 milijuna sa konvertabilnog i 5,5 milijuna s klirinškog tržišta.

Prerada domaće i uvezene nafte prema preradivačkim kapacitetima ravnomjerno je raspoređena među našim rafinerijama. Najveći dio otpada na rafinerije Rijeka, Sisak i Donja Lendava — oko 7 milijuna tona, na rafinerije Pančevo i Novi Sad oko 5 milijuna i ostatak na Bosanski Brod i Skopje. Nadalje, planiran je uvoz oko milijun tona naftnih derivata.

S domaćih plinskih ponja dobit će se 1,6 milijarda Nm³ prirodnog plina, iz inozemstva potrebno je osigurati 4,5 milijarde Nm³ plina. Radna organizacija »INA-Naftaplin« obećava u ovoj godini poboljšanje opskrbe plinom i tekućim gorivom. Programirano je proširenje istražnih radova na utvrđivanju rezervnih količina nafte i plina na području Save, Drave i Dinarida.

U području savsko-dravske doline treba bušiti mnogo dublje, i do 6 000 metara dubine. Za istraživanje na toj dubini potrebna je skuplja oprema, materijal i tehnologija. U planu je 15 bušotina. Na području Dinarida obaviti će se još mnogo pripremnih poslova da bi se došlo do građe potrebne za izradu studije o perspektivnosti istražnog područja.

Kalinovac je bogato plinsko ležište, zasad s dvije bušotine u tzv. ispitnoj bušotini. Nužne su još tri bušotine da bi se utvrdile nepoznate granice ležišta. Ocjenjuje se da je sa pet bušotina moguća godišnja proizvodnja 300 milijuna Nm³ i 160 000 tona plinskog kondenzata.

Za realizaciju usvojenog plana potrebno je osigurati devize (oko 118 milijuna dolara) i dinarska ulaganja (43,4 milijarde dinara).

I. R.

IZGRADNJA ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA ZA 1985. GODINU

Na zajedničkoj sjednici Samoupravne interesne zajednice potrošača električne energije i Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske usvojen je Plan izgradnje elektroprivrednih objekata za 1985. godinu.

Plan radova izgradnje u 1985. godini obuhvaća ove grupe: studijsko-istraživački i projektni rad, izgradnju proizvodnih i prijenosnih objekata, razvoj distributivne mreže.

Za realizaciju usvojenog programa predviđena su ukupna ulaganja u iznosu oko 25 060 milijuna dinara. Sredstva će se osigurati iz sljedećih izvora:

— sredstva elektroprivrede	6 103 milijuna dinara
— udružena sredstva potrošača električne energije Hrvatske	18 070 milijuna dinara
— bankovni krediti	887 milijuna dinara

1. Studijsko-istraživački radovi. U sklopu grupe studijsko-istraživačkih radova obuhvaćeno je:

- istraživanja urana na Papuku i tehnologija dobivanja urana iz pepela i ugljena
- studije istraživanja i projekti za objekte proizvodnje, te priprema podloga za izradu idejnih projekata hidroelektrana od 1 200 GWh,
- studije od općeg značenja i zajedničkog interesa u vezi s planiranjem i izgradnjom hidroelektrana, nuklearnih elektrana, termoelektrana i prijenosne mreže.

Obradit će se i teme iz područja ekonomsko-financijske problematike, kadrovske problematike, te probleme rada i eksploatacije elektroenergetskog sustava.

2. Objekti proizvodnje. Ukupna ulaganja kod objekata proizvodnje planirana su u iznosu od 12 690 milijuna dinara. Tim sredstvima financirat će se:

- rekonstrukcije i modernizacija proizvodnih objekata
- rekonstrukcija HE Kraljevac, rekonstrukcija HE Manojlovac i drugi radovi na elektranama u pogonu

- dovršetak izgradnje objekata u izgradnji
- prethodni radovi i početak izgradnje na objektima kontinuiteta.

Ulaganjem kod objekata u pogonu produžuje se životni vijek i poboljšavaju se eksploatacijske karakteristike već amortizirane HE Kraljevac i He Manojlovac. Također se osiguravaju znatna sredstva za saniranje posljedice izgradnje hidroelektrane Senj u skladu s Odlukom Skupština RSIZ-a i ZEOH-a.

Kod objekata kontinuiteta (TE Plomin 2, HE Djale, HE Dubrova, Akumulacija Lepenica) financiraju se u skladu s odlukama o izgradnji, projektiranje, pripremi radovi i početak glavnih građevinskih radova, te ugovaranje opreme s domaćim isporučiocima.

Kod ostalih objekata kontinuiteta financiraju se prethodni radovi, koji bi trebali omogućiti donošenje odluke o izgradnji u 1985. i 1986. godini. Iz rezerviranih sredstava za izgradnju proizvodnih objekata financirat će se radovi na dovršetku TE Gacko s rudnikom, radovi na TE Tuzla IV i akumulaciji Čaprazlije, te početna ulaganja za izgradnju novih objekata u drugim republikama na teret udruženih sredstava potrošača električne energije.

3. Prijenosna mreža. Ukupna ulaganja za objekte prijenosne mreže planirana su u iznosu oko 5 130,6 milijuna dinara. Tim sredstvima financirat će se:

- rekonstrukcije i modernizacija objekata prijenosne mreže
- istraživanje i projekti objekata prijenosa
- radovi na objektima čija je izgradnja započela u 1984. godini ili ranije, te radovi na objektima čija izgradnja treba započeti u 1985. godini.

U grupi objekata čija je izgradnja započela u prethodnom razdoblju nalaze se ovi objekti: TS Osijek 3, TS Delnice, TS Nerežišće, TS Međurić (220 kV), TS Dubrava (Dubec), TS Željezara Sisak i TS Bjelovar — rekonstrukcija. U grupi su i DV Rovinj — Poreč i DV Zakučac — Meterize. Svi navedeni objekti osim TS Međurić objekti su 110 kV mreže.

U 1985. godini započelo bi se s izgradnjom ovih objekata: TS Nijemci, TS Omišalj — I etapa, TS Otočac — I etapa, TS Blato, TS Benkovac i TS Prelog. Dalekovod Osijek 1 — Osijek 3, DV Cres — Lošinj, DV RHE Obrovac — TS Obrovac, DV Opuzen — Podgora — dionica Bris — Podgora, DV Ivanec — Straža i KB Jarun — EL-TO — Centar — TE-TO — dionica Jarun EL-TO.

Navedeni objekti predstavljaju nužno pojačanje 110 kV mreže kosa u trenutku donošenja ovog plana konceptijski i projektno u cjelini definiran.

4. Distributivna mreža. Razvoj i izgradnja distributivne mreže u Planu izgradnje za 1985. godinu planiran je u iznosu 4 506 milijuna dinara. Financiranje izgradnje osigurava se iz vlastite amortizacije i iz sredstava OSIZ-a te sredstava Republičkog SIZ-a potrošača električne energije. Na osnovi Plana izgradnje za 1985. godinu, a u okviru globalnog plana izgradnje svake distributivne radne organizacije, izvršit će se raspodjela ulaganja u radove zamjene i rekonstrukcije postrojenja, kao i studije i projekti OOUR-a, te popuna inventara, alata i ostalih novih investicija (Centralno daljinsko upravljanje, sistem veza, transportna vozila i drugo).

Za studije i znanstveno-istraživački rad od zajedničkog interesa na nivou ZEOH-a predviđa se udruživanje amortizacije OOUR-a u iznosu 45,4 milijuna dinara.

Ostala ulaganja. Za izgradnju distributivnih objekata na nerazvijenim područjima predviđa se iznos od 314 milijuna dinara.

Prioritet radova utvrđen je prema prioritetu privrednih objekata koji se financiraju iz Republičkog fonda za razvoj privredno nedovoljno razvijenih područja.

I. R.

POČETAK GRADNJE HE DUBRAVA

U program izgradnje elektroenergetskih objekata kontinuiteta u Hrvatskoj uvrštena je i HE Dubrava.

HE Dubrava, instalirane snage 2×42 MW, s mogućom godišnjom proizvodnjom oko 410 GWh električne energije, to je treća elektrana na Dravi u području SR Hrvatske.

Počeli su pripremni radovi i tijekom prvoga ovogodišnjeg tromjesečja radi se na gradnji pristupne ceste, transformatorskih stanica i dalekovoda, gradnja vodovodne mreže i naselja. Uskoro će početi pripreme na lokaciji buduće strojarnice. Predviđeno je da glavni radovi otpočnu u rujnu 1985. godine.

Investitor je dobio ponude od domaćih proizvođača o isporuci opreme. Tvornica »Rade Končar« isporučit će generatore i drugu elektroopremu, tvornica »Litostroj« turbine, RO »Metalna« Maribor metalne konstrukcije a »Đuro Đa-

ković« Slavonski Brod portalne dizalice na brani i izlazu iz strojarnice.

I. R.

ELEKTROPRENOS OSIJEK

REALIZACIJA PLANA GRADNJE

Plan izgradnje prijenosnih objekata u 1984. godini na području OOUR-a »Elektroprenos« Osijek uspješno je realiziran, iako je bilo poteškoća oko osiguranja financijskih sredstava.

Od većih radova treba istaknuti uvođenje daljinskog upravljanja u transformatorskim stanicama Ernestinovo, Đakovo, Osijek, Beli Manastir, Županja i Vukovar. Do sredine 1985. godine daljinsko upravljanje uvest će se i u TS Slavonski Brod i TS Našice.

U 1984. godini izvršeno je proširenje TS 220/110 kV Đakovo za dva nova polja 110 kV i ugradnja sistema drugih sabirnica u postojećem postrojenju. Nadalje, izgrađeni su i novi portali za izlazne vodove i portali zavješanja tri sistema sabirnica.

Za potrebe priključenja nove TE-TO »Osijek«, snage 45 MW, na elektroenergetski sistem, proširena je TS 110/35/10 kV »Osijek II« za jedno 110 kV polje sa svim potrebnim zaštitnim, mjernim i komandnim uređajima. Izveden je i 110 kV zračni priključak za glavni pogonski objekt, na koji se spaja 110 kV strana blok-transformatora 55 MVA.

I. R.

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE
HRVATSKE

energija

Izdavači:

»Elektroprivreda«, Rijeka
»Elektroprivreda Dalmacije«, Split
SIZ'za znanstveni rad SR Hrvatske
Elektra, Karlovac
Elektroslavonija, Osijek
Elektroistra, Pula
Elektroprimorje, Rijeka
Elektrodalmacija, Split
Elektra, Zagreb
Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije«
Združeno poduzeće, Split — Enco Tirelli i Boris Simončić,
dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip Brkljačić, dipl.
ing., HE Senj — Petar Kuzele, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb
— Ivo Božin, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb
— dr. Zorko Cvetković, Elektroprenos, Zagreb — Šimun Ši-
mundža, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko
Dujmović, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elek-
troistra«, Pula — Branko Mrakovčić, dipl. ing., »Elektropri-
morje«, Rijeka — Marko Šimunović, dipl. ing., »Elektra«,
Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris Markovčić, dipl. ing. — Urednik:
Zdenka Jelić, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski siste-
mi«, Nikola Bilčar, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro Ha-
tić, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadi-
nić, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko Cvetko-
vić, dipl. ing., Zagreb — Josip Neveščanin, dipl. ing., Split —
»Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, To-
mislav Balen, dipl. ec., Jure Šimović, dipl. ec., Petar Kuzele,
dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, eko-
nomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslova-
nja«. — Tehnički urednik: Branko Mališ — Lektor: Vladimir
Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl.
ing.

Redakcija završena 1985-05-15

Godište 34 (1985)

Zagreb 1985

Br. 4

SADRŽAJ

Arsenov A.: Utjecaj pogonskih ograničenja na opti- malnu raspodjelu snaga u složenom elektroener- getskom sistemu (Originalni znanstveni rad) . . .	259
Granić G. — Udovičić B.: Stohastički pristup predvi- đanju potrošnje električne energije (Originalni znanstveni rad)	265
Tonković Z.: Dozvoljeno strujno opterećenje vodiča (Prethodno priopćenje)	273
Plećaš I.: Analiza stvaranja čvrstih radioaktivnih ot- padaka iz nuklearnih elektrana sa BWR i PWR- ima (Originalni znanstveni rad)	277
Žutobradić S.: Doprinos tipizaciji uzemljivača TS 10(20/0,4 kV (Originalni znanstveni rad)	279
Rad Instituta za elektroprivredu u 1984. godini	287
Vijesti iz elektroprivrede	305
Nove knjige	308
Oglasi	311

Casopis 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, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 500
dinara, a za poduzeća i ustanove 2000 dinara. Cijena pojedinog
broja u prodaji 200 dinara.

Za inozemstvo \$ 80 godišnje.

Tekuci račun kod Narodne banke, Zagreb

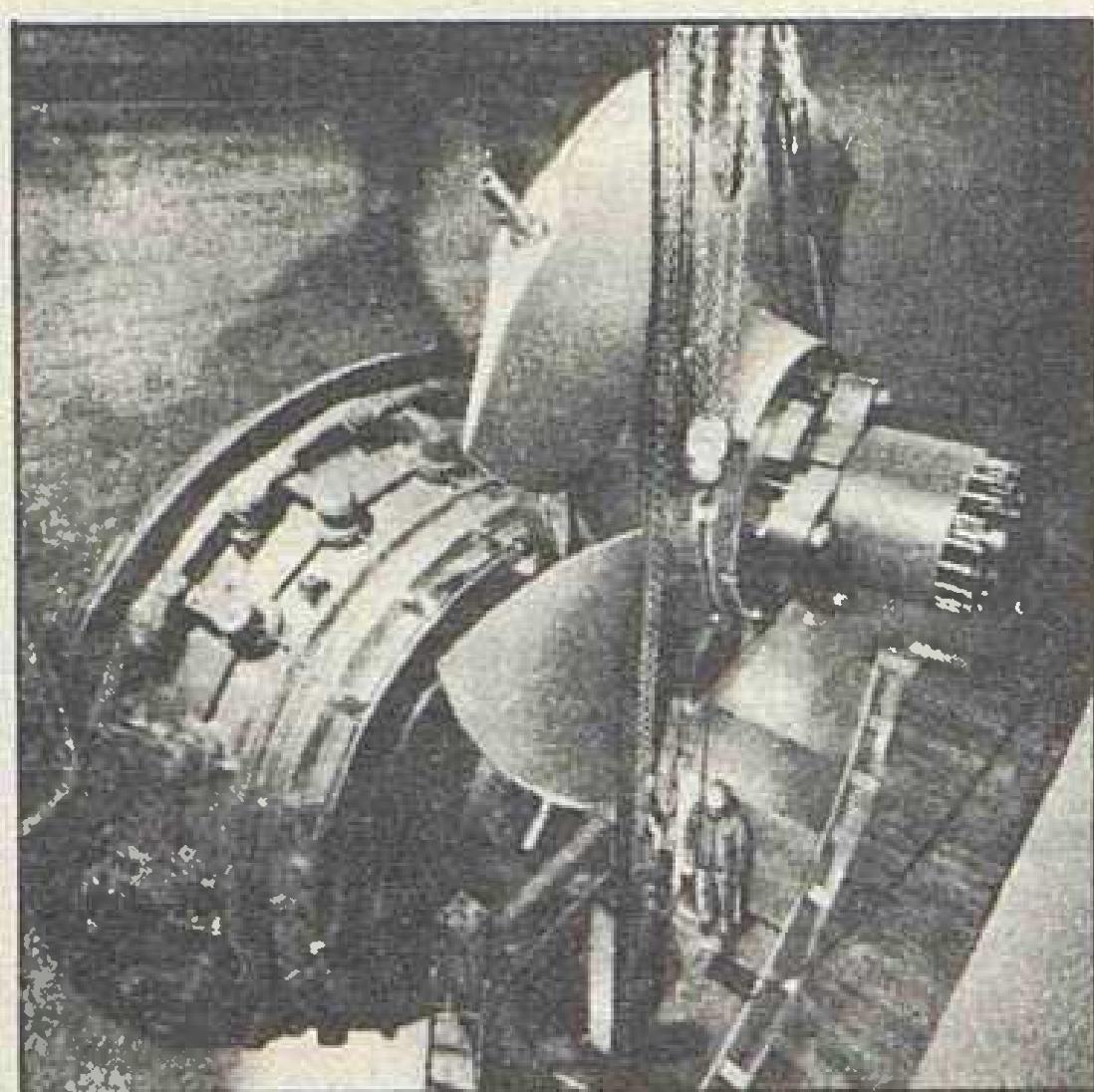
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišej: RO »Zrinski«, TIZ Čakovec

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehniku

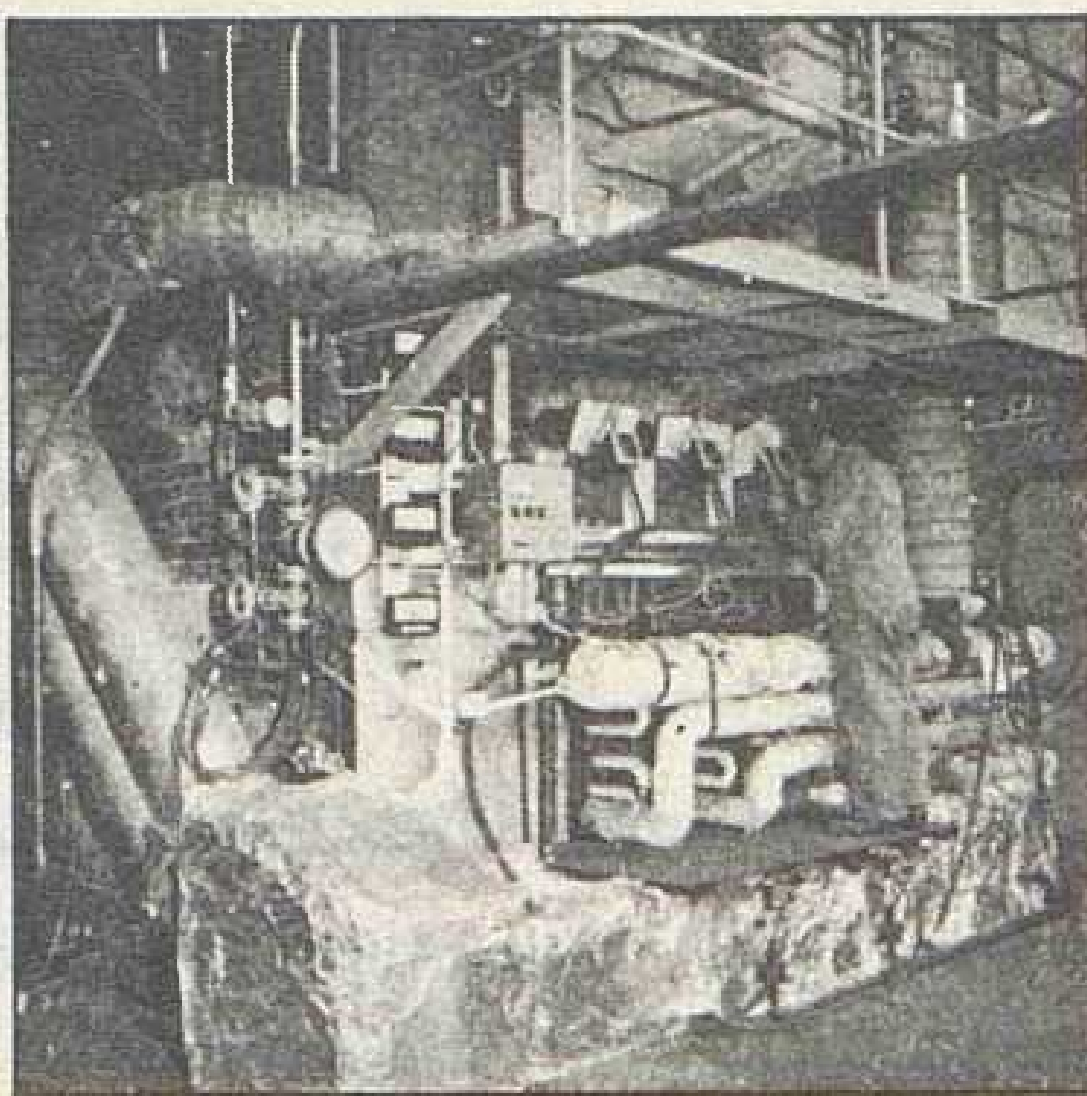
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

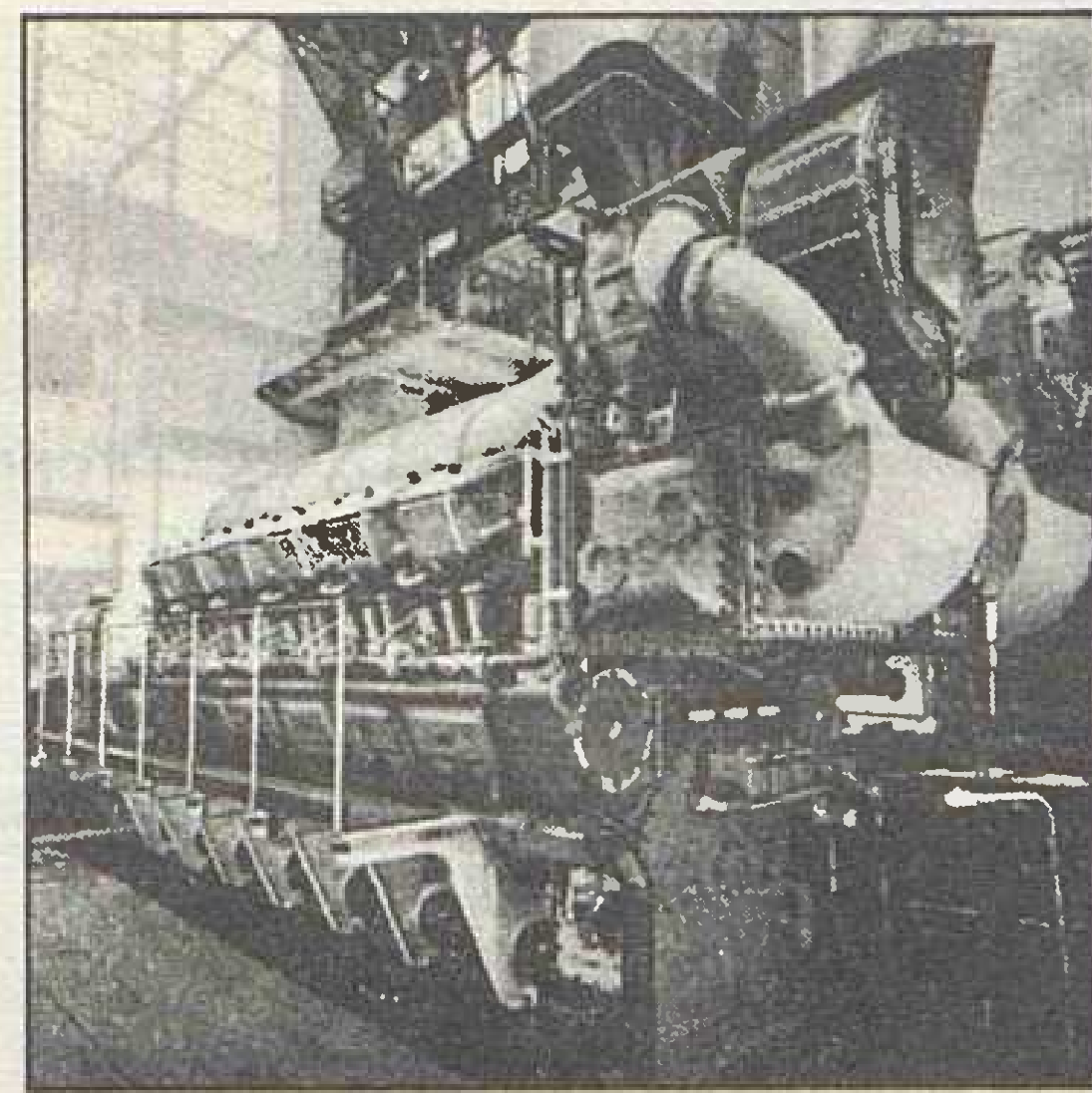
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovska postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapo koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 81 11 22
Telex 89606011

SULZER®



UTJECAJ POGONSKIH OGRANIČENJA NA OPTIMALNU RASPODJELU SNAGA U SLOŽENOM ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

dr Arsen Arsenov, Skopje

UDK 621.31.003

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Dana je matricna metoda za određivanje optimalne raspodjele snaga u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana. Metoda se temelji na poznatim energetskim karakteristikama hidroelektrana i termoelektrana i poznatim konfiguracijama mreže, a razdoblje optimizacije podijeljeno je (općenito) na T jednakih vremenskih intervala.

Ključne riječi: složeni elektroenergetski sistem, pogonska ograničenja, raspodjela snaga

1. UVOD

Problem raspodjele aktivnih opterećenja u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od samih termoelektrana vremenski je nezavisan problem ako se od pogonskih ograničenja uzimaju u obzir, samo ograničenja radi, tehničkog minimuma i maksimalne instalirane snage. U tom slučaju, dakle, snaga neke termoelektrane u nekom vremenskom intervalu ne ovisi o snazi iste termoelektrane u ostalim vremenskim intervalima. Kada su promjene konzuma za relativno kratko vrijeme značajne, događa se da je razlika snaga neke termoelektrane u dva susjedna vremenska intervala tako velika da s obzirom na elastičnost termoelektrane to nije moguće postići, pa su dobiveni rezultati nerealni. Zato je potrebno uvesti dopunska pogonska ograničenja, tako da se snaga n -te termoelektrane u vremenskom intervalu t (P_{nt}) uvijek nalazi u intervalu $x_n \cdot P_{n,t-1} \leq P_{nt} \leq y_n \cdot P_{n,t-1}$. Pri tome x_n i y_n su unaprijed zadane veličine za svaku termoelektranu koje karakteriziraju manevarsku sposobnost termoelektrana.

Unatoč tome što se spomenuta metoda odnosi na sisteme u kojima rade i hidroelektrane i termoelektrane, promjene nastaju u onom dijelu modela koji se odnosi na termoelektrane. Zbog toga, kao i zbog ograničenosti prostora, smatrat ćemo kao da se sistem sastoji samo od termoelektrana.

2. FORMIRANJE MATEMATIČKOG MODELA

Problem optimalne raspodjele snaga sastoji se u pronalaženju minimalnih ukupnih troškova kod svih termoelektrana u toku cijelog perioda optimizacije:

$$F_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N K_{nt}(P_{nt}) \Delta t_t \rightarrow \min. \quad (1)$$

U izrazu (1) N je broj termoelektrana, T broj vremenskih intervala Δt_t širina vremenskog intervala t , a $K_{nt}(P_{nt}) = f(P_{nt})$ troškovna karakteristika n -te termoelektrane u vremenskom intervalu t .

2.1. Ograničenja

Minimum izraza (1) ima smisao samo onda kada su zadovoljena bilančna ograničenja u svim vremenskim intervalima, kao i pogonska ograničenja. Naime, u svakom vremenskom intervalu t mora da je:

$$\sum_{n=1}^N P_{nt} - P_{Lt} - \Delta P_t = 0 \quad (2)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

U (2) P_{Lt} je opterećenje sistema, u MW, u vremenskom intervalu t , a

$$\Delta P_t = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_{it} \cdot B_{ij} \cdot P_{jt}$$

gubici u istom intervalu. Veličine B_{ij} su koeficijenti matrice gubitaka. Ako sa $P_{n\min}$ označimo tehnički minimum n -te termoelektrane, a sa $P_{n\max}$ maksimalno instaliranu snagu iste termoelektrane, pogonska ograničenja se mogu izraziti pomoću sljedećih nejednadžba:

$$x_n \cdot P_{n,t-1} - P_{nt} \leq 0 \quad (3)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 2, 3, \dots, T$$

$$P_{nt} - y_n \cdot P_{n,t-1} \leq 0 \quad (4)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 2, 3, \dots, T$$

$$P_{nt} - P_{n\max} \leq 0 \quad (5)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$P_{n\min} - P_{nt} \leq 0 \quad (6)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

U nejednadžbi (3) i (4) x_n i y_n su koeficijenti koji pokazuju kolika je sposobnost termoelektrane n da smanji odnosno poveća opterećenje između 2 susjedna intervala $t-1$ i t .

Optimum funkcije (1) s obzirom na ograničenja (2) isti je kao optimum sljedeće funkcije bez ograničenja:

$$F_2 = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N K_{nt} (P_{nt}) \Delta t_t - \sum_{t=1}^T \lambda_t \left(\sum_{n=1}^N P_{nt} - P_{Lt} - \Delta P_t \right) \quad (7)$$

λ_t ($t = 1, 2, \dots, T$) — Lagrangeovi multiplikatori za svaki vremenski interval po jedan.

Da bismo uzeli u obzir i pogonska ograničenja, definirat ćemo penalnu funkciju P na sljedeći način:

$$P = \sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N [(P_{n\min} - P_{nt})^2 \cdot s_{g1}(P_{n\min} - P_{nt}) + (P_{nt} - P_{n\max})^2 \cdot s_{g2}(P_{nt} - P_{n\max})] + \sum_{n=1}^N \sum_{t=2}^T [(x_n P_{n,t-1} - P_{nt})^2 \cdot s_{g3}(x_n P_{n,t-1} - P_{nt}) + (P_{nt} - y_n \cdot P_{n,t-1})^2 \cdot s_{g4}(P_{nt} - y_n P_{n,t-1})] \quad (8)$$

Pri tome je:

$$s_{gi}(u_i) = \begin{cases} 1 & \text{za } u_i > 0 \\ 0 & \text{za } u_i \leq 0 \end{cases}$$

$$i = 1, 2, 3, 4.$$

funkcija signature.

Optimum funkcije (7) pri ograničenju (3) — (6) svodi se na rješavanje sljedećeg zadatka:

$$\text{minimizirati } \theta(\mu)$$

$$\text{uz uvjet } \mu > 0$$

gdje je:

$$\theta(\mu) = \inf \{ F_2(X) + \mu \cdot P(x); X \in \Omega \} \quad (9)$$

U (9) X je vektor čije su komponente snage termoelektrana P_{nt} ($n = 1, 2, \dots, N$, $t = 1, 2, \dots, T$) i Lagrangeovi multiplikatori λ_t ($t = 1, 2, \dots, T$), a Ω oblast definirana ograničenjima (3) — (6).

Kao što je poznato iz teorije nelinearnog programiranja,

$$\inf \{ F_2(X) : X \in \Omega, g(X) < 0 \} = \sup_{\mu > 0} \theta(\mu) = \lim_{\mu > \infty} \theta(\mu) \quad (10)$$

U (10) sa $g(X) < 0$ su obuhvaćena ograničenja (3) — (6), a Ω je oblast dozvoljenih rješenja.

Algoritam za rješavanje problema koji je definiran izrazom (10) sastoji se od dvije etape: početne i osnovne. Realizacija osnovne etape provodi se u dva koraka.

U početnoj etapi izabire se $\varepsilon > 0$ u svojstvu kriterija predstanka računanja, izabire se početno rješenje $X_1(P_{nt}, \lambda_t)$, penalni parametar $\mu_1 > 0$ (primjer 0,1; 1; 10; 100, ...) i broj $\beta > 1$. Stavlja se $k = 1$ i prelazi na osnovnu etapu.

U prvom koraku pri početnoj tački X_1 minimizira se funkcija:

$$F = F_2(X) + \mu_k \cdot P(X) \quad (11)$$

uz uvjet $X \in \Omega$. Stavlja se X_{k+1} da je jednako optimalnom rješenju funkcije (11) i prelazi se na drugi korak. Ako je sada $\mu_k \cdot P(X_{k+1}) \leq \varepsilon$, proces rješavanja je završen. U suprotnom stavlja se $\mu_{k+1} = \beta \cdot \mu_k$, zamjenjuje k sa $k+1$ i prelazi se na prvi korak.

3. IZBOR POČETNOG RJEŠENJA X_1

Pokazuje se zgodnim za početno rješenje odabrati optimalno rješenje funkcije (7) bez uzimanja u obzir ograničenja tipa (3)-(6) odnosno funkcije $P(X)$. Takvo se rješenje dobiva iterativnim putem pomoću matrice drugih parcijalnih izvoda funkcije (7) i ono glasi:

$$\Delta \lambda_t^1 = - \frac{\frac{\partial F}{\partial \lambda_t} + S_{1t}^0}{S_{2t}^0} \quad (12)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$\Delta P_{nt} = \frac{\frac{\partial F_2}{\partial P_{nt}} + C_{nt}^0 \cdot \Delta \lambda_t^1}{D_{nt}^0} \quad (13)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

gdje su:

$$C_{nt}^0 = 1 - \frac{\partial \Delta P_t}{\partial P_{nt}^0} \quad (14)$$

$$D_{nt}^0 = \frac{d^2 K_{nt}}{d P_{nt}^0} \cdot \Delta t_t + \lambda_t^0 \cdot \frac{\partial^2 \Delta P_t}{\partial P_{nt}^0} \quad (15)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$S_{1t}^0 = \sum_{n=1}^N \frac{C_{nt}^0}{D_{nt}^0} \cdot \frac{\partial \Delta P_t}{\partial P_{nt}^0} \quad (16)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$S_{2t}^0 = \sum_{n=1}^N \frac{(C_{nt}^0)^2}{D_{nt}^0} \quad (17)$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

Tako dobiveni prirasti dodaju se (s obratnim znakom) početnim vrijednostima na sljedeći način:

$$P_{nt}^i = P_{nt}^{i-1} - \Delta P_{nt}^i \quad (18)$$

$$\lambda_t^i = \lambda_t^{i-1} - \Delta \lambda_t^i \quad (19)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$i = 1, 2, \dots \text{ redni broj iteracije.}$$

Proces konvergencije je završen kada je norma vektora priraštaja, koji ima $N \cdot T + T$ komponenta, manja od neke unaprijed zadane male veličine. Tako je dobiveno rješenje X_1 . Treba spomenuti da je rješenje X_1 dobiveno uz pretpostavku da je matrica B dijagonalna.

4. PRONALAZENJE RJEŠENJA X_{k+1} FUNKCIJE F

Izvodi funkcije F sada sadrže ne samo promjenljive veličine koje se odnose na jedan vremenski interval, već i promjenljive veličine vezane za ostale vremenske intervale, tako da se problem rješavanja sada ne svodi na rješavanje T nezavisnih potproblema, kako je to bio slučaj pri određivanju početnog rješenja X_1 . Uvjeti za ekstrem funkcije F su sljedeći:

$$f_{nl} = \frac{\partial F}{\partial P_{nl}} = \frac{dK_{nl}(P_{nl})}{P_{nl}} \Delta t_1 - \lambda_1 \left(1 - \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_{nl}}\right) +$$

$$+ \mu_k \cdot 2 \cdot \{ (P_{nmin} - P_{nl}) \cdot (-s_{g1}) +$$

$$+ (P_{nl} - P_{nmax}) \cdot s_{g2} +$$

$$+ (x_n \cdot P_{nl} - P_{n2}) \cdot x_n \cdot s_{g3} +$$

$$+ (P_{n2} - y_n s_{g4}) \} = 0 \quad (20)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1$$

$$f_{nT} = \frac{\partial F}{\partial P_{nT}} = \frac{dK_{nT}(P_{nT})}{dP_{nT}} \Delta t_T - \lambda_T \left(1 - \frac{\partial \Delta P_T}{\partial P_{nT}}\right) +$$

$$+ 2\mu_k \{ (P_{nmin} - P_{nT}) \cdot (s_{g1}) +$$

$$+ (P_{nT} - P_{nmax}) \cdot s_{g2} +$$

$$+ (x_n \cdot P_{n,T-1} - P_{nT}) \cdot (-s_{g3}) +$$

$$+ (P_{nT} - y_n P_{n,T-1}) \cdot s_{g4} \} = 0 \quad (21)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = T$$

$$f_{nt} = \frac{\partial F}{\partial P_{nt}} = \frac{dK_{nt}}{dP_{nt}} \Delta t_t - \lambda_t \left(1 - \frac{\partial \Delta P_t}{\partial P_{nt}}\right) +$$

$$+ \mu_k \cdot 2 \cdot \{ (P_{nmin} - P_{nt}) \cdot (s_{g1}) +$$

$$+ (P_{nt} - P_{nmax}) \cdot s_{g2} +$$

$$+ (x_n \cdot P_{n,t-1} - P_{nt}) \cdot (-s_{g3}) +$$

$$+ (x_n P_{nt} - P_{n,t+1}) \cdot x_n \cdot s'_{g3} +$$

$$+ (P_{nt} - y_n \cdot P_{n,t-1}) \cdot s_{g4} +$$

$$+ (P_{n,t+1} - y_n P_{nt}) \cdot (-y_n) \cdot s'_{g4} \} \quad (22)$$

$$n = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 2, 3, \dots, T-1$$

Matrica drugih parcijalnih izvoda može se napisati u ovom obliku:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & \dots & A_{1T} & A_{1,T+1} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & \dots & A_{2T} & A_{2,T+1} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & \dots & A_{3T} & A_{3,T+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{T1} & A_{T2} & A_{T3} & \dots & A_{T,T} & A_{T,T+1} \\ A_{T+1,1} & A_{T+1,2} & A_{T+1,3} & \dots & A_{T+1,T} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P_{n1} \\ \Delta P_{n2} \\ \Delta P_{n3} \\ \dots \\ \Delta P_{nT} \\ \Delta \lambda_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{n1} \\ f_{n2} \\ f_{n3} \\ \dots \\ f_{nT} \\ f_{\lambda_t} \end{bmatrix} \quad (23)$$

Treba spomenuti da su elementi A_{ij} ($i, j = 1, T$) u matricnoj jednadžbi (23), matrice, a svaka od njih ima dimenzije $N \times N$. Pri tome $A_{ij} \neq A_{ji}^T$. Elementi $A_{i,T+1}$ ($i = 1, 2, \dots, T$) su također matrice no njihove dimenzije su $N \times T$. Osim toga, $A_{i,T+1} = A_{T+1,i}^T$ za svako i od 1 do T . U istoj jednadžbi P_{nt} ($t = 1, T$) su vektori kolone svaki od njih ima po N komponenta. Primjer: $P_{n3} = (P_{13} \ P_{23} \ \dots \ P_{N3})^T$. Slično f_{nt} ($t = 1, 2, \dots, T$) su N dimenzionalni vektori. Primjer: $f_{n3} = (f_{13} \ f_{23} \ \dots \ f_{N3})^T$.

Vidi se da je sada određivanje priraštaja snaga i multiplikatora vezano za rješavanje sistema od $T + 1$ linearnih jednadžbi sa $T + 1$ nepoznatih veličina. Primjer: za $N = 10$ i $T = 24$ broj nepoznatih veličina je 240.

4.1 Proračun elemenata A_{ij} ($i, j = 1, T$)

Kako je već spomenuto, elementi A_{ij} su matrice. Ima ih ukupno $T \times T$, a svaka od njih ima po $N \times N$ elemenata. Do elemenata matrice A_{ij} dolazimo nakon deriviranja izraza (20), (21) i (22). Tako se uočava da je velik broj matrica A_{ij} ($i, j = 1, T$) nultih matrica. Točnije, osim dijagonalnih i do dijagonalnih matrica lijevo i desno, sve su matrice nulte matrice. Znači, nulte matrice su: A_{tt} ($t = 1, 2, \dots, T$), $A_{t,t+1}$ ($t = 1, 2, \dots, T-1$) i $A_{t-1,T}$ ($t = 2, 3, \dots, T$). Sve ostale matrice su nulte. Ta osobina matrice drugih parcijalnih izvoda može korisno poslužiti za rješavanje sistema (23) što će biti pokazano u daljnjem izlaganju.

Elementi matrice A_{11} i A_{12} dobivaju se pomoću jednadžbe (20). Naime,

$$A_{11}; \frac{\partial^2 F}{\partial P_{11} \partial P_{j1}} = \begin{cases} \frac{d^2 K_{i1}}{dP_{i1}^2} \Delta t_1 + \lambda_1 \frac{\partial^2 \Delta P_1}{\partial P_{i1}^2} + 2\mu_k \\ (s_{g1} + s_{g2} + x_i^2 \cdot s_{g3} + y_i^2 \cdot s_{g4}) \text{ za } i=j \\ \lambda_1 \cdot \frac{\partial^2 \Delta P_1}{\partial P_{i1} \partial P_{j1}} \text{ za } i \neq 1 \end{cases} \quad (24)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N$$

$$A_{12}; \frac{\partial^2 F}{\partial P_{i1} \partial P_{j2}} = \begin{cases} 2\mu_k \cdot (-x_i s_{g3} - y_i s_{g4}) \text{ za } i=j \\ 0 \text{ za } i \neq j \end{cases} \quad (25)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N$$

Elementi matrice A_{TT} i $A_{T, T-1}$ dobivaju se iz jednadžbe (22) i oni iznose:

$$A_{TT}; \frac{\partial^2 F}{\partial P_{iT} \partial P_{jT}} = \begin{cases} \frac{d^2 K_{iT}}{dP_{iT}^2} \Delta t_T + \lambda_T \frac{\partial^2 \Delta P_T}{\partial P_{iT}^2} + 2\mu_k \\ (s_{g1} + s_{g2} + s_{g3} + s_{g4}) \text{ za } i=j \\ \lambda_T \frac{\partial^2 \Delta P_T}{\partial P_{iT} \partial P_{jT}} \text{ za } i \neq j \end{cases} \quad (26)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N$$

$$A_{T,T-1}; \frac{\partial^2 F}{\partial P_{iT} \partial P_{j,T-1}} = \begin{cases} 2\mu_k \cdot (-x_i \cdot s_{g3} - y_i s_{g4}) \text{ za } i=j \\ 0 \text{ za } i \neq j \end{cases}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N$$

$$\lambda_t^{i+1} = \lambda_t^i - \Delta\lambda \quad (49)$$

$i = 0, 1, 2, \dots$ redni broj iteracije.

Proces rješavanja je završen onda kada je norma vektora $(\Delta P_{nt} \Delta\lambda)$ manja od neke unaprijed zadane male veličine.

6. NUMERIČKA REALIZACIJA

Izloženi algoritam za uključivanje pogonskih ograničenja termoelektrana u račun optimizacije ilustriran je na konkretnim primjerima za fiktivni sistem koji se sastoji od tri termoelektrane čije su energetske karakteristike parabolične funkcije s koeficijentima prema tablici:

	a	b	c
TE 1	0,005	3,51	44,4
TE 2	0,004	3,40	50,0
TE 3	0,003	2,9	60,0

Period optimizacije T podijeljen je na 24 vremenskih intervala svaki širine 1h. B-matrica sistema ima sljedeće dijagonalne elemente: $B_{11} = 0,5 \cdot 10^{-4}$; $B_{22} = 0,7 \cdot 10^{-4}$; $B_{33} = 0,9 \cdot 10^{-4}$. Uzeto je da svi izvandijagonalni elementi matrice B imaju vrijednost $0,9 \cdot 10^{-5}$. Izrađena su dva primjera, a rezultati su dani u tablicama u prilogu. U tablici 1. i 3. dana je optimalna raspodjela snaga kod koje su uzeta u obzir samo bilančna ograničenja u pojedinim vremenskim intervalima, a u tablici 2. i 4. osim već spomenutih ograničenja, još i sljedeća:

Tablica 1.

Optimalna raspodjela snaga bez ograničenja

T	TE1	TE2	TE3	Ukupno	Gubici	Konzum	T
1	168.28	215.30	342.65	726.23	18.25	711.00	1
2	152.00	195.94	319.06	667.00	15.54	654.00	2
3	132.72	172.95	290.93	596.59	12.61	586.00	3
4	129.05	168.56	285.55	583.16	12.08	573.00	4
5	135.83	176.66	295.48	607.97	13.06	597.00	5
6	150.87	194.59	317.40	662.86	15.36	650.00	6
7	162.27	208.16	333.95	704.39	17.22	690.00	7
8	165.70	212.24	338.92	716.86	17.80	702.00	8
9	165.41	211.90	338.51	715.82	17.75	701.00	9
10	162.27	208.16	333.95	704.39	17.22	690.00	10
11	164.27	210.54	336.85	711.66	17.56	697.00	11
12	148.02	191.20	313.26	652.49	14.91	640.00	12
13	151.15	194.93	317.82	663.89	15.40	651.00	13
14	159.70	205.11	330.23	695.03	16.79	681.00	14
15	166.84	213.60	340.58	721.03	18.00	706.00	15
16	178.60	227.57	357.55	763.73	20.07	747.00	16
17	187.53	238.16	370.39	796.08	21.72	778.00	17
18	184.36	234.40	365.83	784.59	21.13	767.00	18
19	172.86	220.75	394.27	742.88	19.05	727.00	19
20	178.89	227.91	357.97	764.77	20.12	748.00	20
21	183.21	233.03	364.18	780.42	20.91	763.00	21
22	174.01	222.11	350.93	747.05	19.25	731.00	22
23	159.41	204.77	329.82	694.00	16.75	680.00	23
24	159.13	204.43	329.40	692.96	16.70	679.00	24

za primjer 1: $P_{nmax} = \{400 \ 210 \ 300\}$; $x(3) = 0,94$ i $y(3) = 1,03$.

za primjer 2: $P_{nmax} = \{400 \ 400 \ 400\}$; $x(2) = 0,95$, $x(3) = 0,94$, $y(2) = 1,04$ i $y(3) = 1,03$

Tablica 2.

Optimalna raspodjela snaga s ograničenjima

T	TE1	TE2	TE3	Ukupno	Gubici	Konzum	T
1	217.69	210.00	300.00	727.69	16.69	711.00	1
2	161.43	207.59	300.00	669.02	15.02	654.00	2
3	132.70	173.29	292.73	598.72	12.72	586.00	3
4	128.71	168.50	288.00	585.21	12.21	573.00	4
5	136.13	177.39	296.64	610.16	13.16	597.00	5
6	159.54	205.34	300.00	664.88	14.88	650.00	6
7	196.04	210.00	300.00	706.04	16.04	690.00	7
8	208.41	210.00	300.00	718.41	16.41	702.00	8
9	207.37	210.00	300.00	717.37	16.37	701.00	9
10	196.04	210.00	300.00	706.04	16.04	690.00	10
11	203.25	210.00	300.00	713.25	16.25	697.00	11
12	154.83	199.73	300.00	654.56	14.56	640.00	12
13	160.01	205.90	300.00	665.92	14.92	651.00	13
14	186.78	210.00	300.00	696.78	15.78	681.00	14
15	212.53	210.00	300.00	722.53	16.53	706.00	15
16	254.91	210.00	300.00	764.91	17.91	747.00	16
17	287.08	210.00	300.00	797.08	19.08	778.00	17
18	275.65	210.00	300.00	785.65	18.65	767.00	18
19	234.21	210.00	300.00	744.21	17.21	727.00	19
20	255.95	210.00	300.00	765.95	17.95	748.00	20
21	271.50	210.00	300.00	781.50	18.50	763.00	21
22	238.35	210.00	300.00	748.35	17.35	731.00	22
23	185.75	210.00	300.00	695.75	15.75	680.00	23
24	184.72	210.00	300.00	694.72	15.72	679.00	24

Tablica 3.

Optimalna raspodjela snaga bez ograničenja

T	TE1	TE2	TE3	Ukupno	Gubici	Konzum	T
1	168.28	215.30	342.65	726.23	18.25	711.00	1
2	152.00	195.94	319.06	667.00	15.54	654.00	2
3	132.72	172.95	290.93	596.59	12.61	586.00	3
4	129.05	168.56	285.55	583.16	12.08	573.00	4
5	135.83	176.66	295.48	607.96	13.06	597.00	5
6	150.87	194.59	317.40	662.86	15.36	650.00	6
7	162.27	208.16	333.95	704.39	17.22	690.00	7
8	165.70	212.24	338.92	716.86	17.80	702.00	8
9	165.41	211.90	338.51	715.82	17.75	701.00	9
10	162.27	208.16	333.95	704.39	17.22	690.00	10
11	164.27	210.54	336.85	711.66	17.56	697.00	11
12	148.02	191.20	313.26	652.49	14.91	640.00	12
13	151.15	194.93	317.82	663.89	15.40	651.00	13
14	159.70	205.11	330.23	695.03	16.79	681.00	14
15	166.84	213.60	340.58	721.03	18.00	706.00	15
16	178.60	227.57	357.55	763.73	20.07	747.00	16
17	187.53	238.16	370.39	796.08	21.72	778.00	17
18	184.36	234.40	365.83	784.59	21.13	767.00	18
19	172.86	220.75	394.27	742.88	19.05	727.00	19
20	178.89	227.91	357.97	764.77	20.12	748.00	20
21	183.21	233.03	364.18	780.42	20.91	763.00	21
22	174.01	222.11	350.93	747.05	19.25	731.00	22
23	159.41	204.77	329.82	694.00	16.75	680.00	23
24	159.13	204.43	329.40	692.96	16.70	679.00	24

Tablica 4.

Optimalna raspodjela snaga s ograničenjima

T	TE1	TE2	TE3	Ukupno	Gubici	Konzum	T
1	183.45	205.70	339.96	729.11	18.11	711.00	1
2	154.64	195.41	319.57	669.62	15.62	654.00	2
3	113.14	185.64	300.39	599.17	13.17	586.00	3
4	109.47	178.16	298.08	585.71	12.71	573.00	4
5	118.34	185.29	307.03	610.66	13.66	597.00	5
6	156.41	192.71	316.24	665.35	15.35	650.00	6
7	180.73	200.42	325.73	706.88	16.88	690.00	7
8	175.76	208.43	335.50	719.70	17.70	702.00	8
9	164.58	212.54	340.82	718.94	17.94	701.00	9
10	162.42	208.77	336.21	707.40	17.40	690.00	10
11	170.50	206.69	337.42	714.62	17.62	697.00	11
12	141.04	196.36	317.17	655.19	15.19	640.00	12
13	141.15	200.15	325.67	666.85	15.85	651.00	13
14	154.53	208.16	335.44	698.12	17.12	681.00	14
15	162.35	216.48	345.50	724.33	18.33	706.00	15
16	186.05	225.14	355.87	767.06	20.06	747.00	16
17	198.91	234.15	366.54	799.60	21.60	778.00	17
18	185.08	234.23	369.07	788.38	21.38	767.00	18
19	172.65	222.52	351.07	746.24	19.24	727.00	19
20	179.16	228.69	360.50	768.35	20.35	748.00	20
21	184.19	232.19	367.79	784.17	21.17	763.00	21
22	177.06	220.58	352.76	750.40	19.40	731.00	22
23	155.80	209.55	331.60	696.95	16.95	680.00	23
24	159.26	205.00	331.61	695.87	16.87	679.00	24

U oba primjera proces konvergencije odvijao se na sličan način. Tako se u prvom primjeru do rezultata došlo nakon četiri iteraciona ciklusa. Pri tome produkt $\mu_k \cdot P$ (za $\mu_k = 0,1; 1; 10; 100$) ima sljedeće vrijednosti: 463, 53; 5,81; $0,58 \cdot 10^{-3}$ i $0,47 \cdot 10^{-5}$. Uvjet konvergencije je da produkt $\mu_k \cdot P$ teži nuli kada $\mu_k \rightarrow \infty$. To je bilo ispunjeno kako u ovom, tako i u ostalim primjerima.

7. ZAKLJUČAK

Izložen je algoritam za uključivanje u račun optimalne raspodjele aktivnih snaga, kako pogonskih ograničenja radi tehničkog minimuma i maksimalne insta-

lirane snage, tako i ograničenja radi pogonske elastičnosti termoelektrana u pogledu prihvaćanja i otkazivanja opterećenja. On se može potpuno uklopiti u matičnu metodu za raspodjelu snaga u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana koja je dana u (1), što pridonosi kvaliteti metode.

LITERATURA

- [1] ARSENOV A., »Matrična metoda za određivanje optimalne raspodjele snaga u elektroenergetskom sistemu sastavljenom od hidroelektrana i termoelektrana«, Energija, Br. 1-2, Zagreb, 1980.

IMPACT OF OPERATION CONDITIONS ON OPTIMAL POWER DISTRIBUTION IN THE COMPLEX ELECTRIC POWER SYSTEM

In the article is presented a matrix method for calculation of optimal power distribution in electric power system composed of hydro—and thermal power plants. Method is based on known electric power conditions of HPP and TPP as well as net configuration, interval of optimisation is divided in T equal time intervals.

EINFLUSS DER BETRIEBLICHEN BESCHRÄNKUNGEN AUF DIE OPTIMALE ARBEITSKRAFT — VERTEILUNG IM ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEM

Es wurde eine Methode für die Bestimmung der optimalen Arbeitskraft—Verteilung im elektroenergetischen System das aus Wasserkraftwerken und Warmwasserkraftwerken besteht. Die Methode beruht auf den bekannten energetischen Verhältnissen der Wasserkraftwerke und Warmwasserkraftwerke und den bekannten Netz—Konfigurationen. Der Zeitabschnitt der Optimierung ist /im Allgemeinen/ in T gleichwertige Zeitintervalle eingeteilt.

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ

Дана матричная метода определения оптимального распределения мощности в ЭЭС, в состав которой входят ГЭС и ТЭС. Метод базируется на известных энергетических предпосылках ГЭС и ТЭС и известной конфигурации электросети, а период оптимизации разделен (вообще) на T одинаковых отрезков времени.

Naslov pisca:

doc. dr Arsen Arsenov, dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet, 9100
Skopje, Karpoš II, b.b.
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-03-08

STOHAŠTIČKI PRISTUP PREDVIĐANJU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

dr Goran Granić — prof. dr Božo Udovičić, Zagreb

UDK 621.31.501

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

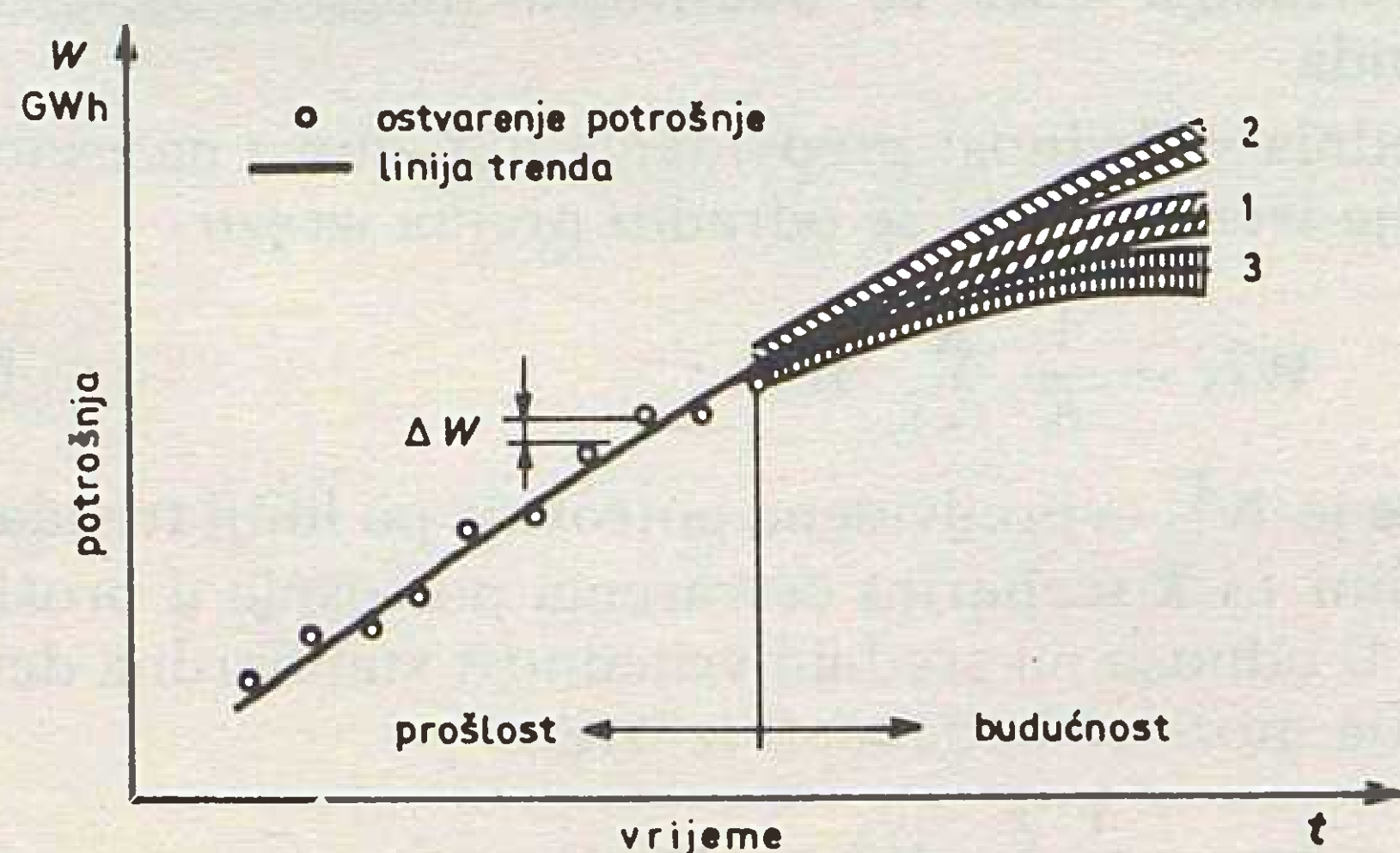
U radu je razradena metoda predviđanja potrošnje električne energije koja se temelji na ekstrapolaciji zakonitosti potrošnje logističkom krivuljom i stohastičkom tretmanu podataka iz prošlosti. Kao rezultat proračuna dobiju se predviđanja u određenim granicama koja odgovaraju postavljenim vjerojatnostima pojave.

Ključne riječi: potrošnja električne energije, metoda predviđanja.

1. UVOD

Razvoj potrošnje električne energije vezan je za velik broj utjecajnih faktora koji su specifični za svako područje (porast stanovništva, razvoj znanosti i tehnike, privredni razvoj, geografski položaj, standard). Osim toga što je djelovanje faktora različito od područja do područja i unutar jednog područja, vremenski se mijenja intenzitet djelovanja, a posljedica je da ostvarenja potrošnje osciliraju oko osnovne linije trenda.

Ako se zakonitost ostvarenja potrošnje u prošlosti opiše jednom krivuljom, npr. logičkom krivuljom, ostvarenja potrošnje rasporedit će se oko linije trenda s većim ili manjim odstupanjima. Što su odstupanja stvarnih vrijednosti potrošnje od vrijednosti trenda manja, to trend bolje reprezentira zakonitost razvoja i obrnuto.



Slika 1. Odstupanja oko linije trenda i linije trenda

Kod predviđanja bilo kojom metodom pretpostavlja se da će se zakonitost razvoja potrošnje utvrđena u prošlosti nastaviti i u budućnosti. Kako su i u prošlosti stvarne vrijednosti potrošnje odstupale od tren-

da, tako se s velikom vjerojatnošću može pretpostaviti da će i u budućnosti potrošnja odstupati od trenda, i sasvim slučajno se može dogoditi da se potrošnja u bilo kojoj godini u budućnosti izjednači s trendom. Zbog toga je poželjno da se potrošnja predviđa kroz granične vrijednosti potrošnje (minimalni i maksimalni nivo potrošnje), kako bi se obuhvatila i moguća odstupanja od trenda koja su moguća i vrlo vjerojatna.

Prethodno iznesena razmišljanja vrijede uz pretpostavku da će linija trenda (npr. na sl. 1. krivulja 1) dobro reprezentirati buduću potrošnju, što je sasvim neizvjesno. Reprezentativnost linije trenda ovisi o postupku dobivanja i izabranom nizu podataka, tako da linija trenda može znatno oscilirati mijenjanjem postupka ili niza podataka (linija 2 ili 3 na sl. 1). Mogućnost pogreške u predviđanju znatno je veća kroz pogrešku u određivanju linije trenda nego u najvećim oscilacijama oko linije trenda, pa je to i osnovni problem predviđanja. Samo slučajni niz podataka može se smatrati reprezentativnim, pa se postavlja problem kako postići potpunu slučajnost izbora.

Ostvarenje potrošnje u prošlosti ima u sebi slučajnu komponentu. U promatranom vremenskom razdoblju mogla je potrošnja rasti po različitim scenarijima a da se vrijednosti potrošnje u posljednjoj godini ni za malo ili nikako ne razlikuje. Ako bismo svaki scenario predstavili s odgovarajućom linijom trenda, moglo bi se unaprijed pretpostaviti kakve bi se razlike u razvoju potrošnje mogle pojaviti.

Broj godina u nizu i vremensko razdoblje koje je obuhvaćeno u nizu također utječu na moguće oscilacije trenda, a prema tome na točnost ili pogrešku u predviđanju. Vrlo je mala vjerojatnost da se sa slučajnim izborom niza može odabrati reprezentativni niz, pa se izboru niza mora pristupiti kao slučajnom događaju.

2. RAZRADA METODE PREDVIĐANJA

2.1. Predviđanja na temelju simulacije različitih scenarija razvoja potrošnje osnovnog niza podataka

Aproksimacija ostvarenja potrošnje električne energije u prošlosti daje osnovnu liniju trenda. Odstupanja od osnovne linije trenda pokazuju kvalitetu aproksimacije. Ako postavimo da je

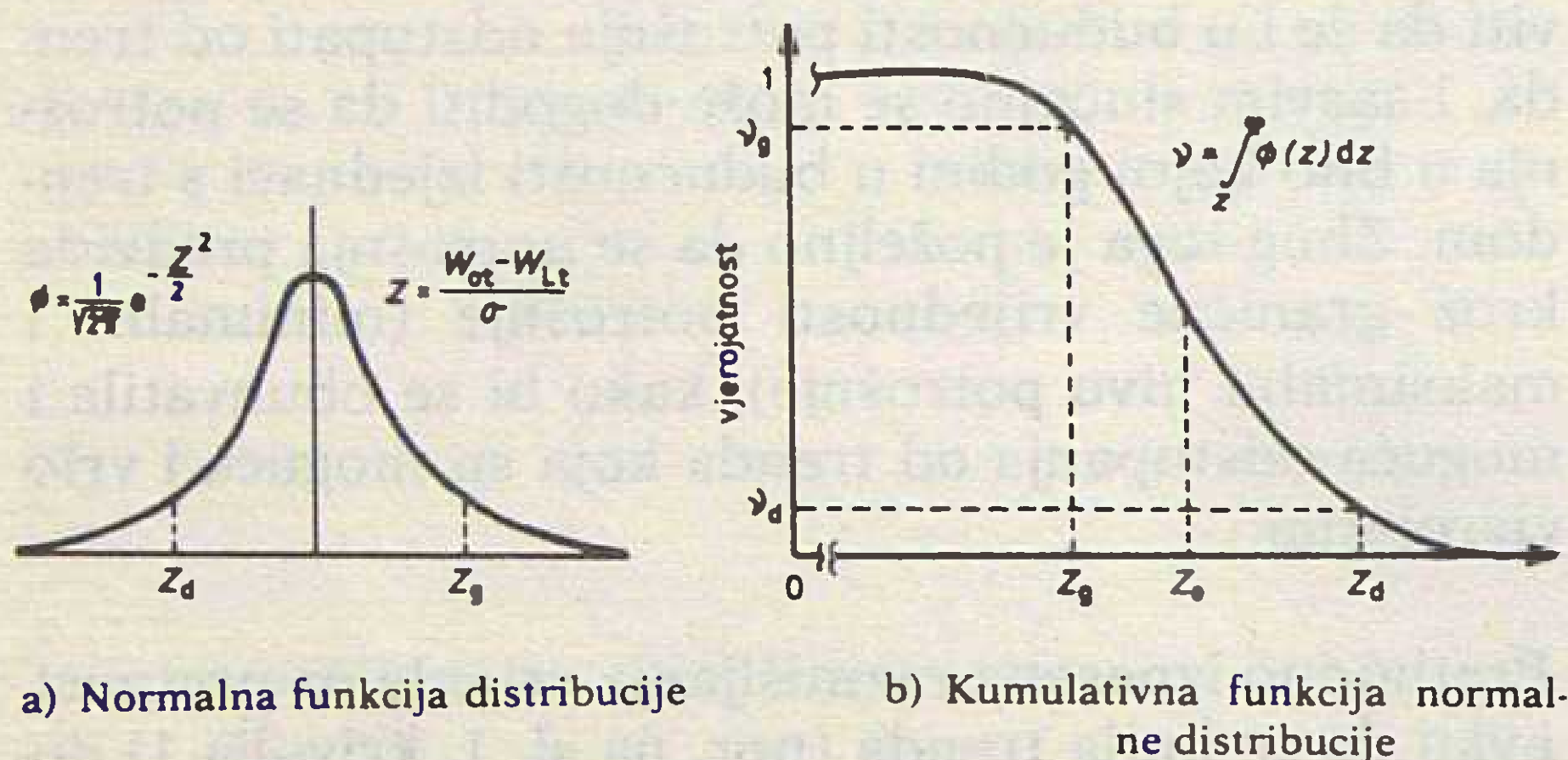
$$\Delta W_t = W_{ot} - W_{Lt}, \quad (1)$$

gdje je W_{ot} — ostvarenje potrošnje u godini t , a W_{Lt} — vrijednost linije trenda u godini t , moguće je odrediti standardnu devijaciju prema izrazu:

$$\sigma_o^2 = \frac{1}{T} (W_{ot} - W_{Lt})^2, \quad (2)$$

gdje je T — broj godina u nizu.

Može se pretpostaviti da se oscilacije ostvarenja potrošnje oko linije trenda događaju po zakonitosti funkcije normalne distribucije.



Slika 2.

Preko standardne devijacije moguće je odrediti prostor u kojem se događaju oscilacije i vjerojatnost obuhvaćenih oscilacija. Tako je npr. s prostorom od σ obuhvaćeno 68% oscilacija u promatranom nizu. Granice prostora određene su pripadajućim vjerojatnostima. Prema kumulativnoj krivulji normalne distribucije svakoj vjerojatnosti v_g odgovara određena standardna varijabla z , a preko nje prirodno i širina prostora. Za gornju granicu v standardna varijabla z_g , a za donju granicu v_d standardna varijabla z_d . Funkcijska zavisnost vjerojatnosti i standardne varijable glasi

$$v = \int_z^{\infty} \phi(z) dz, \quad (3)$$

gdje je $\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2}$ funkcija normalne distribucije, a

$$z = \frac{W_{ot} - W_{Lt}}{\sigma} \text{ — standardna varijabla.}$$

Širina prostora za odgovarajuću vjerojatnost jednaka je umnošku granične standardne varijable i standardne devijacije. Ako se radi o komplementarnim vjerojatnostima ($v_g = 1 - v_d$), onda se granične vrijednosti standardne varijable razlikuju samo u

predznaku, pa se općenito može napisati za širinu pojasa da je

$$\Delta W_{og} = \pm Z_g \cdot \sigma_o. \quad (4)$$

Kao što je već rečeno, može se očekivati da će i u budućnosti potrošnja oscilirati oko linije trenda, pa se preko utvrđenih granica iz izraza 4 mogu odrediti granične vrijednosti potrošnje u budućnosti.

$$W_{gt} = W_{Lt} + \Delta W_{og} \quad (5)$$

$$W_{dt} = W_{Lt} - \Delta W_{og},$$

gdje indeksi d i g označavaju donju i gornju granicu potrošnje.

Kad ne bi bila diskutabilna linija trenda, odnosno njena mogućnost odstupanja od one utvrđene u prošlosti, putem izraza (5) mogle bi se utvrditi konačne granice predviđanja. Međutim, oscilacije niza su moguće, i da bi se i one obuhvatile, simuliraju se mogući scenariji razvoja potrošnje u prošlosti koji u globalu ne odstupaju od osnovnog niza podataka, ali u dinamici da i proizvod su slučajnih događaja. Simulacija scenarija temelji se na:

- osnovnoj liniji trenda W_{Lt}
- širini pojasa mogućih odstupanja ΔW_{og}
- faktoru F_s koji je slučajna varijabla i odabire se po metodi slučajnih brojeva.

Vrijednosti novog niza određuju se prema izrazu:

$$W_{ot}^1 = W_{Lt} + \Delta W_{og} \cdot (0.5 - F_s). \quad (6)$$

Vrijednost faktora F_s kreće se u granicama 0 i 1: za slučaj kada je $F_s > 0.5$ korekcija linije trenda je negativna, a kada je $F_s < 0.5$, korekcija je pozitivna.

Novi niz podataka može se aproksimirati novom linijom trenda koja će vjerojatno odstupati od osnovne linije trenda, odnosno sasvim slučajno se može poklopiti s osnovnom linijom trenda. Ako se proračun ponovi K puta za svaku godinu u budućnosti, dobit će se K podataka o mogućoj potrošnji električne energije, iz kojih se može odrediti standardna devijacija odstupanja trenda, odnosno granične vrijednosti predviđanja koje će obuhvatiti moguće oscilacije trenda.

Srednja vrijednost predviđanja u godini t na osnovi linije trenda može se odrediti prema izrazu

$$W_{Lt} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K W_{Lt}^k, \quad (7)$$

gdje je W_{Lt}^k — predviđena potrošnja po liniji trenda u godini t i k scenariju ostvarenja potrošnje u prošlosti. U odnosu na srednju vrijednost standardna devijacija može se izračunati iz izraza

$$\sigma_{Lt}^2 = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (W_{Lt}^k - W_{Lt})^2. \quad (8)$$

Standardna devijacija, kao i srednja vrijednost, različite su za svaku godinu u budućnosti.

Ukupne moguće oscilacije potrošnje u budućnosti proizvod su oscilacije oko trenda i oscilacija samog trenda. Standardna devijacija ukupnih oscilacija jednaka je sumi pojedinačnih standardnih devijacija

$$\sigma_{ut}^2 = \sigma_0^2 + \sigma_{Lt}^2 \quad \text{za } t = 1, 2, \dots \quad (9)$$

Korištenjem izraza 4 može se odrediti širina pojasa ograničena minimalnim i maksimalnim nivoom predviđene potrošnje, uz uvažavanje ukupnih oscilacija:

$$\Delta W_{ugt} = \pm Z_g \cdot \sigma_{ot}. \quad (10)$$

Granične vrijednosti potrošnje (minimalne i maksimalne) određuju se prema srednjoj vrijednosti trenda:

$$\begin{aligned} W_{tmin} &= \bar{W}_{Lt} - \Delta W_{ugt} \\ W_{tmax} &= \bar{W}_{Lt} + \Delta W_{ugt} \quad \text{za } t = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (11)$$

2.2. Predviđanje na temelju simulacije različitih trajanja nizova i početka niza

U prethodnom dijelu poglavlja obrađeno je predviđanje na temelju jednog niza podataka. Trend ovisi bitno o nizu podataka. Simuliranjem scenarija unutar jednog niza nije moguće obuhvatiti sve slučajeve da se u potpunosti oslobode granice predviđanja od posljedica slučajnosti. Potrebno je obraditi veći broj nizova koji će se razlikovati od osnovnog niza podataka po broju podataka u nizu i indeksu početnog podatka u nizu.

I jedan i drugi podatak kojim se opisuje novi niz određuje se na principu slučajnog izbora pomoću generatora slučajnih brojeva. Ograničenje u izboru je minimalni broj godina u nizu N_{min} . Početni indeks određuje se na način da se slučajna varijabla F_s množi s razlikom broja godina u nizu N i minimalnog broja godina u nizu N_{min}

$$I_p^j = F_s \cdot (N - N_{min} + 1) \quad \text{za } j = 1, 2, \dots, J \quad (12)$$

Kod izbora konačnog indeksa niza, a njegovim izborom određeno je trajanje niza, uvažava se indeks početka niza I_p i minimalno trajanje niza N_{min} . Njegov izbor, jednako kao i izbor početnog indeksa niza, slučajan je i određuje se prema izrazu

$$I_k^j = F_s \cdot (N - N_{min} - I_p^j + 1). \quad (13)$$

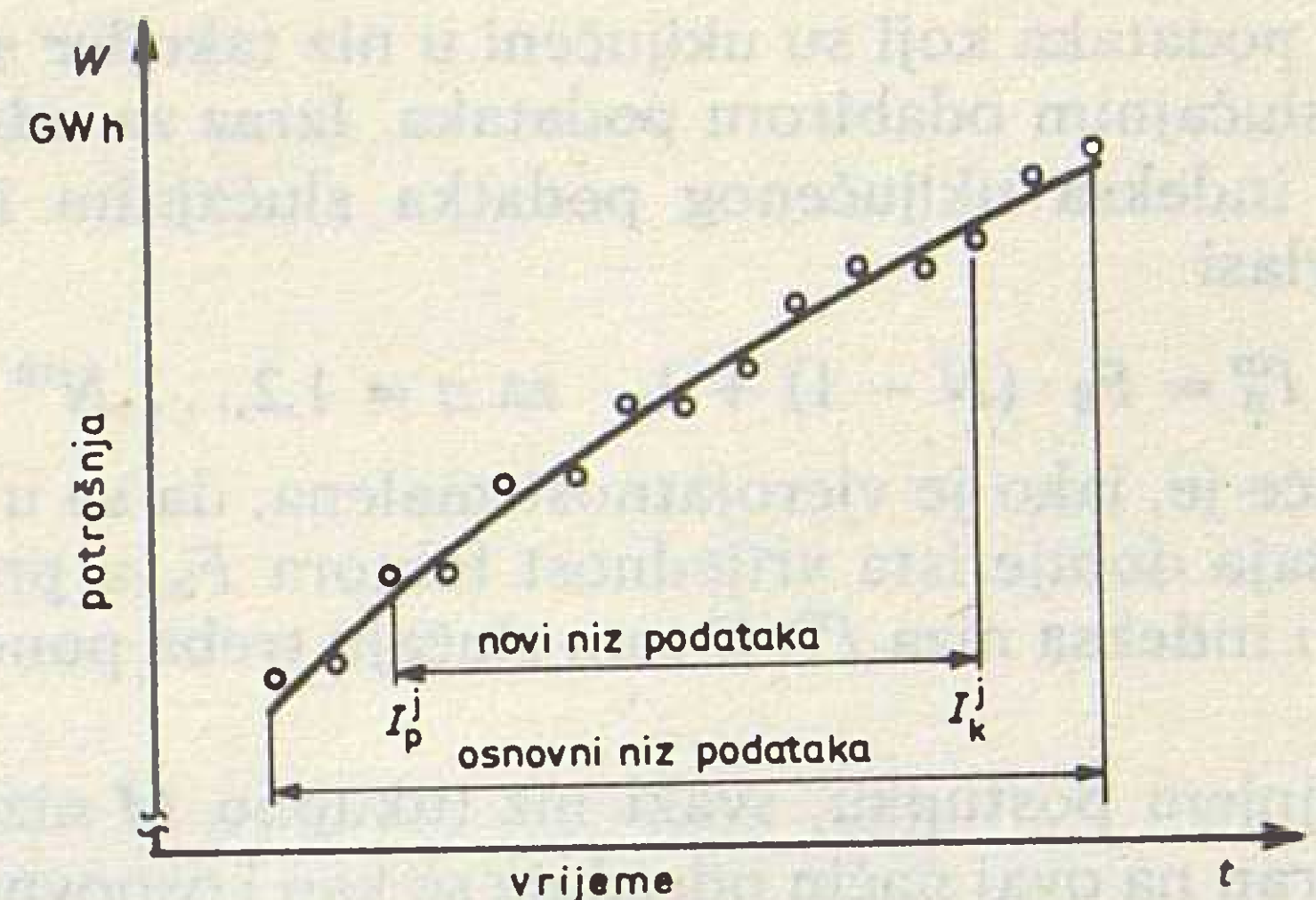
Iz osnovnog niza podataka formira se novi niz podataka s ukupnim brojem podataka u nizu

$$N^j = I_k^j - I_p^j + 1 \quad (14)$$

Novo formirani niz podataka razlikuje se u broju podataka ($N^j < N$), a podaci koji su uključeni u novi niz jednaki su po iznosu i vremenskom rasporedu kao u osnovnom nizu.

Postupak s novim nizom jednak je kao i s osnovnim nizom. Najprije se odredi linija trenda i standardna devijacija, a zatim se simuliraju novi nizovi podataka kao korekcija linija trenda sa slučajnim odstupanjem od linije trenda. Za novo simulirane nizove podataka odrede se linije trenda i projekcije potrošnje za buduće razdoblje, koje se kasnije obrade po već opisanom postupku.

Preko slučajnog izbora početka i kraja niza formira se novih J nizova i svaki se novi niz obradi kroz no-



Slika 3. Novi niz podataka određen na temelju slučajnog izbora početka i kraja niza

vih K nizova, tako da ukupan broj slučajnih nizova iznosi $J \cdot K$ (npr. za $J = 20$, $K = 20$, $K = 20$, $K \cdot J = 400$).

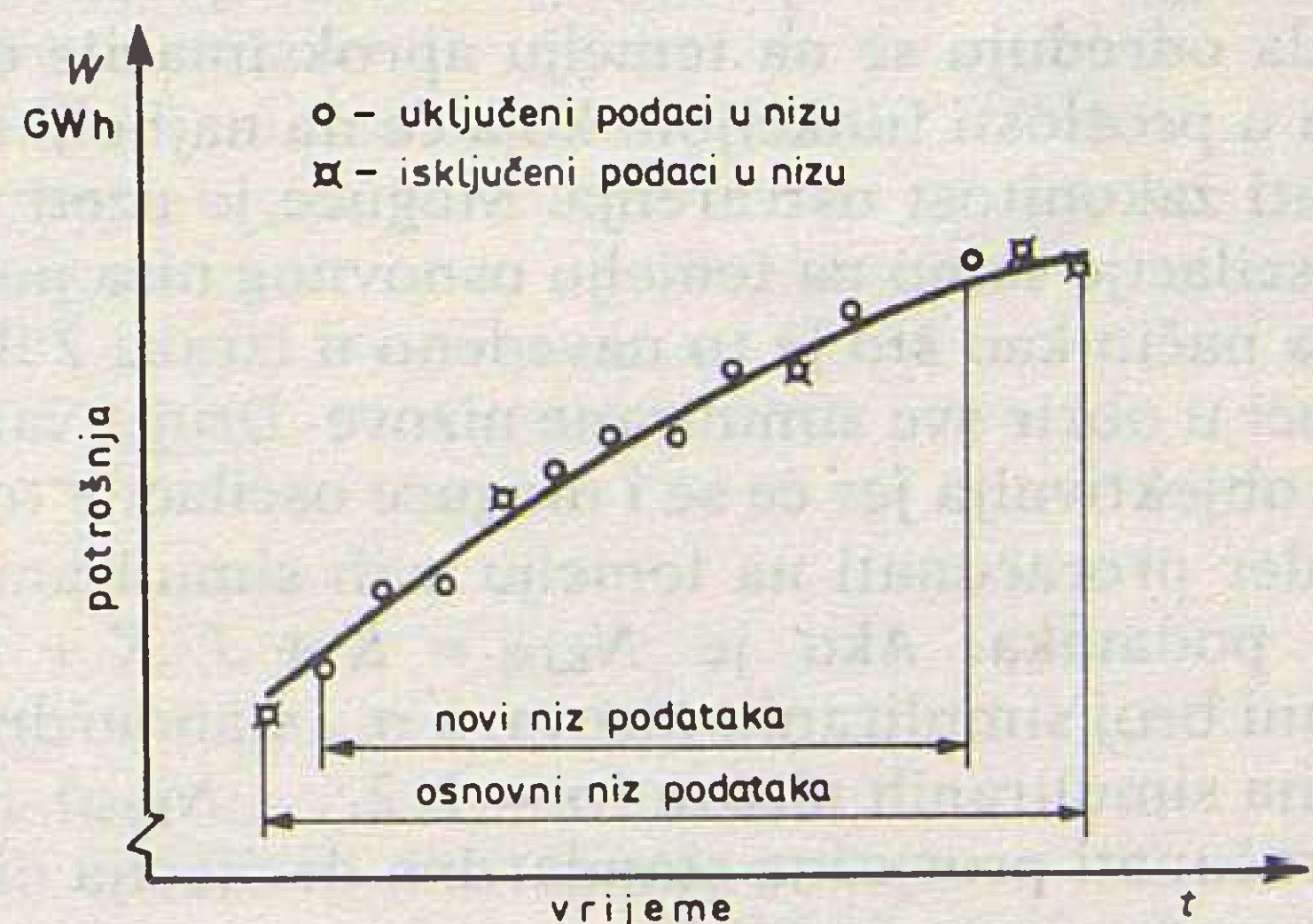
2.3. Predviđanje na temelju slučajnog izbora članova niza

Svaki podatak u nizu ima svoju težinu i vuče liniju trenda prema višem i nižem nivou već prema tome kakva je njegova vrijednost u odnosu na ostale podatke u nizu. Isključivanjem jednog podatka ili više podataka iz osnovnog niza podataka mijenja se odnos u nizu i ostavlja se veća sloboda u postavljanju linije trenda.

Broj podataka u nizu i izbor podataka određuje se po principu slučajnog izbora preko slučajne varijable F_s . Pri izboru poštuju se određena ograničenja na broj podataka u nizu i ponavljanje izbora istog podatka. Izraz za proračun broja podataka u nizu glasi

$$N^m = N_{min} + F_s \cdot ((N - 1) - N_{min}) \quad \text{za } m = 1, 2, \dots, M \quad (15)$$

U izraz je uključeno ograničenje na minimalni broj podataka (N_{min}) i maksimalni broj podataka ($N - 1$) jer se simulirani od osnovnog niza mora razlikovati najmanje u jednom podatku.



Slika 4. Novi niz podataka određen na temelju slučajnog izbora podataka

Na spomenuti način formira se veći broj nizova (M), kao i u prethodnom načinu simuliranja novih nizova.

Izbor podataka koji su uključeni u niz također se izvodi slučajnim odabirom podataka. Izraz za određivanje indeksa uključenog podatka slučajnim izborom glasi

$$I_n^m = F_S \cdot (N - 1) + 1 \quad \text{za } n = 1, 2, \dots, N^m \quad (16)$$

Moguće je, iako je vjerojatnost malena, da se u dva pokušaja dobije ista vrijednost faktora F_S , a prema tome i indeksa niza I_n^m . U tom slučaju treba ponoviti izbor.

U daljnjem postupku, svaki niz (ukupno M nizova) formiran na ovaj način određuje se kao i osnovni niz simulacijom dodatnih nizova određivanjem odstupanja od linije trenda. Ako se uzme u obzir broj simuliranih nizova M i broj podnizova u sistemu niza K , može se odrediti ukupni broj promatranih nizova, a on iznosi: $M \cdot K$.

2.4. Projekcija graničnih vrijednosti potrošnje

Cjelokupan postupak ima za cilj da se postigne »apsolutna« linija trenda koja će biti neovisna o izboru niza podataka. Ukupno je simulacijom formirano:

- $1 \cdot K$ nizova podataka koji se temelje na osnovnom nizu podataka
- $J \cdot K$ nizova podataka koji se temelje na slučajnom izboru J nizova unutar osnovnog niza podataka i obradi tako formiranih nizova po postupku kao i za osnovni niz
- $M \cdot K$ nizova podataka koji se temelje na slučajnom izboru podataka iz osnovnog niza i obradi tako formiranih nizova po postupku kao i za osnovni niz.

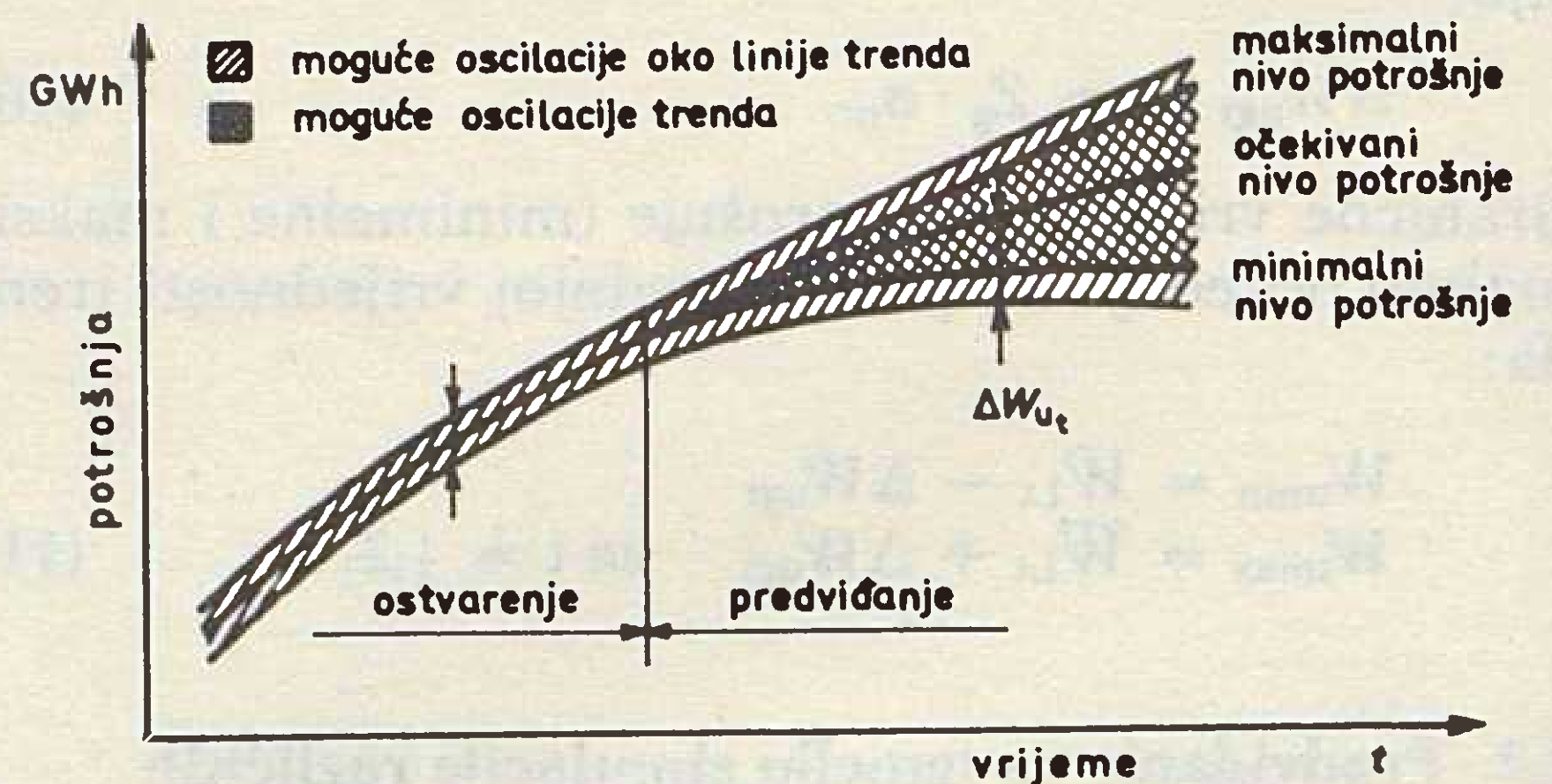
Svaki niz podataka aproksimira se linijom trenda, što omogućava određivanje odstupanja ostvarenja u prošlosti od linije trenda, kao i projekciju buduće potrošnje.

Predviđanje potrošnje električne energije neizvjesno je iz dva razloga: mogućih oscilacija oko linije trenda i oscilacija same linije trenda. Oscilacije oko linije trenda određuju se na temelju aproksimacije ostvarenja u prošlosti funkcijom koja će na najbolji način opisati zakonitost ostvarenja. Moguće je uzeti u obzir oscilacije samo na temelju osnovnog niza podataka na način kao što je to navedeno u izrazu 2 ili uzimajući u obzir sve simulirane nizove. Druga varijanta je objektivnija jer će se i moguće oscilacije trenda također proračunati na temelju svih simuliranih nizova podataka. Ako je $N_{KJM} = K + J \cdot K + M \cdot K$ ukupni broj simuliranih nizova, a σ_{on} standardna devijacija simuliranih nizova ($n = 1, 2, \dots, N_{KJM}$), može se izračunati prosječna standardna devijacija oko linije trenda prema izrazu

$$\bar{\sigma}_o^2 = \frac{1}{N_{KJM}} \sum_{n=1}^{N_{KJM}} \sigma_{on}^2 \quad (17)$$

Standardna devijacija jednaka je za sve godine u budućnosti, odnosno vremenski je nezavisna.

Za razliku od standardne devijacije oko linije trenda (σ_o) standardna devijacija oscilacija linije trenda u funkciji je vremena i rasta počevši od početka godine predviđanja.



Slika 5. Moguće oscilacije predviđanja oko linije trenda

Najveća se pogreška u predviđanju može napraviti u posljednjoj godini predviđanja jer su u njoj uključene pogreške do posljednje godine predviđanja.

Standardna devijacija mogućih oscilacija trenda određuje se posebno za svaku godinu perioda predviđanja prema izrazu

$$\bar{W}_{LNt} = \frac{1}{N_{KJM}} \sum_{n=1}^{N_{KJM}} W_{LNt} \quad (18)$$

$$\bar{\sigma}_{LNt}^2 = \frac{1}{N_{KJM}} \sum_{n=1}^{N_{KJM}} (W_{LNt} - \bar{W}_{LNt})^2$$

$$\text{za } t = 1, 2, \dots, T,$$

gdje je \bar{W}_{LNt} — srednja vrijednost predviđanja linije trenda za godinu t (očekivani nivo potrošnje), W_{LNt} — pojedinačno predviđanje u godini t (ukupno N_{KJM} predviđanja).

Ukupna standardna devijacija σ_{Ut} koja uključuje oscilacije oko trenda i samog trenda jednaka je sumi standardnih devijacija (zapravo kvadrat ukupne standardne devijacije jednak je sumi kvadrata pojedinačnih) i vremenski je ovisna jer je jedan član sume vremenski ovisan, i računa se prema izrazu:

$$\sigma_{Ut}^2 = \bar{\sigma}_o^2 + \bar{\sigma}_{LNt}^2 \quad \text{za } t = 1, 2, \dots, T \quad (19)$$

Moguće oscilacije oko reprezentativne linije trenda određuju se za određenu vjerojatnost odgađanja v i mogu se izračunati prema relaciji

$$\Delta W_{Ut} = \pm z_g(v) \cdot \sigma_{Ut} \quad \text{za } t = 1, 2, \dots, T, \quad (20)$$

gdje je $z_g(v)$ — standardna varijabla za pretpostavljenu vjerojatnost.

Granične vrijednosti potrošnje (minimalni i maksimalni nivo potrošnje) određuju se za svaku godinu predviđanja iz srednje vrijednosti i predviđene potrošnje \bar{W}_{LNt} i mogućih oscilacija ΔW_{Ut} .

$$W_{\max,t} = \bar{W}_{LNt} + \Delta W_{Ut}$$

$$W_{\min,t} = \bar{W}_{LNt} - \Delta W_{Ut} \quad \text{za } t = 1, 2, \dots, T$$

Moguće oscilacije ΔW_{Ut} su u funkciji vjerojatnosti predviđanja i što se želi veća vjerojatnost veće su oscilacije, i obrnuto.

3. PRIMJER PRORAČUNA

Za primjer proračuna na kojem bi se demonstrirala opisana metoda odabran je elektroenergetski sistem SRH. Osnovni niz podataka broji 23 podatka i obuhvaća razdoblje od 1960. do 1982. godine. Svi proračuni provedeni su na temelju sljedećih podataka o potrošnji električne energije.

Tablica 1.

Potrošnja električne energije u SRH od 1960. do 1982. godine

t	Potrošnja GWh	t	Potrošnja GWh	t	Potrošnja GWh	t	Potrošnja GWh
1	2 013,3	7	3 715,9	13	6 506,7	19	10 249,0
2	2 277,4	8	4 047,9	14	6 719,9	20	10 803,7
3	2 560,0	9	4 473,6	15	7 949,9	21	11 608,0
4	3 001,5	10	5 010,3	16	8 490,8	22	11 861,2
5	3 072,1	11	5 575,5	17	8 910,2	23	11 648,3
6	3 343,6	12	5 957,8	18	9 511,3		

Linija trenda u osnovnom nizu i svim simuliranim nizovima opisana je logističkom krivuljom. Predviđanja su napravljena do 2010. godine. Broj simuliranih nizova određen je sa:

- $K = 20$ simuliranih nizova oscilacija oko linije trenda
- $J = 20$ simuliranih nizova u kojima je slučajnim izborom biran početak i kraj niza
- $M = 20$ simuliranih nizova u kojima su slučajnim izborom birani članovi niza i

ukupno iznosi 820 simuliranih nizova. Granične vrijednosti potrošnje (minimalni i maksimalni nivo potrošnje), kao i opseg oscilacija određeni su za vjerojatnost 20%, odnosno 80%, što odgovara vrijednosti standardne varijable od $z_g = \pm 0,8414$.

Simulacija nizova na temelju mogućih oscilacija oko linije trenda izvodi se korekcijom linije trenda za slučajno odabrana odstupanja. Primjer proračun naveden je u tablici 2.

Primjenom metode slučajnog izbora početka i kraja niza simulirano je 20 nizova podataka. Svi nizovi podataka međusobno se razlikuju bar u jednom podatku. Karakteristike navedenih nizova: početak niza, kraj niza i trajanje niza navedeni su u tablici 3.

Treći postupak formiranja nizova temelji se na slučajnom izboru članova i broja članova niza. I u ovom je slučaju simulirano 20 novih nizova podataka. Za primjer će se navesti nekoliko nizova podataka. Članovi niza iz osnovnog niza podataka koji nisu uključeni u novi (ili nove) niz podataka označeni su zvjezdicom.

Ostali nizovi podataka koji nisu navedeni u tablici 4. razlikuju se od ostalih nizova, kao što se i ovi razlikuju bar u jednom podatku.

Tablica 2.

Primjer simuliranja novih nizova podataka na temelju slučajnog izbora odstupanja oko linije trenda

t	Linija trenda GWh	Primjer 1			Primjer 2		
		Sl. var.	Odstupanja GWh	Novi niz GWh	Sl. var.	Odstupanja GWh	Novi niz GWh
1	2 028,5	0,111	-183,4	1 845,1	0,934	204,5	2 233,0
2	2 268,2	0,652	71,8	2 340,0	0,060	-206,9	2 061,3
3	2 529,7	0,528	13,0	2 542,7	0,627	59,8	2 589,5
4	2 813,8	0,486	-6,6	2 808,1	0,816	149,0	2 962,7
5	3 121,3	0,167	-156,9	2 964,3	0,090	-192,7	2 928,6
6	3 453,0	0,400	-47,1	3 405,9	0,507	3,5	3 456,5
7	3 809,4	0,978	225,6	4 035,0	0,101	-187,9	3 621,6
8	4 190,9	0,793	138,2	4 329,2	0,041	-215,9	3 975,1
9	4 597,9	0,779	131,7	4 729,6	0,847	163,4	4 761,3
10	5 030,3	0,335	-77,6	4 952,7	0,426	-34,8	4 995,4
11	5 488,1	0,816	148,9	5 637,1	0,264	-111,0	5 377,1
12	5 971,0	0,616	54,8	6 025,8	0,859	169,0	6 140,1
13	6 478,6	0,158	-160,8	6 317,8	0,597	45,6	6 524,1
14	7 010,2	0,293	-97,3	6 912,9	0,745	115,7	7 125,9
15	7 565,1	0,737	111,9	7 677,1	0,392	-51,0	7 514,0
16	8 142,3	0,115	-181,4	7 960,9	0,972	222,5	8 364,8
17	8 740,7	0,347	-71,9	8 668,9	0,826	153,6	8 894,3
18	9 359,1	0,055	-209,6	9 149,5	0,059	-207,9	9 151,2
19	9 996,0	0,053	-209,5	9 786,5	0,249	-117,9	9 878,1
20	10 649,9	0,167	-156,5	10 493,4	0,967	219,9	10 869,9
21	11 319,4	0,881	179,7	11 499,1	0,622	57,4	11 376,9
22	12 002,7	0,599	46,5	12 049,1	0,034	-219,4	11 783,3
23	12 097,9	0,531	14,7	12 712,6	0,002	-234,4	12 463,5

Tablica 3.

Indeksi početka i kraja niza, te broj podataka u nizu novo simuliranih nizova podataka odabranih slučajnim izborom

Red. br. niza	Početak niza I_p	Kraj niza I_k	Broj podataka u nizu N^j
1	8	22	15
2	5	22	18
3	9	23	15
4	2	22	21
5	1	16	16
6	2	21	20
7	1	22	22
8	1	15	15
9	1	20	20
10	6	22	17
11	7	21	15
12	1	17	17
13	4	22	19
14	6	21	16
15	6	20	15
16	4	21	18
17	5	20	16
18	2	19	18
19	1	21	21
20	3	22	20

Tablica 4.

Primjer novih nizova podataka simuliranih slučajnim izborom broja članova i članova niza

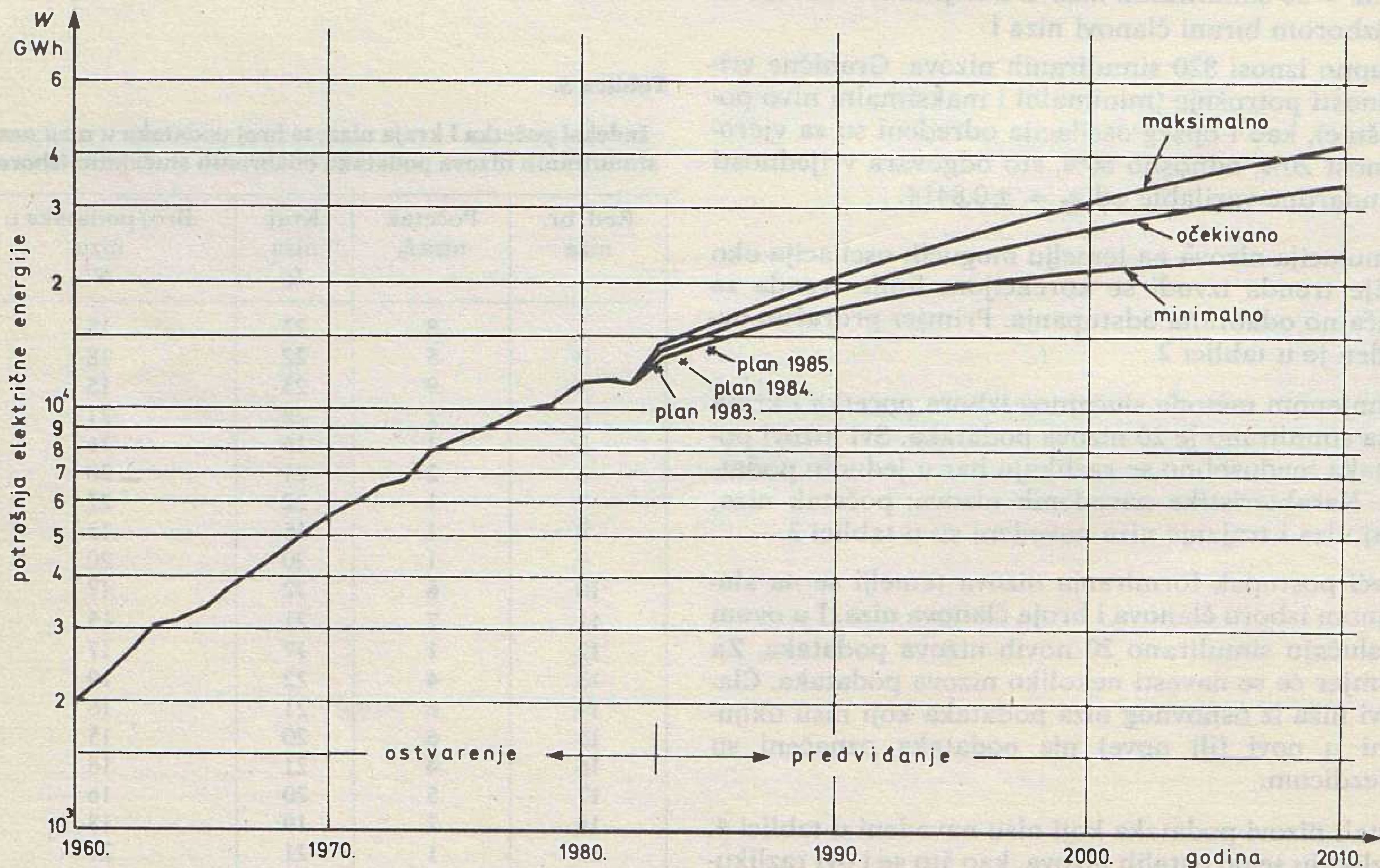
Red. br. podataka	Novi nizovi podataka					
	1	2	3	4	5	6
1		*	*			
2	*		*			
3						
4		*		*		
5					*	
6					*	
7						
8				*		
9	*		*	*		
10		*				*
11						
12			*			
13			*			
14						
15	*					
16	*		*		*	
17			*	*		
18	*				*	
19						*
20			*	*		
21			*			
22	*				*	
23					*	
Broj podataka u nizu	17	20	15	18	18	21

Tablica 5.

Rezultati predviđanja potrošnje električne energije za elektroenergetski sistem SRH

	$\bar{\sigma}_0$	$\bar{\sigma}_{LNt}$	$\bar{\sigma}_{ut}$	\bar{W}_{LNt}	W_{mint}	W_{maxt}
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
1983.	110.8	561.8	572.6	13 740.8	13 258.9	14 222.6
1984.	110.8	683.7	692.6	14 510.1	13 927.2	15 093.0
1985.	110.8	821.3	828.7	15 291.5	14 594.1	15 988.9
1986.	110.8	974.8	981.0	16 083.3	15 257.8	16 908.9
1987.	110.8	1 144.3	1 149.7	16 884.1	15 916.7	17 851.6
1988.	110.8	1 330.0	1 334.6	17 092.4	16 569.3	18 815.4
1989.	110.8	1 532.0	1 536.0	18 506.5	17 213.9	19 799.0
1990.	110.8	1 750.1	1 753.6	19 325.0	17 849.3	20 800.6
1991.	110.8	1 984.2	1 987.3	20 146.4	18 474.1	21 818.7
1992.	110.8	2 234.2	2 237.0	20 969.5	19 087.1	22 851.8
1993.	110.8	2 499.7	2 502.2	21 792.8	19 687.2	23 898.3
1994.	110.8	2 780.4	2 782.6	22 614.9	20 273.4	24 956.5
1995.	110.8	3 075.9	3 077.9	23 434.8	20 844.9	26 024.8
1996.	110.8	3 385.8	3 375.6	24 251.2	21 400.7	27 101.7
1997.	110.8	3 709.4	3 711.1	25 063.0	21 940.3	28 185.7
1998.	110.8	4 046.3	4 047.8	25 869.1	22 463.0	29 275.2
1999.	110.8	4 395.8	4 397.2	26 668.1	22 968.6	30 368.8
2000.	110.8	4 757.4	4 758.6	27 460.6	23 456.4	31 464.9
2001.	110.8	5 130.2	5 131.4	28 244.2	23 926.3	32 562.1
2002.	110.8	5 513.7	5 514.9	29 018.6	24 378.1	33 659.2
2003.	110.8	5 907.2	5 908.2	29 783.2	24 811.6	34 754.7
2004.	110.8	6 309.9	6 310.8	30 537.1	25 226.8	35 847.5
2005.	110.8	6 721.0	6 721.9	31 280.0	25 623.7	36 936.2
2006.	110.8	7 139.9	7 140.7	32 011.1	26 002.5	38 019.8
2007.	110.8	7 565.7	7 566.5	32 730.1	26 363.2	39 097.1
2008.	110.8	7 997.8	7 998.6	33 436.6	26 706.1	40 167.1
2009.	110.8	8 435.4	8 436.2	34 130.1	27 031.4	41 228.8
2010.	110.8	8 877.8	8 878.5	34 810.3	27 339.4	42 281.2

Rezultati predviđanja za razdoblje 1983. do 2010. godina navedeni su u tablici 5. i prikazani na slici 6. Razdoblje 1983. do 1984. namjerno je postavljeno u



Slika 6. Granične vrijednosti razvoja potrošnje u SRH dobivene primjenom stohastičke metode predviđanja

područje predviđanja da se ocijeni mogućnost predviđanja i u uvjetima stagnacije potrošnje električne energije kakvi su bili u posljednjih nekoliko godina. U spomenutoj tablici redom su navedeni podaci o:

- standardnoj devijaciji oscilacija oko trenda $\bar{\sigma}_0$
- standardnoj devijaciji oscilacija linije trenda $\bar{\sigma}_{LNt}$
- o ukupnoj standardnoj devijaciji $\bar{\sigma}_{ut}$
- liniji trenda ili očekivanoj potrošnji \bar{W}_{LNt}
- minimalnom nivou potrošnje za pretpostavljenu vjerojatnost odstupanja W_{mint}
- maksimalnom nivou potrošnje za pretpostavljenu vjerojatnost odstupanja W_{maxt} .

Odstupanja predviđanja u posljednjoj godini iznose $\pm 7470,9$ GWh, što čini 21,5% potrošnje u toj godini. Vremenski to znači pomak od 8 do 10 godina u razvoju potrošnje.

U očekivanoj varijanti prosječni porast potrošnje iznosi 3,5%, u minimalnoj varijanti 2,7%, a umaksimalnoj 4,1%. Kako se za aproksimaciju koristila logistička krivulja, i to u dijelu postupnog usporavanja rasta, porast potrošnje vremenski polako opada u svim varijantama predviđanja i najmanji je u posljednjoj godini predviđanja.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je metoda predviđanja u kojoj se je pokušala obuhvatiti i kvantificirati neizvjesnost predviđanja. Razvijenim postupkom nastojali su se djelomično otkloniti nedostaci svih metoda koje polaze od pretpostavke ponavljanja zakonitosti rasta iz prošlosti u budućnosti. Dajući razvoju potrošnje tretman slučajnog događaja, što on i jest u jednom dijelu, omogućeno je simuliranje različitih varijanti razvoja potrošnje, a rezultat toga su procjene mogućih oscilacija linije trenda.

Ovakav postupak proračuna znači unapređenje u primjeni nezavisnih metoda predviđanja i dobru dopunu zavisnim metodama predviđanja.

LITERATURA

- [1] G. GRANIĆ, Z. ČELAR: »Potrošnja električne energije u SRH do 2000. godine, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.
- [2] Z. PAUŠE: »Vjerojatnost, informacija, stohastički procesi«, Školska knjiga, 1978.

STOCHASTIC APPROACH TO ESTIMATION OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION

In the article is elaborated a method for estimation of electric power consumption that is based on extrapolation of logistic consumption curve and analyses of stochastic data. As result come out estimations in defined boundaries that relate to supposed probabilities.

STOCHASTISCHE METHODE FÜR DEN VORGESEHENEN VERBRAUCH DER ELEKTROENERGIE

In der Arbeit wird die Methode der wahrscheinlichen Elektroenergie ausgearbeitet, die aus der Extrapolation der Gesetzlichkeit des Verbrauchs der logistischen Kurve und dem stochastischen Tretman der Angaben aus der Vergangenheit beruht. Als Resultat der Berechnungen bekommt man die Wahrscheinlichkeit in bestimmten Grenzen die der vorausgesehenen Wahrscheinlichkeit der Erscheinung entsprechen.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗУ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В работе разработан метод прогноза потребления электроэнергии, основанный на экстраполяции закономерности потребления логистической кривой и стохастической трактовке сведений из прошлого. В результате расчета получается прогноз в определенных пределах, соответствующий поставленным вероятностям явления.

Naslov pisaca:

dr Goran Granić, dipl. inž.
Prof. dr Božo Udovičić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
1985 — 04 — 08

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OOUR Elektroprenos

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:
prijenos električne energije, izrađuje studije,
razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje
elektroprijenosnih postrojenja i telekomunikacio-
nih uređaja, te svojim vozilom marke

Kaelble

i prikolicom

Scheuerle

prevozi teški teret do 120 tona.

OOUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB
Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

DOZVOLJENO STRUJNO OPTEREĆENJE VODIČA

mr Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.315.1

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U članku se analizira i izračunava najveće strujno opterećenje vodiča nadzemnih vodova s obzirom na termičku granicu i različite temperature okoline.

Ključne riječi: strujno opterećenje vodiča, termička granica opterećenja, nadzemni vod, vodiči.

U planiranju, jednako kao i u eksploataciji sistema, prijenosne mogućnosti vodova imaju veliku važnost. Dominantan ograničavajući faktor prijenosnog kapaciteta voda jest termička granica opteretivosti vodiča, utjecajna naročito kod kraćih vodova i u dobro uzamčenoj mreži.

Pristup i filozofija termičke opteretivosti vodiča u različitim zemljama svijeta sjedinjeni su u izvještaju što je sastavljen na temelju ankete radne grupe CIGRE studijskog komiteta br. 31 (Planiranje sistema) i objavljenom u »Electri«, br. 74, siječanj 1981.

Termička granica opteretivosti, odnosno najveća trajno dozvoljena strujna opteretivost prijenosnih nadzemnih vodova ovisi o temperaturi iznad koje se užetima vodova (konkretno aluminiju) smanjuje mehanička čvrstoća. Ta najviša dozvoljena temperatura Al užeta određena je sa $+80^{\circ}\text{C}$ i ona limitira najveću pogonsku trajno dozvoljenu struju. Osim toga, ta je temperatura i prag kada se javlja intenzivnija oksidacija površine kontakata spojnica i stezaljki između pojedinih dionica vodova, čime se povećava prijelazni otpor (što izaziva opet dalje zagrijavanje itd.). Pri dužem trajanju takve temperature vodiča povećava se provjes i smanjuje sigurnosni razmak. Noviji su nazori da mehanička čvrstoća Al užeta pada već kod $+50^{\circ}\text{C}$. Za bakrene vodiče u njemačkim je propisima maksimalna dozvoljena temperatura $+70^{\circ}\text{C}$.

Strujno zagrijavanje vodiča ovisi o njegovim karakteristikama, kao i o stanju okoline — temperaturi, vjetru.

Za određivanje maksimalne trajno dozvoljene struje najčešće se koristi deterministički model. Njega definiraju dva konačna stanja: najveća trajno dozvoljena temperatura vodiča i referentno, obično najnepovoljnije pretpostavljeno stanje okoline. Primjena ovakvog determinističkog modela daje u usporedbi s probabilističkim modelima konzervativnije vrijednosti dozvoljene struje. Propisi favoriziraju deterministički model; u našem su »Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergets-

kih vodova«, ZJE, 1980. godine, definirana oba uvjeta u članu 20:

»Presjek žice i užadi mora biti dovoljno veliki da im temperatura kod zagrijavanja strujom ne prelazi $+80^{\circ}\text{C}$. Pri tom se računa s temperaturom okoline $+40^{\circ}\text{C}$.

To je ujedno sve što naši propisi govore o nadtemperaturi i opterećenju: Dozvoljena nadtemperatura zbog strujnog zagrijavanja iznosi prema tome $+40^{\circ}\text{C}$.

Da taj zahtjev izrazimo u električnim veličinama — budući da strujna opterećenja kod kojih se nadtemperatura užeta povisi za 40°C nisu dana ni u »Pravilniku...« ni u JUS standardima — poslužiti ćemo se važećom DIN normom 48204 iz 1974. godine u kojoj je navedeno to maksimalno trajno opterećenje. U njemačkim propisima je temperatura okoline definirana nešto niže nego u našim: $+35^{\circ}\text{C}$, a propisan je i vjetar $0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (vjerojatno preuzeto iz američke prak-

se: 2 ft/s). Zato će trebati izvršiti preračunavanje da bi se dozvoljena granična vrijednost struje korigirala na našu temperaturu okoline $+40^{\circ}\text{C}$. U spomenutom »Pravilniku o tehničkim normativima...« dana je ta formula za granično strujno opterećenje samo za stanje definirano s temperaturom okoline $+40^{\circ}\text{C}$ i vodiča $+80^{\circ}\text{C}$ te brzinom strujanja okolnog zraka $0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$I = 5,6 \sqrt{\frac{d(169 + \frac{910}{\sqrt{d}})}{R}} \quad \text{A}$$

kojoj je:

$$R = R_{20} \cdot (1 + 60 \cdot \alpha) \dots \text{električni otpor za 1 km vodiča pri temperaturi } +80^{\circ}\text{C} (\Omega)$$

d — promjer vodiča (cm)

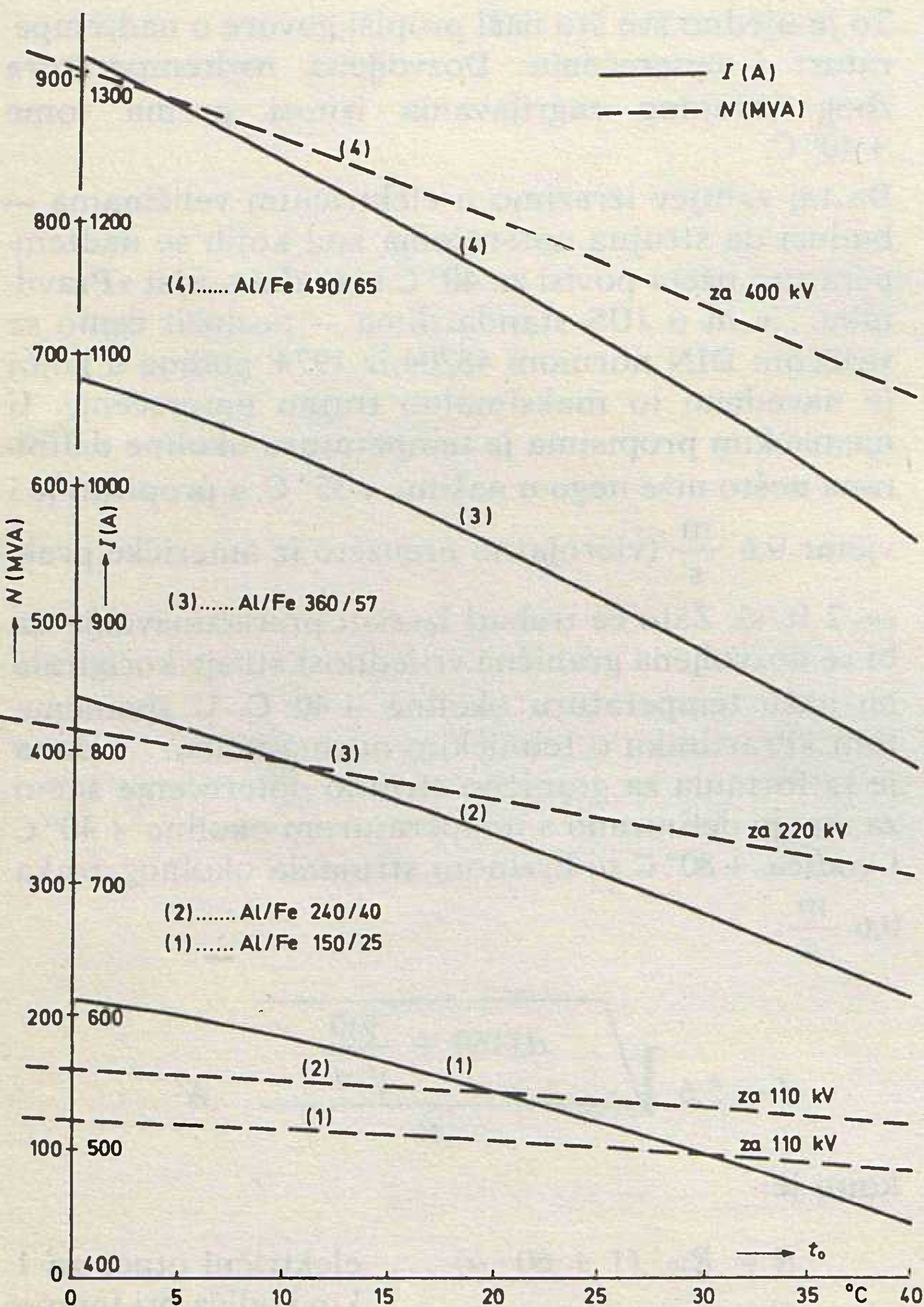
Koincidencija temperature okoline 40°C i maksimalnog opterećenja je rijetka, pa je opravdano istražiti

opteretivost i pri drugim temperaturama okoline — i tako ustanoviti nekoliko nivoa moguće opteretivosti. Proračun je izvršen za Al/Fe uzeta

110 kV	150/25
	240/40
220 kV	360/57
400 kV	490/65

Rezultate proračuna maksimalnog trajnog strujnog opterećenja Al vodiča (dozvoljena temperatura zagrijavanja: +80°C) za različite temperature okoline uz vjetar $0,6 \frac{m}{s}$ dajemo u sljedećoj tablici i dijagramu.

		t_0 (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
110 kV	150/25	(A)	613	595	576	555	534	512	489	465	439
		(MVA)	117	113	110	106	102	97	93	88	84
220 kV	360/57	(A)	1084	1054	1020	985	948	910	869	826	780
		(MVA)	413	401	388	375	361	346	331	314	297
400 kV	490/65	(A)	1322	1282	1241	1198	1154	1107	1058	1006	951
		(MVA)	915	887	859	829	798	766	732	696	658



Slika 1.

Za verifikaciju upotrijebljenog postupka kontrolirane su prema DIN-u konačne veličine struje za temperaturu okoline 35°C: za 150/25: 470 A (u našoj tablici

preračunavanja: 465 A); za 240/40: 645 A; presjeka 360/57 nema u DIN-u ali je za 340/30: 790 A, a za 380/50: 840 A; za 490/65: 960 A. Iz toga se vidi da se jedino vrijednosti za Al/Fe 490/65 nešto razlikuju, pa se može konstatirati primjerenost korištene metode preračunavanja.

Veličine za temperaturu okoline 40°C izračunate su i prema navedenoj formuli iz našeg »Pravilnika o tehničkim normativima...« i dobiveni su identični rezultati.

U slučaju da se pretpostavlja mirna atmosfera, da nema vjetra, strujno se opterećenje smanjuje za 30%.

U tablici i dijagramu dane su snage za navedene naponske razine; ako su vodiči upotrijebljeni na drugim naponima treba preko struje izračunati nove dozvoljene snage. Na primjer, presjek 240 mm² upotrebljava se i u 220 kV mreži, pa je granična snaga 230 MVA (a ne 115 MVA kao u 110 kV mreži), ili npr. presjek 490 mm² koristi se i u 220 kV mreži, pa je granična snaga 360 MVA. Ako postoje vodiči u snopu, a to su u našoj praksi redovito dva, treba udvostručiti odgovarajuće vrijednosti. Posebno u 400 kV mreži svi su vodovi sa po dva vodiča u snopu pa je termička granica 1320 MVA.

Ako se koriste formule navedene u referatu prof. dr Marijana Plapera »Opteretivost dalekovoda u mrežama za prenos električne energije«, na XV savjetovanju elektroenergetičara Jugoslavije u Beogradu 1981. godine, dobivaju se rezultati koji su u skladu sa graničnim strujama prema DIN-u (temperatura okoline +35°C), a za naše uvjete (temperatura okoline +40°C), daju nešto niže vrijednosti nego što su one dobivene formulom u »Pravilniku o tehničkim normativima...«:

Al/Fe 150/25	426 A
Al/Fe 240/40	585 A
Al/Fe 360/57	754 A
Al/Fe 490/65	918 A

Odstupanja su neznatna, pa su prema tome i te formule jednako primjerene za proračun dozvoljene struje pri bilo kojoj temperaturi okoline.

Dodajmo još dvije više načelne primjedbe. U svim ovim razmatranjima nije uzeto u obzir zagrijavanje vodiča isijanom Sunčevom energijom — pa izračunate vrijednosti struje znače zaokružavanje prema gore! Navedimo i da iz usporedbe relativnih odnosa mase (volumena) i rashladne površine vodiča slijedi da se vodiči manjih presjeka lakše hlade nego oni većih presjeka — pa dozvoljavaju veću gustoću struje. Na primjer prema DIN-u:

za Al/Fe 150/25	3,16 A/mm ²
za Al/Fe 490/65	1,96 A/mm ² .

U našem »Pravilniku o tehničkim normativima...« uočena je već kontradikcija između člana 20 kojim se dozvoljava zagrijavanje vodiča do +80°C i članova 4 i 5 u kojima se zadaje temperatura +40°C kao pretpostavka za proračun provjera vodiča i zaštitnih užeta. U točki 28. člana 4. u specijalnim slučajevima »za provodnike visokonaponskih vodova, za koje se predviđa da u toku leta mogu imati u normalnom po-

gonu visoko specifično strujno opterećenje, preporučuje se računanje na temperaturu provodnika $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

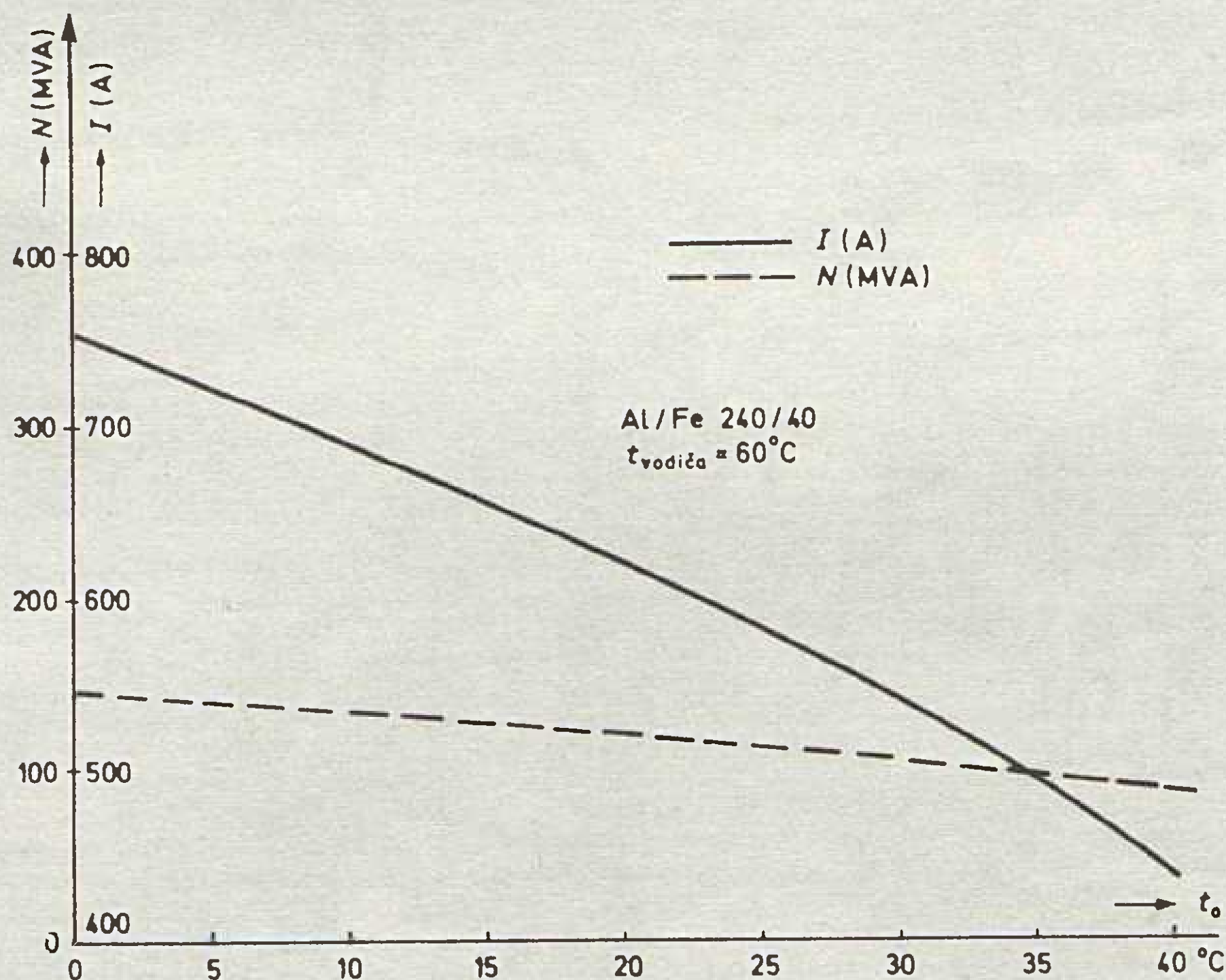
Ova razlika u nazivnoj računskoj temperaturi vodiča (od $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) znači prosječno povećanje provjesa za 1,25 do 1,5 m. Takva se mogućnost smanjenja sigurnosnog razmaka prema našoj tekućoj praksi uzima u obzir empirijski ocijenjenom rezervom.

S obzirom na malu vjerojatnost relevantnih koincidencija, obrazloženih u komentaru »Pravilnika ...« naši propisi nisu mijenjani — iako za to postoje i konkretni prijedlozi, u posljednje vrijeme npr. spomenuti referat prof. dr M. Plapera. Tu se općenito za visokonaponske prijenosne vodove predlaže »neka se trajno dozvoljene struje i visine stupova fiksiraju na osnovi temperature provodnika $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ «.

Ako bi se to usvojilo, onda su npr. za Al/Fe uže 240/40 voda 110 kV vrijednosti maksimalno dozvoljene trajne struje za različitu temperaturu okoline (uz pretpostavljeno strujanje u okolini vodiča $0,6\frac{\text{m}}{\text{s}}$):

t_0 ($^{\circ}\text{C}$)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
(A)	749	718	686	652	616	577	535	489	439
(MVA)	143	137	131	124	117	110	102	93	84

što je prikazano u sljedećem dijagramu.



Slika 2.

Prema jednom starijem podatku, dodajmo da u mnogim zemljama nisu objedinjene temperature maksimalnog trajnog opterećenja vodiča i ona za koju se računa sigurnosni razmak kako to slijedi iz pregleda koji je svojevremeno dan u »Electri«, br. 18, srpanj 1971. godine.

PERMISSIBLE CURRENT LOADING OF CONDUCTORS

In the article is analysed and calculated the greatest current load of conductors in overhead lines in regard with thermic boundary and different surrounding temperatures.

ERLAUBTE STROMBELASTUNG DER LEITER

Im Artikel wird die höchste Strombelastung der Leiter der oberirdischen Leiter mit Bezug auf die thermische Grenze und verschiedene Temperaturen der Umwelt analysiert und ausgerechnet.

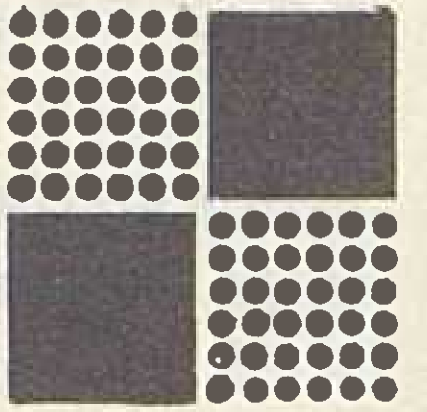
ДОПУСТИМАЯ ТОКОВАЯ НАГРУЗКА ПРОВОДОВ

В статье анализируется и рассчитывается наибольшая токовая нагрузка проводов ВЛ с учетом теплового предела и различных температур среды.

Naslov pisca:

mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

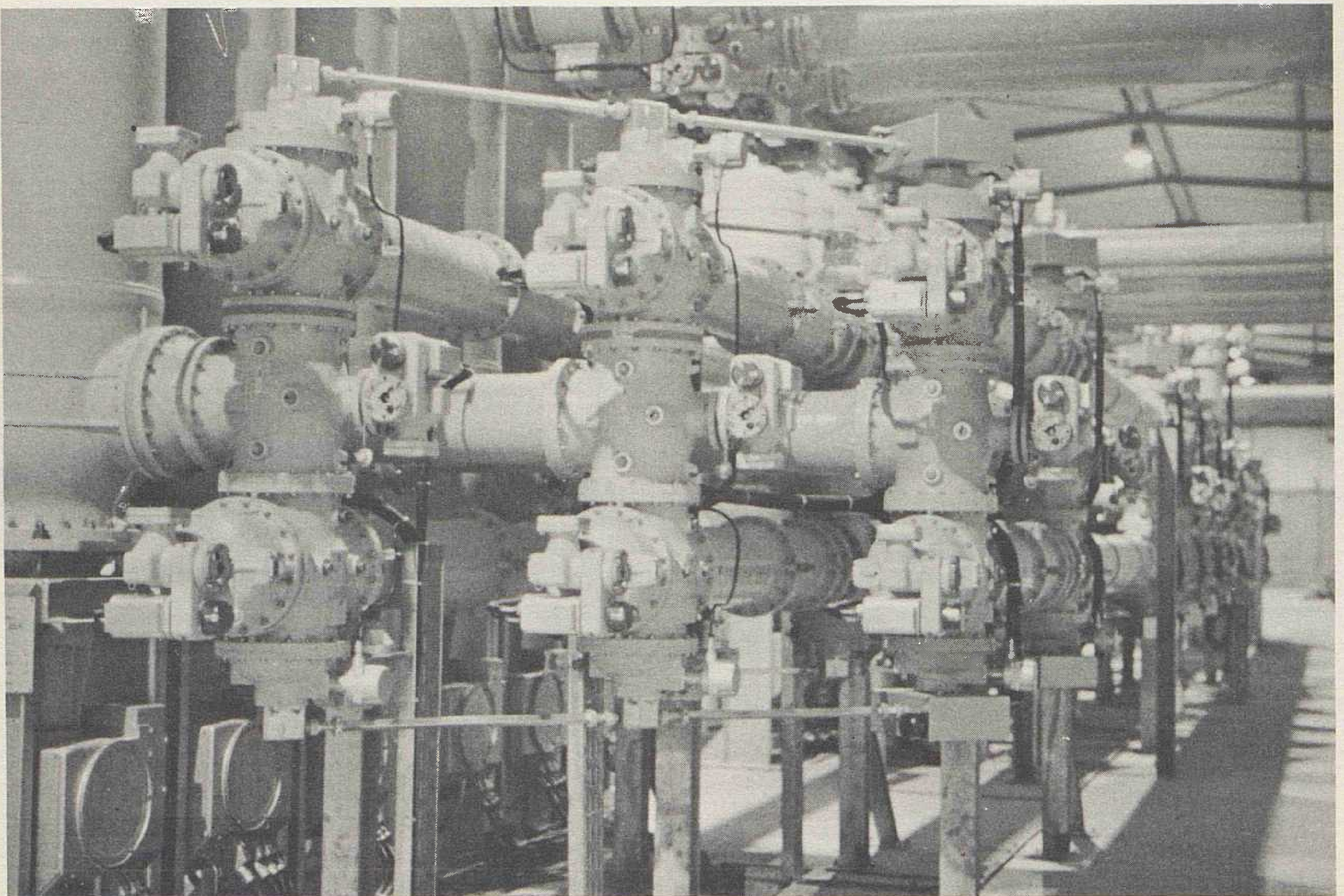
Uredništvo primilo rukopis:
1985-04-02



Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOOR za elektromontažne radove

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



TS JALO

ANALIZA STVARANJA ČVRSTIH RADIOAKTIVNIH OTPADAKA IZ NUKLEARNIH ELEKTRANA SA BWR i PWR-ima

dr Ilija Plećaš, Beograd

UDK 621.316.9

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Pokazano je da BWR nuklearne elektrane (do 1972 god.) proizvode gotovo 2,5 puta više radioaktivnog otpada ($9,3 \times 10^3$ m vs $3,9 \times 10^3$ m³), od PWR elektrana približno iste snage ($2,2 \times 10^8$ vs $2,5 \times 10^8$ MWh (t)). Ukupna količina aktivnosti je bila 248 TBq i 285 TBq za BWR i PWR elektrane. Generalno uzevši, PWR, PWR proizvode tečan radioaktivni otpad izuzimajući jonoizmenjivačke smole, dok se kod BWR elektrana mora obradivati radioaktivni talog, smole i sorbovani koncentrat el-aboratora. Nakon obrade, radioaktivni otpad se solidifikuje cementnim postupkom.

Ključne riječi: BWR, PWR NE, radioaktivni otpad

I u BWR i u PWR elektranama najveće količine čvrstog radioaktivnog otpada nastaju u procesu pročišćavanja vode od reaktorskog hlađenja. Kod lakovodnih se reaktora voda za hlađenje reaktorskog jezgra kontaminira korozionim produktima koji potiču iz reaktorskog sistema. Takođe u ovu vodu dopjevaju i fisioni produkti koji potiču iz gorivnih elemenata. Te se radioaktivne materije uklanjaju filterima i jonoizmenjivačkim smolama. Ostale tečne radioaktivne materije (iz dekontaminacionih radova) takođe se tretiraju u postrojenjima pri elektranama. Prema tome, filteri, filteri za mulj i jonoizmenjivačke smole predstavljaju osnovnu količinu radioaktivnog otpada kako po zapremini, tako i po radioaktivnosti.

Ako se jonoizmenjivačke smole regenerišu, neutralizovani efluent se evaporirše, a talog evaporatora solidifikuje se cementnim postupkom. Gotovo sve PWR elektrane koriste evaporaciju da bi koncentrovale radioaktivnu bornu kiselinu pre nego što se solidifikuje u cementni matriks.

Kompresibilni suvi radioaktivni otpad (krpe, hartija, odeća) presuje se u posebnom odeljku. Tipični sistemi obrade radioaktivnog otpada na BWR i PWR nuklearnim elektranama prikazani su na sl. 1 i 2.

Procesi obrade izazivaju stvaranje radioaktivnog mulja, istrošene jonoizmenjivačke smole i koncentrat evaporatora. Ovi radioaktivni materijali solidifikuju se u inertne matrice koje će omogućiti bezbedan prihvatanje, transport i konačno odlaganje. Radioaktivni otpad inkorporira se u cement, plastiku, bitumen i slične materije, koji će onemogućiti da radionuklidi dođu u kontakt sa čovekovom okolinom za duži vremenski period (300–500 godina).

Posebno su značajni eksperimenti LEACH testa kao primarnog kriterijuma bezbedne imobilizacije, IAEA-agencije.

POSTUPCI IMOBILIZACIJE

Cementni postupak imobilizacije radioaktivnog otpadnog materijala najčešće se koristi u nuklearnoj tehnologiji zbog niza svojih prednosti [2–5]. Takođe, pored samog cementa koristi se cement sa raznim aditivima kao što su vermikulit, bentonit. . .

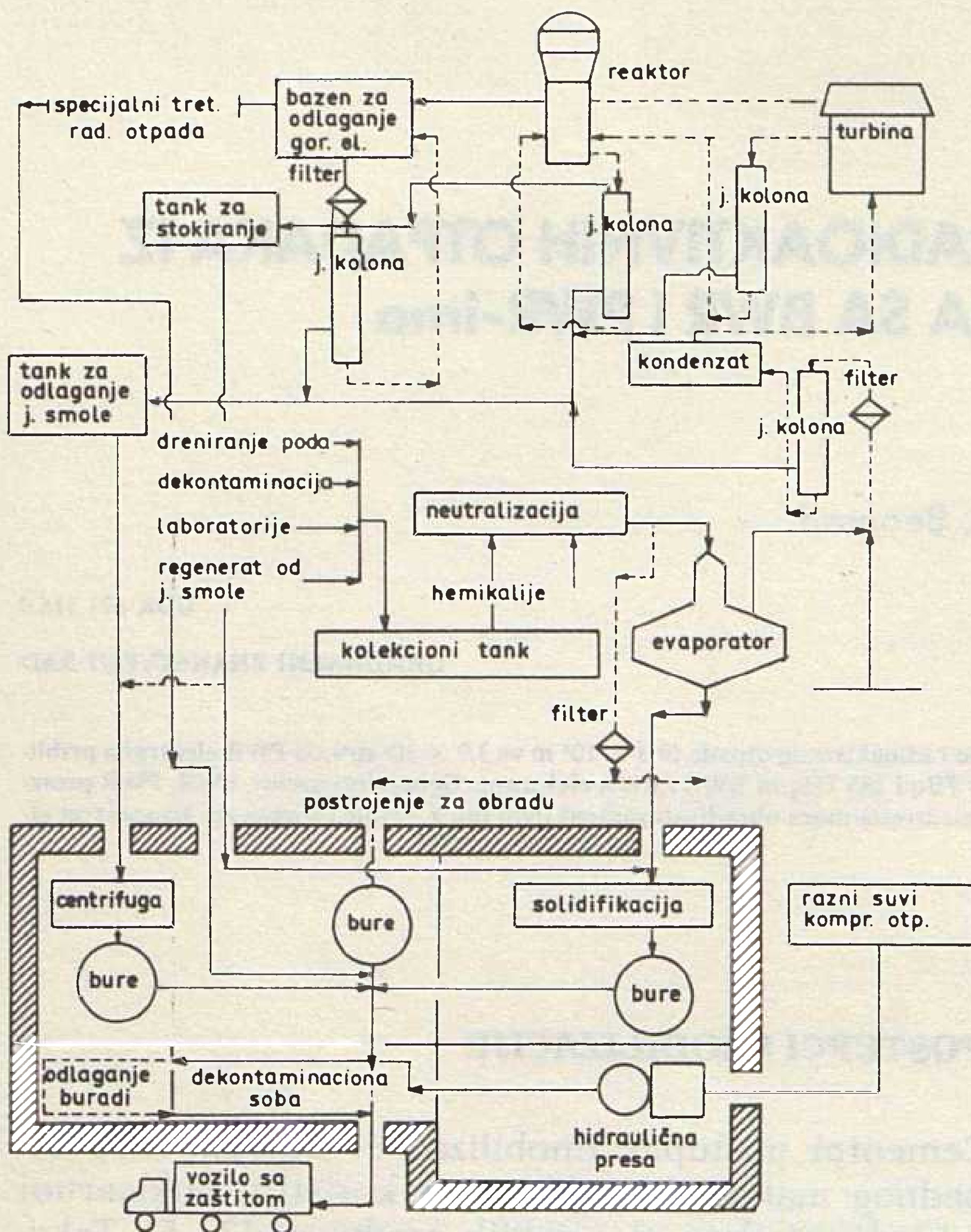
Zapremina solidifikovanog radioaktivnog otpada se povećava za faktor 2, ali cement ima takođe i zaštitna svojstva (zaštita od zračenja). Generalno, cement – radioaktivni otpad produkt, sadrži 5–10% težinskog radioaktivnog otpada i pokazuje zadovoljavajuće mehaničke osobine i nisku LEACH-vrednost. Cement je nezapaljiv i otporan je na oksidirajuće agense kakvi su nitrati i nitriti. Uticaj mikroorganizama na razaranje cementnih produkata je beznačajno. S druge strane, materijali koji fermentuju, kao što su organske smole, celulozni filteri itd., loše utiču na cementni matriks.

Inkorporacija radioaktivnog otpada u bitumen je proces koji se takođe koristi u nuklearnim energets-kim postrojenjima. Bitumen kao matriks ima lošu osobinu da je zapaljiv i nema dobra mehanička svojstva, ali je zato LEACH-vrednost mnogo niža nego kod cementnog matriksa.

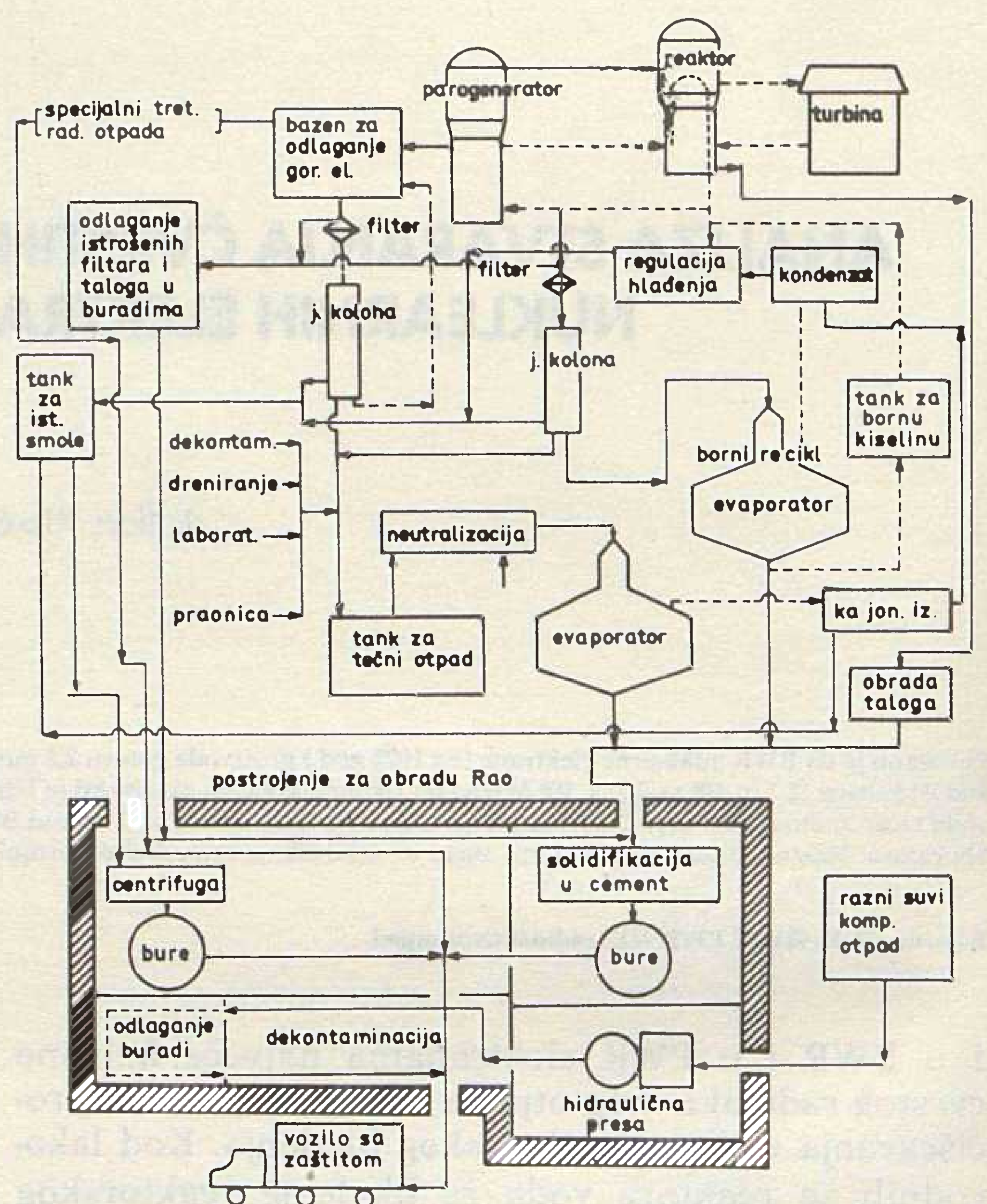
Inkorporacija radioaktivnog taloga u urea-formaldehid relativno je nov proces. Od 1974. godine koristi se u nekim nuklearnim elektranama. Limitirajući faktor njihove upotrebe su fizikohemijske osobine ovog matriksa.

Prema podacima [1], BWR elektrane proizvode dva puta više radioaktivnog otpada nego PWR elektrane (približno istih snaga) ($9,3 \times 10^3$ m³ vs $3,9 \times 10^3$ m³), što je veoma značajan podatak sa stanovišta bezbednosti i cene obrade.

Prema istim podacima [1], suvi kompresibilni radioaktivni otpad predstavlja 50% ukupne zapremine radioaktivnog otpada.



Slika 1. Sistem za obradu čvrstog radioaktivnog otpada na BWR



Slika 2. Sistem za obradu čvrstog radioaktivnog otpada na PWR

ZAKLJUČAK

Na osnovu gore iznesenih podataka u smislu mnogo manjeg generisanja radioaktivnog otpada kod PWR elektrana u odnosu na BWR elektrane mogla bi se i kroz ovu prizmu gledati na odluku o tipu novih nuklearnih elektrana u Jugoslaviji.

LITERATURA

- [1] A. H. KIBBEY and H. W. GOOLBEE, »Solid — Radioactive — Waste Practices at Nuclear Power Plants«, Nuclear Safety, vol 16, No 5, 1975.
- [2] A. H. KIBBEY and H. W. GODBEE, »A Critical Review of Solid Radioactive Waste Practices at Nuclear Power Plants«, USAEC Report ORNAL — 4924, Oak Ridge National Laboratory, March 1974.
- [3] J. O. BLOMEKE and F. E. HARRINGTON, »Management of Radioactive Wastes at Nuclear Power Stations«, USAFC Report ORNAL — 4070, OAK Ridge National Laboratory, January 1968.
- [4] Management of Radioactive Wastes at Nuclear Power Stations, Safety Series, No. 28, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1968 (STI/PUB/208).
- [5] Management of Low and Intermediate — Level Radioactive Wastes, Symposium Proceedings, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1970 (STI/PUB/264).

ANALYSIS OF SOLID RADIOACTIVE WASTE PRODUCTION IN BWR AND PWR NPP's

In the article is described that a production of radioactive waste in BWR NPP is 2.5 times higher /till 1972 year $9.3 \times 10^3 \text{ m}^3$ vs $3.9 \times 10^3 \text{ m}^3$ / than in PWR NPP of same power / 2.2×10^8 vs 2.5×10^8 MWh(t)/. Total quantity of activity was 248 TBq and 285 TBq for BWR and PWR NPP. As a rule, PWR produces more liquid radioactive waste except ion resins, and BWR produces radioactive sediments, resins and other solids. After processing, radioactive waste is solidified by cement procedure.

ANALYSE DER ENTSTEHUNG VON FESTEN RADIOAKTIVEN ABFÄLLEN AUS KERNKRAFTWERKEN MIT BWR UND PWR

Gezeigt wird daß die Bwr Kernkraftwerke /bis 1972/ fast 2,5 mal mehr radioaktiven Müll / $9,3 \times 10^3 \text{ m}^3$ vs $3,9 \times 10^3 \text{ m}^3$ / als PWR Kernkraftwerke der annähernd gleicher Kraft herstellen / $2,2 \times 10^8$ vs $2,5 \times 10^8$ MWh(t)/. Die ganze Summe der Aktivitäten war 248 TBq und 285 TBq für BWR und PWR Kernkraftwerke. PWR erzeugt allgemein flüssigen radioaktiven Müll außer der Teere, während bei den BWR Kernkraftwerken der radioaktive Talg Teere und sorbierte Konzentrate bearbeitet werden müssen. Nach der Bearbeitung des radioaktiven Mülls wird er durch das Zementverfahren gehärtet.

АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ С РЕАКТОРАМИ BWR И PWR

Показано, что атомные электростанции с реакторами BWR производили (до 1972 года) в 2,5 раза больше радиоактивных отходов ($9,3 \times 10^3 \text{ м}^3$ на $3,9 \times 10^3 \text{ м}^3$), чем АЭС с реакторами PWR примерно той же мощности ($2,2 \times 10^8$ и $2,5 \times 10^8$ МВт. ч. терм.). Общие количества были 248 и 285 ТБк для BWR и, соответственно, для PWR реакторов. Принимая обобщенно, реакторы PWR производят жидкие радиоактивные отходы, за исключением ионообменной смолы, в то время как радиоактивные отходы реакторов BWR необходимо обрабатывать, как и смолы и поглощающий концентрат обработки. После обработки радиоактивные отходы закрепляются методом цементирования.

Naslov pisca:

dr Ilija Plećaš, dipl. inž.
Institut za nuklearne nauke
»Boris Kidrič« — Vinča
11001 Beograd, PF 522

Uredništvo primilo rukopis:
1985 — 04 — 16

DOPRINOS TIPIZACIJI UZEMLJIVAČA TS 10(20)/0,4 kV

mr Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.039.5

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U članku su dane upute za proračun otpora združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV, te otpora odvojenog zaštitnog uzemljenja. Također su izloženi i konkretni primjeri.

Ključne riječi: tipizacija, uzemljivač, transformatorska stanica.

1. UVOD

Transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV veoma mnogo se projektiraju i izvode u elektrodistributivnim organizacijama. Zbog toga je stalno prisutna težnja za što većom tipizacijom elemenata ovakvih stanica.

Veoma značajni elementi TS 10(20)/0,4 kV jesu njihovi uzemljivači. Ova konstatacija naročito vrijedi za trafo-stanice koje su priključene na mrežu 10(20) kV čije je zvjezdište uzemljeno preko malooskog otpornika. Realno je očekivati da će u budućnosti dosta mreža biti u pogonu s tako uzemljenim zvjezdištem.

Cijene materijala i rada kod polaganja uzemljivača sve su više, a pored toga uzemljivači TS 10(20)/0,4 kV priključenih na nadzemnu mrežu predstavljaju glavni ograničavajući faktor prilikom uzemljenja zvjezdišta mreže 10(20) kV /1/. Zbog toga je potrebno tipizirati uzemljivače TS 10(20)/0,4 kV, te za tipске uzemljivače dati njihove parametre u sustavu uzemljenja. Na taj način se prilikom projektiranja izbjegava upotreba raznih aproksimativnih izraza koji u određenim uvjetima mogu biti neprecizni, a s druge strane omogućava se racionalnija izvedba uzemljivača.

Težište tipizacije treba biti na uzemljivačima TS 10(20)/0,4 kV koje su priključene na nadzemnu mrežu 10(20) kV. Razlog je u tome što uzemljivači transformatorskih stanica priključenih na kabelsku mrežu predstavljaju samo dio velikog sustava uzemljenja, pa prema tome nemaju dominantnu ulogu. Osim toga, poznato je (i dokazano mjerenjima) da su otpori uzemljenja trafo-stanica priključenih na kabelsku mrežu u pravilu relativno niski, te da obično ne čine poteškoće kod prelaska 10(20) kV mreže na rad sa zvjezdištem uzemljenim preko otpornika.

2. KRITERIJI ZA DIMENZIONIRANJE UZEMLJIVAČA

Uzemljivač TS 10(20)/0,4 kV mora zadovoljiti tehničke propise o zaštiti od opasnih dodirnih napona /2/.

Na ovom mjestu prikazat će se samo najvažniji dijelovi navedenih propisa. Detaljniji osvrt na propise može se naći npr. u /1, 3/.

Ako se u TS 10(20)/0,4 kV izvodi združeno zaštitno i radno uzemljenje (što propisi preferiraju), tada ukupni otpor uzemljenja treba da zadovolji uvjet:

$$R_{zdr} \leq \frac{U_{dd}}{r \cdot I_{ip}} \quad (1)$$

U_{dd} — dopušteni napon dodira prema teh. propisima /2/ (V);

I_{ip} — struja jednopolnog kratkog spoja u razmatranoj stanici (a);

r — redukcionni faktor pojnog voda.

Ako se ne može ispuniti uvjet (1), potrebno je izvesti odvojeno zaštitno uzemljenje stanice od radnog uzemljenja mreže niskog napona. U tom slučaju radno uzemljenje treba zadovoljiti uvjete primijenjene zaštitne mjere na niskom naponu, a zaštitno uzemljenje mora ispuniti uvjet:

$$R_{zas} \leq \frac{1200}{r \cdot I_{ip}} \quad (2)$$

Ako mreža 10(20) kV radi s izoliranim zvjezdištem, te se zemljospoj isključuje u vremenu kraćem od 2 sata, također se primjenjuju kriteriji (1) ili (2), samo što se umjesto struje jednopolnog kvara (I_{ip}) uvrštava kapacitivna struja zemljospoja (I_c). Međutim, ako trajanje zemljospoja nije ograničeno na 2 sata, propisi dopuštaju isključivo izvedbu odvojenog zaštitnog uzemljenja od radnog uzemljenja, uz uvažavanje uvjeta (2). Osim toga, otpor radnog uzemljenja treba da zadovolji dodatni kriterij:

$$R_{rad} \leq \frac{65}{I_c} \quad (3)$$

Iz navedenog pregleda mogu se odrediti granični (odnosno maksimalni dopušteni) otpori uzemljivača TS 10(20)/0,4 kV. Pri tome ćemo se ograničiti na TS 10(20)/0,4 kV priključene na nadzemnu pojnu mrežu (u skladu s napomenama danim u uvodu). Pošto nad-

zemni 10(20) kV vodovi u pravilu nemaju zaštitne vodiče, njihov redukcionni faktor jest:

$$r = 1.$$

Granični otpori takvih transformatorskih stanica prikazani su u tabl. 1. (združena uzemljenja), odnosno tabl. 2. (razdvojeno zaštitno uzemljenje od radnog).

Tablica 1.

Granični otpori združenog uzemljenja

Primijenjena zaštitna mjera na 0,4 kV	R_g (Ω) za				
	$I_c = 20$ A		$I_R = 150$ A		$I_R = 300$ A
	$t \geq 1$ s	$t = 0,5$ s	$t = 1,0$ s	$t = 0,5$ s	$t = 1,0$ s
nulovanje pojedinačno zašt. uzemljenje	3,25	0,53	0,43	0,27	0,22
	6,50	1,06	0,86	0,54	0,44

Tablica 2.

Granični otpori zaštitnog uzemljenja

Nazivni napon kV	R_g (Ω) za		
	$I_c = 20$ A	$I_R = 150$ A	$I_R = 300$ A
10	60	10,50	5,25
20	60	9,28	4,64

Način određivanja graničnih otpora iz tabl. 1. i 2. opisan je u /1/. Izložene vrijednosti odnose se na TS 10(20)/0,4 kV locirane blizu pojmih trafo-stanica, pa se prema tome nalaze na strani sigurnosti.

3. REZULTATI PRORAČUNA OSNOVNIH KARAKTERISTIKA UZEMLJIVAČA TS 10(20)/0,4 kV

Proračuni osnovnih karakteristika uzemljivača izvršeni su primjenom programa UZ1 Instituta za elektroprivredu. Korištene metode opisane su u /4, 5/. Kod TS 10(20)/0,4 kV uzemljivači su prvenstveno karakterizirani veličinom otpora uzemljenja koja mora zadovoljiti uvjet (1) ili (2). Otpor uzemljivača je pogodno izraziti u obliku:

$$R = \rho \cdot c_r \quad (3a)$$

ρ — ekvivalentni specifični otpor tla (Ω m)

c_r — konstanta uzemljivača (1/m).

Konstanta uzemljivača (c_r) je veličina ovisna samo o geometrijskim karakteristikama uzemljivača.

Iz izraza (3) vidi se značenje točnog određivanja specifičnog otpora tla. U budućnosti bi svakako trebalo posvetiti više pažnje mjerenju specifičnog otpora terena no što se to danas radi u elektrodistributivnim organizacijama. Međutim, ako se ne raspolaže rezultatima mjerenja, specifični otpor se mora procijeniti pomoću podataka iz priručnika.

3.1. Određivanje impedancije sustava uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV

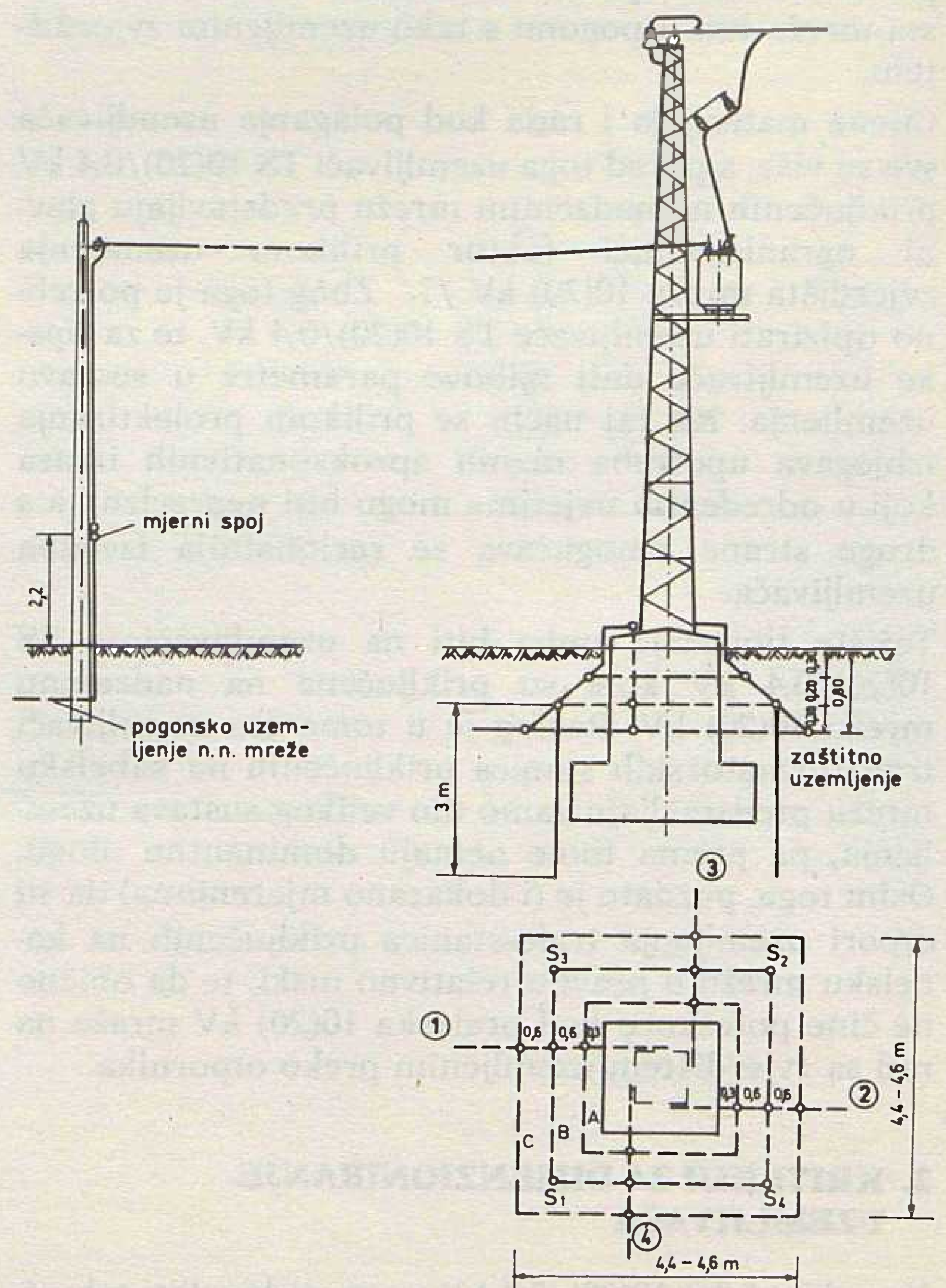
Transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV priključene na nadzemnu 10(20) kV mrežu obično se izvode na dva načina:

- na čelično-rešetkastom stupu (sl. 1)
- u vlastitom objektu (sl. 2).

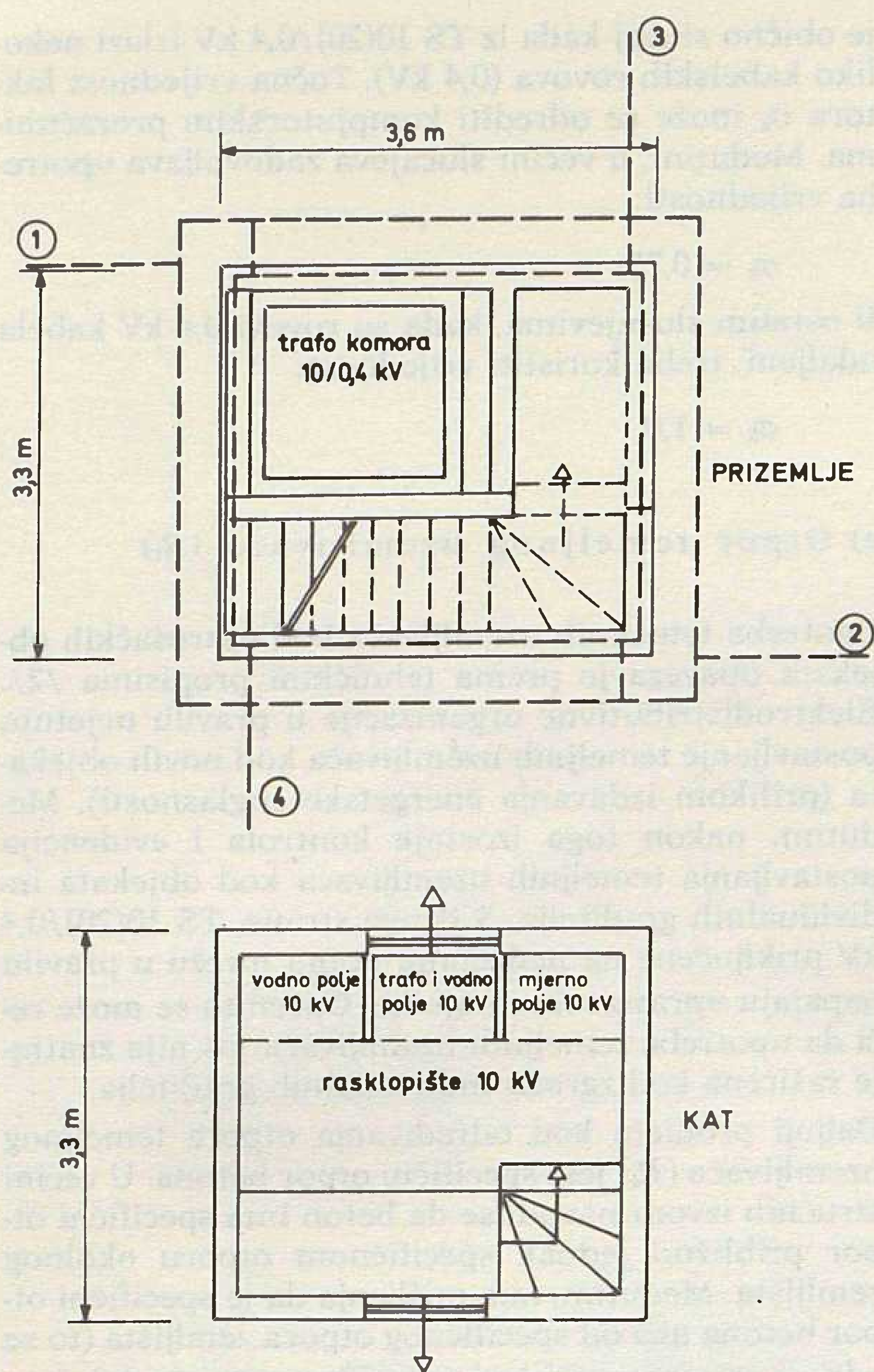
U slučaju da je u TS 10(20)/0,4 kV izvedeno združeno zaštitno i radno uzemljenje može se govoriti o sustavu uzemljenja koji je sastavljen od ovih elemenata:

- uzemljivača same TS 10(20)/0,4 kV koji ima funkciju zaštitnog uzemljenja
- kratkih trakastih uzemljivača kojima se uzemljuje nul-vodič niskonaponske mreže nadzemne mreže
- dugačkih trakastih uzemljivača koji se polažu u rovove niskonaponskih kabela, a vezani su za nul-vodič mreže niskog napona
- temeljnih uzemljivača potrošačkih objekata
- nulovanih betonskih stupova niskonaponskih vodova.

Navedeni elementi sustava uzemljenja karakterizirani su svojim otporima uzemljenja, te brojem elemenata mjerodavnim za proračun. Dakako, sustav uzemljenja jedne TS 10(20)/0,4 kV ne mora sadržavati sve izložene elemente.



Slika 1. TS 10(20)/0,4 kV na čeličnom rešetkastom stupu



Slika 2. TS 10/0,4 kV tipa »tornjić«

Impedancija združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV (Z_{zdr}) može se odrediti pomoću izraza:

$$\frac{1}{Z_{zdr}} = \frac{1}{R_{TS}} + \sum_{u=1}^U \frac{1}{R_u} + \sum_{k=1}^K \frac{\sigma_k}{Z_k} + \sum_{t=1}^T \frac{1}{R_t} + \sum_{b=1}^B \frac{1}{R_b} \quad (4)$$

Značenja pojedinih veličina u izrazu (4) su sljedeća:

R_{TS} — otpor zaštitnog uzemljenja stanice (Ω);

R_u — otpor kratkog trakastog uzemljivača (Ω);

Z_k — impedancija dugačkog trakastog uzemljivača (Ω);

R_t — otpor temeljnog uzemljivača (Ω);

R_b — otpor nulovanog betonskog stupa (Ω).

Broj kratkih, odnosno dugačkih trakastih uzemljivača, te broj temeljnih uzemljivača i nulovanih betonskih stupova mjerodavnih za proračun jest: U , K , T i B .

Formula (4) zasnovana je na pretpostavci da je uzdužna impedancija nul-vodiča zanemariva prema otporima elemenata sustava uzemljenja. Taj uvjet je u mrežama niskog napona u pravilu ispunjen zbog male dužine nadzemnih vodova ($l < 1$ km). Zbog toga se može smatrati da impedancija uzemljenja ima radni karakter, odnosno da vrijedi:

$$R_{zdr} \cong Z_{zdr} \quad (5)$$

Način određivanja svih elemenata iz jednadžbe (4) prikazat će se u daljnjem tekstu.

a) Otpor uzemljivača TS 10(20)/0,4 kV (R_{TS})

Otpori uzemljivača tipičnih TS 10(20)/0,4 kV sa sl. 1. i 2. određeni su pomoću programa za elektroničko računalno UZ1. U tabl. 3–5. dane su vrijednosti konstanti otpora c_r za radne konfiguracije uzemljivača.

Tablica 3.

Konstanta c_r za uzemljivač čelične rešetkaste stanice (sl. 1)

Konfiguracija uzemljivača	c_r (1/m)
B	0,127
A + B	0,113
A + B + C	0,081
B + S1 + S2	0,093
B + S1 + S2 + S3 + S4	0,079

A, B, C — prstenovi (konture) sa sl. 1. S1 ... S4 — sonde dužine 3 m

Tablica 4.

Konstante c_r za uzemljivač čelične rešetkaste stanice (sl. 1)

Konfiguracija uzemljivača	c_r (1/m)
B + 2 × 5 m	0,094
B + 2 × 10 m	0,067
B + 2 × 15 m	0,051
B + 2 × 20 m	0,042
B + 2 × 25 m	0,036
B + 3 × 5 m	0,085
B + 3 × 10 m	0,058
B + 3 × 15 m	0,043
B + 3 × 20 m	0,034
B + 3 × 25 m	0,028
B + 4 × 5 m	0,077
B + 4 × 10 m	0,050
B + 4 × 15 m	0,037
B + 4 × 20 m	0,029
B + 4 × 25 m	0,024

2 × l_m — odnosi se na krakove 1 i 2 sa sl. 1

3 × l_m — odnosi se na krakove 1, 2 i 3 sa sl. 1

4 × l_m — odnosi se na krakove 1, 2, 3 i 4 sa sl. 1

Uz upotrebu dodatnih krakova nema smisla postavljati više kontura jer se time otpor uzemljivača samo neznatno mijenja.

Otpor uzemljivača razmatrane TS 10(20)/0,4 kV (tj. otpor zaštitnog uzemljenja) određuje se kao:

$$R_{TS} = c_r \cdot \rho \quad (6)$$

ρ — specifični otpor tla (Ω m)

b) Otpor kratkog trakastog uzemljivača (R_u)

Otpor uzemljenja trakastog uzemljivača (Fe 30 × 4 mm) ukopanog na dubini od oko 0,5 m izračunat je

pomoću programa UZ1. Konstante otpora c_r za razne dužine trake dane su u tabl. 6.

Tablica 5.

Konstante c_r za uzemljivač stanice tipa »tornjić«

Konfiguracija uzemljivača	$c_r(1/m)$
K	0,083
K + 2 × 5 m	0,074
K + 2 × 10 m	0,060
K + 2 × 15 m	0,049
K + 2 × 20 m	0,040
K + 2 × 25 m	0,034
K + 3 × 5 m	0,070
K + 3 × 10 m	0,052
K + 3 × 15 m	0,041
K + 3 × 20 m	0,032
K + 3 × 25 m	0,026
K + 4 × 5 m	0,068
K + 4 × 10 m	0,048
K + 4 × 15 m	0,035
K + 4 × 20 m	0,027
K + 4 × 25 m	0,022

K — 1 prsten (kontura) sa sl. 2 + temeljni uzemljivač

2 × l_m — odnosi se na krakove 1 i 2 sa sl. 2

3 × l_m — odnosi se na krakove 1, 2 i 3 sa sl. 2

4 × l_m — odnosi se na krakove 1, 2, 3 i 4 sa sl. 2

Tablica 6.

Konstante c_r za trakasti uzemljivač

Dužina trake m	$c_r(1/m)$
5	0,236
10	0,138
15	0,101
20	0,080
25	0,067
30	0,057

Otpor uzemljenja kratkog trakastog uzemljivača određuje se pomoću tabl. 6. kao:

$$R_u = c_r \cdot \rho \quad (7)$$

c) Impedancija dugačkog trakastog uzemljivača (Z_k)

Impedancija uzemljenja dugačkih uzemljivačkih traka koje se polažu uz niskonaponske kabele proračunava se uzimajući u obzir uzdužne padove napona (za razliku od proračuna tzv. kratkih uzemljivača koje možemo smatrati ekvipotencijalnim). Način računanja navedene impedancije opisan je u literaturi, npr. /6, 7/. Na sl. 3 (a–c) prikazana je ovisnost impedancije uzemljenja dugačkog uzemljivača o njegovoj dužini (l), te specifičnom otporu tla (ρ).

d) Faktor σ_k

Faktor σ_k uzima u obzir međusobni utjecaj više uzemljivačkih traka koje izlaze iz jednog mjesta. To

je obično slučaj kada iz TS 10(20)/0,4 kV izlazi nekoliko kablskih rovova (0,4 kV). Točna vrijednost faktora σ_k može se odrediti kompjutorskim proračunima. Međutim, u većini slučajeva zadovoljava upotreba vrijednosti:

$$\sigma_k = 0,75$$

U ostalim slučajevima, kada su rovovi 0,4 kV kabela udaljeni, treba koristiti vrijednost:

$$\sigma_k = 1,0$$

e) Otpor temeljnog uzemljivača (R_t)

Upotreba temeljnih uzemljivača kod potrošačkih objekata obaveza je prema tehničkim propisima /2/. Elektrodistributivne organizacije u pravilu uvjetuju postavljanje temeljnih uzemljivača kod novih objekata (prilikom izdavanja energetske suglasnosti). Međutim, nakon toga izostaje kontrola i evidencija postavljanja temeljnih uzemljivača kod objekata individualnih graditelja. S druge strane, TS 10(20)/0,4 kV priključene na nadzemnu pojnu mrežu u pravilu napajaju upravo takve objekte. Općenito se može reći da upotreba temeljnih uzemljivača još nije znatnije raširena kod zgrada individualnih graditelja.

Daljnji problem kod određivanja otpora temeljnog uzemljivača (R_t) jest specifični otpor betona. U većini stručnih izvora navodi se da beton ima specifični otpor približno jednak specifičnom otporu okolnog zemljišta. Međutim, ima mišljenja da je specifični otpor betona niži od specifičnog otpora zemljišta (to se odnosi na terene visokog specifičnog otpora tla). Isto tako ima mišljenja da beton u tlu s vremenom poprima veoma visoke specifične otpore — više od okolnog zemljišta. Točan odgovor o stvarnom utjecaju temeljnih uzemljivača na otpor združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV može se dobiti samo mjerenjem.

U ovom radu usvojiti ćemo najrašireniju pretpostavku, a to je da je specifični otpor betona približno jednak specifičnom otporu okolnog tla. Tada se konstanta otpora temeljnog uzemljivača kvadratne ili pravokutne forme može odrediti pomoću aproksimativne formule iz /8/. Ta formula se daje pojednostavniti za uobičajene dimenzije zgrada individualne gradnje u oblik:

$$c_r = \frac{0,33}{\sqrt{A}} + \frac{0,87}{l} \quad (8)$$

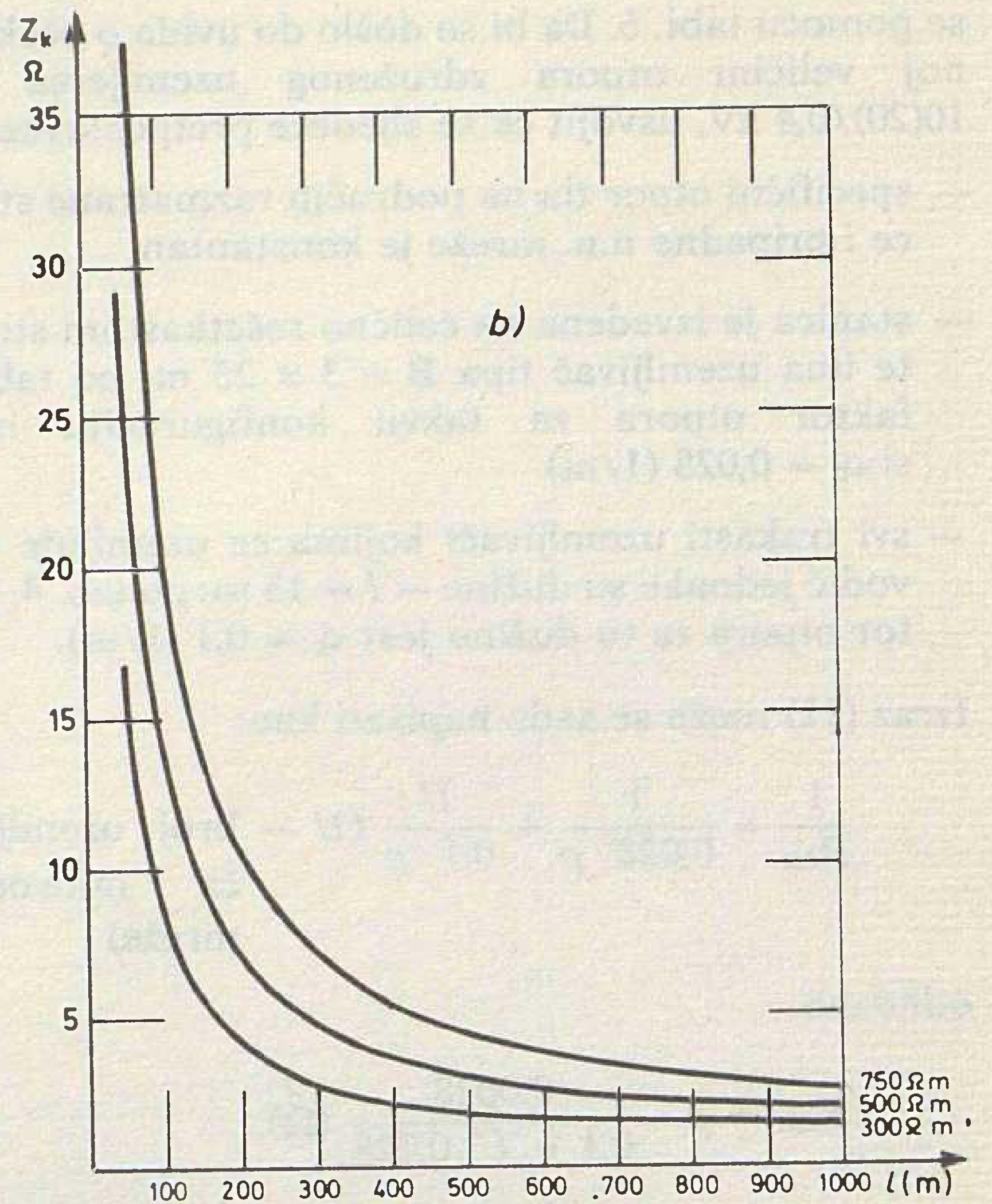
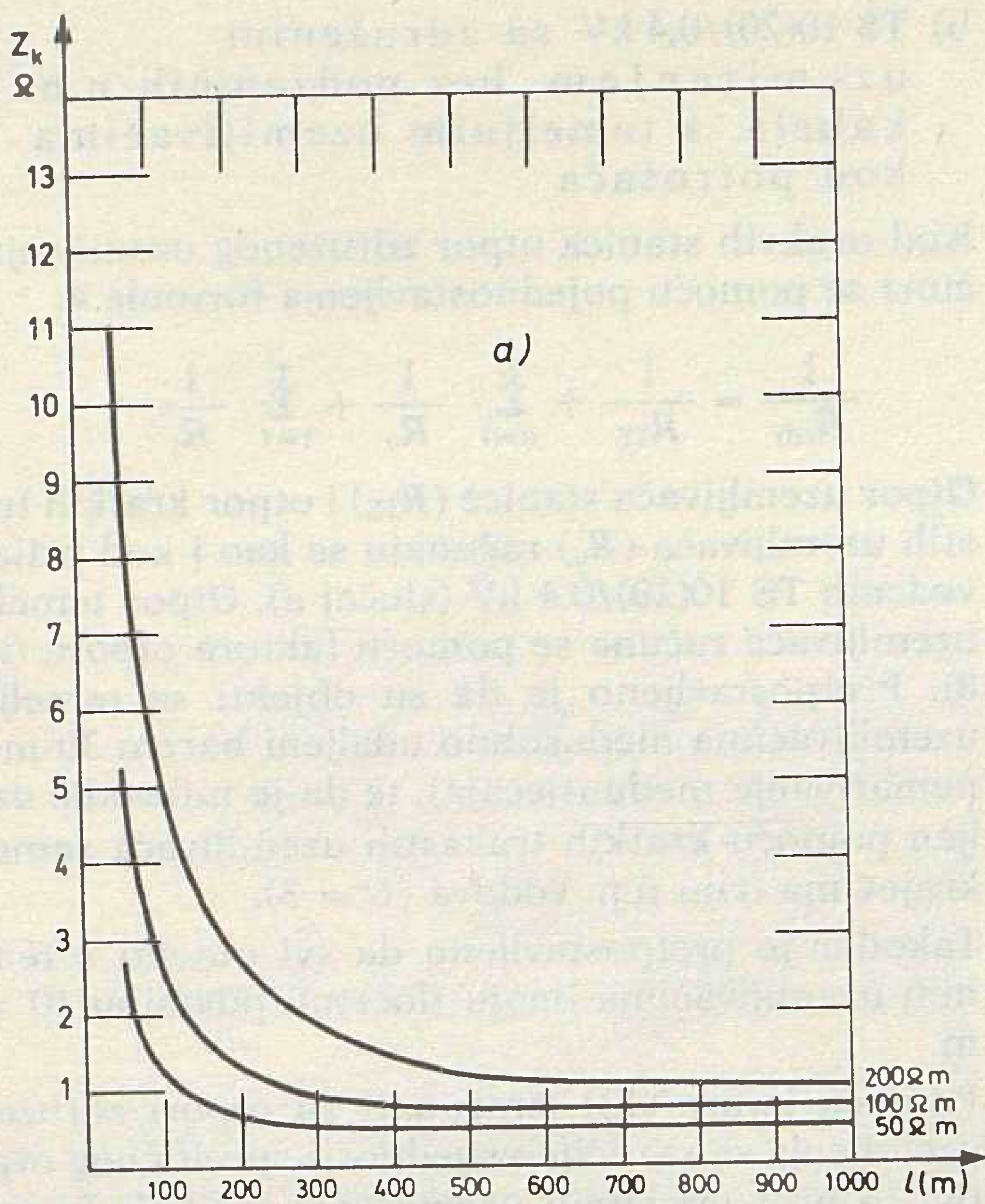
A — površina obuhvaćena uzemljivačem (m^2);

l — ukupna dužina uzemljivačke trake u temelju (m).

Otpor temeljnog uzemljivača određuje se tada kao:

$$R_t = c_r \cdot \rho \quad (9)$$

Podrazumijeva se da u betonu između uzemljivača i tla nema hidroizolacije; inače temeljni uzemljivač nije efikasan u sustavu uzemljenja. Osim toga, kod primjene formule (4) treba uzeti u obzir samo temeljni



Slika 3. Impedancija uzemljenja dugačkih trakastih uzemljivača

ne uzemljivače koji su međusobno dovoljno udaljeni (> 30 m). U protivnom slučaju trebalo bi prethodno računati međutjecaj temeljnih uzemljivača pomoću elektroničkog računala.

f) Otpor uzemljenja betonskog stupa

U [9] su dani rezultati veoma opsežnih mjerenja otpora uzemljenja betonskih stupova. Dobiveni rezultati su aproksimirani odgovarajućim formulama. Za betonske stupove bez posebnih uzemljivača (a takvi su stupovi n.n. mreže) dobivena je sljedeća formula:

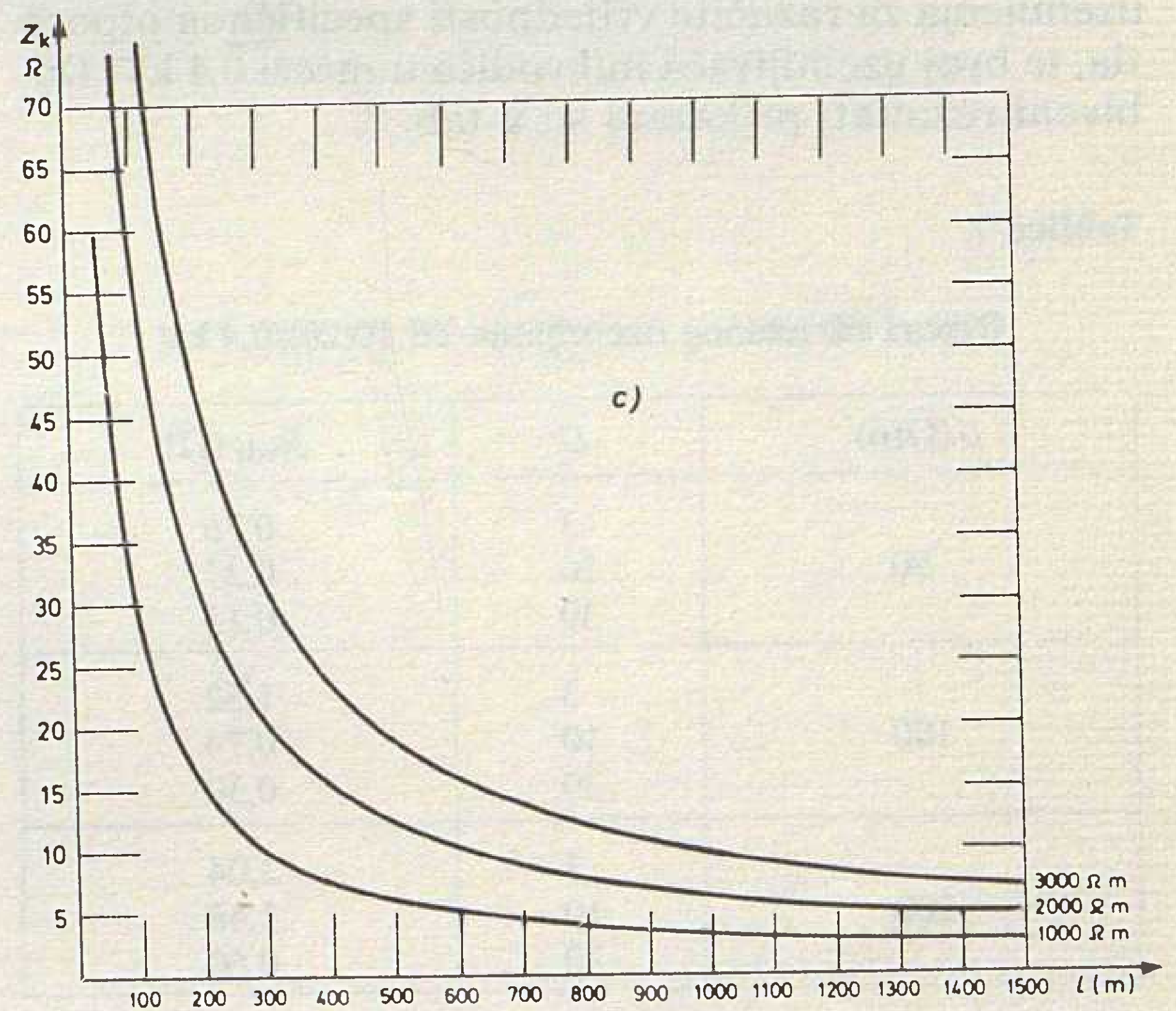
$$R_b = 0,255 \cdot \rho + 12,58 \quad \Omega \quad (10)$$

ρ — specifični otpor tla (Ωm).

Da bi betonski stupovi mreže niskog napona djelovali kao dodatni uzemljivači, potrebno je da njihova armatura bude vezana za nul-vodič, odnosno stupovi trebaju biti nulovani.

3.2. Primjeri proračuna

U prethodnoj točki dane su upute za proračun otpora uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV vezanih na nadzemnu pojnu mrežu. Prilikom projektiranja i izvedbe navedenih stanica potrebno je da otpori uzemljenja budu manji od graničnih vrijednosti danih u tabl. 1. (zdržena uzemljenja) odnosno tabl. 2. (odvojeno zaštitno uzemljenje). U daljnjem tekstu obradit će se tri karakteristične situacije.



a) TS 10(20)/0,4 kV sa združenim uzemljenjem, bez podzemnih n.n. kabela i temeljnih uzemljivača kod potrošača

Ovakve TS 10(20)/0,4 kV su danas najčešće u pokrajinskim mrežama. Otpor združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV računa se u tom slučaju pomoću pojednostavljene formule (4):

$$\frac{1}{R_{zdr}} = \frac{1}{R_{TS}} + \sum_{u=1}^U \frac{1}{R_u} \quad (11)$$

Otpor uzemljivača same stanice (R_{TS}) računa se pomoću faktora otpora tipskih uzemljivača (tabl. 3–5), a otpor kratkog trakastog uzemljivača (R_u) određuje

se pomoću tabl. 6. Da bi se došlo do uvida o očekivanoj veličini otpora združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV, usvojiti će se sljedeće pretpostavke:

- specifični otpor tla na području razmatrane stanice i pripadne n.n. mreže je konstantan
- stanica je izvedena na čelično rešetkastom stupu, te ima uzemljivač tipa B + 3 × 25 m; po tab. 4. faktor otpora za takvu konfiguraciju iznosi: $c_T = 0,028$ (1/m)
- svi trakasti uzemljivači kojima se uzemljuje nul-vodič jednake su dužine — $l = 15$ m; po tab. 4. faktor otpora za tu dužinu jest $c_T \approx 0,1$ (1/m).

Izraz (11) može se sada napisati kao:

$$\frac{1}{R_{zdr}} = \frac{1}{0,028 \cdot \rho} + \frac{U}{0,1 \cdot \rho} \quad (U - \text{broj uzemljivača nul-vodiča mreže})$$

odnosno

$$R_{zdr} = \rho \cdot \frac{0,0028}{0,1 + U \cdot 0,028} \quad (\Omega). \quad (12)$$

Pomoću izraza (12) izračunati su otpori združenog uzemljenja za različite vrijednosti specifičnog otpora tla, te broj uzemljivača nul-vodiča u mreži 0,4 kV. Dobiveni rezultati prikazani su u tab. 7.

Tablica 7.

Otpori združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV

ρ (Ωm)	U	R_{zdr} (Ω)
50	3	0,76
	10	0,37
	30	0,15
100	3	1,52
	10	0,74
	30	0,30
200	3	3,04
	10	1,48
	30	0,60

Usporedbom otpora iz tabl. 7. i graničnih otpora uzemljenja iz tabl. 1. vidi se da je na terenima malo višeg specifičnog otpora tla ($\rho > 100\Omega\text{m}$) praktički nemoguće ostvariti dovoljno niske otpore združenog uzemljenja ako je zvjezdište pojne 10(20)kV mreže uzemljeno preko malooskog otpornika. Ta konstatacija vrijedi i uz ograničenje struje jednopolnog kvara na relativno nizak iznos (150 A), te uz uzemljivanje nul-vodiča na čak 30 stupova (što je neuobičajeno, skupo a ponekad i neprovedivo zbog građevinskih prepreka). Međutim, ako mreža radi s izoliranim zvjezdištem uz kapacitivnu struju zemljospoja manju od 20 A, moći će se postići zadovoljavajući otpori združenog uzemljenja i na terenima višeg specifičnog otpora tla, uz uvjet da se nul-vodič uzemlji na dovoljno mjestu.

- b) TS 10(20)/0,4 kV sa združenim uzemljenjem, bez podzemnih n.n. kabela, s temeljnim uzemljivačima kod potrošača

Kod ovakvih stanica otpor združenog uzemljenja računa se pomoću pojednostavljenja formule 4:

$$\frac{1}{R_{zdr}} = \frac{1}{R_{TS}} + \sum_{u=1}^U \frac{1}{R_u} + \sum_{t=1}^T \frac{1}{R_t} \quad (13)$$

Otpor uzemljivača stanice (R_{TS}) i otpor kratkih trakastih uzemljivača (R_u) računaju se kao i kod prije navedenih TS 10(20)/0,4 kV (slučaj a). Otpor temeljnih uzemljivača računa se pomoću faktora otpora (izraz 8). Pretpostavljeno je da su objekti sa temeljnim uzemljivačima međusobno udaljeni barem 30 m (zanemarivanje međutjecaja), te da je nul-vodič uzemljen pomoću kratkih trakastih uzemljivača samo na krajevima triju n.n. vodova ($U = 3$).

Također je pretpostavljeno da svi objekti s temeljnim uzemljivačima imaju tlocrtnu površinu 10×10 m.

Pomoću izraza (13) izračunati su otpori združenog uzemljenja za različite vrijednosti specifičnog otpora tla, te broj temeljnih uzemljivača na koje je vezan nul-vodič. rezultati proračuna prikazani su u tabl. 8.

Tabl. 8. pokazuje veoma povoljan utjecaj temeljnih uzemljivača na sniženje otpora združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV. Dakako, taj utjecaj bi trebalo dodatno provjeriti zbog prisutnih dilema o specifičnom otporu betona.

Tablica 8.

Otpori združenog uzemljenja

ρ (Ωm)	T	R_{zdr} (Ω) ¹⁾	R_{zdr} (Ω) ²⁾
50	3	0,76	0,42
	10	0,76	0,20
	30	0,76	0,08
100	3	1,52	0,83
	10	1,52	0,40
	30	1,52	0,16
200	3	3,04	1,66
	10	3,04	0,81
	30	3,04	0,33

1) Otpor uzemljenja bez utjecaja temeljnih uzemljivača

2) Otpor uzemljenja s utjecajem temeljnih uzemljivača

Usporedbom rezultata u tabl. 8. sa graničnim otporima iz tabl. 1. vidi se da intenzivna upotreba temeljnih uzemljivača omogućava ispunjavanje uvjeta bezopasnosti u 10(20) kV mrežama uzemljenim preko otpornika i na terenima nešto višeg specifičnog otpora tla (do 200 Ωm uz ograničenje struje na 300 A, odnosno do 400 Ωm uz ograničenje struje na 150 A). Za mreže sa izoliranim zvjezdištem ($I_c \leq 20$ A) upotreba temeljnih uzemljivača omogućava postizavanje zadovoljavajućih otpora združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV i na terenima veoma visokog specifičnog otpora tla (iznad 1 000 Ωm).

c) TS 10(20)/0,4 kV sa razdvojenim zaštitnim i radnim uzemljenjem

Iz ranije analiziranih slučajeva vidi se da je u slučaju primjene združenog uzemljenja kod TS 10(20)/0,4 kV veoma teško postići dovoljno niske otpore združenog uzemljenja ako je zvjezdište 10(20) kV mreže uzemljeno preko otpornika (čak i u slučaju ograničenja struje jednopolnog kvara na 150 A). Naročito je teška situacija na terenima nešto višeg specifičnog otpora tla ($\rho > 100 \Omega\text{m}$), a u našoj zemlji takvi tereni su dosta česti. Prema tehničkim propisima /2/ u tim slučajevima treba izvesti odvojena uzemljenja) združeno i radno. Radno uzemljenje se izvodi pomoću trakastog uzemljivača na prvom ili drugom stupu mreže niskog napona. Trakasti uzemljivač treba ukopati u smjeru suprotnom od TS 10(20)/0,4 kV (sl. 1), kako bi se što manji potencijal prenio sa zaštitnog uzemljenja na radno uzemljenje. Preporuča se uzemljenje nul-vodiča na drugom stupu n.n. mreže ako zaštitni uzemljivač ima položen krak u smjeru prvog stupa n.n. mreže.

Otpor zaštitnog uzemljivača TS 10(20)/0,4 kV vezanih na nadzemnu mrežu 10(20) kV određuje se pomoću faktora otpora c_r (tabl. 3–5), te izraza:

$$R_{TS} = \rho \cdot c_r \quad (14)$$

Otpor zaštitnog uzemljenja mora biti manji od graničnih vrijednosti za odgovarajuću struju jednopolnog kvara ili kapacitivnu struju zemljospoja 10(20) kV mreže. Granične vrijednosti za tipične struje dane su u tabl. 2. Pomoću tih vrijednosti i izraza (14) može se odrediti specifični otpor tla na kojem zadovoljava određeni uzemljivač. Izraz 14 treba napisati u obliku nejednadžbe:

$$R_{TS} = \rho \cdot c_r \leq R_g \quad (15)$$

R_g — granični otpor zaštitnog uzemljenja (tabl. 2).

Traženi specifični otpor tla tada se računa kao:

$$\rho_{\max} \leq \frac{R_g}{c_r} \quad (16)$$

Na temelju tabl. 2. uvjet (16) daje se napisati u obliku:

$$\rho_{\max} \leq \frac{60}{c_r} (\Omega\text{m}) \quad \text{— 10(20) kV mreža s izoliranim zvjezdištem, uz struju zemljospoja od 20 A}$$

$$\rho_{\max} \leq \frac{10,50}{c_r} (\Omega\text{m}) \quad \text{— 10 kV mreža s uzemljenim zvjezdištem, uz struju jks od 150 A}$$

$$\rho_{\max} \leq \frac{5,25}{c_r} (\Omega\text{m}) \quad \text{— 10 kV mreža s uzemljenim zvjezdištem, uz struju jks od 300 A}$$

$$\rho_{\max} \leq \frac{9,28}{c_r} (\Omega\text{m}) \quad \text{— 20 kV mreža s uzemljenim zvjezdištem, uz struju jks od 150 A}$$

$$\rho_{\max} \leq \frac{4,64}{c_r} (\Omega\text{m}) \quad \text{— 20 kV mreža s uzemljenim zvjezdištem, uz struju jks od 300 A.}$$

Upotreba izloženih nejednadžbi prikazat će se za slučaj zaštitnog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV na čelično rešetkastom stupu.

Izložene vrijednosti odnose se na TS 20/0,4 kV. Kod TS 10/0,4 kV dobile bi se oko 13% više vrijednosti, jer su toliko viši granični otpori (R_g). Osim toga, kod TS 10(20)/0,4 kV koje su udaljene od pojne točke, struja jednopolnog kvara je nešto manja od 150 A (300 A), pa su zato i maksimalni specifični otpori tla nešto veći od onih iz tabl. 9. No, unatoč tome nije moguće zadovoljiti tehničke propise o uvjetima bezopasnosti (odnosno granične otpore zaštitnog uzemljenja) na terenima gdje specifični otpor tla prelazi veličinu $\rho = 250 \Omega\text{m}$ (uz $I_R = 300 \text{ A}$), odnosno $\rho = 500 \Omega\text{m}$ (uz $I_R = 150 \text{ A}$).

Tablica 9.

Maksimalni specifični otpori tla — ρ_{\max}

Konfiguracija uzemljivača	$\rho_{\max} (\Omega\text{m})$ ($I_c = 20 \text{ A}$)	$\rho_{\max} (\Omega\text{m})$ ($I_R = 150 \text{ A}$)	$\rho_{\max} (\Omega\text{m})$ ($I_R = 300 \text{ A}$)
B	470	70	36
A + B + C	740	115	37
B + S1 + S2 + S3 + S4	760	120	60
B + 2 × 5 m	640	100	50
B + 2 × 25 m	1 670	260	130
B + 3 × 5 m	705	110	55
B + 3 × 25 m	2 140	330	165
B + 4 × 5 m	780	120	60
B + 4 × 25 m	2 500	386	190

4. ZAKLJUČAK

U članku su izloženi rezultati proračuna otpora uzemljenja tipičnih TS 10(20)/0,4 kV priključenih na nadzemnu mrežu. Opisana je jednostavna metoda za računanje otpora združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV. Upotrebom izloženih rezultata omogućava se korrektno proračun uzemljivača od projekatanta kojima uzemljivači nisu uža specijalnost i koji ne raspolažu odgovarajućim programima za elektroničko računalno.

Rezultati proračuna pokazuju da je kod TS 10(20)/0,4 kV priključenih na nadzemnu mrežu veoma teško ispuniti uvjete bezopasnosti ako mreža 10(20) kV radi sa zvjezdištem uzemljenim preko malooskog otpornika. Na terenima nešto višeg specifičnog otpora tla ($\rho > 100 \Omega\text{m}$), uz ograničenje struje jednopolnog kvara na relativno nizak iznos (150 A), i uz primjenu nulovanja u n.n. mreži često će biti nemoguće ostvariti dovoljno niske otpore uzemljenja. Masovna upotreba temeljnih uzemljivača kod potrošača bi olakšala ispunjavanje uvjeta bezopasnosti, ali samo do neke granice. Osim toga, iskustva iz prakse pokazuju da se obaveza postavljanja temelj-

nih uzemljivača kod individualnih graditelja prilično slabo provodi.

Izvedbom razdvojenog zaštitnog i radnog uzemljenja u TS 10(20)/0,4 kV s nadzemnim napajanjem bitno se olakšava ispunjavanje uvjeta bezopasnosti prema tehničkim propisima. No, na terenima većeg specifičnog otpora tla ($\rho \geq 250 \Omega\text{m}$ za struju jednopolnog kvara od 300 A, odnosno $\rho \geq 500 \Omega\text{m}$ za struju jednopolnog kvara od 150 A) niti s razdvojenim uzemljenjima ne mogu se zadovoljiti tehnički propisi. Ove su spoznaje u skladu s rezultatima mjerenja otpora uzemljenja koji su komentirani u /1/.

LITERATURA

- [1] S. ŽUTOBRADIĆ: »Uzemljenje zvjezdišta 10(20) kV mreža«, Energija 6/1984.
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica, Sl. list SFRJ, 13/1978.
- [3] B. FILIPOVIĆ, S. ŽUTOBRADIĆ: »Utjecaj uzemljenja trafostanice SN/NN na izbor veličine struje jednopolnog kratkog spoja« — komentar tehničkih propisa, SEITH — Dubrovnik, 1981.
- [4] S. ŽUTOBRADIĆ: »Optimiranje složenih uzemljivača«, studija IE, Zagreb, 1981.
- [5] S. ŽUTOBRADIĆ: »Metode proračuna složenih uzemljivača«, mag. rad, ETF Zagreb, 1982.
- [6] J. NAHMAN: »Uzemljenje neutralne točke distributivnih mreža«, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
- [7] S. ŽUTOBRADIĆ, B. FILIPOVIĆ: »Zaštita od opasnog dodirnog napona u distributivnim mrežama i potrošačkim instalacijama za razne slučajeve tretiranja nul točke napojne mreže«, studija IE, Zagreb, 1980.

- [8] J. NAHMAN, S. ŠKULETIĆ: »Otpornosti rasprostiranja i potencijalne razlike okca mrežastih uzemljivača«, Savjetovanje CIGRE, Sarajevo, 1979.
- [9] W. BOGAJEWSKI: »Effects of sustained ground fault current on concrete poles«, IEEE PAS, no. 8, 1982.

CONTRIBUTION TO TYPIFICATION OF GROUNDING IN 10/(20)/0.4 kV TS

In the article are given some instructions for calculation of resistance of common grounding 10/(20)/0.4 kV TS, as well as resistance of separated protection grounding. Some examples are also presented.

BEITRAG ZUR TYPISIERUNG DER ERDLEITUNGEN TS 10/20/0,4 KV

Im Atrikel werden Anleitungen für die Berechnung des Widerstandes der Erdungssammelleitung TS 10/20/0,4 KV, sowie für den Widerstand der getrennten Erdungsanlage gegeben. Angeführt werden konkrete Beispiele.

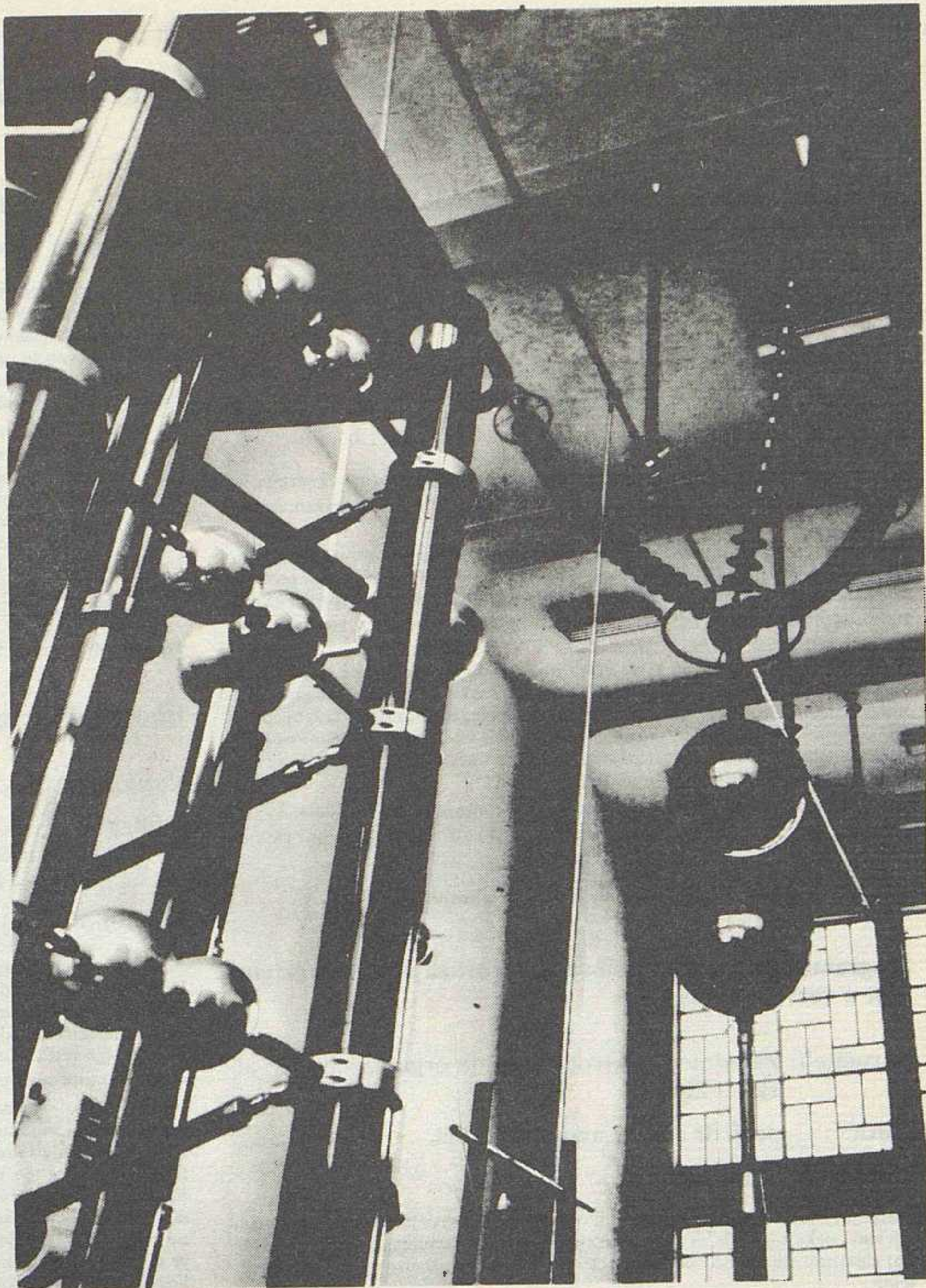
К ТИПИЗАЦИИ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ ПС 10(20)/0,4 кВ

В статью даются рекомендации по расчету сопротивления общего заземления ПС 10(20)/0,4 кВ, а также сопротивления отдельного защитного заземлителя. Приводятся конкретные примеры.

Naslov pisca:

mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
 1985 – 04 – 27



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1984. GODINI

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već trideset godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema jugoslavenske i hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito valja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilanciranja energetske sustava uspoređivanjem vrijednosti elektrana, stalni rad na studiji perspektivnog razvoja jugoslavenske 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 zemlji. Posljednjih godina ubrzano se razvija i

studij nuklearne energetike.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima je i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutar-njoj organizaciji, u nekoliko posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske sisteme i ekonomsku problematiku

Studijska radna jedinica za razdjelne, visokonaponske, n. n. mreže i za projektiranje

Studijska radna jedinica za termoenergetske sisteme
Zavod za visoki napon i prijenosne mreže

Studijska radna jedinica za hidrotehničke sisteme.

U daljnjem tekstu prikazani su važniji radovi iz djelovanja ovih grupa u 1984. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Usporedba tešk vodnih PHWR i tlakovodnih PWR reaktora nuklearnih elektrana, II dio

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: prof. dr Josip Lakota, dipl. inž.
prof. dr Vladimir Knapp, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1983.

Ovaj II dio usporedbe predstavlja nastavak rada iz 1980. godine (Energija br. 9–10, 1981. god.), s naglaskom na nuklearnoj sigurnosti Candu-reaktora u odnosu na PWR.

Dopunjene su prijašnje spoznaje o inherentnim sigurnosnim osobinama Candu. Obradene su specifičnosti sigurnosne filozofije Candu. Najveća pažnja posvećena je sigurnosti Candu u odnosu na PWR pri najtežim kvarovima (procjene učestalosti taljenja jezgre). Zatim su dopunjene i ranije spoznaje o seizmičkoj otpornosti Candu-reaktora.

Prezentirana je ukratko 950 MWe eksportna Candu-jedinica, kao i noviji razvoj zapadnonjemačkog PHWR s tlačnom posudom. Zatim su nadopunjene informacije o izgledima za upotrebu goriva iz slabo obogaćenog urana u tešk vodnim reaktorima te prezentirane mogućnosti obnove Candu-reaktora zamjenom vitalnih dijelova reaktora, mogućnosti dekomisija Candu-postrojenja, kao i izgledi za višekratno korištenje iste lokacije.

Na osnovi provedenog rada i novih spoznaja novelirani su ili dopunjeni zaključci rada iz 1980. god., kao i identificirana područja koja zaslužuju daljnje rasvjetljavanje.

Opseg: 214 stranica, 30 slika, 22 tablice, 150 literaturnih navoda.

Program rada, nosioci poslova i kadrovi za nuklearnu sigurnost u vezi s NE Prevlaka

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske – Zagreb

Autor: prof. dr Josip Lakota, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1984.

Materijal sadrži prijedlog kadrovskih potreba na području nuklearne sigurnosti, kao i neke sugestije za njegovu realizaciju. On je namijenjen idućoj nuklearnoj elektrani, ali nužno obuhvaća i elemente koji prelaze uže okvire jednog objekta.

Prijedlogom je obuhvaćen specijalistički kadar za nuklearnu sigurnost na elektroprivrednoj i regulatornoj strani. Prijedlog počiva na svjetskom iskustvu, preporukama Međunarodne agencije za atomsku energiju (MAAE), kao i na radu s ekspertima MAAE u kojem je sudjelovao velik broj ljudi iz većeg broja organizacija iz SR Hrvatske i SR Slovenije.

Osim brojčanih sugestija materijal uključuje pregled zadataka pojedinih grupa po fazama realizacije objekta, definira početne kvalifikacije i specijalističku izobrazbu, te sugerira dinamiku angažiranja sigurnosnog kadra.

Materijal je fizički realiziran u dvije cjeline:

— dio I, koji obuhvaća sažeti prijedlog s obrazloženjem, kao i zasebni, nešto detaljniji prikaz prijedloga

— dio II, u kojem su priloženi svi opsežniji materijali (podloge).

Dio I obuhvaća 81 stranicu teksta i 4 tablice. Ta komprimirana cjelina pogodna je kao osnova za diskusije radi definiranja provedbenih koraka.

Dio II obuhvaća rezultate vlastitog rada, prethodnog rada s ekspertima MAAE, podloge pripremljene za rad s ekspertima, izvještaje eksperata, kao i dodatne informacije dobivene kroz rad s njima. Taj dio obuhvaća oko 300 stranica teksta s većim brojem tablica, slika i priloga i s ukupno više od stotinu literaturnih navoda.

Materijal bi trebao širem krugu neposredno zainteresiranih približiti zahtjeve nuklearne sigurnosti te upozoriti na krupne ekonomske i druge rizike ako se u tom području zadovoljavajuće ne radi. On bi trebao inicirati neposredne i krupnije akcije.

PWR – Sizewell B, dodatni zahtjevi engleskih organa za sigurnost

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske – Zagreb

Autor: prof. dr Josip Lakota, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1984.

Engleska elektroprivreda CEBG (Central Electricity Generating Board), koja ima u pogonu veći broj nuklearnih elektrana s reaktorima hlađenim plinom, predložila je izgradnju prve PWR jedinice na lokaciji Sizewell B, snage 1100 MWe. Odabran je reaktor Westinghousa, a kao ishodište za čitavo nuklearno postrojenje uzet je standardizirani projekt »SNUPPS« (Standard Nuclear Unit Power Plant System) prema kojem se izvodi pet postrojenja u SAD.

Da bi se zadovoljili zahtjevi britanskih organa za nuklearnu sigurnost, provedene su za Sizewell B sigurnosne analize koje znatno prelaze u prošlosti uobičajen opseg. One su obuhvatile analize pouzdanosti sigurnosnih sistema, kao i studije posljedica težih kvarova izvan uobičajenog projektnog spektra. Predložene su znatne izmjene i poboljšanja u sigurnosnom rješenju u cjelini. U radu se prezentiraju izmjene u odnosu na rješenje SNUPPS i daje slika o njihovom utjecaju na troškove i nuklearnu sigurnost. Prikazuju se i kriteriji koji su doveli do preloženih izmjena. Dobivene spoznaje mogu imati znatnu korist za naš idući nuklearni projekt NE Prevlaka.

Opseg: 133 stranice, 9 slika, 14 tablica, 31 literaturni navod.

Izbor veličine izgradnje NE Podsused

Naručitelj: Elektroprojekt, Zagreb, Proleterskih brigada 37

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Marijan Magdić, dipl. oec.

Završeno u ožujku 1984.

Jedan od osnovnih parametara hidroelektrane jest veličina izgradnje ($Q_i - m^3/s$). Veličina izgradnje hidroelektrane ovisi o izdašnosti vodotoka, topografskim karakteristikama, veličini elektroenergetskog sistema u kojem će raditi promatran hidroelektrana, udjelu hidroenergije u tom sistemu itd., itd. Dakle, prilikom određivanja veličine izgradnje hidroelektrane potrebno je uzeti u obzir sve relevantne faktore te ih energetsko-ekonomski valorizirati.

Upravo je tako određena veličina izgradnje i usporna kota hidroelektrane Podsused. Studija se sastoji od sedam dijelova. U prvom poglavlju navedene su varijante izgradnje hidroelektrane Podsused (promatrane tri veličine izgradnje, tri usporne kote te s utjecajem i bez utjecaja nizvodne hidroelektrane Prečko). Kratki opis upotrijebljenih postupaka i metoda naveden je u drugom poglavlju, dok je moguća proizvodnja električne energije hidroelektrane Podsused za razne varijante izgradnje navedena u trećem poglavlju. Budući da se ovakve analize provode u elektroenergetskom sistemu, to su karakteristike elektroenergetskog sistema Hrvatske navedene u četvrtom poglavlju. Osnovni podaci su potrošnja električne energije, termoelektrane, hidroelektrane (postojeće i nove), te investicije i stalni godišnji troškovi razmatranih varijanti izgradnje hidroelektrane Podsused. Na temelju prethodnih proračuna i polaznih podataka u petom dijelu je određena energetsko-ekonomska vrijednost razmatranih varijanti i odabrana najpovoljnija veličina izgradnje i usporna kota hidroelektrane Podsused. Nakon toga provedena je ekonomska analiza. U okviru ekonomske analize uz današnje uvjete financiranje elektroenergetskih objekata određen je ukupni prihod, troškovna kvota i proizvodna cijena električne energije hidroelektrane Podsused.

Opseg: 35 stranica teksta, 97 tablica i 12 slika.

Studija optimalnog korištenja voda u rijeka Like i Gacke. Energetsko-ekonomska valorizacija

Naručitelj: Elektroprojekt, Zagreb, Proleterskih brigada 37

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.

Završeno u travnju 1984.

Ovaj rad predstavlja dio gore spomenute kompleksne studije: »Energetsko korištenje i Energetsko-ekonomska valorizacija«. Zadatak ove studije (našega dijela) bio je istražiti i rangirati, odnosno odabrati najpovoljnije rješenje u porječju rijeke Like i Gacke. Vode ovih rijeka mogu se uhvatiti i energetski koristiti izgradnjom više uzvodnih akumulacija (12) (uzvodno od akumulacije Kruščica) ili izgradnjom jedne velike akumulacije Kosinj. Primjenom matematičkih modela i metoda u našoj elektroprivrednoj praksi autori su obradili i odredili relativnu energetsko-ekonomsku vrijednost.

Za svaku uzvodnu akumulaciju kao i svako rješenje je povećanje moguće proizvodnje i smanjenje preljeva na hidroenergetskom porječju Lika – Gacka. Dakle,

obrađene su sve moguće kombinacije energetskog iskorištenja neiskorištenog hidropotencijala (nakon zadovoljenja ostalih korisnika vodoopskrba, navodnjavanje i dr.) Like i Gacke, te je kao najpovoljnija varijanta izgradnje odabrana izgradnja jedne velike akumulacije Kosinj. Izgradnjom akumulacije Kosinj na postojećim objektima (premještanje HE Sklope u HE Kosinj i HE Senj) ostvaruje se dodatna proizvodnja od oko 350 GWh/god. Nakon izgradnje akumulacije Kosinj rentabilnije je vode usmjeravati prema postojećoj hidroelektrani Senj nego prema HE Cesarici (Karlobag). Naime, u ovom slučaju trebao bi se izgraditi tzv. lanac objekata; akumulacija Kosinj, HE Otočac, akumulacija Gusić polje, paralelni tunel do HE Senj 1 i HE Senj 3. Naravno da se ovi objekti mogu raditi etapno. Prva etapa je izgradnja akumulacije Kosinj.

Opseg: 62 stranice teksta, 119 tablica i 28 slika.

Obrada mogućih lokacija za izgradnju termoelektrana na ugljen izvan republike i određivanje prioriteta priprema

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: Prof. dr Božo Udovičić, dipl. inž.
Nikol Bilčar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Neda Komerički, oec

Završeno u lipnju 1984.

Potencijalna mogućnost izgradnje termoelektrana na kruto gorivo u Hrvatskoj svodi se na eventualnu izgradnju te Koromačno. Međutim, za potrebe elektroenergetskog sistema Hrvatske ima nekoliko interesantnih lokacija izvan Hrvatske. Te su Gacko, Tuzla, Kamengrad, Livno i Duvno u Bosni i Hercegovini te Kosovo u istoimenoj pokrajini. Uzimajući u obzir investicijska ulaganja troškova prijenosa i tranzita električne energije, pokušala se rangirati energetsko-ekonomska valorizacija, odnosno pokušalo se načiniti listu prioriteta za daljnja istraživanja na pojedinim lokacijama.

Opseg: 52 stranice teksta i 125 tablica.

Uklapanje NE Slavonija u elektroenergetski sistem (Elektroenergetske podloge)

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek
Šetalište V. Vlahovića 1a

Autori: Prof. dr Božo Udovičić, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1984.

Uklapanje NE Slavonija u elektroenergetski sistem Hrvatske odnosno Jugoslavije učinjeno je na način kako se to radi u elektroprivrednoj praksi. Naime, poznavajući rezerve domaćih resursa (koje su vrlo skromne), kao i opredjeljenje da se maksimalno koriste domaći izvori energije, jasno je da se nuklearni program nameće kao imperativ. Naravno da se promatrane varijante izgradnje nuklearnih jedinica NE Slavonija dobro uklapaju u elektroenergetski sistem. Ovaj dio analize poslužio je i kao podloga za visokonaponsku prijenosnu mrežu.

Opseg: 26 stranica teksta, 26 tablica i 1 slika.

Analiza sigurnosti opskrbe potrošača u elektroenergetskom sistemu Hrvatske u periodu 1991. do 1995. godine

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Nikola Bilčar, dipl. inž.
Nedjeljka Komerički, oec

Završeno u prosincu 1984.

Ovom analizom htjelo se pokazati što se očekuje u elektroenergetskom sistemu Hrvatske nakon izgradnje elektrana kontinuiteta (završetak do 1990. godine) i ulaska u pogon druge nuklearne elektrane 1994. godine. Osim toga, analiziran je stupanj sigurnosti opskrbe potrošača i uz pretpostavku sukcesivne izgradnje hidroelektrana od 240 GWh godišnje. Rezultati analize upućuju na zaključak da se, ako se želi tražena sigurnost od 95% Elektroprivreda, mora učiniti veliki napor i osigurati znatna financijska sredstva za izgradnju dodatnih kapaciteta.

Opseg: 11 stranica teksta, 46 tablica i 4 slike.

Kriteriji za određivanje stupnja sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: mr Damir Pešut, dipl. inž.

U studiji je prikazan postupak za određivanje najekonomičnijeg nivoa raspoloživosti sistema proizvodnje i prijenosa električne energije, s tim da se sistem proizvodnje uzima kao unaprijed definiran. Kriterij za određivanje tog nivoa jest maksimalna društvena korist koja se postiže kompromisom troškova izgradnje i održavanja sistema i šteta zbog neraspoloživosti sistema. Neraspoloživost sistema predstavlja se s više indeksa, od kojih je najvažniji očekivana neraspoloživa energija sistema. Šteta po neraspoloživom kWh jest dio društvenog proizvoda koji se ne ostvaruje zbog neraspoloživosti te jedinične energije, a određuje se iz korelativne povezanosti društvenog proizvoda i potrošnje električne energije. Postupkom je moguće ispitivati prijenosnu mrežu postojećeg sistema, odnosno odrediti najekonomičnije proširenje mreže u budućnosti u sklopu s planiranom izgradnjom izvora i porastom potrošnje konzuma.

Opseg: 90 stranica, 20 tablica i 20 slika.

Definicija serije nuklearnih elektrana koje će se graditi u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije do 2000. godine

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: prof. dr Božo Udovičić, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.
mr Damir Pešut, dipl. inž.

Suradnici: Slobodan Joksimović, dipl. inž. (Energoprojekt — Beograd)
Goran Renovica, dipl. inž. (IE — BiH — Sarajevo)
prof. dr Tome Boševski, dipl. inž. (ETF — Skopje)
mr Dragoslav Jovanović, dipl. inž. (Energoinženjering — Novi Sad)

Završeno u listopadu 1984.

Svrha izrade studije bila je definiranje broja nuklearnih elektrana koje bi ušle u pogon do 2000. godine, a koje bi se trebale početi graditi do 2000. godine. Analizirane su prilike u svim republikama i pokrajinama, kao i u Jugoslaviji kao cjelini. U odnosu na mogućnosti izgradnje klasičnih postrojenja po pojedinim područjima utvrđeni su manjkovi koji će se morati nadoknaditi djelomičnom izgradnjom termoelektrana na područjima koja imaju ugljena, a djelomično izgradnjom nuklearnih elektrana. Zbog nesigurnosti ekonomskih pokazatelja, investicija u prvom redu, nije se moglo opredijeliti za dinamiku izgradnje nuklearnih elektrana između varijanti koje su promatrane (7, 9, 11 nuklearnih elektrana). Upozoreno je na ozbiljnost problema, na nedovoljnu istraženost problema, kao i na nužnu veću koordinaciju planiranja i zajedničku izgradnju.

Opseg: 41 stranica, 37 tablica, 12 slika.

Uključivanje NE Prevlake u elektroenergetski sistem i visokonaponsku mrežu

Naručilac: Elektroprojekt, Zagreb

Autori: prof. dr Božo Udovičić, dipl. inž.
mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Nikola Bilčar, dipl. inž.
Mladen Zeljko, dipl. inž.

Izvršeno u srpnju 1984.

Prilike u elektroenergetskom sistemu s NE Prevlaka promatrane su kroz četiri godine: 1995, 2000, 2005, 2010. godinu. Posebno su simulirane prilike u elektroenergetskom sistemu SR Hrvatske i SR Slovenije, a posebno u Jugoslaviji. Osim NE Prevlaka, pretpostavljena je izgradnja dodatnih 10 000 MW u nuklearnim elektranama do 2010. godine. Ostali dio potrošnje zadovoljio bi se iz hidroelektrana i termoelektrana na ugljen koje bi se gradile po područjima u granicama mogućnosti i na područjima republika i pokrajina (Srbija, BiH i Kosova), koje imaju ugljena za ostale republike i pokrajinu Vojvodinu. Pri postavljanju pro-

stornog rasporeda nuklearnih elektrana imalo se na umu uravnoteženje potreba i proizvodnje.

Prilike u višenaponskoj mreži promatrane su za 1995. godinu i 2000. godinu. Posebno je osvijetljen problem mreže s obzirom na problem jalove energije, odnosno NE Prevlake kao izvora jalove energije.

Opseg: I dio (podloge za mrežu) 35 stranica, 43 tablice, II dio (visokonaponska mreža) 46 stranica.

Energetsko-ekonomska vrijednost HE Krčić

Naručilac: OOUR HE na Krki i Zrmanji – Knin

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1984.

Nakon revizije idejnog projekta HE Krčić i noveliranja investicijskih ulaganja, načinjene su energetsko-ekonomske analize radi utvrđivanja učinaka HE Krčić u elektroenergetskom sistemu i to za slučaj da se HE Krčić gradi kao dodatna (sa stajališta snage nepotrebna) radi supstitucije tekućeg goriva i s valorizacijom snage, računajući s prosječnim i aktualiziranim troškovima.

Dugoročni plan razvoja elektroprivrede Hrvatske

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske – Zagreb

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
Zvonimir Milonja, dipl. oec.

Završeno u prosincu 1984.

Na temelju za tu svrhu prethodno izrađenih studija kao znanstvenih osnova (struktura proizvodnje električne energije do 2000. godine, Razvoj prijenosne mreže, Razvoj distributivne mreže, Ekonomski položaj elektroprivrede i dr.) izrađen je dugoročni plan razvoja elektroprivrede Hrvatske do 2000. godine.

U prvom dijelu, uz kraći osvrt na postojeće stanje, prikazan je razvoj potrošnje električne energije, te potrebna izgradnja elektrana, prijenosne i distributivne mreže koja zahtijeva takav rast potrošnje električne energije, kao i potrebna ulaganja za izgradnju elektroenergetskog sistema.

U drugom dijelu prikazan je ekonomski položaj elektroprivrede, mogućnost financiranja razvoja, konstrukcija financiranja i odgovarajući zaključci.

Osnove dugoročnog plana razvoja elektroprivrede Hrvatske za razdoblje od 1986. do 2000. godine.

Proračun ekonomskog položaja

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Zvonimir Milonja, dipl. oec.
Nada Hruška, dipl. oec.

Ova studija predstavlja jednu od parcijalnih studija u okviru opće studije o dugoročnom razvoju elektroprivrede Hrvatske do 2000. godine. U studiji su obrađene osnove kompleksnog ekonomskog položaja elektroprivrede Hrvatske do 2000. godine, tj. u jednostavnoj i proširenoj reprodukciji.

Proračun ekonomskog položaja za navedeno dugoročno razdoblje predstavlja ekonomsku i financijsku kvantifikaciju elektroenergetskog i naturalnog opsega dugoročnog razvoja elektroprivrede Hrvatske.

Proračun ekonomskog položaja, kao uostalom i naturalni plan razvoja izrađen je sa stajališta elektroprivrede Hrvatske kao cjeline. U njemu se ne kvantificiraju podaci elektroprivrednih radnih i osnovnih organizacija udruženog rada. Ovako izrađen proračun ekonomskog položaja pruža nužne ulazne podatke za izradu dugoročnih planova razvoja elektroprivrednih organizacija. Ovo zato što se prognozirana potrošnja električne energije smatra i treba smatrati polaznom osnovom zajedničke reprodukcije svih organizacijskih dijelova elektroenergetskog sistema Hrvatske. To se odnosi kako na rast faktora proizvodnje, tako i na troškove reprodukcije električne energije.

Ekonomska i financijska valorizacija dugoročnog plana razvoja Elektroprivrede Hrvatske obavljena je u prisutnim uvjetima značajne inflacije koja u velikoj mjeri može utjecati na realnost prognoziranih kretanja kako u proširenoj, tako i u jednostavnoj reprodukciji. U tom smislu najosjetljivije pitanje su prognoze kretanja cijena u promatranom razdoblju. Stoga su proračuni izrađeni u stalnim i tekućim cijenama.

Opseg: 144 stranica teksta i 60 tablica u dokumentacijskom dijelu studije.

Izrada programa dnevnog optimiranja EES SRH (II faza – I dio)

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Branka Jelavić, dipl. inž.
Nikola Plavec, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.

Završeno u siječnju 1984.

Metoda koja se u ovom programu koristi za raspodjelu opterećenja u EES-u ujedinjuje bilancu snage i energije hidroelektrana i termoelektrana u pripremnom dijelu i iterativnu gradijentnu matricnu metodu u optimizacijskom dijelu.

U pripremnom dijelu određuje se početno stanje iterativnog postupka kao rezultat bilance snage i energije u dnevnom dijagramu opterećenja, koja se postiže variranjem proizvodnje hidroelektrana i izborom termoelektrana, pri čemu se vodi briga o termoelektranama – toplanama.

U optimizacijskom dijelu naglasak je na određivanju energetskih i troškovnih karakteristika termoelektrana, određivanju energetskih karakteristika hidroelektrana, kontroli punjenja i pražnjenja akumulacija, uključujući međupovezanost hidroelektrana i vremena potrebnih da vodni val stigne do nizvodne hidroelektrane.

Na kraju je dan računski prikaz metode.

Opseg: 134 stranice, 68 slika, 21 tablica.

Planiranje baze podataka elektroenergetskog sistema I dio – Osnovni plan baze podataka

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: mr Branka Jelavić, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.

Završeno u studenom 1984.

U sklopu studije promatran je tehnički informacijski sistem, i to u onom dijelu koji se odnosi na podatke potrebne za funkcije off-line eksploatacije i razvoj EES-a.

Dan je prikaz vremenskih faza pri planiranju off-line eksploatacije i pripadnih funkcija, a zatim su pojedinačno obrađene sve funkcije, zajedno s potrebnim podacima. Za podatke je navedeno mjesto sakupljanja, ciklus sakupljanja, kao i vrijeme čuvanja podataka.

Prikazana je kompleksnost problema planiranja razvoja EES-a, a zatim su obrađene faze i funkcije planiranja izgradnje EES-a u onom dijelu koji je nastavak planiranja off-line eksploatacije.

Opseg: 45 stranica, 15 slika.

Izrada tjednih prirodnih protoka – I dio

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: Mladen Zeljko, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1984.

Kada se radi o protocima, mjesec je dosta dugo vremensko razdoblje i stoga nije pogodan za točnije analize. Osim toga pojedini mjeseci različito traju, što je također nedostatak mjeseca kao jedinične vremenske jedinice. Srednji mjesečni protok, koji se koristi kao mjera protoka na nekom vodotoku, prikazuje samo prosječni dotok. Međutim, u prosječnom protoku može se kriti vrlo velik broj varijanti ostvarenja tog protoka, vezano za dinamiku promjena protoka tokom mjeseca.

Zbog svega navedenog pojavila se potreba za kraćom vremenskom jedinicom. Tako se došlo do zaključka da je tjedan najpogodnija vremenska jedinica i da treba prijeći s mjesečnih na tjedne protoke.

U ovoj je studiji opisana metodologija, odnosno način kako doći do tjednih prirodnih protoka na pojedinom profilu vodotoka. Kao primjer je obrađena hidroelektrana »Nikola Tesla« – Vinodol.

Opseg: 49 stranica teksta, 9 slika i 1 tablica.

Proračun ekonomskog položaja elektroprivrede Hrvatske u jednostavnoj reprodukciji za 1984. i 1985. godinu i za razdoblje od 1986. do 1990. godine

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

Autori: Nada Hruška, dipl. oec.
Lada Jurišić, dipl. oec.

Završeno 1984.

Proračun ekonomskog položaja elektroprivrede Hrvatske s prijedlogom prodajne cijene zasniva se na metodi proračuna cijene čiji je model reguliran u Kriterijima i mjerilima za proračun prosječne cijene električne energije na mreži prijenosa i prosječne cijene na mreži distribucije, koji čine sastavni dio SAS-a o uređivanju međusobnih odnosa SIZ-a potrošača električne energije Hrvatske i ZEOH-a. Istovremeno, projekcija cijene izrađena je i na temelju Projekcije kretanja cijena u razdoblju od 1984. do 1990. Republičkog zavoda za društveno planiranje.

Opseg: 153 stranice i 60 tablica.

STUDIJ RAZDJELNIH NISKONAPONSKIH, VISOKONAPONSKIH MREŽA I PROJEKTIRANJE

Perspektivni naponski sustav u elektrodistributivnoj mreži SR Hrvatske — knjiga I

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autorski tim: mr Ernest Mihalek, dipl. inž.
Josip Moser, dipl. inž.

Sadržaj I dijela ove studije (knjiga I) odnosi se na dosadašnji razvoj elektrifikacije i naponskih nivoa te sadašnje stanje distributivnih mreža i studijskih radova na tom području.

Na početku je dan pregled osnovnih razdoblja u historijatu razvoja distributivnih mreža u SR Hrvatskoj. Počeci elektrifikacije (od 1891. god.) vezani su na tzv. »otočnu« elektrifikaciju s nižim naponima. S porastom napona raste i povezanost među područjima. Sveopća povezanost mreža dostiže se tek uvođenjem napona 110 kV i viših nakon drugoga svjetskog rata. Na temelju povijesnog razvoja uočen je i empirijski zakon porasta distributivnog napona u Hrvatskoj kao $U = f(t)$ gdje je »t« godina nakon 1891.

Također se ukratko daje prikaz izgrađenosti distributivne mreže i njezine amortiziranosti. Kako je i za daljnji tok razmatranja to važno, razmotreno je u nastavku stanje veličina struje kratkog spoja na raznim točkama gdje distribucija preuzima energiju.

Dan je pregled maksimalnih snaga trolejnog kratkog spoja za godine 1985, 1990. i 2000, prognoza potrošnje električne energije po regijama i globalno, te prikaz dosadašnjih radova na usporedbi sistema napajanja distributivne potrošnje. Već je većina ovih radova utvrdila prednost distributivnih sistema sa smanjenim brojem naponskih stepenica a napose napona 20 kV umjesto 35 i 10 kV.

Opseg: 61 stranica sa slikama i tablicama.

Perspektivni naponski sustav u elektrodistributivnoj mreži SR Hrvatske — knjiga II

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autorski tim: mr Ernest Mihalek, dipl. inž.
Josip Moser, dipl. inž.

Drugi dio ove studije usmjeren je na istraživanje limitirajućih faktora sadašnjeg naponskog sistema, zatim optimalnih naponskih nivoa te ciljeva razvoja distributivnih električnih mreža. Na kraju je dan prikaz perspektivnog sustava za distribuciju električne energije u SR Hrvatskoj kao i kriterijska analiza za izbor perspektivnog distributivnog napona. Iz pregleda standardnih napona i preporuka IEC očito je da je distributivni napon 20 kV već postao punovažan, ali je istovremeno značajna i preporuka da u bilo kojoj zemlji omjer između dvaju susjednih nazivnih napona ne bude manji od 2. Perspektivni napon nastaje i kao posljedica povijesnog razvoja napona — što je povezano s povećanjem elektrifikacije, standarda i sl.

U istom prikazu diskutira se o povijesnom razvoju napona i značenje perspektivnog napona. Kao limitirajući faktori razvoja sadašnjeg sustava diskutiraju se

broj i snaga transformatorskih stanica 110/35, 35/10 i 10/0,4 kV, povećanje presjeka vodova a naročito broj lokacija, koridora za vodove i sl.

U studiji je dan i pregled istraživanja optimalnih naponskih nivoa i parametara mreže u svijetu i kod nas. Obuhvaćeni su neki osnovni radovi koji su dali težinu ovom problemu i koji su utjecali na izbor perspektivnih distributivnih sustava napona. Iz ovih radova preuzeti su karakteristični rezultati i dijagrami, tako, da se mogu međusobno usporediti. Osim ovoga ukazano je i na neke osnovne matematičke zakonitosti u razvoju napona i naponskih sustava koje su proizašle iz takvih istraživanja (npr. rast pogonskih napona po geometrijskoj progresiji — M. Dokmanić već 1950. g.).

U studiji je nadalje provedeno istraživanje ciljeva razvoja distributivnih mreža u SRH na dva načina: analizom razvoja na modelima i na konkretnim uzorcima. Modeli se razlikuju po geografskim karakteristikama naše republike. U modelima je uzeta uobzir službena kategorizacija naselja. Kao osnova za razvoj električne mreže na modelu poslužila je metoda izvlačenja na sreću (Monte Carlo). Karakteristično je pri tome to da se ovom metodom definirala lokacija naselja i modela, početna konfiguracija mreže, stope porasta potrošnje i opterećenja itd. Promatrane su varijante s naponom 10 i 20 kV u tronaponskim i četveronaponskim sustavima, i to za područje mreže i mreže u gradovima s razdobljem promatranja od 30 godina. Izračunate su gustoće opterećenja kod kojih je optimalan prijelaz na sistem 110/35/20 kV i sistem 110/20 kV.

Na temelju toga definirana je predvidiva veličina izgradnje mreže po etapama do 2010. godine u SRH, a na kraju je prikaz perspektivnog naponskog sustava u SRH po općinama. Budući da su rezultati na modelima dobiveni preko prosječnih vrijednosti, nužno je za svako područje nadalje obaviti pojedinačnu analizu uzimajući u obzir sve specifičnosti koje su na kraju dane u obliku tzv. kriterijske analize.

Opseg: 200 stranica zajedno sa slikama, tablicama i dijagramima.

Osigurači u mreži niskog napona — efekti zaštite i zadovoljavanje uvjeta nulovanja

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: mr Ernest Mihalek, dipl. inž.

Suradnik: Željko Rajić, dipl. inž.

U studiji su ispitani uvjeti pod kojima dolazi do kritičnih (ili opasnih) situacija u nadzemnoj nulovanoj mreži zbog lošeg dimenzioniranja niskonaponskog voda i/ili pripadajućeg uložka osigurača te uzemljenja nul-vodiča (i nul-točke transformatora).

Provedeni proračuni pokazuju da se previsoki potencijal nul-voda uvijek pojavljuje u sprezi s predugim vremenom iskapćanja osigurača uglavnom kod ili iznad kritične duljine voda naročito kod manjih presjeka vodiča i manjih uložaka osigurača.

U zaključku se daje kvalitativno popis sustava gdje nulovanje kao mjera zaštite od dodirnog napona može biti problematično kao i mogućnosti za smanjivanje opasnosti.

Opseg: 109 stranica s tablicama proračuna dosega zaštite, potencijala nul-vodiča i dijagrami.

Zaštita od dodirnog napona kod niskonaponskih mreža na betonskim stupovima

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hratske

Autor: mr Ernest Mihalek, dipl. inž.

Suradnik: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Sve češća izgradnja niskonaponskih mreža na betonskim stupovima ponukala je istraživanja pojave opasnih napona dodira na tijelu stupa. Svi betonski stupovi su više ili manje vodljivi, a njihov otpor uzemljenja jest stohastička veličina s normalnom raspodjelom.

U vrijeme dozernog kvara stvara se oko betonskog stupa potencijalni lijevak, a najviši potencijal prema referentnoj zemlji može iznositi gotovo 231 V.

Proračuni dijela potencijala koji se odnose na napon dodira, provedeni na dva načina, pokazali su mogućnost pojave previsokih napona dodira, što se slaže i s nekim pokusima mjerenja u mreži. Na kraju dan je prijedlog rješenja i upute za projektiranje.

Opseg: 62 stranice s tablicama i slikama.

Uzemljenje zvjezdišta tipičnih 10(20) kV električnih mreža na području RO »Elektroprimorje« Rijeka

I dio: Uzemljenje zvjezdišta kableske 10 kV električne mreže napajane iz TS 35/10 kV »Školjić«

Naručitelj: »Elektroprimorje« — Rijeka

Autori: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović, dipl. inž.

Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. inž.
Duda Meštrović, el. teh.

Završeno 1984.

U općem dijelu studije razmotreni su kriteriji za prelazak električne mreže na pogon s uzemljenim zvjezdištem. Nakon toga izloženi su kriteriji za izbor veličine maloomskog otpornika, odnosno struje jednog polnog kvara. Na temelju analiziranih kriterija predložena su tipska rješenja za pojedine mreže. Dane su upute za proračun struja kratkog spoja i za termičku kontrolu vodova.

Analizirane su sheme uzemljenja neutralne točke u TS 110/20(10)kV i TS 35/10 kV. Također su dane upute za izvedbu uzemljivača u TS 10(20)/0,4 kV, a obrađen je i utjecaj zaštitnog vodiča na sustav uzemljenja.

Iscrpno su analizirani principi zaštite mreža 10 i 20 kV, te automatsko ponovno uklapanje u tim mrežama.

U posebnom dijelu studije obrađen je problem uzemljenja 10 kV mreže napajane iz TS 35/10 kV »Školjić«. Obavljeni su svi potrebni proračuni u mreži te podešenje relejne zaštite. Dan je prijedlog dopune postojeće zaštite.

Predloženo je ograničenje struje jednog polnog kvara na 300 A i izbor sheme uzemljenja po principu »jedan otpornik na dva transformatora«.

U prilogu su dane tablice s detaljnim podacima o razmatranoj 10 kV mreži.

Opseg: 189 stranica sa slikama i tablicama.

Uzemljenje zvjezdišta 35 kV u TS 110/35 kV »Ston«

Naručitelj: »Elektrojug« Dubrovnik

Autori: mr Božidar Filipović, dipl. inž.
mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. inž.
Duda Meštrović, el. teh.

U studiji su izloženi kriteriji za izbor veličine maloomskog otpornika (odnosno struje jednog polnog kvara) u mreži 35 kV. Razmotreni su mjerodavni tehnički propisi i unutrašnji prenaponi koji se javljaju prilikom jednog polnog kvara. Predloženo je ograničenje struje jednog polnog kvara na iznos od 300 A.

Obradjeni su principi za izbor i podešenje relejne zaštite u mreži uzemljenoj preko otpornika. Dan je prijedlog za izbor i podešenje relejne zaštite u TS 110/35 kV »Ston« i napajanim TS 35/10 kV. Obavljeni su svi potrebni proračuni u 35 kV mreži.

Opseg: 77 stranica sa slikama i tablicama.

Uzemljenje zvjezdišta perspektivne 20 kV mreže u TS 110/20 kV »Zaprešić«

Naručitelj: »Distribucija« Zaprešić

Autori: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović, dipl. inž.

Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. inž.
Duda Meštrović, el. teh.

Mreža 20 kV napajana iz TS 110/20 kV tipična je mješovita mreža sa znatnim udjelom kabela. Zbog toga kapacitivna struja zemljospoja već danas prelazi dopuštenu granicu od 15 A, a u budućnosti će biti još veća. Zbog toga se nametnula potreba da se pristupi pripremama za uzemljenje zvjezdišta. Osim toga, poznato je da se 10 kV nadzemni vodovi mogu staviti pod 20 kV napon samo ako je zvjezdište pojne stanice uzemljeno (zbog smanjenja unutrašnjih prenapona).

U studiji su detaljno obrađeni mjerodavni kriteriji za izbor veličine struje jednog polnog kratkog spoja. Dane su upute za proračun struje kratkog spoja, određivanje graničnih otpora uzemljivača i za izvedbu uzemljivača TS 20/0,4 kV priključenih na nadzemnu mrežu.

Analizirani su principi zaštite 20 kV mreža, problematika automatskog ponovnog uklapanja u 20 kV mrežama i shema uzemljenja neutralne točke.

Predloženo je ograničenje struje jednog polnog kvara na 150 A i izbor sheme uzemljenja »jedan otpornik po transformatoru«.

Opseg: 107 stranica sa slikama i tablicama.

Uzemljenje zvjezdišta 10 kV u TS 35/10 kV »Komolac«

Naručitelj: »Elektrojug« Dubrovnik

Autori: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović, dipl. inž.

Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. inž.
Duda Meštrović, el. teh.

Mreža 10 kV napajana iz TS 35/10 »Komolac« mješovitog je karaktera s velikim udjelom nadzemnih vodova. Zbog utjecaja energetskih kabela kapacitivna struja zemljospoja iznosi 35 A, što je znatno više od dopuštene vrijednosti prema tehničkim propisima. Zbog toga se ukazala potreba da se izradi studija o prelasku mreže na rad s uzemljenim zvjezdištem.

U studiji su detaljno analizirani svi bitni kriteriji koji diktiraju izbor veličine otpornika za uzemljenje zvjezdišta odnosno veličine struje jednog polnog kvara. Predloženo je ograničenje struje jednog polnog kvara na 150 A. Ovakva struja ne zahtijeva veće zahvate na uzemljivačima TS 10/0,4 kV.

U studiji su dani granični uvjeti za uzemljivače TS 10/0,4 kV, upute za formiranje umjetnog zvjezdišta u TS 35/10 kV i upute za izbor i podešenje relejne zaštite. Obavljeni su proračuni struja trolnog i jednog polnog kratkog spoja u svim čvorovima mreže 10 kV i kontrola termičke ugroženosti vodova. Detaljno su prikazani svi podaci o mreži.

Opseg: 151 stranica sa slikama i tablicama.

Proračun trolnog i jednog polnog kratkog spoja u mreži 10 kV napajanoj iz TS 110/10 kV »Ksaver«

Naručitelj: »Elektra« Zagreb

Autor: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. inž.
Duda Meštrović, el. teh.

Obavljen je proračun struja maksimalnog i minimalnog trolnog kratkog spoja i maksimalnog jednog polnog kratkog spoja u 10 kV mreži, i to za stanje koje se očekuje prilikom puštanja TS 110/10 kV »Ksaver« u pogon. Također je izvršena termička kontrola svih 10 kV vodova s obzirom na maksimalan trolni kvar. Dobiveni rezultati dani su u obliku izlaznih listi elektroničkog računala.

Opseg: 3 stranice i izlazne liste računala.

Proračun kratkog spoja i koncepcija razvoja 10 kV industrijske mreže tvornice stakla »Straža«

Naručitelj: Tvornica stakla i plastičnih proizvoda »Straža« — Hum na Sutli

Autori: mr Božidar Filipović, dipl. inž.
mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Ernest Mihalek, dipl. inž.

Završeno 1984.

Industrijska mreža 10 kV Tvornice stakla dosad se napajala iz TS 35/10 kV »Straža«. Puštanjem u pogon nove stanice mogu se javiti određeni problemi, pa je zbog toga inicirana izrada ove studije.

U prvom poglavlju obavljen je proračun struje jednopolnog kvara na 110 kV sabirnicama TS 110/35/10 kV »Straža«. Zatim je određena struja mjerodavna za proračun potencijala i napona dodira, te je izračunat očekivan potencijal na uzemljivaču.

U drugom poglavlju obavljeni su proračuni trolejnog kratkog spoja u industrijskoj mreži. Dana su načela proračuna i upute za kontrolu ugrožene opreme. Utvrđena je oprema koju treba zamijeniti, a dane su i smjernice za tipizaciju nove opreme.

U trećem poglavlju detaljno je analizirana relejna zaštita u industrijskoj mreži. Izložene su karakteristike zaštitnih uređaja i obrađeni su kriteriji za podešenje relejne zaštite. Dani su i primjeri podešenja zaštite.

U četvrtom poglavlju razmotrena je koncepcija razvoja 10 kV tvorničke mreže. Prikazano je sadašnje stanje mreže, a nakon toga je analizirana perspektivna industrijska mreža. Detaljno su ispitani uklop-iskop manevri u mreži. Rezultati istraživanja popraćeni su odgovarajućim shemama.

Opseg: 82 stranice sa slikama i tablicama.

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Usporedba regulative američkih i evropskih zemalja iz područja lociranja nuklearnih elektrana

Naručitelj: ZEOH — ZAGREB

Autori: mr Niko Malbaša, dipl. inž.
mr Damir Subašić, dipl. inž.

Završeno u 1984.

Vrlo detaljno je opisana i komentirana regulativa iz područja lociranja nuklearnih elektrana većine nuklearno razvijenih zemalja (SAD, SR Njemačke, Francuske, Kanade, Italije, Španjolske, Velike Britanije) te regulativa IAEA i SFRJ. Dan je pregled na temelju važećih dokumenata i zakona, a analiza je provedena po sljedećim osnovnim područjima:

- geologija i seizmika
- hidrologija
- meteorologija
- naseljenost u okolini
- zaštita od zračenja
- eksterni efekti zbog ljudskih aktivnosti
- ostalo.

Za svaku zemlju dani su posebno opći kriteriji za izbor lokacije, te osnove postupka za izdavanje dozvola.

Opseg: 235 stranica.

Utvrđivanje navika u ishrani, načinu korištenja voda i poljoprivrednih površina u okolini lokacije nuklearne elektrane prevlaka

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: mr Jure Ćurković, dipl. inž.
prof. dr Petar Strohal, dipl. inž.
Vladimir Jelavić, dipl. inž.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

Završeno u travnju 1984.

Studija je izrađena u skladu s uvjetima za lokaciju, izgradnju, pokusni rad, puštanje u rad i upotrebu nuklearnih objekata i postrojenja, podlogama i uputama za izradu Studije o utjecaju NE na okolinu, preporukama IAEA i ICRP, te preporukama i uputama US NRC. U studiji je dana analiza karakteristika prehrane stanovništva, proizvodnje pojedinih prehrambenih artikala, načina korištenja terena, načina korištenja voda rijeke Save, veličine i korištenja natapanja površina te identifikacija kritičnih grupa stanovništva u okolini lokacije NE Prevlaka.

Opseg: 124 stranice, 34 tablice, 3 slike.

Proračun ekskluzivne zone i zone niske naseljenosti za NE Slavonija

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek

Autori: Vladimir Jelavić, dipl. inž.
mr Jure Ćurković, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1984.

Razvijen je matematički model kojim je obavljena procjena u kojoj bi mjeri stanovnici okoline planirane nuklearne elektrane Slavonija bili izloženi zračenju u slučaju najteže projektne nezgode gubitka hladioaca (LOCA*), zbog oslobađanja radioaktivnih sastojaka u atmosferu okoline. Pretpostavljena je pri tom nuklearna elektrana PWR — tipa toplinske snage 3 800 MJ/s s koncepcijom dvostrukog kontejnenta. U skladu s američkom regulativom (10 CFR 100), na osnovi rezultata, utvrđeni su radijusi ekskluzivne zone i zone niske naseljenosti za 16 smjerova oko elektrane. Također je analizirana osjetljivost rješenja sa svrhom da se utvrdi značenje pojedinih sigurnosnih sistema i njihovih karakteristika u pogledu zaštite okolnog stanovništva.

Opseg: 122 stranice, 14 tablica, 30 slika.

Optimalna izvedba hladnog kraja NE Slavonija, 4 × 1 300 MW

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek

Autori: Hrvoje Kunaj, dipl. inž.
Boris Štajer, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1984.

Svrha je studije analiza mogućnosti primjene protočnog sistema hlađenja za nuklearne elektrane el. snage 4 × 1300 MW na odabranoj lokaciji Tenja. Lokacija četiriju blokova predviđena je s desne strane Dunava, nizvodno od ušća rijeke Drave i neposredno prije daljske krivine.

Na osnovi analize lokacijskih specifičnosti i hidrometeorološke situacije, kao i postupka tehničko-ekonomske analize opreme i radnih parametara elektrane, definirano je osnovno tehničko rješenje i prikazana preliminarna dispozicija četiriju blokova na lokaciji. U studiji je analizirano pet različitih tipova nuklearnih reaktora tip — PWR toplinske snage od otprilike 3 800 MJ/s. Za svaku varijantu definirani su tip tuboagregata (broj okretaja, dimenzije NTK turbine, snaga turbine i tlak kondenzacije), dimenzije kondenzatora (površina cijevnog snopa, protok rash. vode, materijal cijevi kondenzatora), kao i snaga i broj pumpi glavne rashladne vode. Dispozicija glavnih pogonskih objekata na lokaciji prikazana je za sva četiri bloka, a detaljni nacrti prikazani su posebno za pumpnu stanicu i ispušt rashladne vode zajedno s potrebnim građevnim radovima na dovodnim kanalima zahvata vode iz Dunava.

Studija je dokazala da je lokacija podobna za smještaj četiriju blokova od 1 300 MW, da je vodotok Dunava dovoljnog kapaciteta za prihvatanje otpadne topline, kao i da ekonomske prednosti opravdavaju primjenu protočnog hlađenja za sva četiri bloka.

Opseg: 250 stranica, oko 40 slika, oko 30 tablica.

Program školovanja kadrova za nuklearni program do 2000. godine

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Antun Eisenreich, dipl. inž.
Kosta Bojić, dipl. inž.
prof. dr Danilo Feretić, dipl. inž.
prof. dr Marko Majcen, dipl. inž.
prof. dr K. Ilakovac, dipl. inž.
mr N. Čavlina, dipl. inž.
N. Debrecin, dipl. inž.
D. Klarin, inž.

Završeno u srpnju 1984.

Studija je, u stvari, nastavak studije iz 1982. godine »Kadrovi za realizaciju nuklearnog energetskeg programa u SRH do 2000. godine« i temelji se na veličinama utvrđenim u toj studiji.

U ovoj studiji prikazani su programi za obrazovanje nuklearno usmjerenih kadrova na fakultetima, usmjerenom obrazovanju i putem dopunske specijalističke izobrazbe. Za fakultete prikazani su programi nuklearnog usmjerenja na PMF-u, ETF-u i FSB-u. Za srednje usmjereno obrazovanje prikazane su struke, obrazovni profili i smjerovi od interesa za nuklearnu energetiku. Za dopunsko specijalističko obrazovanje kadrova prikazani su programi dopunske specijalističke izobrazbe za pojedine aktivnosti nuklearnog energetskeg programa. Također je predložena organizacija dopunske specijalističke izobrazbe.

Opseg: 155 stranica teksta s tabličnim prikazima.

Karakteristike preferentne mikrolokacije za NE Slavonija s obzirom na izbor i osiguranje posljednjeg ponora topline

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek

Autori: Antun Eisenreich, dipl. inž.
Boris Štajer, dipl. inž.
Miroslav Juretić, dipl. inž.

Završeno u studenom 1984.

U studiji je provedena analiza o potrebi redundantnog ponora topline za dugotrajno odvođenje iz reaktora u svim uvjetima, uz pretpostavku tlakovodnog reaktora. Za potrebe nuklearne elektrane Slavonija analizirana je koncepcija i mogućnosti izvedbe posljednjeg ponora topline u formi bazena s određenom zapremninom i isparnom površinom vode. Pri obradi uzete su u obzir smjernice i regulativa IAEA i američka regulativa iz ovog područja.

Sve obrade i analize u građevinsko-hidrotehničkom dijelu ove studije osnivaju se prvenstveno na rezultatima provedenih istražnih radova i specijalističkih studija.

Opseg: 93 stranice teksta s tabličnim prikazima i slikama, te prilozi proračuna na računskom stroju.

Analiza vanjskih ekstremnih pojava uvjetovanih ljudskom aktivnošću na preferentnoj mikrolokaciji za nuklearnu elektranu Slavonija

Naručitelj: Elektroslavonija — Osijek

Autor: Jadranko Karuza, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1984.

Studija analizira izvore opasnosti u okolini nuklearne elektrane koji su rezultat ljudske aktivnosti i koji mogu imati nepovoljni utjecaj na rad sigurnosnih sistema nuklearne elektrane i povećanu vjerojatnost za ispuštanje radioaktivnog materijala u okolinu. Prema regulativi IAEA i drugih zemalja, čiji pregled je napravljen u studiji, provedena je analiza potencijalnih opasnih efekata primjenom determinističkog pristupa za lokaciju nuklearne elektrane Slavonija. Izvršena je obrada konstrukcijske osnove za sve one pojave koje su utvrđene kao potencijalne opasnosti kod kojih je vjerojatnost događanja na konkretnoj mikrolokaciji veća od 10^{-6} po reaktoru godišnje.

U zaključcima studije ukazano je na povoljnost preferentne mikrolokacije za nuklearnu elektranu Slavonija s gledišta utjecaja vanjskih ekstremnih pojava uvjetovanih ljudskom aktivnošću na sigurnost nuklearne elektrane.

Opseg: 76 stranica teksta, 13 slika.

Procjena mogućih eksternih opasnosti izazvanih ljudskim aktivnostima na lokaciji nuklearne elektrane Prevlaka

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: mr Niko Malbaša, dipl. inž.
mr Jure Čurković, dipl. inž.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

Završeno u svibnju 1984.

Napravljena je analiza mogućih vanjskih opasnosti izazvanih ljudskom aktivnošću na području lokacije NE Prevlaka. U uvodnom dijelu obrađena je regulativna IAEA, te SAD, SR Njemačke i nekih drugih zemalja te dane osnovne metode i pristup analizi.

Posebno su analizirane opasnosti iz cestovnog, željezničkog, riječnog i avionskog prometa, te iz stacionarnih instalacija (plinovodi, stanice s klorom i sl.).

Potencijalni udesi modelirani su uz korištenje konzervativnih modela disperzije (ako se radi o otrovnim i plinovitim eksplozivnim tvarima), a u obradi scenarija nezgode korišten je općenito deterministički pristup. Probabilističke analize korištene su u obradi mogućnosti pada aviona na vitalne strukture elektrane.

Opseg: 63 stranice.

Procjena očekivanih vrijednosti doza zračenja od tekućih ispuštanja u normalnom pogonu nuklearne elektrane Prevlaka

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: mr Jure Čurković, dipl. inž.
mr Niko Malbaša, dipl. inž.
prof. dr Petar Strohal, dipl. inž.
Vladimir Jelavić, dipl. inž.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.

Završeno u siječnju 1984.

U prvom dijelu Studije daje se pregled regulative vezane za ocjenu ozračenja stanovništva radioaktivnim materijalom ispuštenim iz nuklearnih objekata koji se koriste za proizvodnju energije. U ovom pregledu opisana je pozicija u regulativi u domaćem zakonodavstvu, u zakonodavstvu SAD, te preporuke IAEA i IRCP. Također su opisani osnovni procesi širenja radionuklida u okolini NE, hranidbeni lanci i kritični putovi širenja te način identifikacije kritične populacije. Opisana je metoda za računanje prosječne godišnje emisije radionuklida u okolini u normalnom radu NE (PWR-GALE model). U drugom dijelu primjenjena je opisana metodologija na lokaciji NE Prevlaka.

Opseg: 197 stranica, 90 tablica, 7 slika.

Optimizacija opskre Varteksa vodenom parom

Naručitelj: SOUR Tekstilni kombinat »Varteks«, Varaždin

Autori: Zdravko Mužek, dipl. inž.
dr Dubravko Matanić, dipl. inž.

Završeno u veljači 1984.

Optimiran je razvoj opskrbe SOUR-a Varteks vodenom parom do 2000 godine. U tu svrhu predložena su unapređenja radi racionalizacije proizvodnje i distribucije topline u postojećoj koncepciji sistema te analizirane moguće varijante daljeg razvoja. Najpovoljnija varijanta izabrana je prema kriteriju minimuma ukupnih aktualiziranih izdataka u petnaestogodišnjem razdoblju promatranja.

Opseg: 39 stranica, 10 tablica, 19 slika.

Idejno rješenje integralnog sistema grijanja i ventilacije BIS-a

Naručitelj: Brodograđevna industrija Split

Autori: Zdravko Mužek, dipl. inž.
Hrvoje Štingl, dipl. inž.
mr Zlatko Komerički, dipl. inž.
Marijan Sarajlija, dipl. tehn.
Vladimir Jelavić, dipl. inž.
dr Dubravko Matanić, dipl. inž.
Ratko Pečarić, dipl. inž.

Optimiran je integralni sistem grijanja i ventilacije u Brodograđevnoj industriji Split. Cilj optimalizacije jest sinteza takvog integralnog sistema koji će u razdoblju od 1986. do 2000. godine iziskivati minimalne izdatke uvažavajući pri tome ekološka ograničenja. Između tehnički ostvarivih varijanata toplinske opskrbe izabrano je, u skladu s navedenim ciljem najpovoljnije rješenje te prikazan razvitak sistema u promatranom razdoblju.

Opseg: 185 stranica teksta, 190 tablica i 91 slika.

Ocjena trenutnih mogućnosti opterećenja i proizvodnje TE Plomin 1 te opravdanost daljnjih istraživanja s ciljem njihovog povećanja

Naručitelj: RO Elektroprivreda — Rijeka, OOUR TE Plomin

Autori: Hrvoje Brkić, dipl. inž.
dr Dubravko Matanić, dipl. inž.
Mladen Nadinić, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1984.

Dan je pregled dosadašnjih zahvata na postrojenju, eksploatacijskih iskustava i izradenih elaborata i zahvata radi smanjivanja zašljakivanja kotla. Izloženi su i rezultati ispitivanja nekih dodatka ugljenu. Na bazi toga dan je program daljnjih istraživanja i zahvata na postrojenju te način provođenja programa s ciljem da se poveća snaga postrojenja TE Plomin.

U zaključku je dana ocjena o stvarnim današnjim mogućnostima TE Plomin u pogledu snage i proizvodnje el. energije.

Opseg: 92 stranice teksta, 7 slika i dijagrama.

Razvoj mjerne centrale — faza I

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Autori: Berislav Nadinić, dipl. inž.
Čedomir Selanec, dipl. inž.

Završeno u veljači 1984.

U postrojenjima termoelektrana gdje je udio troškova goriva u cijeni proizvoda velik potrebno je provoditi što kvalitetniju i što češću kontrolu ekonomičnosti rada postrojenja. Kvaliteta rada s tehničkog i ekonomskog gledišta može se ocijeniti na temelju njegovih energetske karakteristike. Analizom energetske karakteristike može se ustanoviti postojanje određenih nepravilnosti u radu postrojenja, kao i njihov uzrok, te se na osnovi toga mogu poduzeti i adekvatne mjere. Utvrđivanje ovih karakteristika zasniva se na mjerenjima.

U ovoj studiji definirani su zahtjevi za sistem za automatsko prikupljanje, primarnu obradu i pohranjivanje mjerenih podataka prilikom garantnih, funkcionalnih i normativnih ispitivanja na termoenergetskim objektima, te je idejno koncipirana struktura opreme i pripadne programske podrške. Također je provedena analiza i studij standarda i propisa za provedbu ispitivanja ove vrste (IEC, ASME, DIN, GOST).

Opseg: 119 stranica teksta, slika, dijagrama i tablica.

Studija o mogućnosti razvoja i uključivanja domaćih proizvođača osnovne i pomoćne opreme za program izgradnje termoelektrana na području SAP Kosovo za potrebe SRH i drugih republika i pokrajina

Naručitelji: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb SOUR »Rade Končar« — Zagreb

TPK, OOUR EPO — Zagreb
SOUR »Đuro Đaković«, RO Institut za strojarstvo — Sl. Brod
SOUR Jugoturbina, OOUR Istraživanje i razvoj — Karlovac
RO ATM — Zagreb
SOUR Monting — Zagreb
Elektroprojekt — Zagreb

Autori: Milivoj Krejči, dipl. inž.
Mladen Nadinić, dipl. inž.

dr Dubravko Matanić, dipl. inž.
Đuro Stanković, dipl. inž.
Marijan Arnold, dipl. inž.
prof. dr Branko Morović, dipl. inž.
Marijan Magdić, dipl. oec.

Završeno u ožujku 1984.

U suradnji s naručiteljima Studije provedena je analiza stvarnog učešća domaćih organizacija na izgradnji blokova većih jediničnih snaga u prethodnom razdoblju, kao i analiza stvarnih mogućnosti tih organizacija uz uvažavanje nužne uvozne komponente.

Rezultati studije upućuju na značajno manje angažiranje domaćih radnih organizacija u odnosu na mogućnosti.

Opseg: 506 stranica teksta.

Tenderska dokumentacija za isporuku opreme i usluga za nuklearni otok, nuklearno gorivo i turbogeneratorsko postrojenje za NE Prevlaka

Naručitelji: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb

EGS — Sestavljena organizacija elektrogospodarstva Slovenije — Maribor

Izvođači: Elektroprojekt — Zagreb
IB Elektroprojekt — Ljubljana
Institut za elektroprivredu — Zagreb
Elektroinštitut »Milan Vidmar« — Ljubljana
Institut »Ruder Bošković« — Zagreb

Nosioci zadatka u Institutu za elektroprivredu:

Mladen Nadinić, dipl. inž.
Milivoj Krejči, dipl. inž.
mr Jadranko Karuza, dipl. inž.
mr Niko Malbaša, dipl. inž.
mr Jure Čurković, dipl. inž.
Vladimir Bradač, dipl. inž.
Hrvoje Štingl, dipl. inž.
Stjepan Ivančić, dipl. inž.

Završeno u kolovozu 1985.

U toku 1984. godine i 1985. razrađivan je nacrt teksta pojedinih poglavlja tendera za planiranu NE Prevlaka.

NE Prevlaka — Preliminarni idejni projekt Faza I — tehnički koncept

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske — Zagreb
EGS — Sestavljena organizacija Elektrogospodarstva Slovenije — Maribor

Poglavlje: Pregled tipova reaktora

Autor: Jadranko Karuza, dipl. inž.

Radovi u toku.

U pregledu tipova reaktora prikazana je zastupljenost pojedinih proizvođača nuklearne opreme u svijetu, kao i pregled izgrađenih elektrana. U drugom dijelu dani su tehnički parametri danas komercijalno prihvatljivih tipova PWR, BWR i HWR reaktora pogodnih za NE Prevlaka i buduću seriju nuklearnih elektrana, kao i osnovni kriteriji za izbor NSSS-a.

Poglavlje: Mogućnosti domaćih proizvođača opreme

Autor: Milivoj Krejči, dipl. inž.

U ovom dijelu analizirane su mogućnosti domaćih proizvođača opreme za potrebe izgradnje NE Prevlaka, kao i pregled udjela domaće industrije na izgradnji NE Krško. Rezultati analize provedeni su za sve glavne komponente elektrane u skladu sa specifikacijom IAEA.

Poglavlje: Definicija rashladnog sistema
Definicija komponenti hladnog kraja

Autor: Hrvoje Kunaj, dipl. inž.

Svrha dodatnih analiza rashladnog sistema bila je razmatranje utjecaja pojedinih tipova reaktora na izbor komponenti klasičnog dijela NE Prevlaka uz primjenu spojnog procesa snage 850 MJ/s. U tu svrhu analizirano je deset tipova reaktora (PWR, BWR i HWR) s mogućnošću primjene na optočni ili kombinirani sistem hlađenja poštujući vrijedeće uvjete vodoprivrede. Pri tome su analizirani turboagregati sa 3 000 o/min i 1 500 o/min, kao i mogućnost primjene dva paralelna turboagregata na jedan nuklearni reaktor. Na osnovi tehničko-ekonomske analize za sve razmatrane varijante nuklearnih reaktora, definirani su tipovi turbina, dimenzije kondenzatora, pumpi rashladne vode i tipovi rashladnih tornjeva, kao i pripadni radni i nazivni parametri opreme hladnog kraja.

Poglavlje: Definicija opreme toplinske stanice

Autor: Zdravko Mužek, dipl. inž.

Za potrebe primjene spojnog procesa na NE Prevlaka s predviđenom snagom vrelovoda od 850 MJ/s, analizirana je osnovna toplinska shema oduzimanja pare s turbine.

U skladu s predviđenim tipovima turbina i NSSS-a dano je osnovno idejno rješenje toplinske stanice, kao i glavne dimenzije potrebnih izmjenjivača topline.

Opseg: 450 stranica teksta, tablica, slika i nacrti.

Privremeni izvještaj o pripremi podloga za kolaudaciju RTE Gacko

Naručitelj: RTE Gacko

Autori: Zoran Selanec, dipl. inž.
Berislav Nadinić, dipl. inž.

Završeno u studenom 1984.

Na osnovi programa za elektroničko računalo, za potrebe RTE Gacko načinjen je privremeni izvještaj o stanju utroška sredstava za RTE Gacko sa stanjem 31. 12. 1983. U sklopu izvještaja dan je pregled stanja utroška finansijskih sredstava po stavkama investicijskog programa, pregled realizacije svih ugovora i narudžbi sklopljenih do 31. 12. 1983, izvršeno terećenje investicijskih ulaganja po objektima i amortizacijskim grupama.

Ovaj izvještaj je poslužio investitoru za formiranje osnovnih sredstava, njihove vrijednosti i obračun amortizacije u toku probnog pogona u 1984. godini.

Analiza ukupnih ulaganja za izgradnju rudnika i TE Gacko

Naručitelj: ZEOH — Zagreb

Nosioći zadatka: za strojarski dio:
Zoran Selanec, dipl. inž.
Berislav Nadinić, dipl. inž.
za elektro dio:
Boris Kalan, dipl. inž.
za građevinski dio:
Nedjeljko Šimundić, dipl. inž.
za ekonomski dio:
Marijan Magdić, dipl. oec.
koordinacija:
Zoran Selanec, dipl. inž.

Radovi u toku.

Na osnovi ugovora obavljen je u toku 1984. god. pregled utrošenih sredstava za izgradnju rudnika i termoelektrane GACKO sa stanjem 31. 12. 1983. i sa svrhom da se utvrde krupna ulaganja u izgradnju RTE Gacko, podijele investicijska ulaganja na objekte I i II faze, utvrdi vrijednost osnovnih sredstava po grupama objekata, te izračunaju troškovi amortizacije.

Radovi će biti nastavljeni u 1985. godini.

Ispitivanje strojarske opreme NE Krško tokom druge izmjenjive goriva

Naručitelj: NE Krško

Nosioći zadatka: Zora Kuljiš, dipl. inž.
Mijo Martinko, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Marino Balog, dipl. inž.
sa suradnicima

Završeno u studenom 1984.

U skladu sa zahtjevima američkog propisa ASME B & PV Code Sec. XI pripremljen je desetogodišnji program ispitivanja cjevovoda, posuda, pumpi i izmjenjivača topline klase 1, 2 i 3 prema kojem će se u toku desetogodišnjeg intervala ispitivati svake godine određeni postotak zavera, dijelova komponenata i vijčanih spojeva u NE Krško. Na bazi ovog programa u toku 1984. god. obavljeno je bezrazorno ispitivanje dijelova reaktorske posude, kućišta generatora pare, tlačnika, CS izmjenjivača topline, RH pumpe, te cjevovoda i zavješnja primarnog i sekundarnog kruga. Cijeli projekt ispitivanja podijeljen je u tri faze: pripremu, ispitivanje i izradu završnog izvještaja. U fazi pripreme definiran je detaljan plan, program i opseg ispitivanja, definirani su zahtjevi vezani za pripremu ispitnih mjesta, zaštitu osoblja vezanu uz rad u području s ionizirajućim zračenjem, pripremu i reviziju pisanih postupaka za ispitivanje, baždarenje opreme za bezrazorna ispitivanja, te usklađivanje terminskog plana ispitivanja s ostalim aktivnostima koje su se provodile u elektrani za vrijeme remonta i izmjene goriva. U fazi ispitivanja za vrijeme remonta obavljena su ultrazvučna, površinska i vizualna ispitivanja komponenata definiranih programom. Prema potrebi, program ispitivanja se proširivao i dopunjavao ovisno o nalazima prethodno definiranog opsega ispitivanja. Po završetku ispitivanja naručitelju je predan preliminarni izvještaj radi remonta. Sva mjesta gdje su provedene korektivne akcije ponovo su ispitana, kako bi se snimilo stanje zavarenog spoja ili komponente nakon obavljenih popravaka ili dorade. Tri mjeseca nakon završetka ispitivanja predan je naručitelju završni izvještaj o obavljenom ispitivanju s ocjenom stanja ispitanih dijelova primarnog i sekundarnog kruga.

Završni izvještaj o ispitivanju cijevi visokotlačnih zagrijača napojne vode u NE Krško

Naručitelj: NE Krško

Autori: Mijo Martinko, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Marino Balog, dipl. inž.
Zoran Kuljiš, dipl. inž.
sa suradnicima

Završeno u prosincu 1984.

U toku redovnog godišnjeg remonta 1984. u NE Krško obavljeno je ispitivanje cijevi visokotlačnih zagrijača napojne vode metodom vrtložnih struja. Na bazi dosadašnjih rezultata ispitivanja i provedenih analiza izraden je program ispitivanja cijevi za svaki grijač napojne vode zasebno. Prema ovom programu ispitano je oko 26% cijevi u svakom zagrijaču. Paralelno s ispitivanjem obavljana je interpretacija rezultata tako da je naručitelj mogao poduzimati korektivne akcije pri zatvaranju grijača.

U ovom elaboratu dana je analiza rezultata i prijedlozi za daljnja praćenja cijevnih snopova.

Kontrolna ispitivanja snage reaktora s programom i procedurom kalorimetrije za NE Krško

Naručitelj: NE Krško

Ispitivanje i obrada: Stjepan Ivančić, dipl. inž.
Čedomir Selanec, dipl. inž.
Miroslav Juretić, dipl. inž.
Vlado Martinec, dipl. tehn.
Boris Popinjač, dipl. tehn.

Završeno u studenom 1984.

Na zahtjev NE Krško mjerna ekipa Instituta za elektroprivredu provela je ponovnu kontrolu ispravnosti određivanja snage reaktora. Zahtjev je proistekao iz činjenice da, iako je nuklearna instrumentacija nakon višestrukih baždarenja

pokazivala 100% reaktorske snage, snaga generatora iznosila je oko 3,5% manje od garantirane.

U elaboratu su sadržane analize rada s opisom korektivnih akcija koje su provedene tokom samih ispitivanja. U sklopu elaborata dan je novi program za proračun kalorimetrije koji je sačinio Institut za elektroprivredu, a koji je u potpunosti prilagođen izmijenjenoj koncepciji mjerenja. Također je sastavljena i nova procedura za kalorimetriju, u čijem sklopu je provedena i analiza minimalno potrebnog broja očitavanja mjernih instrumenata kako bi se nepouzdanost srednje vrijednosti svela u zahtijevane granice.

Opseg: 64 stranice teksta, slika, dijagrama i 65 stranica priloga.

Ispitivanje generatora pare NE Krško tokom II izmjene goriva

Naručitelj: NE Krško

Nosioci zadatka: Mijo Martinko, dipl. inž.
Zoran Kuljiš, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Marino Balog, dipl. inž.

U skladu sa zahtjevima američkog propisa NRC R. G. 1.83 potrebno je u toku životnog vijeka NE Krško pratiti homogenost cijevnog snopa svakog generatora pare tako da se vake godine ispita minimalno 3% cijevi u svakom generatoru pare.

U opseg ispitivanja za vrijeme druge izmjene goriva uključene su do sada pronađene oštećene cijevi te po 3% novoodabranih cijevi koje nisu ispitivane u okviru dosadašnjih »Inservice« – aktivnosti na generatorima pare. Također su uopseg ispitivanja uključene i sve ekspanzirane cijevi u oba generatora pare. Paralelno s ispitivanjem provedena je interpretacija rezultata, tako da je prije zatvaranja generatora pare naručitelj imao uvid u homogenost ispitanih cijevi i mogućnost eventualnih korektivnih zahvata.

Završni izvještaj predan je naručitelju tri mjeseca nakon provedenih mjerenja.

Završni izvještaj o ispitivanju kondenzatorskih cijevi NE Krško pomoću vrtložnih struja

Naručitelj: NE Krško

Nosioci zadatka: Mijo Martinko, dipl. inž.
Zoran Kuljiš, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Marino Balog, dipl. inž.
sa suradnicima.

Završeno u studenom 1984.

Slijedeći dosadašnju praksu, tijekom druge izmjene goriva u NE Krško, obavljeno je ispitivanje kondenzatorskih cijevi pomoću vrtložnih struja. Svrha ispitivanja bila je da se utvrde eventualne promjene u homogenosti materijala cijevnog snopa u odnosu na zadnje ispitivanje koje je obavljeno za vrijeme prve izmjene goriva. Kao osnova za program ispitivanja poslužili su rezultati dotadašnjih ispitivanja i postotak broja oštećenih cijevi. Na bazi tako definiranog programa ispitano je oko 20% cijevi u svakoj komori kondenzatora.

Opseg: 46 stranica teksta sa slikama i tabličnim prikazima.

Ispitivanje cijevi izmjenjivača topline Tug – Kutina, Urea II

Naručitelj: INA – Petrokemija, Kutina

Nosioci zadatka: Mijo Martinko, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Marino Balog, dipl. inž.
Zoran Kuljiš, dipl. inž.
Jadranko Radovanić, dipl. tehn.
i suradnici.

Završeno u prosincu 1984.

Tijekom studenog i prosinca 1984. godine obavljana su na izmjenjivačima topline novog postrojenja Tvornice umjetnih gnojiva Urea II – INA Petrokemija Kutina bezrazorna ispitivanja cijevi izmjenjivača topline. Cijevi su ispitivane po-

moću višefrekventnih vrtložnih struja, odnosno obavljen je vizualni pregled pomoću tv-kamere s daljinskim upravljanjem. Na postrojenju Urea II (visokotlačni kondenzator, materijal cijevi SS TP-316) ispitano je oko 2 800 cijevi. Cijevi izmjenjivača topline od ugljičnog čelika na postrojenju Amonijak II pregledane su pomoću tv-kamere radi otkrivanja oštećenja na cijevima s unutrašnje strane. Vizualni pregled obavljen je na oko 30 cijevi.

Zbog rezultata nalaza izrađen je plan budućih praćenja stanja cijevnih snopova, a u svrhu održavanja stalne pogonske spremnosti cijelog postrojenja.

Izvještaj o ispitivanju strojarske opreme bloka 1 TE Sisak

Naručitelj: Elektroprivreda – Zagreb, OOUR TE Sisak

Nosioci zadatka: Marino Balog, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Zoran Kuljiš, dipl. inž.
Mijo Martinko, dipl. inž.
Boris Popinjač, dipl. tehn.
Ana Lypolt, dipl. inž.
Branko Šeparović, dipl. inž.
Vedran Živčić
Srećko Török,

Završeno u prosincu 1984.

Za vrijeme redovitog godišnjeg remonta TE Sisak obavljeno je bezrazorno ispitivanje dijela strojarske opreme bloka 1. Ispitivanja su provedena na kućištu i rotoru turbine, brzozatvarajućem ventilu i rotoru generatora.

Ispitivanja su provedena ovim bezrazornim metodama:

- vizualnim pregledom
- magnetskim česticama
- tekućim penetrantima
- ultrazvukom.

Završnim izvještajem prezentirani su rezultati provedenih mjerenja.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za HE Dubrava

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb, RZ HE Dubrava

Nosioci zadatka: Mato Cvitanović, dipl. inž.
Mijo Martinko, dipl. inž.
Marino Balog, dipl. inž.
Jadranko Radovanić, dipl. tehn.

Radovi završeni u 1985.

Potkraj studenog 1984. godine započele su prve aktivnosti osiguranja kvalitete vezane za pripremu i izgradnju nove protočne hidroelektrane na Dravi – HE Dubrava. Aktivnosti u 1984. godini odnosile su se uglavnom na pripremu radova oko izrade programa osiguranja kvalitete za izradu strojarskog dijela opreme elektrane kao što su generator, kućni agregat, turbina i sl. Radovi su nastavljeni u 1985. godini.

Osiguranje kvalitete strojarske opreme za TE – TO Osijek

Naručitelj: Elektroslavonija – Osijek

Nosioci zadatka: Mato Cvitanović, dipl. inž.
Vlaldimir Bradač, dipl. inž.
Čedomir Selanec, dipl. inž.
Stjepan Ivančić, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1984.

U toku 1984. godine provedene su aktivnosti osiguranja kvalitete pri izradi i montaži strojarskih komponenata prema »Programu kontrole i osiguranja kvalitete« izrađenom u Institutu za elektroprivredu – Zagreb.

Također su davane i konzultantske usluge pogonskom osoblju i investitoru u vezi s procjenom kvalitete izvedenog postrojenja, a obzirom na njegove termoe-nergetske karakteristike.

Završni izvještaj o kontroli osiguranja kvalitete tokom izrade generatora i transformatora RHE Obrovac — Strojarski dio

Vlado Martinec, dipl. tehn.
Boris Popinjač, dipl. tehn.
Ivan Vdović, tehn.

Naručitelj: Elektroprivreda Dalmacije — Split

Autori: Mijo Martinko, dipl. inž.
Mato Cvitanović, dipl. inž.
Zoran Kuljiš, dipl. inž.
Jadranko Radovanić, dipl. tehn.

Završeno u listopadu 1984.

U elaboratu je prezentirana cjelokupna dokumentacija vezana za aktivnosti osiguranja kvalitete odnosno nadzor nad izradom opreme. Na taj su način u elaboratu sistematizirane sve strojarske aktivnosti vezane za osiguranje kvalitete izrade dva motor-generatora i dva blok-transformatora za RHE Obrovac.

Garancijska, normativna i pogonska ispitivanja energetske opreme i objekata

Naručitelji: Razni

Izvršitelji: Stjepan Ivančić, dipl. inž.
Hrvoje Brkić, dipl. inž.
Čedomir Selanec, dipl. inž.
Ernest Prištuf, dipl. inž.
Miroslav Juretić, dipl. inž.
Berislav Nadinić, dipl. inž.

Poznavanje stvarnog stanja energetske opreme postrojenja i poznavanje stvarnih karakteristika procesa energetske pretvorbi unutar ciklusa veoma su važne činjenice na osnovi kojih je moguće provoditi analize ekonomičnosti rada termolenergetskih objekata i utvrditi efikasnost energetske pretvorbi unutar samog ciklusa. Ti podaci su značajni ne samo za pogonske potrebe, nego su bitni i za društvenu zajednicu u širem smislu. Poznavanjem stvarnih karakteristika pojedinih postrojenja mogu se provoditi i analize najekonomičnije raspodjele snaga s obzirom na troškove proizvodnje električne i toplinske energije.

Najpouzdaniji način utvrđivanja ovih pokazatelja jesu provedbe normativnih, garancijskih i kontrolnih pogonskih ispitivanja instrumentacijom koja svojom klasom i pouzdanošću znatno premašuje zahtjeve pogonske instrumentacije.

Institut za elektroprivredu već niz godina provodi takva ispitivanja. Danas raspolaže opremom za automatsko prikupljanje i obradu mjerenih vrijednosti, koja uključuje kontrolne mjerne instrumente kompatibilne s mjernom centralom. Ovakav pristup u koncepciju mjerenja omogućuje prezentaciju rezultata mjerenja na samom mjestu u zahtijevanoj formi od naručioca. Navedena oprema se u toku 1984. god. koristila pri mjerenjima u termoenergetskim postrojenjima, a provedena su sljedeća ispitivanja, te su elaborati pod naslovom predani naručiocima:

- 1) Primopredajna ispitivanja lužnog kotla u energani II — »Natron« Maglaj
- 2) Primopredajna ispitivanja ugljenog kotla u energani II — »Natron« Maglaj
- 3) Utvrđivanje procesnih značajki kompresora u postrojenju Amonijak II INA Petrokemija, Kutina
- 4) Utvrđivanje procesnih značajki CO₂ kompresora u postrojenju UREA — INA Petrokemija, Kutina
- 5) Garancijska ispitivanja oduzimno-kondenzacijskog TA »Jugoturbina« snage 30 MW u EL-TO Zagreb
- 6) Utvrđivanje energetske karakteristike NE Krško.

STUDIJ HIDROTEHNIČKIH SISTEMA**Izveštaj o tehničkom promatranju HE Varaždin u 1983. godini**

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb, OOUR HE Varaždin

Autori: Marijan Zelić, dipl. inž. građ.
Branimir Drnjević, dipl. inž.
prof. mr Radoslav Gomaz, dipl. inž.

U elaboratu su sadržana sva opažanja, mjerenja i obrade provedene u skladu s »Pravilnikom o tehničkom promatranju visokih brana« (Sl. list 7 od 16. 2. 1966). Promatranja sadrže geodetske, geomehaničke, hidrološke i druge radove provedene radi utvrđivanja stanja pojedinih objekata hidroelektrane »Varaždin«. Poznavanje stanja objekata višestruko je značajno u pogledu javne sigurnosti, te spremnosti i sigurnosti u pogonu.

Opseg: 98 stranica teksta, 21 tablica, fototeka sa 103 fotografije i 54 priloga (situacije, dijagrami i ostali grafički prilozi).

Mogućnosti energetske iskorisćenja akumulacije Rasinja

Naručitelj: SVIZ za vodno područje »Drava-Dunav« Osijek

Autori: Nedjeljko Šimundić, dipl. inž.
mr Mladen Petrićec, dipl. inž.
Ljiljana Aleksić, dipl. inž.
Đuro Stanković, dipl. inž.

U studiji su istražene mogućnosti i gospodarske opravdanosti energetske iskorisćenja akumulacije Rasinja. Studija obuhvaća aktivnosti koje se mogu svrstati u tri skupine, i to:

- polazni podaci, hidrološke obrade i energetske proračuni
- tehničko rješenje HE Rasinja i
- gospodarska analiza opravdanosti izgradnje i plan daljnjih aktivnosti.

Opseg: 76 stranica teksta s proračunima i 3 grafička priloga.

Analiza malih i srednjih voda Dunava za potrebe definiranja projektnih parametara rashladnog sistema NE Slavonija

Naručitelj: Elektroslavonija Osijek

Autori: mr Mladen Petrićec, dipl. inž.
Ljiljana Aleksić, dipl. inž.
Irena Pavić, dipl. inž.
dr Stevan Prohaska, dipl. inž.

U studiji je, osim kratkog prikaza bilance voda na vodomjernim profilima Bezdani i Bogojevo na Dunavu i Donji Miholjac na Dravi, provedena hidrološka obrada Dunava i Drave na navedenim profilima. U okviru hidrološke obrade analizirani su vodostaji i protoci, krivulje trajanja protoka, funkcije raspodjele i malovodni periodi. U studiji je obradana koincidencija malih voda Dunava i Drave, te napravljen proračun vodnih lica Dunava i Drave. Također su obradeni led i morfološke karakteristike koje utječu na sigurnost opskrbe rashladnom vodom NE Slavonija.

Opseg: oko 60 stranica teksta s proračunima i oko 95 priloga.

Određivanje posljedica i način uzbunjivanja u slučaju iznenadnog rušenja obodnih nasipa akumulacije Pakra

Naručitelj: INA Petrokemija Kutina s n. sol. o OOUR-a, OOUR PUG II faza

Autori: Krešimir Plantić, dipl. inž.
mr Mladen Petrićec, dipl. inž.

Zakonom o vodama i narodnoj obrani u SFR Jugoslaviji predviđena je obaveza korisnika visokih brana da izrade dokumentaciju o posljedicama zbog iznenadnog rušenja ili prelijevanja visokih brana. Elaborat je izraden u skladu s kriterijima koje predviđa »Uputstvo o izradi dokumentacije za određivanje posljedica usljed iznenadnog rušenja ili prelijevanja visokih brana«, Saveznog komiteta za poljoprivredu, siječanj 1975. godine.

Uz osnovne podatke o akumulaciji, obodnim nasipima i okolnim naseljima u elaboratu dan je i proračun forsiranog potpražnjenja akumulacije uz pretpostavku maksimalnog nivoa u akumulaciji te maksimalnog dotoka. Matematički model razvijen je i testiran u Institutu za elektroprivredu na računaru PDP 11/70.

Glavni proračun napredovanja poplavnog vala dolinom nastalom iznenadnim rušenjem brane baziran je na kompletnom rješavanju jednadžbi održanja mase i količine gibanja. Matematički model omogućuje primjenu Saint-Venantovih parcijalnih diferencijalnih jednadžbi za simuliranje poplavnih valova s naglim promjenama koje nastaju rušenjem brana. Jednadžbe sadrže sistem parcijalnih diferencijalnih jednadžbi hiperboličnog tipa. Proračun je izvršen na tridesetdvo-bitnom računaru velikog kapaciteta memorije i relativno brzim procesorom VAX 11/750.

Opseg: 127 stranica teksta i rezultata proračuna, 18 fotografija, te prilozi (normalni poprečni profil, situacije, dijagrami i ostali grafički prilozi).

Optimalna izvedba hladnog kraja NE — Slavonija 4 × 1.300 MW (građevinsko-hidrotehnički dio)

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek

Autor: Boris Štajer, dipl. inž.

U građevinsko-hidrotehničkom dijelu studije provedena je analiza koncepcije tehničkog rješenja i mogućnosti izvedbe građevinskih objekata glavnog rashladnog sistema NE Slavonija, uz prethodno definiranje sigurnosnih kriterija za odabir hidrološko hidrauličkih projektnih parametara. Za najpovoljniju varijantu dan je opis tehničkog rješenja i prikaz troškova izvedbe u funkciji broja crpki i količine glavne rashladne vode.

Opseg: 60 stranica s 5 tablica i 12 slika, te 10 grafičkih priloga.

Karakteristike preferentne mikrolokacije za nuklearnu elektranu u Slavoniji s obzirom na izbor i osiguranje posljednjeg ponora topline (građevinsko-hidrotehnički dio)

Naručitelj: Elektroslavonija Osijek

Autor: Boris Štajer, dipl. inž.

U studiji je provedena sveobuhvatna analiza različitih varijanti koncepcije tehničkog rješenja posljednjeg ponora topline u formi bazena s određenom zapre-

minom i isparnom površinom vode, te ostalih građevinskih objekata sistema transporta topline direktno vezanih za posljednji ponor topline. Sve analize uradene su paralelno i uz respektiranje rezultata obrada u okviru građevinsko-hidrotehničkog dijela studije »Optimalna izvedba hladnog kraja NE Slavonija«.

Opseg: 27 stranica sa 2 tablice i 6 slika, te 10 grafičkih priloga.

Završni izvještaj o radovima na kontinuiranom praćenju izgradnje i efekata podvodnog regulacijskog praga u koritu rijeke Save

Naručitelj: Elektroprivreda Zagreb, OOUR TE-TO Zagreb

Autor: Boris Štajer, dipl. inž.

Izgradnji podvodnog regulacijskog praga u koritu r. Save, kao objekta za poboljšanje dotoka vode u crpnu stanicu TE-TO Zagreb, pristupilo se pred početak ogrjevnice sezone 1983/84. Zbog specifične i dosad u praksi neproverene tehnologije izvedbe vršen je stalan nadzor i kontinuirano praćenje efekata izgradnje praga, te je na taj način osigurana kvalitetna i ekonomična izvedba.

Završni izvještaj o tim radovima predstavlja i polaznu osnovu za daljnje praćenje ponašanja objekta i šire okoline u toku eksploatacije.

Opseg: 43 stranice teksta, 16 tablica i 9 slika, te 5 grafičkih priloga i 18 fotografija

Novelacija glavnog projekta sanacije dovodnog kanala rashladne vode za TE-TO Zagreb

Naručitelj: R. O. »Hidroelektra-Građenje«

Autori: Irena Pavić, dipl. inž.
Boris Štajer, dipl. inž.

Novelacija glavnog projekta sanacije dovodnog kanala rashladne vode za TE-TO Zagreb provedena je u domeni tehničkog rješenja i troškova izvedbe s namjerom da se projektirano rješenje uskladi s novonastalom situacijom nakon izgradnje podvodnog praga kod TE-TO Zagreb. Uz to je i tehnologija izvedbe prilagođena i usklađena s tehnološkom ekipiranošću izvođača.

Opseg: 25 stranica i 7 grafičkih priloga.

Ostali radovi

Naručitelj: razni

- Revizije investicijskih programa za HE Dale, HE Dubrava, akumulaciju Lepenica i ostale
- Pregled okončanog obračuna TE Gacko
- Povremeni nadzor nad provedbom sanacijskih radova na dovodnom kanalu rashladne vode za TE-TO Zagreb.

STUDIJ VISOKONAPONSKE OPREME I PRIJENOSNIH MREŽA

Problematika napajanja konzumnog područja Zagreb — makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti superponirane mreže i interkonekcije

Naručitelj: Elektroprivreda — Zagreb

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1984. godine.

U ovom radu, na kojem su obradom odgovarajućih točaka sudjelovali i drugi autori, analizirano je stanje napajanja užeg zagrebačkog područja iz perspektive narušene sigurnosti zbog neadekvatne raspodjele potrošnje i realno angažirane proizvodnje. Ispitivana je i uloga voda Melina — Zagreb u uvjetima velikih tranzita iz sistema UCPTA.

Iscrpnim analizama različitih mogućnosti ustanovljeno je i predloženo rješenje gradnje TS 400/110 kV Zagreb — istok koje perspektivno najbolje zadovoljava, dok su za vod Meline — Zagreb ustanovljene okolnosti u kojima je neophodan u sistemu.

Opseg rada: 54 stranice (samo zadaci koje je rješavao ovaj zavod), 27 slika, protokoli.

Parallel Operation of the Greek and Yugoslav Electric Power Systems at the Exchange ± 600 MW from the Viewpoint of the Transmission Network

Naručitelj: JUGEL — Beograd

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1984. godine.

U radu je na inicijativu Radne grupe za balkansku interkonekciju analizirano potrebno pojačavanje mreže za razmjenu 600 MW između Grčke i Jugoslavije. Ustanovljena je potrebna nova izgradnja, no također i mogućnost razmjene mrežom postojeće izgrađenosti.

Opseg: 35 stranica, 14 slika, tablice, prilozi i protokoli (studija je na engleskom jeziku).

Planiranje prijenosnog sistema, program Transplan

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: mr Boris Kalan, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1984.

U studiji je prikazana metoda osnovna programa TRANSPLAN. Na primjeru jednog modela mreže prikazane su mogućnosti programa kod planiranja prijenosne mreže. Interaktivni program TRANSPLAN (transmission planning) je razvila firma Systems Europe za potrebe planiranja prijenosnih mreža. Programski model ne vrši direktnu dinamičku optimizaciju mogućih proširenja mreže, već u interaktivnom radu omogućuje projektantu prijenosne mreže da brzo i efikasno odredi relativnu vrijednost pojedinih ideja. Program određuje niz kandidata za pojačanje mreže (vodovi, transformatori i izvori) na osnovi njihove relativne efektivnosti.

Programski polet je prilagođen za rad na računskom stroju Instituta (PDP 11/70) i može se koristiti za analizu mreže od 74 čvorova i 100 vodova ili transformatora.

Opseg: 75 stranica, 12 slika, 7 tablica.

Uklapanje NE Slavonija u elektroenergetski sistem

Naručitelj: Elektroslavonija Osijek

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Suradnik: Irislav Drezga, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1984. godine.

Na bazi dobivenih elektroenergetskih podataka obrađena su opterećenja 400 kV čvorišta koja se sagledavaju u sistemu u vrijeme pojave NE Slavonija. Na takvom modelu ispitivan je najpovoljniji način priključka za svaku od dvije etape izgradnje NE (svaka 2×1300 MVA), te ostala adekvatno potrebna pojačavanja sistema i od priključnih čvorišta.

Studija će biti dopunjena i elaboriranjem 110 kV mreže za potrebe NE Slavonija, kao i rješenjem za priključak samo bloka 1×1300 MVA u prijenosni sistem.

Opseg rada: 48 stranica, 28 slika, tablice, protokoli.

Uključenje NE Prevlaka u elektroenergetski sistem i visokonaponsku mrežu

Naručitelj: »Elektroprojekt — Zagreb«

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Suradnik: Irislav Drezga, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1984.

Na bazi dobivenih elektroenergetskih podloga razrađeno je opterećenje 400 kV čvorišta koja se sagledavaju u sistemu u vremenu ulaska NE Prevlaka u pogon. S podacima o mreži formiran je tako model prijenosnog sistema na kojem je dalje ispitivan faktor snage generatora u NE Prevlaka u odnosu na faktor snage potrošnje i različita moguća havarijska stanja u sistemu.

Zaključeno je da je opravdan izbor faktora snage generatora 0,85. Jalova snaga koja bi stajala na raspolaganju pri eventualno nižem faktoru snage ne bi se mogla iskoristiti zbog limitirajućeg najvišeg napona sistema 420 kV.

Opseg: 46 stranica, 10 slika, protokoli.

Optimalno rješenje uklapanja HE Đurđevac u 110 kV mrežu

Naručitelj: Elektroprivreda — Zagreb

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1984. godine.

U studiji je ispitivan najpovoljniji način priključka HE Đurđevac ($3 \times 52,35$ MVA) u prijenosnu mrežu. Elektranu je promatrana u širem kontekstu podravnog podsistema kako bi se obuhvatio njezin utjecaj i na ostali dio sistema.

Predloženo je rješenje priključkom na Virje i Viroviticu, zbog čega treba predvidjeti ranije planirano zatvaranje petlje između ta dva čvorišta (Al/Fe) vodičima presjeka 360/57. Ustanovljena su i dalje potrebna pojačavanja sistema za sigurnu evakuaciju energije iz elektrane.

Opseg: 19 stranica, 9 slika, protokoli.

Projektni zadatak za izradu tehničke dokumentacije za dobivanje građevinske dozvole za izgradnju stabilnih postrojenja električne vuče na relaciji pruge Knin — Split i na pruzi Perković — Šibenik. Analiza izbora inačica priključka na elektroenergetsku mrežu

Naručitelj: Elektrotehnički institut »RadeKončar«

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u studenom 1984. godine.

U studiji su analizirane mogućnosti priključka šest elektrovučnih podstanica na 110 kV mrežu. Model je postavljen za dio sistema između Obrovca, Bilica, Konjskog i Zakučca. U tom je modelu traženo rješenje interpolacije šest zadanih EVP-a sa stajališta najmanjih ulaganja i zadovoljenja specifičnih uvjeta koji zahtijevaju takva postrojenja. Predložen je način priključka koji poštuje sve zahtjeve i koji se uklapa u perspektivni razvoj elektroprivredne prijenosne mreže.

Opseg rada: 32 stranice, 14 slika, protokoli i topografske karte sa situacijama trase.

Utjecaj mreže na definiranje parametara u TE Plomin 2

Naručitelj: »Elektroprivreda, Rijeka«, RZ za izgradnju TE Plomin

Autori: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u studenom 1984.

Na temelju podataka prikupljenih u »Elektroprivredu Rijeka« trebalo je odrediti 110 i 220 kV mrežu na području Istre za 2020. godinu i u tako postavljenoj mreži ispitati varijacije napona i pretpostavljeni $\cos \phi$ generatora. Trebalo je ispitati stanje sa TE Plomin 1 i TE Plomin 2 i stanje sa TE Plomin 2 i TE Plomin 3, uz uvjet ispada 220 kV dvostrukog voda ili prema Vodnjanu ili prema Pehlinu.

Rezultati ispitivanja stanja pri kraju radnog vijeka postojećeg bloka u TE Plomin (u pogonu od 1970) pokazuju da pretpostavljeni prirodni faktor snage 0,85 za blok 2 priključen na 220 kV zadovoljava, kao i polazna mreža.

U drugoj fazi izgradnje, kad je predviđena supstitucija bloka 1 novim blokom 3 istih karakteristika kao i blok 2, ispitivanja pokazuju da je priključak bloka 3 na 110 kV znatno povoljniji nego na 220 kV — iz energetskih, a i sigurnosnih razloga. Zbog naraslog konzuma i zbog moguće neraspoloživosti blokova u TE Plomin potrebna je instalirana snaga transformacije 2×150 MVA, zajedno sa još jednom trojkom 220 kV (najpovoljnije na Vodnjan).

Faktor snage generatora u TE Plomin zadovoljava.

Proračun najvećih očekivanih struja kratkog spoja na sabirnicama 220 i 110 kV u TE Plomin proveden je za stanje elektroenergetskog sistema u god. 1995, 2005. i 2020 te obuhvaća proračun udarnog, početnog, simetričnog, rasklopnicu i trajnog kratkog spoja. Time su bili obuhvaćeni svi glavni rezultati proračuna kratkog spoja mjerodavni za mehanička, električna i toplinska naprezanja, odnosno za dimenzioniranje postrojenja i izbor zaštite.

Opseg: 51 stranica teksta sa 24 slike i 2 tablice.

Studija kratkih spojeva za 1985. i 1990. godinu

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. inž.
mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u travnju 1984.

Za određene trofazne elektroenergetske mreže nazivnih napona 220 i 400 kV na području SFRJ, u godinama 1985. i 2000, i uz paralelni rad s odgovarajućim mrežama SUDEL-a, obavljen je proračun kratkog spoja, te su prikazani rezultati proračuna raspodjele najvećih mogućih početnih, prelaznih i trajnih struja trolnog i jednopolnog kratkog spoja kod neistodobnih kvarova u svim čvorištima navedenih mreža, kao i raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja, uz sniženi troj transformatora s izravno uzemljenim zvjezdastom, prema pravilu »po jedan transformator svakog prijenosnog omjera u svakom postrojenju«.

Na temelju provedenih proračuna treba očekivati da navedene struje u našim mrežama do godine 1990. neće prekoračiti 35 kA (trolni K. S.), odnosno 39 kA (jednopolni K. S.) u mreži 220 kV te 26 kV te 26 kA (trolni K. S.) odnosno 29 kA (jednopolni K.S.) u mreži 400 kV. Ujedno se predlaže ispitati mogućnosti ograničenja struja jednopolnog kratkog spoja u mrežama 110 i 220 kV, putem uzemljavanja zvjezdasta autotransformatora gornjeg napona 220 i 400 kV preko prigušnica.

Opseg: 7 stranica teksta, 108 tablica, 6 nacrti, 24 stranice polaznih podataka.

Nadomjesne impedancije elektroenergetskog sistema Jugoslavije, godine 1985., za potrebe proračuna kratkog spoja u mreži SUDEL-a, stanje januar 1986.

Naručitelj: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede, Beograd

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. inž.
mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u kolovozu 1984.

Za potrebe proračuna kratkog spoja u mrežama SUDEL-a proveden je proračun redukcije subtransientne i nulte nadomjesne mreže elektroenergetskog sistema Jugoslavije, za godinu 1985, na granična čvorišta prema susjednim državama. Rezultirajuće nadomjesne impedancije prikazane su tablično i na slici.

Opseg: 1 stranica teksta, 4 tablice, 1 crtež.

Proračun kratkog spoja u NTE Prevlaka

Naručitelj: »Elektroprenos«, Zagreb

Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1984.

Za prilike u elektroenergetskom sistemu godine 1995. i 2005. trebalo je izvršiti proračun ukupnih vrijednosti i raspodjele udarnih, početnih, prelaznih (rasklopnih) i trajnih struja trolnog, dvopolnog i jednopolnog kratkog spoja, kod neistodobnih kvarova na sabirnicama 380 i 110 kV, te na stezaljkama generatora NTE Prevlaka. Pregled glavnih rezultata proračuna kratkog spoja, mjerodavnih za mehanička, električka i toplinska naprezanja, odnosno za dimenzioniranje postrojenja i izbor opreme prikazan je na kraju kao rezultat navedene studije.

Opseg: 8 stranica teksta, 1 slika, 3 tablice, protokoli računskog stroja s rezultatima proračuna konstanta vodova, redukcije EE sistema i proračuna kratkog spoja.

Mjerenje i provjera rezultata proračuna napona opasnosti u dojavnim vodovima pod utjecajem elektroenergetskog voda 2 × 110 kV Resnik – Sjever

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb, OOUR »Izgradnja«, Zagreb

Autor: dr Miroslav Jung, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1984.

Mjerenja opasnosti u dojavnim vodovima, pod utjecajem elektroenergetskog voda 2 × 110 kV Resnik-Sjever, provedena su kako radi provjere visokih računskih vrijednosti navedenih napona, tako i rati ispitivanja opravdanosti primjene skupih mjera zaštite. Ispitivanja su provedena sniženim (400 V) i nazivnim (110 kV) naponom, te su pokazala da u svim, osim u jednoj ispitanoj liniji (474 > 430 V), opasnosti ne postoje, odnosno da primjena skupih mjera predviđenih elaboratom zaštite dojavnih vodova, barem u ovom srednjoročnom razdoblju nije opravdana.

Opseg: 11 stranica teksta, 2 tablice, 1 crtež, 7 oscilograma.

Određivanje granice opasnosti za TT priključak TS Pehlin

Naručitelj: »Elektroprenos«, Opatija

Autor: Josip Mužny, dipl. inž.

Suradnici: Juretić Đuro, tehn.
Stjepan Zubić, tehn.
Tomislav Veselić, tehn.

Završeno u travnju 1985.

Prilikom jednopolnog kratkog spoja na sabirnicama 110 kV u TS Pehlin uzemljivač stanice dolazi na visok potencijal u odnosu na okolni teren. Taj je potencijal velika opasnost za telefonske linije na koje se spaja TS Pehlin. U tu se svrhu ugrađuju u priključnom ormaru odgovarajući zaštitni uređaji u telefonske linije za TS Pehlin. Priključni ormar mora biti dovoljno udaljen od TS Pehlin kako bi bio na potencijalu koji ne ugrožava ugrađene uređaje. U tu svrhu vršeni su u TS Pehlin jednopolni kratki spojevi na sabirnicama 110 kV uz osciloskopsko snimanje struje kratkog spoja i potencijala pojedinih točaka u okolici stanice. Na taj su način snimljeni potencijalni »lijevci« u okolici TS i iz njih određena granica opasnosti.

Opseg: 9 stranica, 7 slika.

Ispitivanje prenaponskih pojava na vodu 400 kV Konjsko – Obrovac – Meline

Naručitelji: »Elektroprivreda Dalmacije«, OOUR
»Elektroprenos«, Split i »Elektroprivreda Rijeka«, OOUR »Elektroprenos«, Opatija

Autori programa: Ante Sekso, dipl. inž.
ispitivanja: dr Ivo Hrs, dipl. inž.

Suradnici u ispitivanjima: Josip Mužny, dipl. inž.
Đuro Juretić, teh.
Stjepan Zubić, teh.
Tomislav Veselić, inž.
i mjerna ekipa Instituta »N. Tesla«, Beograd

Ispitivanja završena u rujnu, a prethodni izvještaj u prosincu 1984.

Nakon uspješnog stavljanja pod napon voda Konjsko – Obrovac – Meline pod napon 400 kV planirano je i izvedeno ispitivanje prenapona koji se javljaju pri sklapanju pojedinih dionica prekidačima 400 kV. Za ispitivanje su odabrane dionice Konjsko – Obrovac i Meline – Obrovac, zato jer je upravo u RHE Obrovac izvedeno uspješno zatvaranje čitave 400 kV petlje na teritoriju SR Hrvatske.

Sastavljen je opsežan program ispitivanja prenapona u svim značajnim pogonskim manipulacijama kao što su sklapanja neopterećenih autotransformatora i neopterećenih vodova, ali i prenapona kod nastanka prolaznih zemnih spojeva i djelovanja APU.

Obavljene su temeljite pripreme, a ispitivanja su zbog nedostatka potrebne mjerne opreme obavljena u suradnji s mjernom ekipom Instituta »Nikola Tesla« iz Beograda. U toku rada i nakon sređivanja svih dobivenih oscilograma izrađeni su preliminarni izvještaji (naš Institut za stanje na počecima dionica, a Institut »N. Tesla« za stanje u RHE Obrovac), koji su naručiocima poslužili za dobivanje dozvole za trajni pogon voda pod nazivnim naponom 400 kV. Takav pogon je moguć jer je preliminarnom analizom utvrđeno da nisu ustanovljene ekstremne vrijednosti prenapona koje bi mogle ugroziti izolaciju 400 kV i izolaciju tercijara autotransformatora.

Ugovorena je izrada studije koja će na temelju detaljne obrade dobivenih oscilograma dati analizu statističke koordinacije izolacije na promatranom vodu, zatim smjernice za izbor povoljnih pogonskih manipulacija, ocjenu utjecaja paralelnih mikrokomora u prekidačima 400 kV, smjernice za moguće snižavanje izolacijskog nivoa u budućim vodovima i postrojenjima itd. Time će provedena ispitivanja dobiti šire značenje za kompletiranje znanja o prijelaznim naponima u mreži 400 kV.

Opseg: Program ispitivanja: 35 stranica, 13 slika.
Preliminarni izvještaj: 5 stranica, 119 oscilograma.

Praćenje meteoroloških fenomena za potrebe Elektroprivrede Hrvatske

Naručitelj: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: Ante Sekso, dipl. inž. i grupa autora iz RHMZ – Zagreb

Suradnik: Srećko Bojić, dipl. inž.

Izdao: Republički hidrometeorološki zavod Hrvatske
u suradnji s Institutom za elektroprivredu

Završeno u lipnju 1984.

Ovo je uvodna studija u kojoj su detaljno opisani meteorološki fenomeni čije je praćenje nužno za pravilan izbor, projektiranje i eksploataciju opreme elektroprivrednih objekata. Naš je institut obradio parametre atmosferskog pražnjenja, te onečišćenja atmosfere s utjecajem na vanjsku visokonaponsku izolaciju.

Najprije su detaljno obrađeni parametri kojima se ove dvije pojave izražavaju posebno u elektroprivrednoj praksi. Upozoreno je na razlike u našim i inozemnim tehničkim propisima u vezi s parametrima atmosferskog pražnjenja, kao i na potrebu uvođenja pojma gustoće udara u tlo umjesto prijašnjeg pojma ke-rauničkog nivoa. Predložena je mreža brojača udara u tlo tip CIGRE 10 kHz za snimanje na teritoriju SR Hrvatske. Također su prezentirana dosadašnja iskustva s primjenom kompjutoriziranog sistema za praćenje grmljavinskih aktivnosti (tzv. monitoring dugog dometa). Predložene su nužne predradnje za uvođenje tog sistema u našu praksu, pri čemu je nužna suradnja s drugim velikim sistemima (PTT, RTV, zaštita šuma od požara itd.).

Nakon preglednog prikaza svih metoda za mjerenje nivoa zagađenja vanjske izolacije odabrane su za našu praksu tri metode: a) usmjereni spremnik, b) pranje izolatora (EGSS metoda), c) registracija I_{max} struje. Predložena je mreža malih ispitnih stanica u najugroženijim zonama, pri čemu se u većini stanica kombiniraju gornje mjerne metode.

RHMZ je obradio ostale parametre vezane uz zaledivanje, vjetar i oborine.

Ukupan opseg: 159 stranica sa 19 tablica i 29 slika.

Povećanje pogonske sigurnosti dalekovoda u otežanim klimatskim uvjetima na području »Elektroprivrede«, Rijeka

Naručitelj: »Elektroprivreda« — Rijeka, OOUR »Elektroprenos«, Opatija

Autori: Srećko Bojić, dipl. ing, IE, Zagreb
Predrag Pavlović, dipl. inž., Dalekovod, Zagreb
Branko Cividini, dipl. inž., RHMZ, Zagreb
dr Dražen Poje, dipl. inž., RHMZ, Zagreb
dr Vesna Jurčec, dipl. inž., RHMZ, Zagreb

Suradnici: Irislav Drezga, dipl. inž., IE, Zagreb
mr Zdenko Tonković, dipl. inž., IE, Zagreb
dr Fedor Šprung, dipl. inž., IE, Zagreb
Anke Sekso, dipl. inž., IE, Zagreb
Gordana Hrabak — Tumpe, dipl. inž., RHMZ, Zagreb

Završeno u travnju 1985.

Studijom je obuhvaćena problematika prijenosnog voda u otežanim klimatskim uvjetima, prvenstveno utjecaj zaledivanja i vjetra.

Analiza kvarova i havarija, zabilježenih u prijenosnoj mreži »Elektroprivrede«, Rijeka u razdoblju 1962 — 1982. upućuje na izuzetnu povezanost meteoroloških fenomena i nastalih događaja i čini skup dragocjenih podataka u sagledavanju klimatskih karakteristika pojedinih područja, odnosno stupnja ugroženosti dalekovoda.

Energetskom valorizacijom uočena je posebna važnost upravo najugroženijih vodova i trasa. Na temelju inozemnih i naših iskustava predložen je skup mjera i sredstava za povećanje pogonske sigurnosti postojećih i budućih dalekovoda.

Poznavanje stvarnih klimatskih karakteristika pojedinih područja i trasa, kao glavni preduvjet za projektiranje i izgradnju dalekovoda optimalnih eksploatacionih karakteristika, zahtijeva nužno sistematsko praćenje relevantnih meteoroloških parametara, što nameće zahtjev za proširenje mreže meteoroloških stanica, odnosno izgradnju posebnih stanica za potrebe Elektroprivrede.

Opseg: 280 stranica sa 90 slika i 26 tablica.

Ispitivanje i ocjena stanja elektrotehničke opreme HE Dubrovnik

Naručitelj: RO HE »Dubrovnik«

Autori: Dragutin Mihalic, dipl. inž.
Đuro Stanković, dipl. inž.

Suradnici: Stjepan Zubić, teh.
Ivan Konfic, teh.

Završeno u rujnu 1984.

U HE »Dubrovnik« je obavljeno ispitivanje na hidrogeneratorima, blok-transformatorima, distributivnim transformatorima, mjernim transformatorima, odvodnicima prenapona, sklopkama 220 kV rasklopnog postrojenja i uzemljenja.

Na generatorima je kontrolirana statorska i rotorska izolacija, te mjerenje impedancije rotora i izolacije ležajeva. Na statorskoj izolaciji izmjerene su karakteristične veličine za praćenje stanja izolacije (izolacijski otpor, indeks polarizacije, vremenska konstanta, indeks apsorpcije, faktor dielektričkih gubitaka te parcijalna izbijanja). Kod energetskih transformatora (blok-transformatora i distributivnih transformatora) izmjerene su karakteristike izolacije (otpor izolacije, indeks polarizacije, vremenska konstanta i faktor dielektričkih gubitaka), kontrola magnetskog kruga i komentar plinske kromatografije ulja. Na naponskim mjernim transformatorima 220 kV izmjeren je kapacitet i faktor dielektričnih gubitaka kapacitivnog dijela visokog napon, te prijenosni omjer naponskog transformatora. Odvodnicima prenapona izmjerene su prorađne vrijednosti izmjeničnih napona u postrojenju pomoću visokonaponske prijevozne ispitne stanice.

Na prekidačima 220 kV je kontrolirana istodobnost isklapanja i uklapanja kontakata u sva tri pola, te je provjerena istodobnog isklapanja i uklapanja glavnih kontakata u komorama svakog pola.

Pri ispitivanju uzemljivača kontrolirani su naponi dodira i koraka, mjerenje otpora rasprostiranja, iznošenje potencijala izvan ograde, određivanje raspodjele struje jednog polnog kratkog spoja, te određivanje struje mjerodavne za potencijal uzemljivača i napone dodira.

Na osnovi rezultata mjerenja preporučene su potrebne mjere za održavanje dobrog pogonskog stanja pojedine opreme.

Opseg: 159 stranica, 14 tablica, 36 slika.

Ispitivanje i ocjena stanja elektrotehničke opreme TE Rijeka I

Naručitelj: RO Elektroprivreda Rijeka OOUR TE Rijeka I

Autori: Josip Mužny, dipl. inž.
Dragutin Mihalic, dipl. inž.

Suradnici: Srećko Bojić, dipl. inž.
Dimitrije Avdejev, dipl. inž.
Stjepan Zubić, teh.
Đuro Juretić, teh.
Ivan Konfic, teh.

Završeno u listopadu 1984.

U TE Rijeka obavljeno je ispitivanje generatora, visokonaponskih motora, energetskih transformatora, mjernih transformatora, kabela, oklopljenih sabirnica i prekidača i uzemljivača.

Na generatoru kontrolirana je statorska i rotorska izolacija te mjerene impedancije rotora. Na statorskoj izolaciji izmjerene su karakteristične veličine za praćenje, stanja izolacije (izolacijski otpor, indeks polarizacije, vremenska konstanta, indeks apsorpcije, faktor dielektričkih gubitaka, te parcijalna izbijanja). Kod visokonaponskih motora obavljena su mjerenja kao na statorskoj izolaciji generatora radi praćenja njenog stanja. Na energetskim transformatorima vršena su mjerenja na izolaciji svih namota (otpor izolacije, indeks polarizacije, vremenska konstanta i faktor dielektričkih gubitaka), ispitivanje ulja i kontrola magnetskog kruga.

Kod induktivnih mjernih transformatora mjereno je otpor izolacije, a kod kapacitivnih mjernih transformatora kapacitet, faktor dielektričkih gubitaka i prijenosni omjer.

Kabeli i oklopljene sabirnice ispitani su podnosivim naponom.

Kod visokonaponskih prekidača kontrolirana je istodobnost isklapanja i uklapanja polova, vlastito vrijeme ukapčanja i iskapčanja te padovi napona na glavnim strujnim krugovima.

Na uzemljivaču izmjeren je otpor rasprostiranja te kontrolirani naponi dodira i koraka.

Na osnovi rezultata mjerenja dane su upute za daljnji pogon, odnosno za uklanjanje uočenih nedostataka.

Opseg: 161 stranica, 96 tablica, 33 slike.

Ispitivanje izolacije statorskih namotaja asinhronih motora 6,3 kV u TE-TO Osijek

Naručitelj: »Elektroslavonija« Osijek

Autor: Josip Mužny, dipl. inž.

Suradnici: Stjepan Zubić, teh.
Ivan Konfic, teh.

Završeno u prosincu 1984.

U TE-TO Osijek provedeno je prije puštanja u pogon ispitivanje statorske izolacije visokonaponskih motora. Na izolaciji mjerene su sljedeće karakteristične veličine: mjerenje otpora izolacije, indeksa polarizacije vremenske konstante, faktor apsorpcije te faktor dielektričkih gubitaka u ovisnosti o mjernom naponu.

Rezultati mjerenja ukazali su na potrebu sušenja izolacije pojedinih motora. Osim toga, ti rezultati predstavljaju početne veličine za daljnje praćenje stanja izolacije.

Opseg: 58 stranica, 4 slike, 39 tablica.

Toplinska vodljivost tla duž trase 110 kV kabela Jarun-EL-TO

Naručitelj: »Elektra«, Zagreb

Autori: dr Fedor Šprung, dipl. inž.
Josip Mužny, dipl. inž.
Emica Hohnjec, teh.
Đuro Juretić, teh.

Završeno u lipnju 1984.

U povodu polaganja prvog kabela 110 kV u distributivnoj mreži Zagreba i njegova značenja za ovu mrežu bilo je potrebno riješiti složene probleme odvođenja topline gubitaka kabela. Složenost ovih problema proistječe iz vrlo neodređenog sastava tla duž kabela trase radi neevidentiranog nasipanja tla na području prometnice šljakom i najrazličitijim otpadnim materijalom, a zatim i radi diskontinuiteta sastava i dubine prirodno raslog terena, gdje se nepravilno smjenjuju po tlocrtu i dubini glinoviti, šljunčano-pješćani i miješani tereni. Posebne složenosti proistječu iz okolnosti da kabel većim dijelom prolazi kroz odavno urbanizirani teren s nizom prometnica, koje — u većoj ili manjoj mjeri — također razvijaju toplinu, kod čega su po svojim specifičnostima posebno značajni vrelovodi.

U redu su najprije opisane suvremeno izrađene sonde za mjerenje toplinske otpornosti tla sa omjerom, promjerom i duljinom sonde većim od 1:1 000, čime je izbjegnuta potreba korekture s obzirom na konačnu duljinu sonde. Za korištenje rezultata mjerenja razvijene su familije krivulja u funkciji duljine sonde, njezina toplinskog opterećenja i pretpostavljene toplinske otpornosti tla, pomoću kojih se direktno može očitati toplinska otpornost iz dijagrama mjerenja te otpornosti u nestacionarnom stanju.

Zatim su određeni utjecaji prirodnog kolebanja temperature okoline na temperaturu tla i dana rješenja za poboljšanu ispunu kablenskog rova.

Također su dana konstruktivna rješenja za križanje s vrelovodima toplana, pri čemu se vodila briga o estetskim kriterijima urbanista, kontradiktornoj tehničkoj optimizaciji problema, a isto tako za definirane prolaze ispod značajnih prometnica.

Radi provjere postavki i rješenja danih u ovom radu razrađene su mjerne stanice s termoparovima minijaturnih dimenzija u kablenskoj izvedbi.

Rad (s dopunom) ima 254 stranice, u sklopu kojih je 25 slika, 8 tablica i 15 dijagrama.

Ispitivanje uzemljenja TS 110/30/10 (20) kV Dugo Selo — Analiza utjecaja dozernog kratkog spoja

Naručitelji: »Elektra« Zagreb, OOUR »Distribucija — Dugo Selo«

Autor: Josip Kučak, dipl. inž.

Suradnici: Irislav Drezga, dipl. inž.
Tomislav Veselić, inž.

Završeno u lipnju 1984.

Nakon izgradnje TS 110/30/10 (20) kV smještene južno od željezničkog kolodvora Dugo Selo u blizini pruge Zagreb — Beograd, unutar buduće industrijske zone, izvršena je kontrola uzemljivača u sljedećem opsegu:

- mjerenje impedancije uzemljivača
- raspodjela potencijala oko uzemljivača
- iznošenje potencijala izlaznim kabelima 10 i 30 kV koji prelaze u nadzemne vodove
- napona dodira i koraka unutar i izvan ograde postrojenja
- određivanje struje dozernog kratkog spoja mjerodavne za podizanje potencijala i određivanje napona dodira i koraka
- analiza rezultata s obzirom na tehničke normative.

Opseg: 24 stranice i 7 nacrti.

Aktivnosti na programu osiguranja kvalitete za I&C opremu na NE Krško

Izvršio: Dimitrije Avdejev, dipl. inž.
mr Boris Kalan, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1984.

Poslovi na programu osiguranja kvalitete za I&C opremu odnosili su se na pogon NE Krško i remont. U pogonu su obavljene aktivnosti za vrijeme održavanja, testiranja, modifikacija i popravaka, kao i pregled pogonskih procedura, a u remontu se pratilo izvršenje i kvaliteta radnih naloga kod izmjene goriva, rekalkibracije instrumenata, ispitivanja glavnog kompjutera, dizelskog generatora i »start-up« testovi od 0 do 100% snage. Uz to se obavljao pregled tehničke i atestne dokumentacije. Izdano je stručno mišljenje za početak rada NE Krško, a obavljani su i poslovi oko izdavanja zbirne stručne ocjene za inspeksijske službe.

Osiguranje kvalitete TE-TO »Osijek«

Naručitelj: Elektroslavonija, Osijek

Autor: dr Fedor Šprung, dipl. inž.
Pal Zahorec, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1984.

U povodu dovršetka izgradnje TE-TO »Osijek« izrađena je komentirana dokumentacija o osiguranju kvalitete ovog proizvodnog objekta.

Značenje ovog rada sastoji se u okolnosti da su od početka do završetka ovog objekta korjenito izmijenili uvjeti privređivanja u zemlji, uzrokovani u značajnoj mjeri kao općom svjetskom krizom, tako i posebno općom energetsom krizom, da se u podmakloj fazi izgradnje promjenio investitor i lokacija postrojenja i da je proizvođač elektromotora u međuvremenu razvio u savršeniju seriju visokonaponskih motora velike snage, kakve koristi ova elektrana.

Razlozi ovakve vrste uzrokovali su posebnu specifičnost ovog rada, koji se često nije mogao služiti rutinskim shemama osiguranja kvalitete. Također je specifičnost ovog rada da se radi o prvom klasičnom objektu za koji je sistematski provedena procedura osiguranja kvalitete.

Rad obuhvaća cjelokupnu elektroenergetsku opremu od napona 6,3 kV na više, prateću opremu i istosmjerno postrojenje. Dan je u četiri toma od kojih prvi obuhvaća generator, drugi energetske transformatore, treći visokonaponske elektromotore i četvrti istosmjerni razvod i prateću opremu 6,3, 10 kV, 35 kV i 110 kV.

Ukupni opseg je 1 350 stranica sa 152 dijagrama i 42 tablice.

Ispitivanja prijevoznom visokonaponskom ispitnom stanicom

Naručitelj: Elektroprivredne organizacije SRH

Autor: Kolektiv studijske jedinice

Radovi u toku.

Posljednjih nekoliko godina Institut za elektroprivredu se, uz pomoć elektroprivrednih organizacija SRH, dobro opremio za izvođenje ispitivanja elemenata električnih postrojenja na terenu. Brojna prijenosna ispitna oprema omogućuje izvođenje svih potrebnih ispitivanja za cjelovitu ocjenu stanja električne opreme elektrana, transformatorskih stanica, nadzemnih vodova i kabela. Na taj je način organiziran pokretni visokonaponski laboratorij čiji je osnovni dio prijevozna visokonaponska ispitna stanica. Ona je namijenjena za naponsko ispitivanje komponenti visokonaponske opreme na terenu, i to za ispitivanje izmjeničnim i istosmjernim ispitnim naponom. Izmjeničnim naponom se uglavnom ispituju jednodimenzionalni podnosivi naponi opreme i ispravnost odvodnika prenapona, dok se istosmjernim naponom uglavnom ispituje ispravnost izolacije kabela nakon polaganja. Visine ispitnih napona su takve da stanica omogućava:

- ispitivanje jednodimenzionalnih podnosivih izmjeničnih napona opreme do najviših napona opreme 123 kV
- ispitivanje odvodnika prenapona i sekcija odvodnika do nazivnih napona odvodnika, odnosno sekcija, od 110 kV
- ispitivanje izolacije kabela na kabelima nazivnog napona do 110 kV.

Prijevoznom visokonaponskom ispitnom stanicom obavljena su u 1984. godini mnogobrojna ispitivanja odvodnika prenapona i izolacijske čvrstoće opreme u elektroprivrednim postrojenjima, pa je potvrđena njezina velika praktična vrijednost.

Razni radovi

Naručitelj: Elektroprivredne i druge organizacije

Autor: Kolektiv studijske jedinice

Ispitivanje uzemljivača

Na nizu trafo-stanica različitih naponskih nivoa obavljena su ispitivanja uzemljivača i kontrolna mjerenja napona dodira i koraka kod očekivanih struja zemljospoja ili jednopolnih kratkih spojeva.

Ispitivanje kabela

Ispitivani su kabeli radi određivanja kvalitete i karakterističnih konstanti.

Mjerena su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i dielektrički gubici. Rezultati mjerenja poslužit će za usporedbu različitih konstrukcija i izvedbi kabela.

Uz ispitivanje u proizvodnji i na novim kabelima obavljena su ispitivanja kabela nakon polaganja.

Značenje takvih ispitivanja je veliko jer se pravodobno mogu otkriti pogreške učinjene prilikom polaganja i izbjeći kasniji prekidi pogona.

Ispitivane su kabelaške glave i spojnice. Ispitivanja su obuhvatila naponska ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponima, kao i nepropusnost na mjestima brtvljenja. Također su ispitivane kabelaške mase i razna ulja.

Ispitivanje i atestiranje zaštitnih sredstava

Prema propisima JUS-a moraju se gumene rukavice i gumene čizme za električare ispitivati svakih šest mjeseci, a ako su neupotrijebljene na skladištu, svakih 12 mjeseci. Sva ta zaštitna sredstva koja su zadovoljila atestirana su u visokonaponskom laboratoriju. Također su ispitivane i atestirane izolacijske rasklopne motke za uzemljenje, te izolacijske ploče kod rada u postrojenju pod naponom.

Ispitivanje prototipa opreme i odvodnika prenapona u laboratoriju

Ispitivani su prototipovi neke opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između WN laboratorija i proizvođača jer se nije samo formalno upozorilo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo otklanjanje sve dok navedena ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu. Nakon toga naručitelj je od Instituta dobio atest za ispitivani proizvod.

Ispitivanje odvodnika prenapona obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog prorađnog napona.

U sklopu ovih ispitivanja obavljena su i dodatna ispitivanja odvodnika prenapona udarnim naponom u laboratoriju, pošto su prethodna terenska ispitivanja

tih odvodnika prijevoznom visokonaponskom ispitnom stanicom ustanovila sumnjive vrijednosti prorađnih izmjeničkih napona.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-10

Ispitivanje ovim uređajima obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost jer je uređaj lakši i pogodniji za pronalaženje eventualne pogreške u kabelu. Za što točnije ustanovljavanje mjesta pogreške potrebno je, naime, da na tom povrijeđenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako da se, pošto je ispitivanjem ili pak za vrijeme pogona ustanovljena pogreška u izolaciji kabela, dovoljno jakom strujom i dovoljno visokim naponom propali kabel dok se na povrijeđenom mjestu ne postigne karbonizirani spoj minimalnog otpora. Nakon toga nije teško odrediti mjesto pogreške bilo kojom poznatom metodom.

Prema tome, uređaj služi za ispitivanje izolacije kabela napona 10 kV poslije polaganja. On također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta pogreške u kablama bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaj za ispitivanje kabela IPKN-1

Ovaj uređaj namijenjen je ispitivanju kabela do 1 kV; u nekim slučajevima njime se mogu propaljivati i kabeli do 10 kV a da prethodno nisu obrađivani visokonaponskim dijelom uređaja IPKN-10.

Uređaj IR-2S 50 A

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih neusmjerenih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova. Proizvodi struju od 5, 15 i 50 A, čija se vrijednost može kontinuirano mijenjati. Može se koristiti i kao izvor reguliranog napona od 0-300 V.

Priključuje se na izmjenični napon 220 V.

Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR-1000 A ili IR-2000 A).

Uređaj IR-UZ

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih usmjerenih nadstrujnih, zemljospojnih i sličnih releja i njihovih vremenskih članova.

Uz dodatak IR-1000 i IR-2000 A mogu se obaviti primarna ispitivanja spomenutih releja. Fazni pomak između struje i napona može se grubo mijenjati po 60° induktivno, a unutar grubih stupnjeva kontinuirano, te se na taj način može ustanoviti i osjetljivost releja pri faznim pomacima.

Uređaj se priključuje na trofaznu mrežu 380/220 V.

Uređaj IR-1000 A i IR-2000 i više

Ovi uređaji su dodatni uređaji za IR-2S 50 A i IR-UZ, pa imaju kontinuiranu regulaciju i mjerenje stanja do 1000 A, 2000 A i više.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

ELEKTROPRENOS — ZAGREB

U POGONU CENTAR DALJINSKOG UPRAVLJANJA

Početak svibnja ove godine u TS 400/110 kV »Tumbri« (Zagreb) pušten je u pogon novouređeni Centar daljinskog upravljanja. Tim povodom u prostorijama CDU održana je svečanost kojoj su prisustvovali predstavnici elektroprivrednih i drugih organizacija i izvođači radova. S ulogom i značajem puštanjem CDU u rad prisutne su upoznali direktor RO »Elektroprenos« drug Marko Palić i tehnički direktor dr Zorko Cvetković. Zatim je predsjednik Zbora radnih ljudi drug Antun Šaler presjecanjem vrpce simbolično pustio objekt u pogon.

U Centru daljinskog upravljanja izgrađena je i ispitana veza SDV za 16 objekata proizvodnje i prijenosa zagrebačkog područja. Treba naglasiti da je ova faza tek početak cjelokupnog plana uvođenje suvremenog Sistema daljinskog vođenja (SDV) u »Elektroprenosu« — Zagreb i osnova za suvremeni nadzor i dispečing u Elektroprivredi Zagreb, Zajednici elektroprivrednih organizacija Hrvatske i JUGEL-u.

Centar daljinskog upravljanja smješten u TS 400/110 kV Tumbri osnovan je na suvremenim informacijskim sistemom, obavlja slijedeće funkcije: nadzor prenosne mreže 400 kV, 220 kV i 110 kV; nadzor tokova radne i jalove energije unutar pripadnog Elektroenergetskog sistema; samostalno provođenje direktnih upravljačkih i sistematskih intervencija u dijelovima EES-a koji nisu od značaja za Republički dispečarski centar i odgovorno provođenje intervencija u dijelovima EES od značaja za RDC.

I. R.

SAVJETOVANJE O KORIŠTENJU ENERGIJE

Savez energetičara Jugoslavije, Centar za radničko stvaralaštvo Rijeka, Savez pronalazača i autora tehničkih unapređenja Jugoslavije, Udruženje za sunčevu energiju Jugoslavije u suradnji sa Saveznim komitetom za energetiku, industriju i znanstvo organizirali su »VII Savjetovanje o energiji« održano u Opatiji 6. do 8. lipnja 1985. godine.

Savjetovanju je prisustvovao velik broj stručnjaka iz svih republika i pokrajina. Na održanom skupu u ciklusu niza stručnih referata obrađena je problematika iz oblasti: racionalno korištenje i štednja energije, pronalaženje načina primjene i uvođenja alternativnih i obnovljenih izvora energije te konstantna briga za očuvanje čovjekove okoline postaje dio trajnog općedruštvenog opredjeljenja u nastojanjima da se energija ne pretvori u limitirajući faktor našeg daljnjeg razvoja.

Na održanom skupu energetičara, kao i prijašnjih godina, obrađeni su radovi koji se odnose na tri slijedeća tematska područja:

- obnovljeni izvori energije,
- racionalna proizvodnja i potrošnja energije i
- energija i zaštita čovjekove okoline.

U komisijama o svim temama vodene su opširne diskusije na osnovi kojih su donešeni i odgovarajući zaključci.

I. R.

TE UGLJEVIK U PROBNOM RADU

Termoelektrana Ugljevik, instalirane snage 300 MW, početkom ovogodišnjeg drugog kvartala puštena je u probni rad. Predviđeno da probni pogon traje do studenog ove godine kada će elektrana krenuti u normalan pogon i službeno treba da bude uključena u jedinstveni elektrolenergetski sistem Jugoslavije.

U investiranju izgradnje TE Ugljevik učestvovali su zajednički Elektrogospodarstvo Slovenije i Elektroprivreda Bosne i Hercegovine. Po sporazumu elektroprivredi Slovenije pripada 100 MW, a elektroprivredi Bosne i Hercegovine 200 MW. TE Ugljevik godišnje će davati našoj elektroprivredi proizvodnju od 1,6 milijardi kWh električne energije. Dio opreme osiguran je iz uvoza Međunarodnim sporazumom vlada SFRJ i SSSR-a.

U isporuci opreme sudjelovali su i domaći proizvođači elektroindustrije i strojogradnje kao i u montažnim poslovima: »Energoinvest«, tvornica »Rade Končar« Zagreb, Termoelektrona Beograd, Hidromontaža Maribor, Tehnogradnja Tuzla, Minel Beograd i dr.

Istovremeno sa gradnjom elektrane izvedeni su veliki zahvati na proširenju i modernizaciji ugljenokopa Ugljevik, koji će opskrbljavati gorivom termoelektranu.

I. R.

PROGRAM IZGRADNJE NUKLEARNIH ELEKTRANA

Nacrtom dugoročnog plana razvoja energetike u Hrvatskoj i Jugoslaviji za razdoblje od 1986. do 1990. i dalje do 2000. godine za zadovoljavanje potrošnje električne energije u Hrvatskoj, koja će 1990. dostići 17, a krajem stoljeća 25,5 milijardi kWh, osim gradnje većeg broja hidroelektrana, snage 630 MW i TE »Plomin II«, 210 MW, predviđena je gradnja čak tri nuklearne elektrane.

Do kraja stoljeća treba sagraditi NE Prevlaka, 1000 MW, koju zajednički grade SR Hrvatske i SR Slovenija. Iste snage gradit će se još jedna nuklearka u zajednici sa drugim zainteresiranim republikama i pokrajinama, a planiran je ulazak u pogon 1998. godine. Treća se nuklearka, također snage 1000 MW, predviđa u 2000. godini. Godišnja proizvodnja svake nuklearke iznosila bi po 3000 GWh električne energije.

Treba naglasiti da je SR Hrvatska je najviše zainteresirana za realizaciju programa nuklearnih elektrana u Jugoslaviji.

U prilog gradnje lanca nuklearnih elektrana idu i stavovi najviših državnih organa, te analize radene u republikama i pokrajinama, jugoslavenskoj elektroprivredi, Saveznom zavodu za plan. Sve analize su pokazale da i pri optimalnom iskorištavanju hidropotencijala zemlje i rezervi ugljena nije moguće zadovoljavati buduće energetske potrebe bez istovremenog korištenja i nuklearne energije.

Pripreme za gradnju nuklearki

Pripreme za gradnju NE Prevlake dosad su dale dobre rezultate. Nakon izbora lokacije sada se radi na rješavanju osiguranja objekta od poplave, verifikacija projektnih parametara elektrane, izradi idejnih rješenja i preliminarnom

investicijskom programu. Sabor je već prije donio odluku o uključivanju Prevlake u prostorni plan republike. Početak gradnje glavnih radova predviđen je za 1987. godinu, a puštanje u pogon 1992. godine.

Izvršni odbor Skupštine Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske prihvatio je sredinom svibnja 1985. godine izvještaj o dosadašnjim pripremama za provođenje jugoslavenskog nuklearnog programa i Sporazum o provođenju međunarodnog raspisa za prikupljanje ponuda za izbor jedinstvenog nuklearnog gorivog ciklusa i tipa nuklearnih elektrana čija će gradnja početi do 2000. godine.

Sporazum moraju prihvatiti i ostale republičke i pokrajinske elektroprivrede da bi se raspisao natječaj. Treba ubrzati donošenje sporazuma kako bi se što prije raspisao natječaj.

I. R.

IZGRADNJA MALIH HIDROELEKTRANA U HRVATSKOJ

U SR Hrvatskoj, kao i u drugim republikama, u traženju novih energetske izvora došlo se do spoznaje da između ostalih izvora postoji mogućnost korištenja hidroenergetskog potencijala malih vodotoka. Korištenje energije malih vodotoka odavno je poznato, ali je u nas nakon II svjetskog rata zanemareno i postojeći objekti su uglavnom napušteni.

Elektroprivreda Hrvatske glavni je nosilac izgradnje malih hidroelektrana, a u realizaciji tog programa uključeni su i drugi zainteresirani faktori.

Društvo elektrotehničkih inženjera i tehničara »DELIT« — Sisak organiziralo je seminar »Izgradnja i eksploatacija malih hidroelektrana« koji je održan 16. svibnja ove godine u Sisku. Seminaru je prisustvovao veći broj stručnjaka elektroprivrede, distributivnih i projektnih organizacija, Instituta za elektroprivredu, te proizvođači opreme i dr.

Podneseno je 14 referata u kojima su obrađena pitanja: razvoj malih hidroelektrana, donošenje odluke o gradnji malih hidroelektrana, ekonomsko-energetska valorizacija malih HE, istraživanje malih vodnih snaga, pravilni položaj i tretman izgradnje malih elektrana, projektiranje, proizvodnja generatora i druge opreme za te objekte, hidroelektrane malih snaga u svijetu i kod nas, te mogućnost opskrbe kućanstva električnom energijom iz malih hidroelektrana i način korištenja. O svim referatima vodila se diskusija i doneseni su odgovarajući zaključci.

I. R.

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U 1984.

Ukupna potrošnja električne energije u SR Hrvatskoj 1984. godine ostvarena je u količini od 12.796,6 GWh. Potrošnja po grupama potrošača iznosi:

— potrošači distribucije	9.609,9 GWh
— direktni potrošači	1.026,6 GWh
— specijalni potrošači	1.931,0 GWh
— gubici u prijenosnoj mreži	413,2 GWh
Ukupno	12.796,6 GWh

Od predviđenog plana Elektroenergetske bilance Hrvatske u 1984. godini potrošnja je ostvarena 98,6 posto. U odnosu na potrošnju 1983. godine prošlogodišnja potrošnja je za 8 posto veća. Ostvareni porast naročito je izražen u razdoblju rujana — prosinca, što se objašnjava ograničenjem potrošnje u 1983. godini u tom razdoblju.

Potrošači distribucije — potrošili su u 1984. godini 9.609,9 GWh električne energije, što je u odnosu na 1983. godinu porast potrošnje za 6,9 posto.

Porast potrošnje naročito je izražen u četvrtom kvartalu, zato što su u prethodnoj, 1983. godini, u tom kvartalu bila na snazi rigorozna ograničenja potrošnje električne energije.

Najveći porast potrošnje prema prethodnoj godini ima »Elektra« Sisak, radi povećane potrošnje INA Rafinerije Sisak, što je uzrokovao kvar na turboagregatu vlastite energije.

Direktni potrošači — iskazali su potrošnju od 1.021,6 GWh, što je 92,1 posto planiranih količina električne energije. Podbačaj u potrošnji u odnosu na plan zabilježen je kod svih direktnih potrošača, osim INA Kutina i ŽTP Zagreb.

Specijalni potrošači — preuzeli su 1.931,9 GWh električne energije, što je oko 95 posto od planiranih količina u 1984. godini. Manje preuzimanje je jednim dijelom rezultat uvedenih ograničenja (u siječnju i veljači), a većim dijelom problema u proizvodnom procesu (RO »Dalmacija« Dugi Rat, tvornica aluminijska Lozovac).

Specijalni potrošači su određene količine električne energije kupili u inozemstvu. Tako je SOUR »Boris Kidrič« Šibenik kupila iz DDR 136,0 GWh, RO »Dalmacija« Dugi Rat također iz DDR 88,2 GWh i TEF Šibenik iz NR Albanije 35,9 GWh električne energije.

Osim specijalnih potrošača i direktni potrošač INA Kutina, radi kvara na vlastitoj energiji, kupila je tijekom 1984. godine 35,9 GWh električne energije iz drugih republika da ne bi prelazila planirane i ugovorene količine električne energije.

Gubici u prijenosnoj mreži — ostvareni gubici električne energije u 1984. godini iznose 413,2 GWh ili 3,18 posto od ukupne potrošnje. Zbog dobre izgrađenosti prijenosne mreže gubici su relativno mali. U posljednjih pet godina kreću se od 3,4 do 3,43 posto u odnosu na ukupnu potrošnju na mreži prijenosa.

Da li su ti gubici veći ili manji ovisi od količine električne energije koja se prenosi prijenosnom mrežom Hrvatske u druge republike i inozemstvo.

I. R.

HE ĐERDAP 2 — U POGONU DVA AGREGATA

Radovi na izgradnji HE »Đerdap 2« koju zajednički grade Jugoslavija i Rumunjska izvode se u planiranim rokovima uspješno. S osam agregata po 27 MW na jugoslavenskoj strani hidroelektrana će raspolagati s ukupnom instaliranom snagom 216 MW, i mogućom godišnjom proizvodnjom 2,6 milijarde kWh električne energije.

Sredinom travnja i početkom svibnja dva su agregata puštena u probni rad. Ispitivanja su dala dobre rezultate, tako da su oba agregata početkom lipnja ove godine priključena u jugoslavensku prijenosnu elektroenergetsku mrežu.

Do kraja ove godine na jugoslavenskoj strani bit će puštena u rad još tri agregata, a do kraja 1986. godine objekt će konačno biti završen.

Na jugoslavenskoj strani preostala je još izgradnja brane i brodske prevodnice koji trebaju biti izgrađeni do sredine 1986. godine.

I. R.

ELEKTROPRIVREDA RIJEKA — STUDIJSKI RADOVI

Radna organizacija »Elektroprivreda« Rijeka u okviru Zajedničkog plana razvoja elektroprivrede Hrvatske za 1985. godinu realizirat će opsežne studijsko-istražne i projektne radove na svome području.

Glavni dio programa odnosi se na izradu studijskih i projektnih radova iz grupe prijenosa i to:

- Istraživanje meteoroloških prilika na trasi dalekovoda 400 kV Melina — Zagreb, zatim tipizacija DV 110 kV i studij — projekt tipske TS 110/x kV
- Izrada dinamike izgradnje veza, prema planu izgradnje elektroenergetskih obekata.
- Studij priključka Raba na mrežu 35 kV i tender za isporuku kabela, studij rješenja uzemljenja na mreži u blizini TS »Lovran« i DV 110 kV Krk — Rab, dužine oko 56 km
- Projekt rekonstrukcije 110 kV dijela TS »Raša«, TS Matulji, TS Rovinj i izrada pretprojekta TS »Dolinska« u tipsku TS 110/x kV

Za realizaciju utvrđenog programa u 1985. godini uložiti će sredstva od 44 milijuna dinara.

I dalje se nastavljaju ispitivanja dobivanja urana iz pepela i ugljena Raše. Sredstva za ova istraživanja osigurava Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske i SIZ potrošača električne energije Hrvatske.

I. R.

SAVJETOVANJE O RAZVOJU PLINOFIKACIJE U HRVATSKOJ

U organizaciji Znanstvenog savjeta za naftu JAZU održano je 21. svibnja 1985. godine u Zagrebu savjetovanje o temi »Plinifikacija i buduća opskrba plinom u SR Hrvatskoj«. Savjetovanje je održano pod pokroviteljstvom Skupštine grada Zagreba, Radne organizacije »INA — Naftaplin« i Geološkog zavoda Zagreb. Savjetovanju su uz brojne stručnjake za energetiku prisustvovali i predstavnici komiteta za energetiku SR Hrvatske i SR Slovenije i dr.

U ime RO »INA-Naftaplin« sudionike skupa pozdravio je inž. Mavro Popijač, glani direktor te radne organizacije i ukazao na utvrđene planove istraživača i proizvođača prirodnog plina u republici. Izneseno je da se u srednjoročnom planu razvoja od 1986. do 1990. godine predviđa dvostruko veća proizvodnja plina prema ovogodišnjoj. U 1990. godini proizvodnja bi iznosila oko 3,2 milijarde m³ prirodnog plina, a uvoz bio se povećao na 1,4 milijardu m³.

Na taj način 1990. godine potrošačima bi se osiguralo čak 4,6 milijarde m³ plina.

Do 1995. godine ako se ostvari plan istraživanja i razrade, te investicijske izgradnje, potrošačima bi se umjesto ovogodišnjih 1,57 milijardi m³ ponudilo čak tri puta više — oko 4,7 milijardi. To bi značilo da SR Hrvatska u 1995. godini može računati sa 6,3 milijarde m³ prirodnog plina zajedno s uvoznim.

Otvaranje novih plinskih polja

Zacrtanim srednjoročnim planom razvoja do 1990. godine predviđa se puštanje u proizvodnju novih plinsko-kondenzatnih polja.

Potrebno je dovršiti plinsko polje Molvi, Kalinovica, Stari Gradec, zatim plinsko polje »Ivan« na sjevernom Jadranu, te izgradnja podzemnog skladišta plina u Okolima. U tom razdoblju izbušiti će se 1,38 milijuna istražno—razradnih metara, što bi moralo osigurati veća otkrića ugljikovodika na novim područjima i povećanu proizvodnju poslije 1990. godine.

Nadalje, planirano je do 1990. godine iz smjese prirodnog plina proizvesti oko 450.000 tona tekućih plinova, oko 250.000 tona primarnog benzina i oko 200 milijuna kubičnih metara etana, sirovine za dobivanje 180.000 tona etilena.

Na održanom savjetovanju s posebnom pažnjom očekivalo se izlaganje akademika dr. Hrvoja Požara, koji se posebno osvrnuo na podatke o tome kako se u posljednje tri godine bilježio prosječan porast proizvodnje primarnih energetske oblika za samo 5,03 posto, prosječan porast uvoza energije iznosi 9,32 posto. Potrebno nam je više energije, ali zabrinjava što porast potrošnje nije u skladu s privrednim razvojem u te tri godine.

Poslije iscrpnih podataka o efikasnosti u korištenju pojedinih energetske oblika, Hrvoje Požar je naglasio da bi otkrivanje izdašnjih nalazišta prirodnog plina imalo izuzetno veliko značenje za SR Hrvatsku, koja inače je siromašna energetske izvorima.

Prirodni plin je uz ugljen jedini primarni oblik energije koji se upotrebljava neposredno. Ostali primarni energetske oblici zahtjevaju transformaciju što traži zatim gradnju dodatnih postrojenja, uzrokuje manje ili veće energetske gubitke i dr. To su razlozi za veću neposrednu upotrebu prirodnog plina. Treba naglasiti da plin ima velike ekološke prednosti u odnosu prema izgradnji drugih goriva, pa je već i zbog toga pogodan za opskrbu potrošača u gusto naseljenim područjima, te za proizvodnju topline visoke temperature u nekim dijelovima industrije.

Prednost plina očituje se i u tome što prijenos na velike udaljenosti ne znači nikakvo ograničenje njegove potrošnje, a prijenosna moć plinovoda je vrlo velika.

Zanimljiva izlaganja na savjetovanju pripremili su i stručnjaci RO »INA-Naftaplina« o plinskim poljima SR Hrvatske i analizi dugoročnog razvoja proizvodnje i racionalne potrošnje plina na području SR Hrvatske. Razmotren je i materijal o primjeni prirodnog plina kao važne sirovine za proizvodnju osnovnih organskih petrokemikalija. Na skupu je bilo govora o budućoj potrošnji prirodnog plina u SR Hrvatskoj i potvrđeno je da će i u budućnosti ovaj energent uz naftu biti glavni izvor energije u republici.

I. R.

NOVE KNJIGE

Prof. dr Hrvoje Požar:

Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima

Drugo, prošireno i potpuno prerađeno izdanje, Informator, Zagreb, I svezak 1983, II svezak 1985, strana 489, format 17 × 24 cm

Akademik Hrvoje Požar dao je i još uvijek daje osnovni ton i pečat razvoju znanstvene misli vezane za probleme energetike i elektroenergetike. Tijekom cijele stručne i znanstvene aktivnosti vezan je za rad elektrana i elektroenergetskog sistema. Vrlo često se poistovjećuje s elektroenergetskim sistemima, što se veoma lako može vidjeti iz citiranja literature i poznatih »Požarovih metoda« kako se uobičajeno nazivaju u elektroprivredi metode za planiranje i programiranje razvoja i eksploatacije elektroenergetskog sistema. U prilog toj tvrdnji je i ovo njegovo kapitalno djelo pod naslovom: **SNAGA I ENERGIJA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA**

Prvo izdanje knjige pojavilo se najprije na njemačkom jeziku pod naslovom: *Leistung und Energie in Verbund-systemen*, Springer Verlag, Wien 1963, a pod naslovom: *Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima*, u Zajednici jugoslavenske elektroprivrede, Beograd 1956.

Novo izdanje kao i staro obrađuju probleme izgradnje i eksploatacije elektroenergetskih sistema s tom razlikom, što novo izdanje daje potpunoma novu i znatno detaljniju obradu iste problematike.

U tom izdanju autor je sumirao rezultate jedinstvenih istraživanja koje je zajedno sa svojim suradnicima iz Instituta za elektroprivredu proveo u razdoblju nakon prvog izdanja. Kvaliteti knjige znatno je pridonijela i primjena računala u istraživanju problema izgradnje i eksploatacije elektroenergetskog sistema.

Knjiga se sastoji iz dva sveska od kojih je prvi tiskan 1983. godine s 576 stranica formata 17 × 24, a drugi 1985. godine istog formata s 489 stranica. U prvom svesku problematika iz izgradnje i eksploatacije elektroenergetskog sistema svrstana je u osam poglavlja, a u drugom dijelu u jedanaest.

U prvom poglavlju, pod naslovom »Razvoj elektrifikacije« dan je prikaz razvoja elektrifikacije u svijetu i u našoj zemlji (posebno za svaku republiku i pokrajinu) do početka drugog svjetskog rata i nakon drugog svjetskog rata do današnjih dana. Tekst o razvoju elektrifikacije dokumentiran je s velikim brojem podataka, koji se rijetko mogu susresti u stručnoj literaturi, što daje posebnu vrijednost tom poglavlju.

Drugo poglavlje posvećeno je karakteristikama potrošnje i opterećenju u elektroenergetskom sistemu. U okviru poglavlja obrađeni su problemi regulacije frekvencije, dnevnog dijagrama opterećenja, izbora vremenskog razdoblja, aproksimacija tjedne krivulje trajanja opterećenja i godišnjih oscilacija karakteristika tjedne potrošnje. Također je obrađeno predviđanje potrošnje električne energije za najkraću vremensku jedinicu (dan) i za duže vremensko razdoblje: jednu ili više godina. Prikazane su metode za određivanje svih karakteristika potrošnje.

Energetskim karakteristikama posvećeno je treće poglavlje. U prvom dijelu poglavlja obrađene su općenito energetske karakteristike, a zatim u nastavku poglavlja energetske karakteristike pojedinih tipova elektrana i dijelova postroje-

nja. U tom okviru obrađena je optimalna raspodjela opterećenja među agregatima u termoelektranama i hidroelektranama, te optimalno stavljanje u pogon transformatora u transformatorskim stanicama i vodova u električnoj mreži.

U elektroenergetskim sistemima s velikim udjelom proizvodnje hidroelektrana u zadovoljenju ukupne potrošnje električne energije, kao što je naš sistem, tretman hidroelektrana zaslužuje posebnu pažnju. Stoga je autor knjige tom problemu posvetio dva poglavlja: četvrto i peto. U četvrtom poglavlju obrađen je problem moguće proizvodnje, hidroelektrana, na tzv. nezavisnim lokacijama, bez utjecaja uzvodnih hidroelektrana, a u petom poglavlju problem hidroelektrane u lancu. Detaljnim istraživanjem obrađeni su mogući utjecaji na rad hidroelektrana, kao i potrebni volumen akumulacijskog bazena za različite režime voda.

Sa šestim poglavljem započinje obrada problema simuliranja prilika u elektroenergetskom sistemu, ili kako se to najčešće kaže, problem elektroenergetske bilance snage i energije, i to sa smještanjem energije hidroelektrana u dijagram trajanja opterećenja. Sagledavanjem mogućnosti zadovoljenja dijela potrošnje proizvodnjom hidroelektrana kao rezultat se dobije krivulja trajanja opterećenja termoelektrana. Detaljno su opisane moguće prilike u sistemu za različite mogućnosti proizvodnje hidroelektrane i posljedice na potrebnu proizvodnju i vremenski raspored proizvodnje termoelektrana. Pri tome se uzimaju u obzir ograničenja u angažiranju termoelektrana u varijabilanom dijelu dijagrama trajanja opterećenja.

Proizvodnja termoelektrana obrađena je u sedmom poglavlju. Za rješenje problema nerazpoloživosti termoelektrana i njegovog utjecaja na moguću proizvodnju termoelektrana opisane su tri metode. Svaka od njih omogućava korektno rješenje problema, što i ne znači da je svaka jednako primjenjiva, odnosno praktična. Kroz primjere proračuna autor ukazuje i na točnost pojedine metode. Također je obrađen i problem tehničkog minimuma i njegovog utjecaja na potrebnu proizvodnju termoelektrana, troškova za gorivo, kao i potrebne snage termoelektrana.

Osmo poglavlje obuhvaća iskorištenje snage i energije elektrane. U okviru poglavlja obrađena su: međusobna energetska dopuna hidroelektrana, problem karakterističnih godina u elektroenergetskim analizama, utjecaji akumulacijskih bazena na proizvodnju hidroelektrana, utjecaj udjela hidroenergije na prilike u elektroenergetskom sistemu, te ostale utjecajne karakteristike elektrana na prilike u sistemu.

O uklapanju pumpno-akumulacijskih hidroelektrana, toplana i solarnih elektrana u elektroenergetski sistem govori se u devetom poglavlju. Spomenute vrste elektrana su karakteristične po tome što mogu poslužiti samo kao dodatna postrojenja za proizvodnju električne energije, jer one same izvan sistema ne mogu osigurati kontinuiranu opskrbu potrošača. Posebno su obrađene sve tri vrste elektrana, kao i optimalni način smještaja njihove proizvodnje u krivulju trajanja opterećenja.

Deseto poglavlje se odnosi na iskorištavanje sezonskih akumulacijskih bazena. Postavljeno je nekoliko kriterija prema kojima se mogu iskorištavati akumulacijski bazeni, i to:

- a) izravnjanje protoka ili proizvodnje u smislu što ravnomjernije proizvodnje tokom sezone ili godine
- b) kriterij sigurnosti opskrbe potrošača
- c) kriterij izravnjanja proizvodnje termoelektrana
- d) kriterij minimalnih promjenljivih troškova u EES-u.

Svi kriteriji su pojedinačno razrađeni uz prezentaciju primjera proračuna.

Problem sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom tretira se u jedanaestom poglavlju. Razrađena su dva postupka za određivanje optimalne sigurnosti opskrbe potrošača: analitički, koji je općenitiji i simulacijski postupak, koji je detaljniji, a ilustriran je konkretnim primjerom. Nadalje, analizirano je prilagođavanje potrošača mogućnostima elektroenergetskog sistema, uz energetske-ekonomsku analizu opravdanosti gradnje ovisnih potrošača.

U dvanaestom poglavlju obrađuje se instalirana snaga hidroelektrana, volumen sezonskih akumulacijskih bazena i snaga agregata u termoelektranama. Kod određivanja optimalne instalirane snage hidroelektrana može se koristiti analitički ili simulacijski postupak, odnosno njihova kombinacija. Analitički je približan, ali ga ima smisla primjenjivati, jer se njime skraćuje simulacijski postupak koji je točniji, jer uzima u obzir više utjecajnih elemenata. Određivanje optimalnog volumena je provedeno za različite tipove hidroelektrana s obzirom na vrstu dovoda. Određivanje snage agregata u termoelektranama obavlja se metodom simulacije, uz uvažavanje troškova u elektroenergetskom sistemu. Sve obrade su ilustrirane konkretnim primjerima.

Energetska vrijednost elektrane se definira kao doprinos elektrane elektroenergetskom sistemu, uzimajući pri tom u obzir karakteristike promatrane elektrane i karakteristike elektroenergetskog sistema. O energetske vrijednosti elektrane govori se u trinaestom poglavlju. Energetska vrijednost elektrane je osnovni parametar koji određuje redoslijed izgradnje elektrana. Kako se razvojem elektroenergetskog sistema mijenjaju prilike u njemu, mijenja se i energetska vrijednost elektrana, što treba uzeti u obzir prilikom usporedbe elektrana. Prikazani su primjeri određivanja energetske vrijednosti za hidroelektrane i za termoelektrane, te faktori što ih treba uzeti u obzir kod određivanja energetske vrijednosti.

U četrnaestom poglavlju prikazane su metode određivanja proračuna gubitaka snage i energije u dijelovima ili cijelom elektroenergetskom sistemu. Isto tako je prikazan utjecaj gubitaka na prilike, odnosno troškove u elektroenergetskom sistemu zbog potrebe dodatne proizvodnje, te utjecaj gubitaka u mreži na određivanje optimalnog presjeka vodiča.

U petnaestom poglavlju razmatraju se granice opterećenja generatora, transformatora i vodova kako bi se moglo utvrditi da li se mogu iskoristiti mogućnosti proizvodnje u elektranama, da li se može osigurati potreban prijenos i transformacija uz održavanje napona unutar dopuštenih granica, te da li se potrošači mogu opskrbiti potrebnom snagom i energijom uz prihvatljive naponske prilike.

Šesnaesto poglavlje tretira problem optimalne raspodjele opterećenja među elektranama elektroenergetskog sistema. Kriterij optimalne raspodjele je minimum ukupnih troškova za gorivo u termoelektranama uz uvažavanje ograničenja koja proizlaze iz karakteristika elektroenergetskog sistema. U postupku optimiranja koristi se matična iterativna gradijentna metoda, a početno stanje iterativnog postupka određuje se na osnovi dnevne bilance snage i energije. Opisana je metoda ilustrirana na elektroenergetskom sistemu, a dobiveni rezultati opširno su komentirani.

Redoslijed izgradnje elektrane je vrlo važan problem planiranja izgradnje elektroenergetskog sistema. Kad se izvrši izbor elektrana koje mogu doći u obzir za izgradnju u nekom

slijedećem razdoblju, potrebno je napraviti redoslijed njihovog ulaska u pogon. Pravilnim izborom redoslijeda izgradnje mogu se postići velike uštede u elektroenergetskom sistemu. Prikazan je postupak, odnosno put kojim se dolazi do redoslijeda izgradnje elektrana.

Izbor redoslijeda se provodi u nekoliko koraka što je u sedamnaestom poglavlju i provedeno.

Prošlo je vrijeme elektroenergetskih sistema koji rade izolirano, odnosno koji nisu povezani sa susjednim elektroenergetskim sistemima. Danas su elektroenergetski sistemi međusobno povezani i čine najčešće velike interkorekcije unutar kojih rade veći ili manji elektroenergetski sistemi koji su ekonomske cjeline. Problem odnosa među elektroenergetskim sistemima obuhvaćen je u osamnaestom poglavlju. Kao tematske cjeline obrađene su: održavanje frekvencije i snage razmjene, usporedba odvojenog i usklađenog rada elektroenergetskih sistema, valorizacija razmjene snage i energije među elektroenergetskim sistemima te međusobni odnosi kad se elektrane grade na području drugog elektroenergetskog sistema.

O problemu i pristupu tarifnom sistemu za obračun električne energije govori se u devetnaestom poglavlju. Osnovna je karakteristika elektroenergetskog sistema da uravnoteži proizvodnju i potrošnju električne energije u svakom trenutku, što je tzv. tehnička karakteristika. S druge strane, za uspješno ekonomsko funkcioniranje sistema potrebna je ravnoteža između troškova i prihoda od prodaje električne energije. Temeljni je princip tarifnog sistema kojim se utvrđuju odnosi između potrošača i elektroenergetskog sistema da svaki potrošač treba nadoknaditi troškove koje prouzrokuje svojim načinom rada. U ovom poglavlju detaljno su opisani i prikazani svi potrebni elementi za određivanje praktičnog tarifnog sistema.

Prvo izdanje ove knjige postalo je osnovni udžbenik generaciji studenata i stručnjaka koji su svoja prva znanja, kao i znanstvene i stručne radove temeljili na njemu. Gotovo nema rada s područja planiranja izgradnje i eksploatacije sistema koji se ne poziva na »Snagu i energiju u elektroenergetskim sistemima«. Uspoređujući drugo izdanje s prvim sa sigurnošću se može reći da će drugo izdanje još više pridonijeti unapređenju stručne i znanstvene misli na području elektroenergetike i elektroenergetskih sistema.

Autor je napisao visokoznanstveno djelo, koje na jasan način čitaocu približava vrlo složenu problematiku. Knjiga je dokumentirana s obiljem interesantnih podataka, koji su zanimljivi znatno širem broju ljudi. Ipak se mora reći da je knjiga prvenstveno namijenjena stručnjacima iz elektroprivrednih organizacija jer je za potpuno ovladavanje problematike potrebno predznanje.

U knjizi su obuhvaćena najsuvremenija kretanja znanstvene misli iz područja elektroenergetike s prikaznom niza originalnih metoda koje su razvijene u suradnji sa stručnjacima iz Instituta za elektroprivredu. Postupci su detaljno razrađeni, često popraćeni dijagramom toka za elektroničko računalo i ilustrirani primjerima, tako da će za mnoge energetičare biti pravi izazov.

Prošlo je dugo vremena između prvog i drugog izdanja, i na zadovoljstvo svih energetičara autor ga je na najbolji način iskoristio. Obogatio je stručnu literaturu s vrijednim djelom, u kojem svaki energetičar, bez obzira na složenost poslova koje obavlja, može naći nešto korisno i praktično za sebe, pa se kao takvo svima i preporučuje.

B. Udovičić

Prof. dr Dragoslav Rajčić, dipl. ing:

Kompjuterski metodi za presmetka na stacionarni režimi na elektroenergetskite sistemi

Izdavač: Univerzitet »Kiril i Metodij«, Skopje, 1985.

Opseg: 164 stranice, format 17 × 23 cm, broširano.

Namijenjen ponajprije studentima elektroenergetike na Elektrotehničkom fakultetu u Skopju, ovaj je udžbenik zanimljiva knjiga za sve one koji su zainteresirani za elektroenergetski sistem i njegovo predstavljanje i analiziranje na računskom stroju. U četiri poglavlja obuhvaćena je formulacija matematičkog modela sistema, proračun raspodjele opterećenja po granama i napona u čvorištima sistema, te proračun kratkog spoja.

Nakon osnova topološkog i matičnog predstavljanja sistema i promjena njegova uklopnog stanja, odnosno nesimetrija, slijede algoritmi za osnovne analize sistema u stacion-

arnom stanju: proračun tokova snaga i kratkog spoja. Dana su načela najčešće korištenih metoda za određivanje tokova snaga: Gauss-Seidelove i Newton-Raphsonove i njihova usporedba, kao i one brze dekompozicije i Z-matrice. Kratki spoj dan je prvo u općenitom obliku, a zatim za slučaj trofaznog i jednofaznog kvara te dvofaznog sa dozemnim spojem i bez njega. Na kraju je dana bibliografija s temeljnih 15 jedinica od 1960. do 1982. Kažimo i to da su sva izlaganja ilustrirana numeričkim primjerima, što olakšava praćenje i razumijevanje grade.

Rajčićev udžbenik vrijedna je i korisna sinteza. Materija je sažeto i pregledno izložena, zavodljiva matematička aparatura pragmatički je potisnuta i podređena praktičkoj inženjerskoj primjeni. Grafička oprema knjige je dobra, knjiga je vizualno ugodna, što za udžbenik nije zanemariva kvaliteta. Koliko nam je poznato, uz »Talasne procese u razvodnim postrojenjima« Riste Minovskog, knjiga Dragoslava Rajčića »Kompjuterske metode za izračunavanje stacionarnih stanja elektroenergetskog sistema« jedina je originalna knjiga sa područja elektroenergetike na makedonskom jeziku, pa je već i time značajna.

Z. T.

Izdavači:

»Elektroprivreda«, Rijeka
 »Elektroprivreda Dalmacije«, Split
 SIZ 'za znanstveni rad SR Hrvatske
 Elektra, Karlovac
 Elektroslavonija, Osijek
 Elektroistra, Pula
 Elektroprimorje, Rijeka
 Elektrodalmacija, Split
 Elektra, Zagreb
 Elektroprivreda, Zagreb, OOUR Elektroprenos
 Institut za elektroprivredu, Zagreb

IZDAVAČKI SAVJET

Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije«
 Zduženo poduzeće, Split — Enco Tirelli i Boris Simončić,
 dipl. ing. »Elektroprivreda« Rijeka — Josip Brkljačić, dipl.
 ing., HE Senj — Petar Kuzele, dipl. ing., »Elektra«, Zagreb
 — Ivo Božin, dipl. ing., Institut za elektroprivredu, Zagreb
 — dr. Zorko Cvetković, Elektroprenos, Zagreb — Šimun Ši-
 mundža, dipl. ing., »Elektrodalmacija«, Split — Anđelko
 Dujmović, dipl. ing., »Elektroslavonija«, Osijek — »Elek-
 troistra«, Pula — Branko Mrakovčić, dipl. ing., »Elektropri-
 morje«, Rijeka — Marko Šimunović, dipl. ing., »Elektra«,
 Karlovac

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris Markovčić, dipl. ing. — Urednik:
 Zdenka Jelić, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski siste-
 mi«, Nikola Bilčar, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro Ha-
 tić, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadi-
 nić, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko Cvetko-
 vić, dipl. ing., Zagreb — Josip Neveščanin, dipl. ing., Split —
 »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, To-
 mislav Balen, dipl. ec., Jure Šimović, dipl. ec., Petar Kuzele,
 dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, eko-
 nomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslova-
 nja«. — Tehnički urednik: Branko Mališ — Lektor: Vladimir
 Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl.
 ing.

Godište 34 (1985)

Zagreb 1985

Br. 5

SADRŽAJ

<i>Popović D. — Petrović D. — Ljubić V.:</i> Potpobuđeni režimi rada elektrana u funkciji regulacije naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim režimima EES Jugoslavije, sa posebnim osvrtom na TE Nikola Tesla	331
<i>Topić J. — Pešut D. — Bilčar N.:</i> Potreba izgradnje TS 400/110 kV Žerjavinec radi povećanja sigurnosti snabdijevanja električnom energijom grada Zagreba	341
<i>Rajić Ž.:</i> Tendencije razvoja metoda za optimalno planiranje razdjelnih mreža	349
<i>Čorak D. — Mužek Z. — Jelavić V.:</i> Metodologija za usmjeravanje energetske opskrbe urbane sredine	355
<i>Žutobradić S. — Filipović-Grčić B.:</i> Projektiranje uzemljivača industrijske transformatorske stanice 110/6 kV	365
<i>Jelavić B. — Granić G.:</i> Mogući načini primjene gradijentne metode u određivanju raspodjele opterećenja	371
Vijesti iz elektroprivrede	377
Širom svijeta	381
Oglasi	383

Casopis 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, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 500
 dinara, a za poduzeća i ustanove 2000 dinara. Cijena pojedinog
 broja u prodaji 200 dinara.

Za inozemstvo \$ 80 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišej. RO »Zrinski« TIZ Cakovec

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRE DA UĐE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTROPROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



POTPOBUĐENI REŽIMI RADA ELEKTRANA U FUNKCIJI REGULACIJE NAPONSKO-REAKTIVNIH PRILIKA U MINIMALNIM REŽIMIMA EES JUGOSLAVIJE, S POSEBNIM OSVRTOM NA TE NIKOLA TESLA

dr Dragan Popović — dr Dragan Petrović — mr Vencelj Ljubić, Beograd

UDK 621.311.2

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu se proučavaju relevantni aspekti primene potpobuđenih režima rada elektrana, do sada, u odnosu na mogućnosti nedovoljno korišćenog sredstva za regulaciju naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim režimima 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije. U pomenutom kontekstu posebni osvrt daje se na TE »Nikola Tesla«, za čije je sve agregate učinjen pokušaj utvrđivanja limitirajućih faktora u primeni potpobuđenih režima.

Ključne riječi: Reaktivna snaga, regulacija napona, potuzbuda generatora, stabilnost generatora.

UVOD

Minimalni režimi rada elektroenergetskog sistema (EES) Jugoslavije u celini, odnosno njegovih delova, već u sadašnjoj fazi razvoja unose odgovarajuće probleme u pogledu obezbeđenja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika [8]. Osnovni su razlozi za to u činjenici preizgrađenosti 400 kV mreže u pojedinim delovima EES, tako da pojave relativno niskog nivoa konzuma (noćni minimum, nedelje, praznici), u inače, gledano u celini, jakoj superponiranoj 400 kV i 220 kV mreži dovode do tzv. »viška« reaktivne snage. Tada se potrebni bilans često ostvaruje pri naponima koji premašuju dozvoljene vrednosti (420 kV, odnosno 245 kV).

Stoga se problematici minimalnih režima rada daje i dalje poseban značaj u procesu planiranja, eksploatacije i upravljanja EES, kada je neophodno sagledati sve raspoložive tzv. investicione i eksploatacione mere za uspešnim ovladavanjem naponsko-reaktivnim prilikama.

Ovaj rad bavi se samo jednom od tzv. eksploatacionih mera — potpobuđenim režimima rada generatora, koja se u dosadašnjoj praksi u nas, za razliku od prakse drugih elektroprivreda, nije koristila u skladu sa raspoloživim mogućnostima. Razlozi za to su, počev od stečenih navika osoblja da elektrana ne radi u potpobudi, nedostatak preciznijih podataka o ograničavajućim faktorima u tim režimima (raspoložuje se pogonskim dijagramima u kojima su samo tzv. »teorijske« granice stabilnosti), nepostojanje odgovarajuće opreme za registraciju reaktivne kapacitivne snage i dr., a sve zajedno je u tesnoj vezi sa činjenicom da u prošlosti u EES Jugoslavije nije bilo posebno zaoštreno pitanje minimalnih režima.

S druge strane, na teorijskom planu u nas, istraživanjima potpobuđenih režima rada do danas posvećivana je odgovarajuća pažnja, npr. [2,3,4,5]. Ona su bila započeta uprošćenim i parcijalnim prilikama da bi se u skladu sa razvojem potrebnih metodologija i metoda, sticanjem novih saznanja u pogledu relevantnih ograničavajućih faktora, kao i zahtevima realnog pogona EES, istraživanja proširila na kompletni EES. Time su dobijene pouzdanije osnove za procenu realnih potreba za potpobuđenim režimima gledajući EES u celini, kao i realnije utvrđivanje onih ograničavajućih faktora koji imaju tzv. sistemski karakter. Takav prilaz učinjen je u studiji [1], a u ovom radu ukratko se izlažu najbitniji rezultati provedenih istraživanja minimalnih režima EES Jugoslavije, sa posebnim osvrtom na agregate TE N. Tesla A i B i njihovim mogućnostima u potpobuđenim režimima. Pri tome treba naglasiti da se ovaj rad bavi samo tehničkim aspektom problema regulacije naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim režimima, a da zbog svoje prirode zahteva opserviranje EES Jugoslavije u celini. Dakle, cilj rada je da najprije ukaže da racionalno rešavanje problematike naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim režimima zahteva tretiranje kompletne 400 kV i 220 kV jugoslovenske mreže, kada poseban praktičan značaj ima odgovarajući izbor plana napona relevantnih izvora radi minimizacije ukupnih, odnosno pojedinačnih potreba za potpobuđenim režimima rada, kao i da se izvrši raspodela na najpogodnije izvore. Odnosno, reč je o tzv. sekundarnoj i tercijarnoj regulaciji napona i toкова reaktivnih snaga, koje u minimalnim režimima imaju posebnu specifičnost.

Takođe, imajući u vidu prethodno izložene razloge o nedovoljnom korišćenju potpobuđenih režima, u ciljeve rada treba ubrojiti i pokušaj njihove »demistifikacije«, što je učinjeno na konkretnom primeru TE

»Nikola Tesla« A i B, utvrđivanjem relevantnih ograničavajućih faktora u primeni potpobudjenih režima.

ANALIZA POTREBA ZA POTPOBUĐENIM REŽIMIMA RADA ELEKTRANA EES JUGOSLAVIJE U MINIMALNIM REŽIMIMA

Osnovni cilj provedenih analiza minimalnih režima 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije za stanje izgrađenosti 1985. god. i njihove osetljivosti na varijacije relevantnih faktora [1] jest sagledavanje potreba za potpobudjenim režimima rada elektrane u funkciji ostvarivanja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika. Potrebne elektroenergetske podloge i podaci uzeti su iz [9,10], s tim da je izvršena njihova aktualizacija u skladu sa novim saznanjima. Pored tzv. bazne varijante, tretirano je niz podvarijanti (ukupno 17) formiranih varijacijom sledećih elemenata:

- veličina aktivne snage i faktora snage (različite u odnosu na pomenuti bazni slučaj) potrošača u TS 400/110 kV i TS 220/110 kV
- sa i bez pumpnog pogona RHE Bajina Bašta, RHE Čaplina i RHE Obrovac
- sa i bez predviđenih reaktivnih prigušnica u TS Ernestinovo (2 × 50 MVAR) i TS Zagreb (1 × 50 MVAR)
- veličina razmene sa interkonekcijom UCPTE
- voznih redova angažovanih izvora
- naponskih referenci angažovanih izvora.

Naravno, ako je to i potrebno naglasiti, provedene analize nisu imale pretenziju da izvrše »tačnu« kvantifikaciju potreba za potpobudjenim režimima svake od elektrana u EES Jugoslavije ponaosob, što, uostalom, s obzirom na višeznačnost problema može da se uradi samo za strogo definisane uslove i pretpostavke. Cilj analize je, dakle, bio da se za jedno stanje izgrađenosti 400 kV i 220 kV jugoslovenske mreže sagledaju najpre globalni aspekti problema. Dalje, cilj je bio dobijanje neke kvantitativne mere uticaja prethodno navedenih faktora, kao i njihove međusobne zavisnosti i uslovljenosti na determinisanje potreba za potpobudjenim režimima, neophodnih za ostvarivanje regularnih naponsko-reaktivnih prilika EES u celini. Time je samo dobijena dobra praktična polazna osnova za sagledavanje i razradu mera, metoda i postupaka za dalje unapređenje vođenja pogona EES.

Osnovni zaključak provedenih analiza jeste da u svim razmatranim varijantama minimalnih režima 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije dolazi do potpobudjenih režima pojedinih izvora. Veličine ukupne reaktivne kapacitivne snage izvora kreću se od simboličnih — 60 MVAR (uključenje pomenute prigušnice i u pumpnom pogonu RHE B. Bašta (620 MW) RHE Čaplina (210 MW) i RHE Obrovac (240 MW)), pa sve do značajnih — 656 MVAR (nema pumpnog pogona pomenutih RHE, a ukupna potrošnja (aktivna i reaktivna) iznosi 80% potrošnje tzv. baznog slučaja). Pri tome su česti slučajevi kada bilo kompletna elektrana TE N. Tesla, bilo njeni pojedini agregati prelaze u

potpobudjeni režim rada, s tim da su zahtevi za ovim režimima sasvim umereni. Najveći iznosi reaktivne snage u razmatranim varijantama iznosili su: TE N. Tesla A1, 2 (−76 MVAR), A3,4 (−105 MVAR), A5,6 (−35 MVAR) i TE »Nikola Tesla« B1,2 (−64 MVAR), i odnose se na slučaj niske (u odnosu na tzv. baznu) potrošnje odnosno niske vrednosti naponske reference ovih generatora (0.95 V_n). Objašnjenje za to proizlazi iz veličine i mesta TE N. Tesla, a time i njene uloge u definisanju naponsko-reaktivnih prilika u EES.

Za objašnjenje globalnih odnosa u minimalnim režimima poslužiće jednačina balansa reaktivnih snaga:

$$\Sigma Q_G + \Sigma Q_V = \Sigma Q_P + \Sigma Q_{Pr} + \Sigma \Delta Q \quad (1)$$

gde je:

ΣQ_G — ukupna reaktivna snaga izvora koja se u opštem slučaju izražava kao algebarski zbir reaktivne induktivne (+MVAR) i kapacitivne (−MVAR) snage

ΣQ_V — ukupna reaktivna snaga generisana od strane kapaciteta vodova

ΣQ_P — ukupna reaktivna snaga potrošača

ΣQ_{Pr} — ukupna reaktivna snaga uključenih prigušnica

$\Sigma \Delta Q$ — ukupni gubici reaktivne snage (u tretiranom slučaju uključeni i gubici u blok-transformatorima elektrana).

Analizom članova izraza (1), za razmatrane minimalne režime 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije, uočeno je da dominantni uticaj ima veličina generisane reaktivne snage od strane vodova ΣQ_V (u konkretnim varijantama kretala se od 1.12-1.55 ΣQ_P za razliku od maksimalnih režima, gde po pravilu ΣQ_P značajno premašuje ΣQ_V). Pri tome gubici reaktivne snage nalazili su se u opsegu 0.36 do 0.77 ΣQ_P , pri čemu veće vrednosti odgovaraju apsolutnoj većoj potrošnji (aktivnoj i reaktivnoj): Dakle, neophodna je redukcija ukupne reaktivne snage izvor ΣQ_G , a s obzirom na njihov različiti prostorni raspored i ostale faktore od uticaja, u praktičnoj realizaciji toga, respektujući navedena naponska ograničenja, dolazi i do potreba za reaktivnom kapacitivnom snagom pojedinih izvora. Inače, generalno gledano, za jednu već formiranu mrežu fundamentalni uticaj na veličinu ΣQ_V imaju njeni pogonski naponi (direktna kvadratna zavisnost), na koje, pak, uz sve ostale relevantne faktore, dominantni uticaj vrše naponi izvora, koji su podržane, odnosno regulisane veličine. S druge strane, gubici reaktivne snage $\Sigma \Delta Q$ su u pravilu u obrnutoj kvadratnoj zavisnosti od napona, ako ne dođe do neke značajnije preraspodele tokova (pre svega reaktivnih) snaga u mreži pri promeni napona. To znači da adekvatan izbor napona izvora (tzv. naponskih referenci) ima posebno praktično značenje u minimalnim režimima, sa kojima se, uz zadovoljenje naponskih (gornjih) ograničenja, može izvršiti minimizacija ukupnih potreba za potpobudjenim režimima rada ili pak da se ovi režimi uvedu samo kod onih elektrana koje za to imaju uslove.

MOGUĆNOST MINIMIZACIJE UKUPNIH POTREBA ZA POTPOBUĐENIM REŽIMIMA IZBOROM POGODNIH VREDNOSTI NAPONSKIH REFERENCI RELEVANTNIH ELEKTRANA

Prethodno pomenutom pitanju adekvatnog izbora naponskih referenci radi racionalizacije potreba za podpobudnim režimima, gledajući EES Jugoslavije u celini, bilo je u [1] posvećena posebna pažnja. Kao uvod u problem poslužiće naredne tabele I i II.

Tabela I ima za cilj da prikaže neku praktičnu meru osetljivosti injektirane reaktivne snage izvora na varijacije napona na njihovim krajevima (promena reaktivne snage u MVAR, za % promene napona na krajevima). Za te svrhe kao dobra praktična osnova služe parcijalni izvodi $\partial Q_{Gi}/\partial V_{Gi}$, formirani za transformisani sistem (eliminacija svih potrošačkih čvorova) na način kako je to objašnjeno u Prilogu I rada. Redosled po veličini izvoda $\partial Q_{Gi}/\partial V_{Gi}$, dat takođe u tabeli I, ujedno daje sliku o efektivnosti pojedinih elektrana u regulaciji naponsko-reaktivnih prilika EES Jugoslavije.

Kompletna slika o ulozi TE N. Tesla A i B na naponsko-reaktivne prilike u EES Jugoslavije dobija se posredstvom tabele II, u kojoj su dati svi elementi matrice osetljivosti $\partial Q_G/\partial V_G$ za ovu elektranu. Prikazane veličine daju osnovu za praktičnu procenu promene reaktivnih snaga svih izvora u sistemu, pri promeni naponskih referenci generatora TE N. Tesla. Tako, na primer, za razmatrani minimalni režim, za koje važe navedene veličine, 1% smanjenja napona TE N. Tesla B1,2 dovešće do smanjenja njene reaktivne snage za 62,3 MVAR, ali istovremeno će doći do povećanja reaktivne snage TE N. Tesla A5,6 za 21,6 MVAR, TE N. Tesla A3,4 za 10,3 MVAR, TE N. Tesla A1,2 za 7,6 MVAR, ..., TE Tuzla 3,4,5 za 1,5 MVAR, ..., NE Krško za 1,6 MVAR itd. S obzirom na to da je praktično ispunjen uslov

$$\partial Q_{Gi}/\partial V_{Gi} \approx \left| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_G} \partial Q_{Gj}/\partial V_{Gj} \right|$$

ovakva procena efekata promene napona ima dovoljnu praktičnu tačnost. Takođe, utvrđeno je da je praktično $\partial Q_{Gi}/\partial V_{Gj} \approx \partial Q_{Gj}/\partial V_{Gi}$, tako da prikazane veličine u tabeli II pokazuju i za koliko se mogu promeniti reaktivne snage TE N. Tesla A i B pri promeni napona ostalih izvora. Na primer, ako se u TE Kosovo B1,2 poveća napon za 1%, njegova injektirana snaga se povećava za 35,5 MVAR, a reaktivne snage ostalih izvora se smanjuju (npr. TE N. Tesla B1,2 za 2,8 MVAR, TE N. Tesla A 5,6 za 1,6 MVAR itd.).

Na taj način veličine date u tabelama I i II daju indicaciju kakva je i kolika uzajamnost među izvorima priključenih na 400 kV i 220 kV mrežu Jugoslavije, kada su u pitanju naponsko-reaktivne prilike. Dakle, postoje izvori koji dominantno utiču na formiranje tzv. naponske »ravni« EES (u tretiranom slučaju, izvori sa redosledom od 1 do 10 u tabeli I), kao i izvori sa srazmerno malim uticajem na pomenutu naponsku ravan EES, odnosno izvori koji se prilagođavaju naponu mreže (npr. izvori sa redosledom od 20 do

Tabela I

Vrednosti dijagonalnih članova matrice osetljivosti $\frac{\partial Q_G}{\partial V}$ za minimalni režim 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije

R. br.	Elektrana	$\frac{\partial Q_{Gi}}{\partial V_{Gi}}$ MVAR/%	$\frac{\partial Q_{Gi}^*}{\partial V_{Gi}}$ r. j r j	Redosled po veličini $\partial Q_i/\partial V_i$
1.	TE N. Tesla B 1,2	62,3	1.000	1
2.	TE N. Tesla A 5,6	44,6	0,716	2
3.	TE N. Tesla A 3,4	39,0	0,626	3
4.	TE N. Tesla A 1,2	32,2	0,517	6
5.	HE Đerdap	21,7	0,348	10
6.	TE Kosovo B 1,2	35,5	0,570	4
7.	TE Kosovo A 2	11,3	0,181	23
8.	TE Kosovo A 3,4,5	30,0	0,465	8
9.	HE Bistrica	6,5	0,104	27
10.	HE Bajina Bašta	12,5	0,200	19
11.	HE Piva	14,0	0,225	18
12.	HE Pljevlja	14,6	0,233	16
13.	HE Perućica	4,92	0,079	29
14.	HE Tuzla 3,4,5	29,4	0,471	7
15.	TE Gacko	19,3	0,310	13
16.	TE Ugljevik	20,3	0,328	11
17.	HE Salakovac	11,7	0,187	20
18.	HE Grahovica	8,2	0,132	25
19.	HE Rama	11,4	0,183	22
20.	HE Trebinje	7,7	0,123	25
21.	HE Dubrovnik	8,5	0,136	24
22.	HE Krško	35,0	0,562	5
23.	TE Sisak	11,6	0,185	21
24.	HE Orlovac	14,0	0,225	17
25.	HE Zakućac	15,2	0,243	15
26.	HE Senj	5,8	0,093	28
27.	TE Rijeka	20,2	0,323	12
28.	TE Šoštanj 3	16,6	0,266	14
29.	TE Šoštanj 4	23,8	0,382	9

* U odnosu na TE Nikola Tesla B 1,2

29). Takođe, postoje i izvori koji se nalaze između ove dve kategorije (npr. izvori sa redosledom od 11 do 19). U tom kontekstu pokazana je kolika je uloga TE N. Tesla B i A, odnosno koliko praktični značaj ima adekvatno upravljanje naponima ovih elektrana (kao i napona ostalih relevantnih izvora) za dobijanje povoljnih naponsko-reaktivnih prilika EES u celini. Ova tzv. eksploataciona mera, kako je već rečeno, od posebnog je značaja u minimalnim režimima s obzirom na ukazane njihove specifičnosti. Dakle, praktičan cilj je da se od niza mogućih planova napona izvora nađu takvi pri kojima su zadovoljena relevantna radna ograničenja (gornja naponska ograničenja u EES i reaktivne kapacitivne snage izvora u granicama dozvoljenih). Dalje, ovaj zadatak je moguće i ambicioznije postaviti — naći takav plan napona izvora uz što je moguće manju reaktivnu kapacitivnu snagu izvora.

Ovako formulisani problem rešavan je najpre uprošćenim prilazom (videti Prilog I), kada su određene poželjne korekcije napona izvora (u odnosu na vrednosti iz polaznog stanja EES) pri kojima dolazi do novih povoljnijih raspodela potpobudnih režima, uz zadovoljenje postojećih ograničenja. Ovakav prilaz

Tabela II

Vrednosti parcijalnih izvora $\frac{\partial Q_{Gi}}{\partial V_{Gj}}$ [MVAR/%] za generatore TE Nikola Tesla A i B

j*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
i	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
TE N. Tesla A 1,2															
1	62,3	-21,6	-10,3	-7,6	-5,0	-2,8	-0,3	-1,5	-0,7	-1,6	-0,6	-0,8	-0,1	-1,5	-0,5
	-2,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-1,6	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,4	-0,3	-0,6	
TE N. Tesla A 5,6															
2	-21,6	44,6	-5,9	-4,4	-2,9	-1,6	-0,2	-0,9	-0,4	-0,9	-0,3	-0,5	-0,1	-0,8	-0,3
	-1,1	-0,1	-0,05	-0,1	-0,1	-0,1	-0,8	-0,1	-0,1	-0,1	-0,04	-0,2	-0,2	-0,30	
TE N. Tesla A 3,4															
3	-10,3	-5,9	39,0	-13,0	-2,0	-1,1	-0,1	-0,7	-0,8	-2,0	-0,5	-0,8	-0,10	-0,4	-0,2
	-0,6	-0,1	-0,04	-0,1	-0,1	-0,1	-0,4	-0,04	-0,1	-0,1	-0,02	-0,1	-0,1	-0,2	
TE N. Tesla A1,2															
4	-7,6	-4,4	-13,0	32,2	-1,5	-0,8	-0,1	-0,5	-0,6	-1,5	-0,4	-0,6	-0,1	-0,3	-0,2
	-0,4	-0,1	-0,03	-0,04	-0,05	-0,1	-0,3	-0,03	-0,05	-0,1	-0,02	-0,10	-0,1	-0,1	

* i, j — odgovaraju rednim brojevima datim u prethodnoj tabeli I

(čije će osobine i karakterisati kao i domen praktične primenljivosti biti predmet posebnog rada) ukazao je na veliku efektivnost adekvatnog upravljanja naponima izvora koja je to veća ako su uključeni svi relevantni izvori u EES (s većim brojem tzv. upravljačkih varijabli, dostizanje željenog rešenja postaje izvesnije).

Dalje, imajući u vidu stečena pozitivna iskustva u pogledu mogućnosti upravljanja naponima izvora, problem minimizacije potpobudjenih režima sagledavan je kompleksnije, pri čemu su se koristile mogućnosti računarskog programa CLF-OPF [12]. Najpre je određivana početna raspodela napona i tokova snaga (prva faza programa), u kojoj su ovi naponi izvora imali nominalne vrednosti. Kako su se tada, u pravilu, javljali potpobudjeni režimi pojedinih izvora, a nisu bili retki slučajevi narušavanja gornjeg naponskog ograničenja u EES, prelazilo se na drugu fazu programa (CLF). Funkcija je ove faze određivanje takvog stanja (od niza mogućih) EES u kome su zadovoljena zadata ograničenja ili, ako to nije moguće, ukazivanje na ona ograničenja koja se i dalje prekoračuju, što takođe ima praktični značaj. Tako definisan problem spada u klasu zadataka nelinearnog programiranja, u kome se vrši minimizacija funkcije cilja, formirane kao odgovarajuće mere narušavanja vrednosti varijabli preko zadatih limita.

Dakle, cilj je njena minimizacija poboljšanjem upravljačkih varijabli (naponi generatora, a po potrebi i prenosni odnosi transformatora), primenom metode GRG (generalizovani redukovani gradijent), ko-

ja na sistematizovan način vrši pretraživanje i iznalaženje optimalnog rešenja [12, 13].

Pomenutim prilazom bili su obuhvaćeni najpre pojedini delovi EES Jugoslavije (npr. EES Srbije i dr.), a zatim 400 kV i 220 kV jugoslovenske mreže u celini. Za donja ograničenja injektirane reaktivne snage izvora uzimana je, pored raspoloživih vrednosti reaktivnih kapacitivnih snaga, i nulta vrednost. Odnosno pored određivanja stanja u kojima se potpobudjeni režimi nalaze u okviru raspoloživih mogućnosti, analizirana je mogućnost ostvarivanja i stanja EES u kojima je izvršena minimizacija potreba za njima. Rezultati sprovedenih analiza [1] pokazali su: ukoliko je veći deo EES obuhvaćen (odnosno veći broj relevantnih izvora), utoliko je lakše naći takav plan napona izvora koji obezbeđuje minimizaciju ukupnih potreba za potpobudjenim režimima.

Prethodno rečeno, ako se stavlja u praktičan kontekst, uz ostale poznate aspekte i razloge [11], takođe govori u prilog opravdanosti uvođenja tzv. sekundarne i tercijarne regulacije napona i reaktivnih snaga EES, koja bi zbog uočenih specifičnosti imali svoje posebne zahteve u minimalnim režimima rada. Shodno izloženom idejnom konceptu tronivovski hijerarhijske organizacije regulacije [11], uloga sekundarne regulacije napona u minimalnim režimima, koja bi imala regionalni (bazenski) karakter, sastojala bi se u racionalnoj raspodeli potpobudjenih režima u okviru posmatranih bazena, ako za njima postoji potreba. Dalje, tercijarna regulacija napona, koja ima globalni, opštesistemski karakter, obezbe-

divala bi takav plan napona relevantnih izvora koji bi garantovao minimizaciju ukupnih potreba za potpobuđenim režimima, gledajući EES u celini, uz zadovoljenje naponskih ograničenja. Dakle, opisanu regulaciju napona u minimalnim režimima treba tretirati kao sastavni deo jedinstvenog sistema sekundarne i tercijarne regulacije (zajednička informaciona osnova kao i oprema automatike, telekomande i telekomunikacije), ali sa posebnim algoritmima upravljanja, prilagođenih postavljenim ciljevima, što bi trebalo da bude predmet posebnih istraživanja.

UTVRĐIVANJE GRANICE STATIČKE STABILNOSTI AGREGATA TE N. TESLA A I B, U POTPOBUĐENIM REŽIMIMA RADA

U prethodnom izlaganju, pored sagledavanja globalnih aspekata problema, ukazano je kako i u kojoj meri potpobuđeni režimi rade TE N. Tesla A i B mogu da doprinesu uspostavljanju povoljnih naponsko-reaktivnih prilika u minimalnim režimima, posmatrajući EES Jugoslavije u celini. S toga je za praksu važno utvrđivanje limitirajućih faktora u primeni ovih režima.

Za utvrđivanje granice statičke stabilnosti agregata TE N. Tesla, odnosno EES u celini, upotrebljena je metoda »malih oscilacija«, odnosno izvršena je linearizacija odgovarajućih diferencijalnih jednačina oko polaznog, stacionarnog režima. Korišćena je koncepcija prostora stanja, odnosno odgovor o (ne) stabilnosti daju sopstvene vrednosti formirane matrice stanja. U radu [6] pokazano je formiranje ovog modela, kao i kraći opis računarskog programa STSTV razvijenog u Institutu »Nikola Tesla«, sa kojim su izvršene sve potrebne simulacije. Proučavana je samo stabilnost tzv. osnovnog kretanja, s obzirom na ranije utvrđenu činjenicu [5] da je ona znatno kritičnija od stabilnosti unutargrupnih kretanja višeagregatnih elektrana koje imaju tzv. proporcionalnu regulaciju pobude. Modelovan je kompletan 400 kV i 220 kV EES Jugoslavije, sa $N=32$ sinhronih mašina, a polazilo se od minimalnog režima kada su svi izvori imali nominalni napon. Za agregate TE N. Tesla, čija se granica stabilnosti određivala, vršeno je obaranje napona (u koracima od 1% nominalnog napona V_n) sve dok se nije narušila stabilnost, odnosno dok se nije pojavila sopstvena vrednost matrice stanja sa pozitivnim realnim delom. Za svaki od agregata TE N. Tesla ove granice su određivane bar za tri veličine aktivne snage, kako bi se dovoljno tačno formirala tražena kriva u kapacitivnom P, Q kvadrantu generatora.

Dobijeni rezultati prikazani su u narednim tabelama III — VI, a odnose se respektivno na TE N. Tesla A1,2, A3,4, A5,6 i B1,2. U njima se, za datu aktivnu snagu, izraženu u odnosu na nominalnu prividnu snagu P/S_n , daju sledeće relevantne veličine koje odgovaraju dostignutoj granici stabilnosti: napon V/V_n , reaktivna snaga Q/S_n , prividna snaga S/S_n , struja statora I/I_n i ems-la E_q/E_{qn} koja odgovara pobudnoj struji u odnosu na njenu vrednost iz nominalnog

režima. Takođe, prikazuje se i veličina tzv. sinhronizacione snage u odnosu na angažovanu aktivnu snagu P_s/P . Dalje, radi uporedne analize na sl. 1 u kapacitivnom P, Q kvadrantu date su dobijene granice stabilnosti za sve agregate TE N. Tesla.

Tabela III

Relevantne veličine generatora TE N. Tesla A 1,2, koje odgovaraju dostignutoj granici stabilnosti

P/S_n	V/V_n	Q/S_n	S/S_n	I/I_n	E_q/E_{qn}	P_s/P
0.466	0.86	-0.776	0.905	1.052	0.516	-1.03
0.620	0.86	-0.773	0.990	1.152	0.622	-0.84
0.773	0.86	-0.765	1.082	1.265	0.738	-0.72

Tabela IV

Relevantne veličine granice stabilnosti generatora TE N. Tesla A 3,4

P/S_n	V/V_n	Q/S_n	S/S_n	I/I_n	E_q/E_{qn}	P_s/P
0.466	0.84	-0.709	0.848	1.010	0.524	-1.03
0.624	0.84	-0.702	0.939	1.118	0.638	-0.85
0.782	0.84	-0.690	1.042	1.241	0.759	-0.76

Tabela V

Relevantne veličine granice stabilnosti generatora TE N. Tesla A 5,6

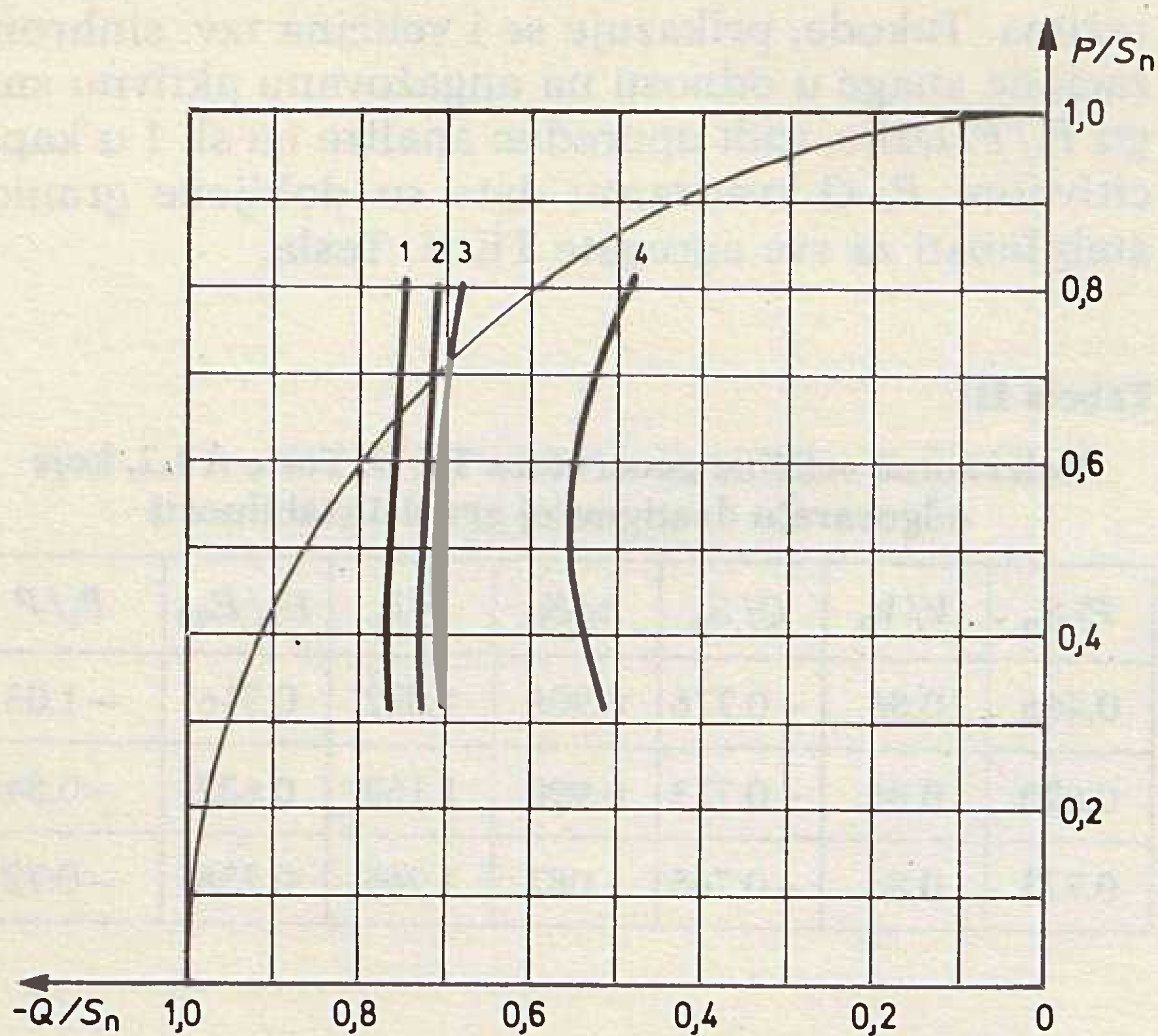
P/S_n	V/V_n	Q/S_n	S/S_n	I/I_n	E_q/E_{qn}	P_s/P
0.466	0.84	-0.727	0.863	1.028	0.534	-1.05
0.624	0.84	-0.719	0.952	1.133	0.645	-0.86
0.782	0.84	-0.706	1.053	1.254	0.765	-0.75

Tabela VI

Relevantne veličine granice stabilnosti generatora TE N. Tesla B1,2

P/S_n	V/V_n	Q/S_n	S/S_n	I/I_n	E_q/E_{qn}	P_s/P
0.374	0.82	-0.540	0.657	0.801	0.435	-0.96
0.576	0.80	-0.571	0.811	1.014	0.639	-0.91
0.780	0.82	-0.485	0.918	1.120	0.772	-0.67

Uz prikazane rezultate treba dati neke napomene u pogledu kretanja napona u EES pri obaranju napona pojedinih agregata TE N. Tesla. Naime, kod obaranja napona agregata TE N. Tesla A1,2 i A5,6 do iznosa prikazanih u tabeli III ($0.86 V_n$), odnosno tabeli V ($0.84 V_n$) nije dolazilo do narušavanja donjeg limita za napone EES. U slučaju TE N. Tesla A3,4, kod napona $0.86 V_n$ dolazilo je do sniženja napona na kraje-



Slika 1. Granice statičke stabilnosti agregata TE N. Tesla A i B (kriva 1 važi za A1,2, kriva 2 za A5,6, kriva 3 za A3,4 i kriva 4 za B1,2)

vima RHE Bajina Bašta ($0,89 V_n$), koja je bila u pumpnom pogonu sa 620 MW i $\cos \varphi = 1$. U suštini to i nije problem s obzirom na regulacione mogućnosti RHE Bajina Bašta. Međutim, kod TE N. Tesla B1,2 praktično su veoma blizu granice stabilnosti i narušavanja naponskih ograničenja. Tako, za $P/S_n = 0,374$, kod napona $0,82 V_n$ napon na 400 kV strani ove elektrane postaje niži od dozvoljenog, za $P/S_n = 0,576$ i $0,82 V_n$, ovom čvoru pridružuju se R. P. Mladost, a za $P/S_n = 0,780$ i $0,82 V_n$, pored pomenu-tih, još i sledeća 400 kV čvorišta: Obrenovac A, Novi Sad i Sombor.

Ako bi se davao komentar dobijenih rezultata, treba najpre naglasiti da oni važe za razmatrani minimalni režim EES Jugoslavije. S obzirom na poznati tzv. sistemski aspekt problema stabilnosti, prikazane granice pretrpeće izmenu dođe li do značajnih strukturalnih promena u EES (promene strukture izvora i mreže). Perspektivno gledano, sa razvojem mreže i uvođenjem novih izvora sasvim je realna procena da će ove granice biti i veće sa aspekta »dubine« rada u potpobudi.

Dalje, treba uočiti da kod agregata TE N. Tesla A1,2, A3,4 A5,6 najpre dolazi do narušavanja ograničenja po struji statora, pa tek onda do narušavanja stabilnosti, a kod TE N. Tesla B1,2 takav odnos je kod srazmerno visokog opterećenja aktivnom snagom. Međutim, kod ovih agregata, kako je to već napomenuto, praktično istovremeno dolazi do narušavanja stabilnosti i naponskih ograničenja u EES. Što se tiče međusobnog odnosa dobijenih granica stabilnosti (sl. 1), uočava se da su »najmanje stabilni« (najmanji relativni iznos reaktivne kapacitivne snage) agregati TE N. Tesla B1,2 što je i sasvim logično s obzirom na odnos njihove snage prema snazi ostalih mašina u EES, a naročito s obzirom na pogoršane tzv. prirodne vrednosti osnovnih parametara (odnos kratkog spoja, konstanta inercije i dr.). Granice stabilnosti

agregata TE N. Tesla A3,4 i A5,6 nalaze se između ovih granica za A1,2 i B1,2, što je takođe logično s obzirom na to da oni imaju nešto bolje prirodne vrednosti svojih parametara u odnosu na B1,2, a nešto gore u odnosu na A1,2. Nešto povoljnija granica agregata A5,6 u odnosu na A3,4 (a radi se o istovetnim agregatima) normalna je posledica činjenice da su oni priključeni na 400 kV mrežu. Dakle, za TE N. Tesla A i B, generalno gledano, uslovi koje nameće obezbeđenje potrebne rezerve stabilnosti daju mogućnosti širokog korišćenja potpobudjenih režima rada. Međutim, dosadašnja istraživanja u nas [2, 3, 4, i 5] ukazivala su da su najoštrija ograničenja u potpobudjenim režima vezana za dozvoljeno zagrevanje čeonice zone. To je i na primeru TE N. Tesla potvrđeno [1], o čemu će ukratko biti reči u narednom izlaganju.

GRANICE (MOGUĆE) ZAGREVANJA TE NIKOLA TESLA A I B U POTPOBUDJENIM REŽIMIMA

U potpobudjenim režimima dolazi do pojačanog zagrevanja čeonih delova statora generatora, naročito izraženo kod generatora većih snaga kao rezultat povećanog magnetnog polja usled fluksa rasipanja bočnih veza namotaja statora. Pri tome, krajnji paketi lima statora kao i pritezne ploče izložene su znatno većim zagrevanju nego ostali delovi mašine. Stoga je, da bi bilo izbegnuto prekoračenje dozvoljenih temperatura u tzv. kritičnim mestima čeonice zone, neophodno ograničiti struju statora, odnosno za angažovanu aktivnu snagu treba utvrditi maksimalno dozvoljenu reaktivnu kapacitivnu snagu.

Zahtevi savremenih EES za potpobudjenim režimima uticali su da proizvođači mašina problemu zagrevanja čeonice zone posvete posebnu pažnju. Najpre su vršene analize i proračuni polja u čeonici zoni, kao i gubitaka, koja su ukazivala na mesta najvećih indukcija. S obzirom na to da se na ovaj način stepen zagrevanja mogao samo približno da odredi, bila su neophodna i neposredna merenja na gotovim mašinama. Dalje, radi proširenja mogućnosti rada u potpobudi kod savremenih je turbogeneratora velikih snaga (300, 500, 600 i 1 000 MW) povećan intenzitet hlađenja u čeonici zoni, a takođe su uvođena različita konstrukciona poboljšanja čeonih elemenata (uvođenje elektroprovodnih ekrana iznad pritezni ploča ili između njih i statorskih limova, nemagnetni materijali za pritezne ploče, magnetni prsten koji je istovremeno magnetni šant i mehanički držač za bočne veze namotaja statora, stepenasti presek krajnjih paketa limova, razređivanje zubaca u tom delu i dr.).

U konkretnom slučaju generatora TE Nikola Tesla A i B, učinjen je pokušaj da se do traženih granica zagrevanja dođe naknadnim obraćanjem proizvođaču, uzimajući istovremeno u obzir i dosadašnja svetska iskustva za iste ili slične mašine.

Problem zagrevanja čeonice zone turbogeneratora TGV 200 sovjetske proizvodnje (generatori A1 i A2 u TE N. Tesla) detaljno je proučavan [15]. Izvršene analize i merenja za ovaj tip mašine proizvedene 1962. doprinela su da se izvrši njegova modernizacija

radi proširenja zone rada u potpobudi. Povećan je pritisak vodonika sa 0.3 na 0.4 MPa i izvršene su odgovarajuće konstrukcione promene u čeonom delu. Za tako modernizovani generator TGV-200, nared-

bom glavnog ministarstva energetike SSSR 1973. god. [16] date su dozvoljene granice rada u potpobudi u vidu sledeće tabele:

Tip turbogeneratorsa	Dodatni uslovi	Natpritisak vodonika MPa	Dozvoljena reaktivna snaga koju mašina prima iz mreže pri aktivnoj snazi P_n , MVar					
			100%	95%	90%	80%	60%	40%
TGV – 200 $P_n = 200$ MW $\cos \varphi_n = 0,85$ $U_n = 15,75$ kV	Pre modernizacije sistema hlađenja jezgra statora	0,3	50*	20*	8*	17	35	50
	Posle modernizacije sistema hlađenja jezgra statora	0,3	0	15	25	40	53	60
		0,4	16	30	40	50	65	75

* Mašina odaje reaktivnu snagu (natpobudena)

Isto ministarstvo izdaje 1974. za TGV-200 novu instrukciju [17] u vidu odgovarajućeg pogonskog dijagrama (u kapacitivnom kvadrantu P, Q ravni generatora uvedene vrednosti iz prethodne tabele koja se odnosi na modernizovani generator). Ti podaci su i dalje na snazi, što potvrđuje dobijeni izvještaj sovjetskog isporučioaca dobijen na zahtev ZJE, odnosno oni važe za sve turbogeneratore tipa TGV-200 koji su ugrađeni u termoelektranama Jugoslavije od 1966. do 1974. godine.

Što se tiče ostalih generatora TE N. Tesla (A3, A4, A5, A6 i B1), od proizvođača se nije dobio decidan odgovor o dozvoljenim granicama zagrevanja (u pogonskim kartama bile su date granice stabilnosti, koje naravno treba samo uslovno prihvatiti). Stoga može biti samo reči o mogućim okvirima u skladu sa raspoloživim podacima o istim ili sličnim generatorima. Na primer, u Francuskoj je usvojeno da generatori moraju biti tako proračunati da mogu da primaju reaktivnu snagu jednaku 0,35 od nominalne prividne snage, pri nominalnoj aktivnoj snazi. Tome odgovaraju faktori snage (kapacitivni) $\cos \varphi = 0.932$ i 0.925 pri $\cos \varphi_n = 0,9$ i $0,85$ respektivno. Dalje, u okviru međunarodnog elektrotehničkog Komiteta (Radna grupa za obrtne mašine) 1980. godine dat je predlog [14] o takvoj standardizaciji da generatori koji imaju odnos kratkog spoja ne manji od 0.4 mogu trajno da primaju reaktivnu snagu pri $\cos \varphi = 0.95$, bez sniženja aktivne snage.

Dakle, sudeći prema svetskoj praksi, potpobudeni režimi turbogeneratorsa velikih snaga primenjuju se u realnom pogonu EES, sa značajnim iznosima vrednosti reaktivne kapacitivne snage.

S obzirom na izneto činjenično stanje u konkretnom slučaju TE N. Tesla, odnosno njenih generatora do 300 i 600 MW, a imajući u vidu mogućnosti generatora od 200 MW, bio bi sigurno značajan i rad sa $\cos \varphi = 1$, koji je svakako dozvoljen (velika reaktivna snaga bi se »trošila« u blok-transformatorima), kada za to postoji potreba s aspekta EES Jugoslavije u celini.

ZAKLJUČAK

Provedene analize minimalnih režima 400 kV i 220 kV mreže Jugoslavije i njihove osetljivosti na varijacije relevantnih faktora pokazale su da su česti slučajevi kada je potrebno da pojedini generatori prelaze u potpobudeni režim radi ostvarivanja povoljnih naponsko-reaktivnih prilika EES u celini. Takođe, pomenute analize su ukazale na veliki praktičan značaj adekvatnog upravljanja naponima izvora, kao jednoj veoma efikasnoj tzv. eksploatacionoj meri, posebno značajnoj u minimalnim režimima, a u cilju minimizacije ukupnih, odnosno pojedinačnih potreba za potpobudnim režimima rada. Drugim rečima, provedena istraživanja, uza sve ostale poznate razloge, aktualizuju potrebu za praktičnim uvođenjem sistema sekundarne i tercijarne regulacije napona EES Jugoslavije u celini, koji će imati posebne zahteve u minimalnim režimima. U pomenutom kontekstu značajnu ulogu imaju generatori TE N. Tesla A i B, s obzirom na njihovu veličinu, mesto i način priključka u EES.

Granice statičke stabilnosti generatora TE N. Tesla utvrđene su simulaciono, obuhvatajući kompletan 400 kV i 220 kV sistem Jugoslavije. Paralelno sa time sagledavana su ograničenja koja nameću dozvoljena struja statora i dozvoljeni nivo napona EES. Do bitnijih promena dobijenih granica stabilnosti, inkorporiranih u P, Q kapacitivni kvadrant pogonske karte generatora, dolaziće kod značajnih strukturnih promena u EES Jugoslavije, odnosno realna je procena da granice stabilnosti sa daljim razvojem sistema mogu da obezbede još »dublji« rad u potpobudi.

Ograničenja koja nameće toplotno stanje čeonice zone turbogeneratorsa TE N. Tesla, dobijena od proizvođača (za generatore A1 i A2), ili procenjena kao moguća (za generatore A3-A6 i B1), u skladu sa savremenim svetskim iskustvima za iste ili slične generatore, znatno su stroža od utvrđenih granica stabilnosti. Kako je takav odnos ograničenja usled zagrevanja i

stabilnosti karakterističan za generatore velikih snaga u EES Jugoslavije, problem utvrđivanja granice zagrevanja ima važan praktičan značaj. To se posebno odnosi na perspektivno predviđene generatore, za koje od proizvođača treba zahtevati precizne i pouzdane granice zagrevanja čeone zone, inkorporirane u kapacitivni kvadrant pogonske karte.

PRILOG I.

Metoda za brzo i približno određivanje poželjnog plana napona izvora radi racionalizacije potpobuđenih režima

Razmatra se elektroenergetski sistem sa ukupno N čvorova, od kojih su NG generatorski, predstavljen matricom admitansi čvorova Y (crtica ispod slova označava fazorsku, a crtica iznad vektorsku veličinu). Polazi se od poznatog stanja EES, definisanog vektorom fazora napona svih čvorova \bar{V} . Admitanse potrošača, sračunate na bazi poznatih injektiranih aktivnih i reaktivnih snaga i modula napona u tim čvorovima, dodaju se odgovarajućim dijagonalnim elementima matrice Y , a zatim se izvrši eliminacija svih tih potrošačkih čvorova. Veza između vektora injektiranih struja \bar{I}_G i vektora napona \bar{V}_G generatorskih čvorova izražava se na poznati način:

$$\bar{I}_G = Y_G \bar{V}_G, \quad (1)$$

gde je:

Y_G — kvadratna matrica admitansi generatorskih čvorova, reda NG dobijena eliminacijom svih potrošačkih čvorova.

Za tako transformisani sistem injektirane prividne snage generatorskih čvorova biće:

$$S_{Gi} = V_{Gi} I_{Gi}^*, \quad i = 1, 2, \dots, NG \quad (2)$$

a tražena injektirana snaga, koristeći polarne koordinate, u skladu s (1) i (2) biće

$$Q_{Gi} = V_{Gi}^2 Y_{Gii} \cos \mu_{Gii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{NG} V_{Gi} V_{Gj} Y_{Gij} (\cos \delta_{ij} - \mu_{Gij}) \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, NG,$$

gde je:

$Y_{Gij}' \mu_{Gij}$ — modul i komplementarni ugao admitanse Y_{Gij}'

$\delta_{ij} = \delta_i - \delta_j$ — razlika uglova modula napona čvorova i i j .

S obzirom na prirodu problema tretiranog u radu bilo je potrebno da se, za razmatrani ustaljeni režim, nađe neka praktična mera osetljivosti promene reaktivne snage izvora pri promeni napona. Za taj cilj, dobru indicaciju (u razmatranim primerima EES Jugoslavije, greška se kretala nekoliko procenata i nije prelazila 5%) daje sledeća linearizovana matična jednačina:

$$\Delta \bar{Q}_G = \frac{\partial Q_G}{\partial V_G} \Delta \bar{V}_G, \quad (4)$$

gde je:

$\Delta \bar{V}_G$ — vektor korekcije prethodno zadatih modula napona izvora za koji je dobijeno polazno stanje EES,

$\Delta \bar{Q}_G$ — vektor promene injektiranih reaktivnih snaga izvora u odnosu na vrednost iz polaznog stanja,

$\frac{\partial Q_G}{\partial V_G}$ — matrica osetljivosti, kvadratna matrica reda NG čiji su elementi:

$$\frac{\partial Q_{Gi}}{\partial V_{Gi}} = 2 V_{Gi} Y_{Gii} \cos \mu_{Gii} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{NG} V_{Gj} Y_{Gij} \cos (\delta_{ij} - \mu_{Gij})$$

$$i = 1, 2, \dots, NG$$

$$\frac{\partial Q_{Gi}}{\partial V_{Gj}} = - V_{Gi} Y_{Gij} \cos (\delta_{ij} - \mu_{Gij})$$

$$j = 1, 2, \dots, NG$$

$$j \neq i$$

Dakle, posredstvom jednostavne jednačine (4), specificirajući željene korekcije reaktivne snage izvora u odnosu na posmatrani režim (npr. minimizacija potreba za potpobuđenim režimima ili pak za njihovu raspodelu na elektrane koje su najpogodnije za to), dobija se dobra indicacija za poželjni novi plan napona izvora.

Na kraju, za definisano novo upravljanje naponima, odnosno za izračunati novi vektor \bar{V}_G , brza provera napona potrošača obavlja se pomoću izraza:

$$\bar{V}'_P = - Y^{-1}_{PP} Y_{PG} \bar{V}'_G,$$

gde su:

Y_{PP} — kvadratna matrica admitansi potrošačkih čvorova, reda $(M = N - NG)$;

Y_{PG} — pravougaona matrica admitansi konekcije proizvodnih i potrošačkih čvorova, dimenzije $M \times NG$.

LITERATURA

- [1] »Analiza podpobuđenih režima rada termoelektrane »N. Tesla« A i B», studija Instituta »N. Tesla«, Beograd, 1984.
- [2] »Rad sinhronih generatora u potpobudi u sistemu Srbije za period 1975, 1980. i 1985.-II deo«, studija Instituta »N. Tesla«, Beograd, 1974.
- [3] »Provera efekata velikih turbogeneratora 300, 500 i 600 MW standardnih konstrukcija na zahtev uklapanja u sistem Srbije«, studija Instituta »N. Tesla«, Beograd, 1978.
- [4] D. POPOVIĆ, D. PETROVIĆ: »Ograničenja u primeni podpobuđenih režima rada sinhronih generatora elektroenergetskog sistema Srbije«, XII savetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Budva, 1975, časopis »Elektroprivreda«, br. 9-10, 1975.

- [5] D. POPOVIĆ: »Analiza uticaja višeagregatnosti na statičku stabilnost elektrane u podpobudenom režimu rada«, XIII savetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Bled, 1977.
- [6] S. JOVANOVIĆ, D. POPOVIĆ: »Jedan matematički model i računarski program analize statičke stabilnosti multimašinskih elektroenergetskih sistema«, »Elektroprivreda«, br. 5-6, 1982.
- [7] D. PETROVIĆ, S. SPASOJEVIĆ: »Mogućnost podpobudenog režima rada turbogeneratorskog i savremena iskustva«, XVII savetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, Struga, 1985.
- [8] Z. TONKOVIĆ: »Aspekti visokih napona u sistemu sa posebnim osvrtom na uklapanje voda Konjsko — Obrovac — Meline«, »Elektroprivreda« br. 1-2, 1984.
- [9] »Planiranje i oblikovanje prenosne mreže za utvrđene izvore i konzum do 1985. god., sa osvrtima na 1990. i vizijom 2000. godine, studija Instituta »N. Tesla«, Beograd, 1979.
- [10] »Predlog oblikovanja i razvoja prenosne mreže SR Srbije, naponskih nivoa 110, 220 i 400 kV za period 1980-1990. god., studija Instituta »N. Tesla«, Beograd, 1980.
- [11] M. ČALOVIĆ: »Opšta strategija regulacije napona i reaktivnih snaga u prenosnim mrežama«, V stručno savetovanje o upravljanju u informatici u elektroprivredi Jugoslavije, Cavtat, 1984.
- [12] C. DECHAMPS, R. NUYTEN, J. VENKELECOM: »Constrained load flow-optimum power flow; user's manual«, Systems-Europe S.A., Bruxelles, 1978.
- [13] J. CARPENTIER: »Optimal power flows«, Electrical Power Energy Systems, Vol.1, April 1979.
- [14] »Energetika u inostranstvu — Električne mašine«, prikaz referata na CIGRE 1980. Moskva 1982. (na ruskom)
- [15] »Pouzdanost savremenih i perspektivnih turbogeneratorskih«, pod redakcijom Ščastljivog, Kijev, 1978. (na ruskom)
- [16] »Električne centrale«, No 3, 1974, Ukaz MINERGO — SSSR
- [17] »Električne centrale«, No 2, 1975. Ukaz MINERGO — SSSR.

UNDEREXCITED OPERATION OF POWER PLANTS IN REGULATION OF VOLTAGE AND REACTIVE POWER IN MINIMUM CONDITION OF YUGOSLAVIAN POWER SYSTEM

In the article are analysed relevant aspects of underexcited operation of power plants considering possibilities for regulation of voltage and reactive power in minimum condition of 400 kV and 220 kV Yugoslavian net. For generators of TPP »Nikola Tesla« an analysis is made for determination of limiting factors of underexcited operation.

ARBEITSREGIME DER ELEKTROWERKE IN DER FUNKTION UNTERERREKTE DER REGULIERUNG DER SPANNUNGSREAKTIVER VERHÄLTNISSE IN DEN MINIMALEN REGIMEN DES EES JUGOSLAWIENS MIT BETONUNG AUF TE NIKOLA TESLA.

In der Arbeit werden relevante Aspekte der Anwendung der Arbeitsregime der Elektrowerke bisher untersucht in Bezug auf die Möglichkeiten des ungenügend gebrauchten Mittels zur Regulierung der Spannungsreaktiven Verhältnisse in den minimalen Regimen 400 kV und 220 kV des Netzes Jugoslawiens. Im erwähnten Kontext spricht man besonders über TE »Nikola Tesla« für dessen Aggregate man die Grenzfaktoren in der Anwendung der untererrekten Regime festzustellen versuchte.

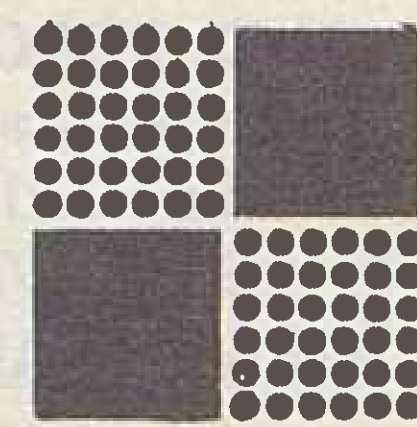
РЕЖИМЫ НЕДОВОЗБУЖДЕНИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ФУНКЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ НАПРЯЖЕНИЯ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В МИНИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ ЭЭС ЮГОСЛАВИИ С ОСОБЫМ УЧЕТОМ РАБОТЫ ТЭС »НИКОЛА ТЕСЛА«

В статье исследуются первостепенные аспекты применения режимов недо возбуждения работы электростанций до настоящего времени по отношению к возможности недостаточного использования регулирования напряжения и реактивной мощности в минимальных режимах 400 кВ и 220 кВ сетей Югославии. В приведенном контексте особо учитывается участие ТЭС »Никола Тесла«, для всех агрегатов которой сделана попытка определения лимитирующих факторов в применении режимов недо возбуждения.

Naslov pisaca:

dr Dragan Popović, dipl. inž.
dr Dragan Petrović, dipl. inž.
mr Vencelj Ljubić, dipl. inž.
Institut »Nikola Tesla«
11000 Beograd
Viktora Igoa 3, Jugoslavija

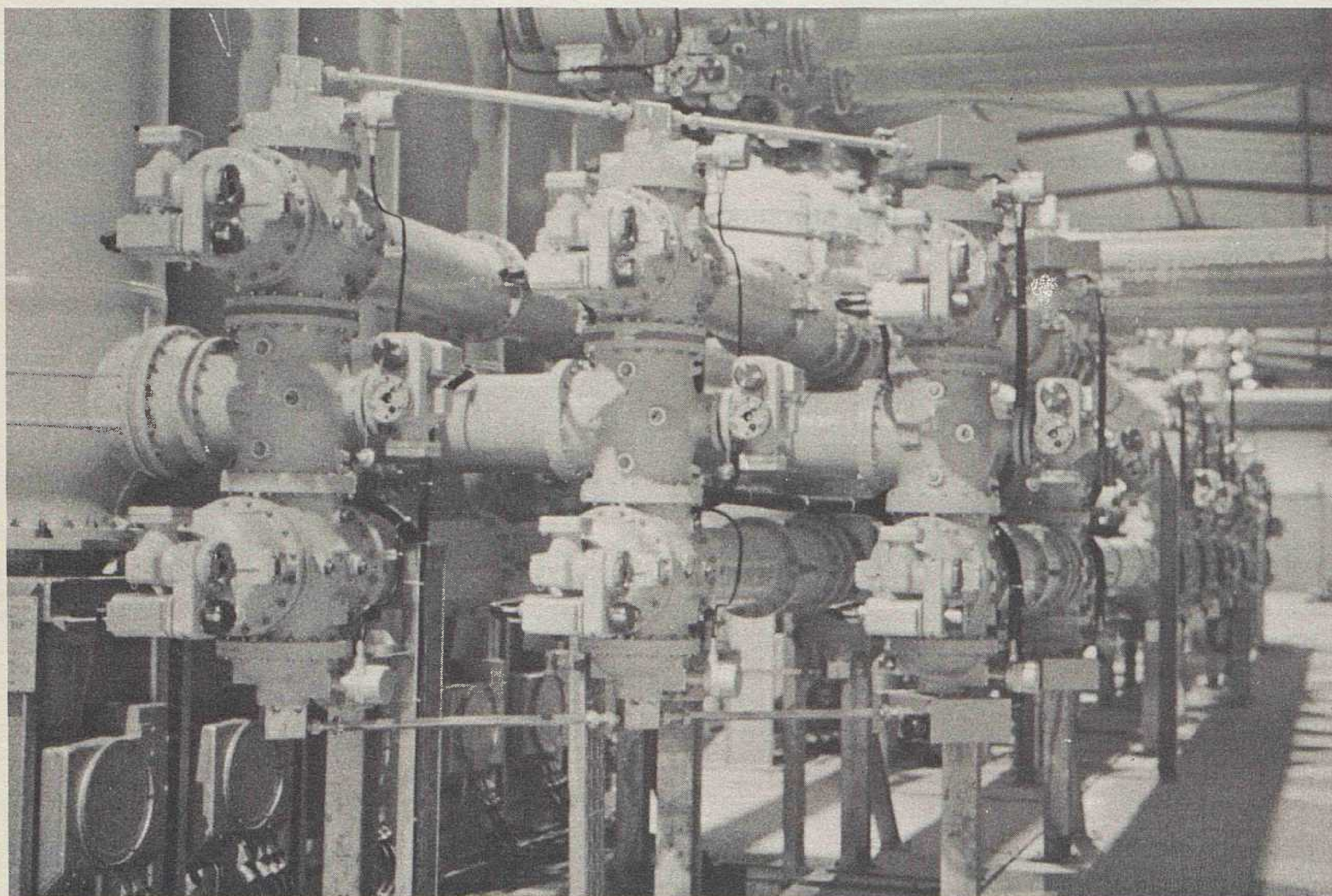
Uredništvo primilo rukopis
1985-06-07



Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOOR za elektromontažne radove

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



TS JALO

POTREBA IZGRADNJE TS 400/110 kV ŽERJAVINEC RADI POVEĆANJA SIGURNOSTI SNABDIJEVANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM GRADA ZAGREBA

mr Jakša Topić — mr Damir Pešut — Nikola Bilčar, Zagreb

UDK 621.311.4

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U članku je prikazan postupak za određivanje najekonomičnijeg nivoa sigurnosti sistema proizvodnje i prijenosa električne energije. Kriterij za određivanje tog nivoa je maksimalna društvena korist koja se postiže usporedbom troškova izgradnje, održavanja i pogona i šteta zbog neraspoloživosti. Ovaj postupak je primjenjen kod utvrđivanja potrebe izgradnje TS 400/110 kV Žerjavinec — Zagreb.

Ključne riječi: Sigurnost napajanja električnom energijom, parametri raspoloživosti, prekidi napajanja električnom energijom, valorizacija varijanti izgradnje.

1. UVOD

Pri planiranju razvoja elektroenergetskog sistema dimenzioniranje nivoa izgradnje obavlja se prema očekivanim potrebama što znači da pomoć drugih sistema (neplanirana razmjena), s kojima je sistem povezan, ne može i ne treba biti element planiranja razvoja u dijelu izgradnje elektrana. Mogućnosti zadovoljenja potrošnje koje proizlaze iz povezanosti sistema trebalo bi svesti samo na osiguranje potrebne rezerve sistemu.

Planiranje izgradnje mreže prati razvoj potrošnje, prostorni raspored izvora i njihove mogućnosti. Ukratko bi se moglo reći da se plan izgradnje mreže temelji na pretpostavkama izgradnje proizvodnih postrojenja. Međutim, postavlja se pitanje što se događa sa sigurnošću zadovoljenja potrošača ako se neke od temeljnih postavki ne ostvare ili se djelomično ostvare? Očito u tim slučajevima mreža može, ali i ne mora amortizirati novonastalu situaciju. Rješenja su ili kroz dodatnu izgradnju mreže ili djelovanjem na pretpostavke, ako je to moguće, ili na jedno i drugo. Pravila nema i svaki slučaj treba posebno analizirati.

Ove uvodne napomene bile su potrebne za daljnju analizu sigurnosti opskrbe Zagreba. Naime, jedna od temeljnih komponenti sigurnosti opskrbe Zagreba jest rad TE Sisak. Međutim, u posljednje vrijeme, zbog poteškoća u osiguranju dovoljnih količina tekućeg goriva, TE Sisak radi znatno manje nego što bi objektivno bilo potrebno prema elektroenergetskoj bilanci. U trenucima kada ne radi TE Sisak, Zagreb gubi jednu pojnu točku, što znatno ugrožava sigurnost snabdijevanja. Prema tome, uzrok nesigurnosti izazvan je neostvarivanjem pretpostavki o radu TE Sisak.

Ako se rješenje traži kroz dodatnu izgradnju mreže odnosno izgradnju nove pojne točke, onda veća sigurnost znači veće troškove izgradnje i održavanja, ali i manje štete zbog neraspoložive električne energije. Ta dva međusobno oprečna kretanja troškova pri povećanju sigurnosti sistema navode na traženje optimalnog rješenja u kompromisu troškova izgradnje i šteta zbog neraspoložive električne energije. To znači da pri analizi varijanti izgradnje maksimalnu društvenu korist osigurava varijanta s minimalnim zbrojem troškova izgradnje i šteta zbog neraspoloživosti.

2. TEORIJSKE OSNOVE PRORAČUNA

Ako se za mjeru sigurnosti elektroenergetskog sistema S uzme omjer neisporučene električne energije zbog neplaniranih prekida opskrbe konzuma NE i ukupnih potreba konzuma E u godini t , prirodno je nesigurnost sistema \bar{S} u godini t definirati kao

$$\bar{S}_t = 1 - \frac{NE_t}{E_t} \quad (1)$$

Za pojedine godine ($t=0,1,\dots,T$) i varijante izgradnje j slijede izrazi za svođenje na sadašnju vrijednost:

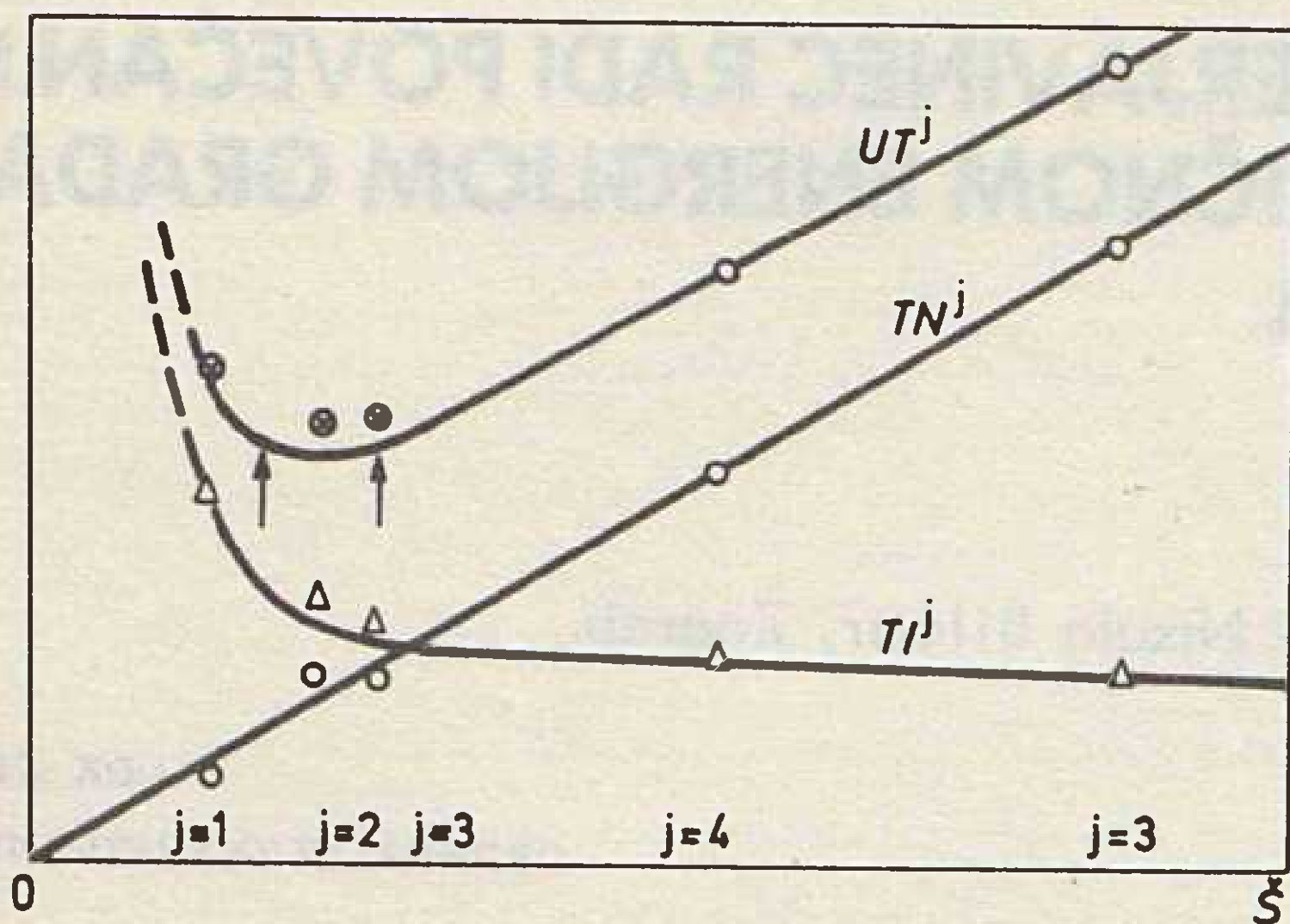
$$\bar{S}^j = 1 - \left(\frac{\sum_{t=0}^T \frac{NE_t^j}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{E_t^j}{(1+r)^t}} \right) \quad (2)$$

$$TN^j = \sum_{t=0}^T \frac{TN_t^j}{(1+r)^t}; \quad TI^j = \sum_{t=0}^T \frac{TI_t^j}{(1+r)^t} \quad (3)$$

$$UT^j = TN^j + TI^j \quad (4)$$

Sa TN_t^j označene su štete varijante izgradnje j u godini t , a sa TI_t^j dodatni stalni i varijabilni troškovi dodatne izgradnje sistema uključujući i dodatne troško-

ve gubitaka snage i energije u mreži, u godini t. Na slici 1. prikazan je princip određivanja optimalnog nivoa sigurnosti, odnosno intervala koji obuhvaća najekonomičnije varijante izgradnje.



Slika 1. Princip određivanja optimalnog nivoa sigurnosti EES

Da bi se izveo opisani postupak, treba poznavati neku od metoda za izračunavanje očekivane neisporučene električne energije zbog neplaniranih prekida opskrbe konzuma i za određivanje šteta po kWh neisporučene električne energije.

2.1. Parametri raspoloživosti komponenata sistema proizvodnje i prijenosa električne energije

Pod pojmom sistem proizvodnje i prijenosa (bulk power system) misli se na sistem proizvodnih jedinica, prijenosnih vodova i transformatorskih stanica. Komponentama ovako definiranog sistema smatraju se prijenosni vodovi, transformatori i vodna polja, te agregati u elektranama.

Stacionarna vrijednost funkcije raspoloživosti komponente koja može poprimiti samo dva stanja (rad, kvar) jest:

$$A = \frac{T_r}{T_r + T_k} \quad (5)$$

gdje je T_r srednje trajanje razdoblja između dva kvara, a T_k srednje trajanje kvara komponente. Neraspoloživost komponente je $\bar{A} = 1 - A$. Kvar komponente je trajni ispad komponente koji se može eliminirati jedino popravkom ili zamjenom. Primjer trajnog ispada je udarac groma koji izaziva oštećenje komponente.

Uz pretpostavku eksponencijalne funkcije distribucije trajanja razdoblja između dva kvara i trajanja kvara komponente [2,3] vrijedi da je $T_r = 1/\lambda$ a $T_k = 1/\mu$, gdje je λ konstantna učestalost kvara komponente izražene brojem kvarova u godini dana, a μ konstantna učestalost popravka komponente, pa je:

$$A = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (6)$$

U praksi se uobičajeni parametri raspoloživosti komponente, učestalost kvara λ i srednje trajanje kvara

T_k , izražavaju u satima. Ove se veličine za svaku vrstu komponente određuju iz pogonske statistike dovoljno velikog broja komponenti iste vrste u dužem vremenskom razdoblju. Za vodove, transformatore i vodna polja nepraktično je pratiti trajanja razdoblja rada između dva kvara, pa se zapravo registrira broj kvarova i njihovo trajanje, te se statističkom obradom [4] procijeni učestalost kvara $\hat{\lambda}$ i srednje trajanje kvara \hat{p} . Raspoloživost komponente je:

$$A = \frac{8760}{\hat{\lambda} \cdot \hat{p} + 8760} \quad (7)$$

gdje je $\hat{\lambda}$ u 1/god., a \hat{p} u satima. Raspoloživost izračunata izrazom (7), na temelju registriranja broja kvarova, odstupa od vrijednosti koja bi se dobila iz (5) registriranjem trajanja razdoblja rada između dva kvara, to manje što je kraće trajanje kvara \hat{p} . Za spomenute komponente trajanje kvara relativno je kratko i ova razlika je zanemariva. Međutim, kod termoagregata je trajanje kvara za red veličine veće, pa je potrebno registriranje trajanja razdoblja rada između dva kvara i izračunavanje njegove srednje vrijednosti, \hat{T}_r . $\hat{\lambda}$ se izračunava kao recipročna vrijednost \hat{T}_r [5]

2.2. Štete zbog neplaniranih prekida opskrbe

Neisporučena električna energija zbog zastoja u proizvodnji, prijenosu ili distribuciji izaziva štete i na strani isporučioaca i potrošača. Međutim, te je štete teško izmjeriti. Štoviše, neke nisu ni mjerljive, kao na primjer povećani stupanj ugroženosti ljudskih života u saobraćaju ili bolnicama.

Štete bitno ovise o vrsti potrošača. Naime, dio štete vezan je za samo javljanje zastoja, a drugi uz njegovo trajanje, što je specifično za svaku vrstu potrošača posebno. Štete se odnose na uništeni materijal koji je bio u procesu proizvodnje, te na tržišnu vrijednost, zbog zastoja neostvarene proizvodnje robe [1], a utvrđuju se anketiranjem i snimanjem procesa proizvodnje i zastoja. Problem određivanja šteta na nivou prijenosa koji opskrbljuje šire privredno područje upućuje na primjenu makroekonomskih pokazatelja kao što je društveni proizvod. U stvari, treba odrediti koliko se društvenog proizvoda stvara po jedinici utrošene električne energije, jer je to dio društvenog proizvoda koji se gubi po neisporučenoj jedinici energije. Ovaj odnos određuje se iz korelativne povezanosti društvenog proizvoda i potrošnje električne energije. Kako je potrošnja u domaćinstvima znatan dio ukupne potrošnje, a domaćinstva ne sudjeluju u stvaranju društvenog proizvoda, njihova se potrošnja pri određivanju korelativne veze odbija od ukupne potrošnje. Međutim, neplanirani izostanak električne energije u domaćinstvu izaziva nelagodu, onemogućava gledanje televizijskog ili slušanje radio-programa, čitanje ili sasvim općenito odmor koji je najčešće ograničen na nekoliko večernjih sati. Prema [1] je vrijednosni ekvivalent ovakvog onemogućavanja uživanja ostvarenog standarda domaćinstva po jednom satu večernjeg odmora, jednak ukupnom mjesečnom prihodu domaćinstva po jednom radnom satu u mjesecu.

2.3. Metoda za određivanje očekivane neraspoložive energije

U osnovi kvar sistema je izazvan ako je na jednom konzumnom čvorištu ili na više čvorišta prekinuta opskrba električnom energijom, ili je njezina kvaliteta nepropisna. To znači da je u nekom trenutku sistem u kvaru ako je:

- snaga izvora nedovoljna da zadovolji ukupne potrebe konzuma
- zbog kvara jedne ili više komponenti sistema omogućena potrebna opskrba konzuma, bilo zbog fizičkog odvajanja jednog ili više konzumnih čvorova, bilo zbog preopterećenja vodova
- napon ili frekvencija jednog ili više konzumnih čvorišta izvan dozvoljenih granica.

Kod metoda određivanja sigurnosti sistema za planiranje obično se uvažavaju prve dvije od navedenih stavki za utvrđivanje kvara sistema, tj. u proračunu očekivane neraspoložive energije uzimaju se u obzir samo raspoloživosti, odnosno neraspoloživosti proizvodnih i prijenosnih kapaciteta. Da li je neko stanje sistema prekid opskrbe ili ne, određuje se proračunom tokova snage, i to jednostavnijim postupcima zbog velikog broja ispitivanja. Potrebe potrošača na svakom konzumnom čvorištu mijenjaju se u toku vremena, pa se prema tim promjenama mijenja i ukupno opterećenje i proizvodnja u sistemu. Zbog toga neko stanje sistema koje je kvar sistema u razdoblju višeg opterećenja može biti stanje ispravnog rada sistema za razdoblje nižeg opterećenja sistema. Uz pretpostavku, doduše grubu, da se opterećenja svih konzumnih čvorišta u toku vremena mijenjaju simultano i proporcionalno, za cijeli je sistem dovoljno poznavati samo ukupnu krivulju trajanja opterećenja i odnose maksimalnih opterećenja pojedinih konzumnih čvorišta. Prema [2] vjerojatnost nastupanja kvara (neraspoloživost) sistema P_K približno je jednaka zbroju doprinosa svih minimalnih presjeka:

$$P_K \approx \sum_1 P_l \cdot q_l, \quad (8)$$

gdje je za l -ti minimalni presjek doprinos ukupnoj vjerojatnosti kvara sistema:

$$P_l \cdot q_l = (\pi \bar{A}_j) \cdot q_l, \quad (9)$$

$j \in C_l$

Minimalnim presjekom C_l smatra se svaki skup komponenata u kvaru, u kojem popravak svake pojedine komponente dovodi sistem u ispravno stanje. Minimalni presjek je prvog, drugog, ..., n -tog reda, prema tome od koliko se komponenata sastoji. Za potrebe planiranja sistem pouzdanijih komponenti računa se s minimalnim presjecima najviše do trećeg reda. U (9) je j indeks komponente u minimalnom presjeku C_l , a \bar{A}_j neraspoloživost komponente j . Svaki minimalni presjek predstavlja kvar sistema, odnosno sistem u tom stanju može osigurati snagu L koja je manja od maksimalne potrebe konzuma. Međutim, ako takvo stanje kvara nastupi u trenutku kad su ukupne potrebe konzuma manje od L , sistem nije u

kvaru jer može zadovoljiti potrebe. Zbog toga je vjerojatnost da je stanje minimalnog presjeka ujedno i kvar sistema jednaka relativnom trajanju opterećenja L u toku jediničnog vremenskog razdoblja. Ta je vjerojatnost u izrazima (8) i (9) označena sa q_l . Očekivana neraspoloživa energija stanja C_l jednaka je produktu:

$$\Delta e_l = p_l \cdot \Delta L_l, \quad (10)$$

gdje je ΔL_l površina određena krivuljom trajanja opterećenja iznad snage L . Udio u Δe_l svakoga pojedina konzumnog čvorišta obuhvaćenog minimalnim presjekom C_l proporcionalan je udjelu snage u maksimalnom opterećenju. Očekivana neraspoloživa energija sistema je:

$$\Delta E = \sum_l \Delta e_l \quad (11)$$

Vjerojatnost kvara u pojedinom čvorištu jednaka je zbroju doprinosa ukupnoj vjerojatnosti kvara sistema onih minimalnih presjeka koji obuhvaćaju to čvorište. Vjerojatnost kvara pomnožena trajanjem osnovnog vremenskog razdoblja daje očekivano trajanje nezadovoljenja konzuma.

Uvođenjem krivulje trajanja opterećenja u programski paket za proračun pouzdanosti i raspoloživosti prijenosne mreže omogućeno je izračunavanje očekivane neraspoložive energije sistema proizvodnje i prijenosa. U postupak nije uključen utjecaj olujnog vremena [2,3].

3. ANALIZIRANA MREŽA I PARAMETRI RASPOLOŽIVOSTI POJEDINIH KOMPONENTI

Za određivanje sigurnosti opskrbe električnom energijom grada Zagreba u 1990. god. analiziran je sistem proizvodnje i prijenosa električne energije regije Zagreb koji je prikazan na sl. 2.

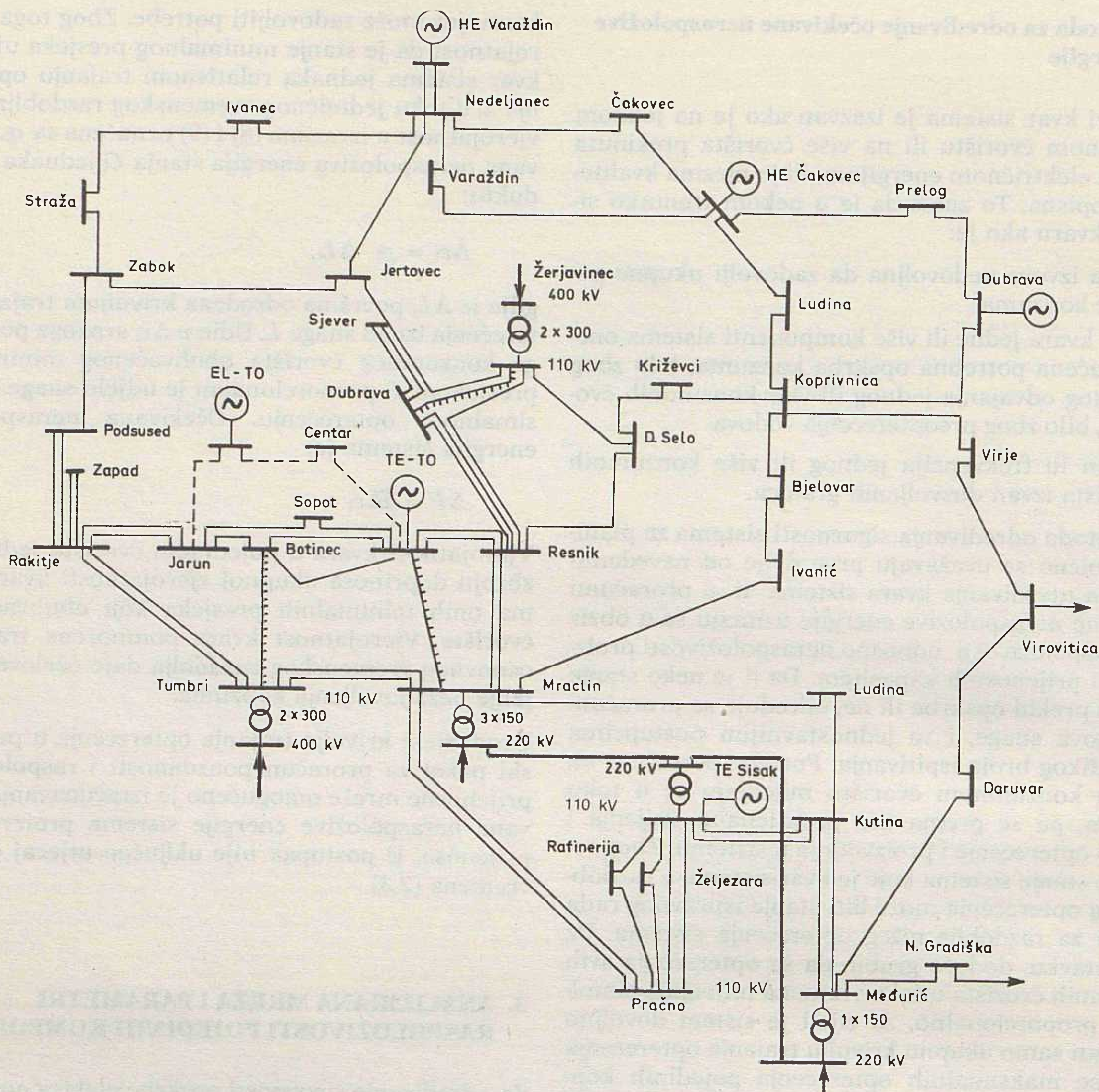
Veza 400 kV i 220 kV mreže s ostalim dijelom EES Jugoslavije predstavljena je ekvivalentnim generatorima u TS 400/110 kV Tumbri, TS 220/110 kV Mracilin i TS 220/110 kV Međurić.

Maksimalna opterećenja čvorišta potrošnje koja se očekuju u 1990. god. i angažiranje pojedinih izvora na području regije Zagreb uzeta su prema podacima iz lit 9.

Prema prethodno izvršenim analizama sa 100 %tnom sigurnošću u čvorištima, koji predstavljaju ekvivalentne generatore, može se iz ostalog dijela EES Jugoslavije očekivati ova snaga:

400 MW u TS Tumbri na	400 kV
150 MW u TS Mracilin na	220 kV
50 MW u TS Međurić na	220 kV.

Vjerojatnost većih iznosa snaga određena je prema analizama liz lit. 7. i prikazana u tablici 1.



Slika 2. Shema pretežnog dijela sistema proizvodnje i prijenosne mreže 110 kV regije Zagreb u 1990. godini

Tablica 1.

Snaga MW	Vjerojatnost	Kumulativna vjerojatnost
TS Tumbri		
700	0,91	0,91
600	0,03	0,91
500	0,03	0,97
400	0,03	1,00
TS Mraclin		
300	0,75	0,75
200	0,20	0,95
150	0,05	1,00
TS Međurić		
200	0,850	0,850
100	0,149	0,999
50	0,001	1,00

Mjesečna krivulja trajanja opterećenja regije Zagreb, aproksimirana sa tri pravca [10], zadana je zbrojem konstanti α i β blizu jedinice, relativnim konstantnim opterećenjem 0,5 i trajanjem varijabilnog opterećenja od 692 sata.

Raspoloživost vodova 110 kV određena je analizom uzorka vodova »Elektroprenosa« Zagreb u razdoblju od pet godina. Dobiveni su parametri učestalosti kvara: približno jednom godišnje po 100 km voda i u trajanju od 11,5 h. To je rezultat koji odgovara parametrima 110 kV vodova iz strane literature.

Za vod 220 kV TS Mraclin — TE Sisak pretpostavljena je raspoloživost s učestalošću kvara jednom u pet godina po 100 km voda u trajanju popravka od 50 h. Ta raspoloživost uzeta je i za vod 400 kV TS Tumbri — TS Žerjavinec.

Parametri raspoloživosti termoagregata prikazani su u tablici 2, a dobiveni su obradom podataka za razdoblje od pet godina [7].

Tablica 2.

Naziv elektrane	Broj i snaga (MW)	P (MW)	Vjerojatnost
TE-TO	2 × 29 2 × 110	168	0,8518
		129	0,0656
		110	0,0012
		58	0,0755
		29	0,0058
		0	0,0001
TE Sisak	2 × 188	376	0,8438
		188	0,1496
		0	0,0066
EL-TO	1 × 37	37	0,9630
		0	0,0370

Zbog manjkavosti u obradi parametara raspoloživosti domaćih energetskih transformatora preuzeti su podaci iz lit. 6. (tablica 3).

Tablica 3.

Energetski transformator	Učestalost	Trajanje kvara
220 kV	0,15 1/god.	80 h
400 kV	0,2 1/god.	100 h

4. PRORAČUN NERASPOLOŽIVOSTI

Da se utvrdi povećanje sigurnosti opskrbe električnom energijom područja Zagreba dogradnjom mreže, odnosno izgradnjom nove pojne točke TS 400/110 kV Žerjavinec, a zbog smanjenog rada TE Sisak, promatrane su sljedeće varijante konfiguracije sistema sa sl. 2.

- A. TE Sisak uključena s maksimalnim kapacitetom, TS Žerjavinec s raspletom nije uključena.
- B. TE Sisak isključena, TS Žerjavinec s raspletom nije uključena.
- C1. Kao B, uz treći transformator u TS Tumbri.
- C2. TE Sisak isključena, TS Žerjavinec s raspletom uključena s jednim transformatorom.
- C3. Kao C 2, ali s dva transformatora u TS Žerjavinec.

Konzumna čvorišta sa sl. 2. podijeljena su prema geografsko-regionalnoj pripadnosti u tri zone:

- Z1 — sisačka
- Z2 — varaždinsko-bjelovarska
- Z3 — zagrebačka.

Rezultati proračuna su predočeni u tablici 4.

U varijanti A je vjerojatnost kvara u trenutku vršnog mjesečnog opterećenja najviša u zagrebačkoj zoni, a gledano za cijeli promatrani sistem ima vrlo malu vrijednost. Uzrok tih odnosa je TS Tumbri i dvostrano napajanje jakim izvorima promatranog sistema.

Isključivanjem TE Sisak, varijanta B, znatno raste vjerojatnost kvara u vršnoj potrošnji u sisačkoj zoni,

Tablica 4.

Varijanta	Vjerojatnost nezadovoljenja vršnog opterećenja (%)				Očekivana mjesečna neraspoločiva energ. (MWh)	Očekivano trajanje nezadovoljenja potrošnje u mjesec dana, u najugroženijim čvorištima	Očekivana neraspoločivost sistema prema mjesečnoj potrebi od 641 GWh
	Z1	Z2	Z3	SI-STEM			
A	0,04	0,03	0,1	0,01	47	37 minuta	0,000 07
B	4,41	1,85	4,29	1,71	542	16 sati	0,000 86
C1	4,41	1,85	2,16	1,71	335	3 sata	0,000 52
C2	4,41	1,85	2,14	1,71	111	2,9 sati	0,000 17
C3	4,41	1,85	2,03	1,71	47	2 sata	0,000 07

a i čitavog promatranog sistema. Očekivana mjesečna neraspoločiva energija raste u odnosu na varijantu A za gotovo 12 puta. Najvećim dijelom se neraspoločiva energija pojavljuje u zagrebačkoj zoni. Prema proračunu su u varijanti B za neraspoločivost, osim svih izvora, odgovorne i transformacije u TS Tumbri, te 110 kV-ni vodovi iz te stanice prema Rakitju, Botincu i Mraclinu. Za najugroženija čvorišta očekivano je trajanje nezadovoljenja potrošnje u mjesec dana čak 16 sati.

U varijanti C1, dakle uz uključeni treći transformator u TS Tumbri, vjerojatnost nastupanja kvara za vrijeme maksimalnog opterećenja promatranog sistema se ne mijenja, ali se za 60 % u odnosu na varijantu B smanjuje neraspoločiva energija. Vjerojatnost kvara za vrijeme maksimalnog opterećenja zagrebačke zone u odnosu na varijantu B se prepolavlja. Ovaj zahvat također znatno smanjuje očekivano mjesečno nezadovoljenje potrošnje (3 h). Osim izvora, odgovornost za neraspoločivost preuzimaju iste grane kao i u varijanti B.

Uključivanjem TS Žerjavinec s raspletom i jednim transformatorom, varijanta C2, za vrijeme maksimalnog opterećenja vjerojatnost kvara se praktički ne mijenja, ali se očekivana neraspoločiva energija smanjuje na 111 MWh. U ovoj varijanti odgovornost za neraspoločivost, osim izvora, preuzimaju TS Tumbri i TS Žerjavinec.

Varijanta C3, dva transformatora u TS Žerjavinec, izaziva daljnje smanjenje neraspoločive energije na 47 MWh, tj. na istu neraspoločivu energiju iz varijante A, kada je uključena TE Sisak punim kapacitetom. Međutim, interesantno je uočiti da unatoč istoj neraspoločivoj energiji varijanta C3 ima znatno višu vjerojatnost kvara u trenutku mjesečnog vršnog opterećenja u odnosu na varijantu A. **To znači da je dodatnom izgradnjom mreže smanjen energetski utjecaj povećanog broja slučajeva nezadovoljenja potrošnje izostankom TE Sisak.**

Prema tome, kad bi se gledala samo vjerojatnost zadovoljenja vršne snage, bez izračunavanja očekivane neraspoločive energije, sve varijante od B do C3 predstavljale bi u odnosu na varijantu A podjednako loše rješenje.

5. EKONOMSKA VALORIZACIJA VARIJANTI IZGRADNJE

Kao što je napomenuto, povećana pouzdanost znači povećanu izgradnju i troškove izgradnje, a smanjuje štete zbog očekivane nerasplošivosti. Budući da se i troškovi izgradnje i štete u svakoj varijanti pojavljuju u istom vremenskom razdoblju s drugačijom dinamikom i iznosima, potrebno je sve iznose svesti na zajedničku mjeru, što je urađeno postupkom aktualizacije troškova.

Postupak za utvrđivanje šteta preko neostvarenog društvenog proizvoda zbog izostanka 1 kWh električne energije razrađen je u lit 7. Takvim je postupkom utvrđeno da, prema cijenama iz 1982. god., šteta u SR Hrvatskoj iznosi:

150 dinara/kWh.

Pri izračunavanju ovog iznosa nisu uključeni veliki potrošači električne energije u privredi SR Hrvatske (crna i obojena metalurgija, ugljenokopi, koksare i brodogradnja).

Kad se iz proračuna isključi i potrošnja u domaćinstvima, proizlaze štete po 1 kWh koje karakteriziraju visokoefektivnu industriju te ostale privredne djelatnosti i usluge, u iznosu

200 dinara/kWh (cijene 1982).

Uz deflator cijena 1985/1982. od 2,5 iznos šteta u 1985. god. je:

375 dinara/kWh

odnosno:

500 dinara/kWh.

Ekonomska valorizacija provedena je za razdoblje od 1985. do 1994. godine, s 1985. godinom kao referentnom.

Razmatrane su dvije stope aktualizacije 6% i 7,5%. Stopa stalnih godišnjih troškova je 3%.

Trajanje gradnje TS Žerjavinec je dvije godine s dinamikom 50% i 50%.

Vijek trajanja prijenosnih objekata iznosi 25 godina.

Vrijednost investicija za promatrane varijante, a po cijenama materijala i usluga od 1. 1. 1985. godine, iznose:

varijanta	investicija (10 ⁶ dinara)
C1	0
C2	5 000
C3	5 500

U varijanti C2 i C3 je, u toku izgradnje TS Žerjavinec i raspleta, treći transformator je u pogonu u TS Tumbri. U C2 se taj transformator prebacuje u TS Žerjavinec, a u C3 se uz taj nabavlja još jedan s vodnim poljima.

Rezultati aktualizacije predočeni su u tablici 5.

Viša stopa aktualizacije stavlja varijantu C1 u povoljniji položaj, a ukupni aktualizirani troškovi te varijante su uz štete od 375 dinara/kWh za 12%, odnosno 21% niži od varijante C3.

Međutim, uz štete od 500 dinara/kWh, koje odgovaraju strukturi zagrebačke privrede, i uz višu stopu

aktualizacije varijanta C3 ravnopravna je varijanti C1.

Tablica 5.

Šteta	Stopa aktualizacije	Varijanta	Troškovi investicije (10 ⁶ din)	Stalni god. trošk. (10 ⁶ din)	Preostala vrijednost (10 ⁶ din)	Šteta zbog nerasplošivosti (10 ⁶ din)	Ukupni aktualizirani troškovi (10 ⁶ din)
375 din/kWh	6%	C1	0	0	0	5 550	5 550
		C2	4 859	829	1 845	2 764	6 607
		C3	5 344	912	2 029	1 968	6 195
	7,5%	C1	0	0	0	5 176	5 176
		C2	4 826	760	1 592	2 621	6 615
		C3	5 308	836	1 751	1 891	6 284
500 din/kWh	6%	C1	0	0	0	7 397	7 397
		C2	4 859	829	1 845	3 683	7 526
		C3	5 344	912	2 029	2 622	6 849
	7,5%	C1	0	0	0	6 898	6 898
		C2	4 826	760	1 592	3 492	7 486
		C3	5 308	836	1 751	2 519	6 912

6. ZAKLJUČCI

Provedena ispitivanja pouzdanosti mreže regije Zagreb pokazala su da je mreža Zagreba u normalnim okolnostima, pod čime treba razumijevati kontinuirani pogon TE Sisak, dobro i ispravno koncipirana i da je pouzdanost napajanja na sasvim zadovoljavajućem nivou.

Budući da se zbog poznatih teškoća oko osiguranja tekućeg goriva ne može garantirati rad TE Sisak, postavlja se i dalje pitanje pouzdanog napajanja zagrebačkog područja, pogotovo što kontinuirani rad TE Sisak (radi pouzdanosti napajanja zagrebačkog područja) ima i ekonomsku dimenziju uz činjenicu da se u posljednje vrijeme sve više uvozi energija iz mreže UCPTE.

Očito je da TE Sisak treba imati osigurano gorivo i proizvoditi električnu energiju prema potrebama elektroenergetskog sistema, ali je prema sadašnjim cijenama nabave energije izvan EES Jugoslavije i troškova proizvodnje TE Sisak poznato [8] da u slučaju kad god ima mogućnosti nabave električne energije nije ekonomski opravdano inzistirati da TE Sisak bude u pogonu radi sigurnijeg napajanja zagrebačkog područja, jer je godišnja moguća ušteda veća od 50% ukupne investicije za TS 400/110 Žerjavinec s dva transformatora.

Iz toga proizlazi da između osiguranja goriva za kontinuiran rad TE Sisak i novih investicija u mrežu, čiji su efekti sa stanovišta pouzdanosti napajanja Zagreba identični, treba dati prednost investicijama u mrežu.

Izvršene analize pokazuju (tabl. 5) da između razmatranih varijanti treba dati prednost cjelovitom rješenju TS 400/110 kV Žerjavinec sa dva transformatora, jer su pri stopi aktualizacije od 7,5% (kao nepovoljni-

joj) i izgubljenom društvenom proizvodu po neisporučenom kWh od 500 dinara/kWh (što odgovara strukturi zagrebačke industrije) aktualizirani troškovi i investicije varijante C1 (TS Tumbri s trećim transformatorom) i C3 (TS Žerjavinec sa dva transformatora) praktički izjednačene.

Budući da TS Žerjavinec predstavlja transformatorsku stanicu koja svakako dolazi u obzir za izgradnju (krajnje s NE Prevlaka, a možda i ranije kao logičan slijed razvoja), rješenje se uklapa u perspektivni razvoj i može se tek smatrati nešto preuranjenom izgradnjom.

LITERATURA

- [1] MUNASINGHE, M.; GELLERSON M.: »Optimum Economic Power Supply Reliability« World Bank, Washington, 1979.
- [2] ENDRENYL, I.: »Reliability Modeling in Electric Power Systems« JOH WILEY & SONS, Belfast, 1978.
- [3] MIKULIČIĆ, V.: »Matematički modeli pouzdanosti i raspoloživosti u elektroenergetskom sustavu«, doktorska disertacija, ETF Zagreb, 1981.
- [4] PATTON, D. A.: »Determination and Analysis of Data for Reliability Studies«, IEEE PAS-87, No 1., 1968.
- [5] BALDWIN, C. J.: »Mathematical Models for use in the Simulation of Power Generation Outages. AIEE PAS december 1969.
- [6] MÜLLER, E.: »Zurünftige Hochspannungsnetze für Ballungsgebiete«, Doktor-Dissertation der Technischen Universität München, 1976.
- [7] PEŠUT, D.: »Kriteriji za određivanje stupnja sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom«. Institut za elektroprivredu Zagreb, 1984.
- [8] Grupa autora: Problematika napajanja konzumnog područja Zagreba — makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti superponirane mreže i interkonekcije. Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [9] TONKOVIĆ, Z.: Prijenosna mreža SR Hrvatske za 1990, 1995. i 2000. godinu, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.
- [10] POŽAR, H.: »Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima«, Prvi svezak, Informator, Zagreb, 1983.
- [11] : »NEVA-II User's Manual« Systems Europe, Bruxelles, 1977.
- [12] PEŠUT, D.: »Kriterij za određivanje stupnja sigurnosti opskrbe potrošača električnom energijom«, CIGRE, Struga, 1985.

NECESSITY FOR TS 400/110 KV ŽERJAVINEC CONSTRUCTION DUE TO GREATER RELIABILITY OF ELECTRIC POWER SUPPLY FOR ZAGREB CITY

In the article is described a method for determination of most economical system for generation and transmission of electric power. Criterion for determination is maximum national benefit based on construction and operation costs as well as on losses due to unavailability. The method is applied in determination of TS 400/110 kV Žerjavinec-Zagreb.

NOTWENDIGKEIT DES AUSBAUES TS 400/110 KV ŽERJAVINEC WEGEN GRÖßERER SICHERHEIT DER STROMVERSORGUNG DER STADT ZAGREB

Im Artikel wird das Verfahren zur Bestimmung des wirtschaftlichsten Niveaus der Systemsicherheit der Erzeugung und Übertragung der elektrischen Energie geschildert. Das Kriterium für die Bestimmung dieses Niveaus ist der maximale gesellschaftliche Nutzen, der durch den Vergleich der Ausbaukosten, der Wartung der Betriebe, sowie des Schadens erreicht wird. Dieses Verfahren wurde bei der Festlegung der Notwendigkeit des Ausbaues der TS 400/110 kV Žerjavinec — Zagreb angewendet.

НЕОБХОДИМОСТЬ СООРУЖЕНИЯ ПС 400/110 КВ ЖЕРЯВИНЕЦ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЗАГРЕБ

В статье излагается метод определения наиболее экономичного уровня надежности системы выработки и передачи электроэнергии. Критерием определения упомянутого уровня является максимальная общественная выгода, достигаемая сопоставлением расходов на строительство, обслуживание и эксплуатацию и ущерба из-за недоотпуска электроэнергии. Данный метод применен при определении необходимости сооружения ПС 400/110 кВ Жерявинец, г. Загреб.

Naslov pisaca:

mr Jakša Topić, dipl. inž.
mr Damir Pešut dipl. inž.
Nikola Bilčar, dipl. inž.

Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih
brigada 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-06-24

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OUR **Elektroprenos**

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:
prijenos električne energije, izrađuje studije,
razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje
elektroprijenosnih postrojenja i telekomunikacio-
nih uređaja, te svojim vozilom marke

Kaelble

i prikolicom

Scheuerle

prevozi teški teret do 120 tona.

OUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB
Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

TENDENCIJE RAZVOJA METODA ZA OPTIMALNO PLANIRANJE RAZDJELNIH MREŽA

Željko Rajić, Zagreb

UDK 621.316.1
PREGLEDNI RAD

U radu se prezentiraju suvremene metode za planiranje razdjelnih mreža koje se osnivaju na upotrebi matematičkog programiranja i odgovarajuće kompjutorske podrške.

Ključne riječi: razdjelne mreže, planiranje, razvoj.

1. UVOD

Razdjelne mreže, kao dio elektroenergetskog sistema i same su vrlo složen tehničko-ekonomski medij. Stalan porast potrošnje električne energije i povećani zahtjevi s obzirom na sigurnost i kvalitetu napajanja čine ih izvedbeno sve kompleksnijim i skupljim. Već vrlo mali postoci ušteda pri njihovom planiranju, izgradnji i radu u velike smanjuje troškove. Cilj je izgraditi takvu mrežu koja zadovoljava postavljene tehničke uvjete i ima minimalne troškove.

Razvoj modela za prezentiranje električnih mreža i stalno usavršavanje postojećih i pronalaženje novih metoda matematičkog programiranja, uz primjerenu kompjutorsku podršku, omogućili su primjenu optimizacijskih postupaka pri planiranju elektroenergetskog sistema i njegovih dijelova. Svrha je upotrebe optimizacijskih metoda naći najbolje rješenje. To znači da u potpunosti zadovoljava potrebe potrošača za električnom energijom, da su padovi napona u dozvoljenim granicama, opterećenja vodova i transformatora manja od termički dozvoljenih, da je ispunjen zahtijevani nivo pouzdanosti i da su uz te uvjete troškovi najmanji. Još egzaktnije bi bilo i pouzdanost uključiti kao kontrolnu varijablu u optimizacijski proces.

Razdjelnu mrežu karakterizira niz tehničko-ekonomskih veličina. Tehnički parametri su napon, snaga, presjeci vodova i sl., a ekonomski troškovi investicija, troškovi eksploatacije itd. Ovisno s kojeg se aspekta promatra problem, pojedine veličine se odabiru kao varijable, a neke kao parametri. Također, određeni funkcijski odnosi se prikazuju točno, a drugi aproksimativno. Pri optimalnom planiranju razdjelnih mreža kao kontrolne varijable, odnosno veličine koje se optimiraju, obično se javljaju veličina, lokacija i vrijeme puštanja u pogon transformatorskih stanica, zatim tokovi snaga kroz napojne vodove, kao i njihove trase i presjeci.

2. KLASIFIKACIJA MODELA ZA OPTIMALNO PLANIRANJE RAZDJELNIH MREŽA

Postoji više kriterija podjele modela za planiranje i optimiranje razdjelnih mreža.

- a) Podjela s obzirom na pristup planiranja:
- dinamički pristup
 - statički pristup
 - pseudodinamički pristup.

Dinamički pristup uvažava vremenske promjene opterećenja i razvoja mreže, dok se statički pristup bazira na konstantnim opterećenjima, a vremenska komponenta je zanemarena. Pseudodinamički pristup predstavlja uzastopnu primjenu statičkog modela kroz neki promatrani vremenski period.

- b) Podjela s obzirom na uvažavanje postojećeg stanja:
- modeli koji uzimaju u obzir postojeće stanje
 - modeli koji ne uzimaju u obzir postojeće stanje

Modeli koji ne uzimaju u obzir postojeće stanje su jednostavniji, ali su zato manje realni. U literaturi se ovaj pristup ponegdje zove »Arabian Desert approach«.

- c) Podjela s obzirom na promatrani vremenski period:
- modeli za dugoročno planiranje
 - modeli za kratkoročno planiranje
 - modeli univerzalne upotrebe.

- d) Podjela s obzirom na način rješavanja:
- analitički modeli
 - preskriptivni modeli.

Analitički modeli služe za analiziranje i usporedbu već predoženih rješenja. Preskriptivni modeli na temelju ulaznih podataka i postavljenih zahtjeva sugeriraju moguća rješenja. Pored ovih podjela može se

govoriti o klasifikaciji modela s obzirom na namjenu za koju se upotrebljavaju (računanje padova napona, struja kratkog spoja, gubitaka snage i energije, pouzdanosti, određivanje optimalnog izbora trafostanica i napojnih vodova itd.) i s obzirom na stupanj točnosti kojim su predstavljene pojedine karakteristike mreže.

3. TROŠKOVI NAPOJNIH VODOVA I TRANSFORMATORSKIH STANICA

a) Troškovi voda

Svaki vod je karakteriziran fiksnim i varijabilnim troškovima. Fiksni troškovi se odnose na cjelokupne investicije za opremu i izgradnju voda. Među ove troškove uvrštavanju se i troškovi održavanja koji se kontinuirano javljaju kroz period promatranja, a obično se izražavaju u postocima investicijskih. Varijabilni troškovi nastaju zbog gubitaka snage i energije, a javljaju se u toku čitavog vremena razmatranja te ih je, isto kao i troškove održavanja, potrebno aktualizirati. Ukupni troškovi voda se mogu izraziti relacijom:

$$T_v = a + bP^2, \quad (1)$$

gdje su:

- T_v — ukupni troškovi voda po jedinici dužine, d/km
- a — fiksnih troškovi voda po jedinici dužine, d/km
- b — varijabilni troškovi voda po jedinici dužine i kvadratu prenesena snage, d/km W²
- P — radna snaga kroz vod, W

Da bi se izbjegla kvadratna ovisnost troškova o snazi i omogućila primjena linearnog programiranja, relacija (1) se linearizira i prikazuje u aproksimativnoj formi:

$$T'_v = a' + b'P. \quad (2)$$

b) Troškovi transformatorske stanice

Kao i vod, trafo-stanicu karakteriziraju fiksni i varijabilni troškovi. Među fiksnim su troškovima troškovi elektroopreme, zgrade, montaže, održavanja i gubitaka u željezu. U varijabilne troškove treba uvrstiti troškove gubitaka u bakru. Nakon linearizacije troškovi trafo-stanice se mogu aproksimativno prikazati izrazom:

$$T'_t = c' + d'P \quad (3)$$

gdje su:

- T'_t — ukupni troškovi transformatorske stanice, d
- c' — prosječni fiksnih troškovi transformatorske stanice, d

d' — linearizirani varijabilni troškovi transformatorske stanice, d/W

P — radno opterećenje transformatorske stanice, W

Za potrebe optimalnog planiranja razdjelnih mreža važno je znati troškove prijenosnog voda preko kojeg se napaja transformatorska stanica, jer oni znatno utječu na izbor lokacije same trafo-stanice. Da bi se pravilno valorizirao taj utjecaj, definiraju se prošireni troškovi trafo-stanice, koji uključuju i troškove vezanja stanice na prijenosnu mrežu, a prikazani su relacijom:

$$T''_t = c'' + d''P, \quad (4)$$

gdje T''_t , c'' i d'' odgovaraju troškovima T'_t , c' i d' koji su prošireni za doprinos troškova prijenosnog voda. Tako modelirani troškovi voda i transformatorske stanice prikladni su za upotrebu u optimizacijskim metodama za planiranje distributivnih električnih mreža.

4. PREGLED NEKIH METODA ZA OPTIMALNO PLANIRANJE RAZDJELNIH MREŽA

4.1. Problem izbora transformatorskih stanica

Izbor distributivnih transformatorskih stanica rješava se u sklopu ukupnog planiranja razdjelnih mreža. Međutim, s obzirom na aspekt razmatranja problema i prioritet koji se daje pojedino elementu, može se govoriti samo o optimiranju veličine i lokacije trafo-stanica, kao i trenutka njihova puštanja u pogon. Razmotrit će se dva rada koja se koriste matematičkim programiranjem kao osnovom za optimiranje i jedan koji se temelji na grafoanalitičkom postupku.

a)

Masud [10] je razvio statički model za određivanje veličine i lokacija napojnih transformatorskih stanica. Razmatrano konzumno područje predstavljeno je mrežnom strukturom s odgovarajućim koordinatnim sistemom. Na temelju poznate gustoće opterećenja za sadašnjost i prognozirane za budućnost svakoj je točki mreže pridijeljena određena snaga potrošnje.

Za svaku trafo-stanicu odredi se područje napajanja po principu da se potrošači grupiraju oko najbliže trafo-stanice, tj. na osnovi kriterija najmanjih kvadrata udaljenosti. Potencijalne lokacije trafo-stanica su ulazni podaci, ali se ne odabiru proizvoljno, nego su rezultat prethodnih optimizacija. Naime, moguća mjesta izgradnje transformatorskih stanica utvrđuju se na bazi razmatranja utjecaja različitih kombinacija lokacija trafostanica, opterećenja, presjeka vodiča i padova napona za budući plan razvoja konzuma i mreže. Padovi napona i gubici računaju se aproksimativnim metodama.

Pošto su određene lokacije za svaku trafo-stanicu, njeno područje napajanja i opterećenje, pristupa se optimiranju određivanja kapaciteta pojedine trafo-

stanice i, uopće, odluke o izgradnji, a vrši se posebno za svaku godinu promatranog perioda. Utvrđivanje optimalnog kapaciteta transformatorskih stanica izvodi se 0-1 programiranjem.

Model se može koristiti i kao pseudodinamički. U toku promatranog razdoblja smatra se da je optimalna periodika izgradnje ona koja se temelji na najjeftinijim rješenjima za svaku pojedinu godinu.

Nedostatak je ovog pristupa taj što ulazni podaci moraju biti i sami rezultat prethodnih optimiranja.

b)

Crawford i Holt [3] u svom radu analiziraju određeno geografsko područje podijeljeno na sektore koji su reprezentanti opterećenja. U svakom od tih sektora, ako je dozvoljeno, već postoji ili se može izgraditi transformatorska stanica. Udaljenosti između svake stvarne ili potencijalne trafo-stanice i svakog sektora izračunavaju se pomoću algoritma Dijkstre ili algoritma obilježavanja.

Funkcija cilja je minimizirati sumu produkata zahtjevanih snaga potrošnje i njihovih udaljenosti od trafo-stanica uz ograničenja:

- ukupna snaga koju daje trafo-stanica mora biti jednaka njezinu kapacitetu
- ukupna snaga koju prima potrošač mora biti jednaka njegovu opterećenju.

Zadatak se formulira kao transportni problem koji je riješen primjenom Ford-Fulkersonova algoritma. Kapaciteti trafo-stanica određuju se na temelju potrošnje njihovih područja napajanja. Lokacije trafo-stanica odabiru se iskustveno, a proračun se provodi za više različitih kombinacija dok se ne dobije prikladno rješenje.

Metoda se može primjenjivati za dugoročno planiranje. Najprije se odredi konfiguracija za ciljnu godinu, a onda za svaki pojedini vremenski interval, obično godinu dana. Ove međukonfiguracije moraju biti kompatibilne s konfiguracijom ciljne godine.

c)

Kaplan i Braunstein [8] razvili su grafoanalitički postupak za određivanje optimalne lokacije transformatorske stanice, uzimajući u obzir fiksne i varijabilne troškove prijenosnog voda koji napaja trafo-stanicu, kao i troškove srednjonaponskih vodova koji vode do potrošačkih lokacija.

Pretpostavka je da se za svakog potrošača znaju koordinate u pravokutnom koordinatnom sustavu, maksimalna snaga, vrijeme trajanja maksimalnog opterećenja, potreban broj kablskih ili zračnih vodova za napajanje, presjek vodiča, cijene investicija po jedinici dužine i cijene izgubljene električne snage i energije. Na temelju tih podataka mogu se izračunati za svaki vod aktualizirani troškovi napajanja.

Postupak se provodi u dvije faze. U prvoj fazi odabiru se lokacije trafo-stanice uzimajući u obzir samo napajanje potrošača bez razmatranja utjecaja prijenosnog voda. Lokacija trafostanice se odredi minimiziranjem sume produkata specifičnih ukupnih

troškova po jedinici dužine za neki potrošač i njegove udaljenosti od trafostanice. Na temelju grafoanalitičkog postupka može se uvesti vektor koji karakterizira troškove napajanja svakog potrošača iz trafo-stanice. Vektor ima duljinu proporcionalnu ukupnim troškovima napajanja, pravac kolinearan s pravcem koji prolazi kroz lokacije trafo-stanice i potrošača, a smjer od trafo-stanice prema potrošaču. Grafičkim postupkom optimalna lokacija trafo-stanice određuje se kao ona točka u kojoj je suma vektora jednaka nuli.

U drugoj fazi se analizira i priključak transformatorske stanice na prijenosnu mrežu i tu se razlikuju tri slučaja:

- trafo-stanica se veže na neku drugu trafo-stanicu ili za presjecište segmenata prijenosnog voda (prijenosni vod je predstavljen razlomljenom linijom koja se sastoji od više segmenata)
- trafo-stanica se veže na neki od segmenata prijenosnog voda
- trafo-stanica se nalazi na nekom od segmenata prijenosnog voda.

Postupak rješavanja sličan je onome u prvoj fazi. Za svaki mogući slučaj lokacije trafo-stanice odredi se najbolja varijanta, a onda se izabere ona s najmanjim troškovima.

Pristup je vrlo nezgrapnan jer se lokacija određuje metodom pokušaja, crtanjem i zbrajanjem vektora.

4.2. Određivanje optimalne konfiguracije napojnih vodova

Isto kao kod izbora transformatorskih stanica, može se vršiti samo optimiranje trasa napojnih vodova za unaprijed zadane lokacije i veličine transformatorskih stanica i potrošača. U ovom je slučaju izbor trafo-stanice određen nekim drugim postupkom ili nedvojbeno proizlazi iz fizičke konfiguracije mreže ili se jednostavno ne uzima u obzir. Ukratko će se prokomentirati tri metode za optimalno određivanje konfiguracije napojnih vodova.

a)

Adams i Laughton [1] prezentirali su model za pronalaženje optimalne konfiguracije mreže uz zadane napojne i potrošačke točke. Vodovi su karakterizirani fiksnim i varijabilnim troškovima, a njihove moguće trase su pretpostavljene. Funkcija je cilja naći takvu konfiguraciju da ukupni troškovi mreže budu minimalni. Pri tome moraju biti zadovoljena ograničenja:

- ukupna snaga u mreži mora biti očuvana, odnosno ukupna snaga potrošača mora biti jednaka ukupnoj snazi izvora
- tehnička ograničenja vodova moraju biti zadovoljena.

Zahtjevi s obzirom na radijalnost i dozvoljene padove napona nisu eksplicitno formulirani. Fiksni troškovi obuhvaćaju troškove polaganja kabela, a varija-

bilni predstavljaju troškove gubitaka električne energije i aproksimirani su pravcem ili, ako se zahtijeva veća točnost, djelomično razlomljenim pravcem. U optimizacijski proces može se uključiti i promatranje više vremenskih perioda, što proporcionalno povećava broj kontrolnih varijabli.

Matematičko formuliranje postavljenog modela vodi na problem mješovito-cjelobrojnog linearnog programiranja i rješava se metodom grana i granica.

b)

Wall i dr. [15] postavili su statički model za optimiranje trasa primarnih (srednjonaponskih) napojnih vodova uvažavajući njihove varijabilne troškove i termička ograničenja. Konzum je podijeljen na mala geografska područja čije je opterećenje predstavljeno točkom potrošnje. Veličina geografskog područja ovisi o tome da li se radi o seoskoj, gradskoj ili industrijskoj sredini. Definirane su moguće trase vodova koje povezuju potrošačke točke s transformatorskim stanicama, a karakterizirane su dužinom i potencijalnim presjecima vodova. Kapacitet i lokacije trafostanica su zadani.

Funkcija cilja je naći takvu konfiguraciju vodova da su njihovi ukupni troškovi minimalni, a termička ograničenja vodova i ograničenja koja se odnose na očuvanje snage u razmatranoj mreži zadovoljena. Kako su obuhvaćeni samo varijabilni troškovi problem se može linearizirati i predstaviti pretovarnim modelom te riješiti nekom od standardnih tehnika linearnog programiranja.

Padovi napona se ne razmatraju. U slučaju da se ne dobije, radijalno rješenje se pokušava postići prekapćanjem lokalnih prekidača. Ako to nije moguće, onda se rastavlja vod s najmanjim opterećenjem koji vodi u čvor s neradijalnim napajanjem i ponovo se rješava pretovarni problem.

c)

Fawzi i dr [5] prezentirali su model s ciljem da se minimiziraju ukupni troškovi srednjonaponske radijalne mreže (11 kV) uz uvažavanje padova napona, termičkih ograničenja vodova i zadovoljenja zahtijevane snage potrošača. Lokacija i snaga napojne trafostanice, kao i lokacije i snage potrošača su poznati. Model je statički, a segmenti napojnih vodova predstavljeni su fiksnim i varijabilnim troškovima.

Kontrolne varijable su koordinate čvorova i presjeci segmenata napojnih vodova. Funkcija cilja i ograničenja su nelinearni. Zbog pojednostavljenja, a uvažavajući ograničen asortiman presjeka vodiča, u optimizacijski se postupak ulazi s pretpostavljenim presjecima. Eventualno, postupak se ponavlja za neki drugi presjek. Drugo pojednostavljenje jest upotreba triju različitih pristupa optimiranja:

- modela pravolinijskog voda
- linearnog optimiranja
- nelinearnog optimiranja.

U slučaju upotrebe modela pravolinijskog napojnog voda, iz transformatorske stanice povlači se glavni vod koji je pravac a priključci prema potrošačima su okomiti na njega. Ukupni troškovi mreže se minimiziraju tako da se traži optimalan nagib glavnog napojnog voda.

Upotrebom linearnog optimiranja duljine segmenata vodova se promatraju kao kontrolne varijable. Poteškoća je što one ipak nisu nezavisne varijable, jer moraju dati fizički prihvatljivo rješenje, tj. svi potrošači treba da budu povezani na trafo-stanicu. To uvjetuje primjenu dodatnih ograničenja u obliku nejednakosti trokuta, a posljedica je da ovaj pristup daje prihvatljive rezultate samo za malen broj potrošača.

Primjeni nelinearnog optimiranja prethode dva pojednostavljenja. Potrošači koji su prostorno blizu nadomješteni su ekvivalentnim potrošačkim čvorištem, a vrlo mali potrošači ispušteni su iz procesa optimiranja. Problem se rješava nekom od metoda nelinearnog optimiranja, npr. gradijentnom metodom.

4.3 Metode za optimalno oblikovanje razdjelnih mreža uključujući izbor transformatorskih stanica

Optimiranje samo lokacija, kapaciteta i vremena puštanja u pogon transformatorskih stanica ili samo trasa napojnih vodova vodilo bi sigurno na podoptimalna rješenja. Ta dva problema su toliko vezana da je najbolje tretirati ih jedinstvenim postupkom. Ukratko će se prezentirati tri rada u kojima su razvijeni takvi modeli.

a)

Thompos i Wall [14] razvili su statički model za određivanje optimalnih lokacija transformatorskih stanica i trasa napojnih vodova. Područje koje se promatra podijeljeno je na male geografske površine čija je potrošnja prezentirana koncentrirano u jednoj točki. Primarna napojna mreža je prikazana postojećim i potencijalnim trasama vodova koji su predstavljeni, isto kao i trafo-stanice, s fiksnim i varijabilnim troškovima. Termička ograničenja vodova i kapaciteti trafostanica su definirani. Postojeće trafo-stanice imaju fiksne troškove jednake nuli. Lokacije potencijalnih trafostanica su zadane.

Funkcija cilja je minimizirati ukupne troškove, tj. odabrati takvu konfiguraciju primarne napojne mreže i lokacije trafostanica da su troškovi najmanji. Tako formulirana funkcija cilja vodi rješavanju mješovito-cjelobrojnog problema linearnog programiranja. Da se riješi, upotrijebljena je metoda grana i granica. Za ograđivanje čvorova primjenjuju se dvije metode:

- granica minimalnih inkrementalnih troškova
- označavanje najkraćeg puta do potrošača.

Nakon optimizacijskog procesa računaju se padovi napona.

b)

Sun i dr. [13] razvili su pseudodinamički model. Cilj optimiranja je odrediti broj, lokacije, veličine i područja napajanja transformatorskih stanica kao i broj, trase i opterećenja primarnih napojnih vodova kroz određeni period. Točke opterećenja prezentiraju potrošnju malih geografskih područja, a porast opterećenja je prikazan djelomično linearnom krivuljom za svako područje. Trafo-stanica i vodovi su predstavljeni fiksnim i varijabilnim troškovima. Model jednostavno uključuje postojeću mrežu, a zahtjevi s obzirom na radikalnost i dozvoljene padove napona nisu eksplicitno formulirani.

Optimiranje se provodi u dvije faze:

- procijeni se opterećenje u tzv. ciljnoj godini odnosno zadnjoj godini promatranog perioda i odredi optimalna konfiguracija mreže koja obuhvaća sve one komponente koje trebaju biti izgrađene u toku zadanog vremena promatranja
- za svaku godinu između početne i ciljne određuje se optimalna međukonfiguracija koja sadrži isključivo elemente iz skupa koji je određen kao optimalan za ciljnu godinu.

Matematička formulacija modela vodi rješavanju problema mješovito-cjelobrojnog linearnog programiranja. Primjenjeni algoritam koristi metodu grana i granica, a posebna pažnja je posvećena kriteriju određivanja varijable koja se grana i kriteriju odabiranja čvorova.

c)

El-Kady [4] predstavio je dinamički model za planiranje razdjelnih mreža. Ima mogućnost detaljne analize distributivne mreže ograničene veličine, kao i sposobnost aproksimativnog razmatranja mreže velikih dimenzija. Transformatorske stanice i napojni vodovi opisani su fiksnim i lineariziranim varijabilnim troškovima.

Funkcija cilja je minimiziranje sume troškova napojnih vodova i trafo-stanica uz ograničenja:

- snage kroz vodove i snage trafo-stanica moraju biti kroz čitav period promatranja manje ili jednake od termičkih ograničenja vodova i nazivnih snaga trafo-stanica
- zakon o očuvanju snage mora biti zadovoljen u svim čvorovima mreže kroz čitav period promatranja
- tokovi snage u mreži moraju biti radikalni
- naponi u potrošačkim čvorovima moraju biti uvijek unutar dozvoljenih odstupanja.

Optimiranjem se određuju pokazatelji koji definiraju:

- vrijeme, lokaciju i kapacitet novih vodova i trafostanica koji se instaliraju na novim trasama i lokacijama ili su proširenja na postojećim mjestima
- napajanje i tokove snaga kroz mrežu u promatranom periodu
- napone u potrošačkim čvorovima.

Softverska podrška je zbroj i adaptacija nekoliko novijih kompjutoriziranih algoritama koji čine matematičku strukturu metode grana i granica za rješavanje problema mješovito-cjelobrojnog linearnog programiranja.

5. ZAKLJUČAK

Moderno i efikasno planiranje razdjelnih mreža usko je vezano za primjenu optimizacijskih tehnika, a doprinos matematičkog programiranja i kompjutorske podrške ima izuzetnu ulogu. Razvijeni su algoritmi za rješavanje transportnog problema koji su 100 do 200 puta brži od standardnih verzija linearnog programa i oko desetak puta brži od dualnog Ford-Fulkersonova algoritma [15]. U slučaju da se ne razmatraju samo linearizirani varijabilni troškovi mreže, nego i fiksni, primjenjuju se metode za rješavanje mješovito-cjelobrojnih linearnih problema. Usprkos postojanju velikog broja ovakvih metoda opće namjene, oportuno je za potrebe rješavanja električnih mreža razvijati specifične, problemu orijentirane rutine.

Uključivanje fiksnih troškova u optimizacijski proces znači poboljšanje točnosti, ali i povećanje dimenzija problema i složenosti pristupa. Sličan kompromis javlja se između vremena izvođenja programa i broja obuhvaćenih kontrolnih varijabli.

Što se tiče izbora pristupa problemu najbolje je odlučiti se za pseudodinamički model. Taj model je jednostavniji i manjih dimenzija nego dinamički, a ima sposobnost zahvaćanja vremenske promjene potrošnje i električne mreže. Ipak, projektant treba da sam napravi izbor, ovisno o situaciji i efektima.

Ne treba inzistirati na previše općenitim modelima jer su suviše glomazni i teški za primjenu. Tendencije su da se razvijaju modeli specifične namjene, što i ne znači da se problemi trebaju partikulirati. Na primjer, nema čvrstog opravdanja da se posebno planiraju izbor distributivne transformatorske stanice i napojne mreže.

Napokon, optimizacijske metode i razvijeni modeli služe samo kao nužna pomoć planeru i projektantu. Modeli bi bili previše složeni i neupotrebljivi kad bi sami po sebi bili dovoljni, ali isto tako u interakciji s djelovanjem čovjeka pružaju neophodne i nužne informacije za pravilno i objektivno odlučivanje.

LITERATURA

- [1] R. N. ADAMS, M. A. LAUGHTON: »Optimal planning of power networks using mixed integer programming«, Proc. IEE, vol. 121, No. 2, Februar 1974.
- [2] G. H. BRADLEY, G. G. BROWN, G. W. GRAVES: »Design and implementation of large scale primal transshipment algorithms«, Management Science, vol. 24, No. 1, September 1977.

- [3] D. M. CRAWFORD, S. B. HOLT: »A mathematical optimisation technique for locating and sizing distribution substations, and deriving their optimal service areas«, IEEE Trans., vol. PAS-94, No. 2, March/April 1975.
- [4] M. A. EL-KADY: »Computer-aided planning of distribution substation and primary feeders«, IEEE Trans., vol PAS-103, No. 6, June 1984.
- [5] T. H. FAWZI, K. F. ALI, S. H. EL-SOBKI: »Routing optimisation of primary rural distribution feeders«, IEEE Trans, vol. PAS-101, No. 5, May 1982.
- [6] T. H. FAWZI, K. F. ALI, S. H. EL-SOBKI: »A new planning model for distribution systems«, IEEE Trans., vol, PAS-102, No. 9, September 1983.
- [7] V. GLAMOČANIN: »Metode za određivanje optimalne konfiguracije elektroenergetskih mreža«, Magistarski rad, ETF Zagreb, 1980.
- [8] M. KAPLAN, A. BRAUNSTEIN: »Contribution to the determination of the optimum site for substations«, IEEE Trans., vol. PAS-100, No. 5, May 1981.
- [9] E. O. LAKERVI: »Linear voltage regulation and loss calculation methods for low-voltage network design«, IEEE Trans., vol. PAS-103, No. 8, August 1984.
- [10] E. MASUD: »An interactive procedure for sizing and timing distribution substations using optimisation techniques«, IEEE Trans., September 1974.
- [11] E. MASUD: »Distribution planning: State of the art and extensions to substations sizing«, Electric Power Systems Research, 1978. str. 203-212.
- [12] M. PLAPER: »Principi optimalnosti u mrežama za prenos i distribuciju električne energije«, ZJE Beograd, EI »Milan Vidmar« Ljubljana, 1980.
- [13] D. I. SUN, D. R. FARRIS, P. J. COTE, R. R. SHOULTS, M. S. CHEN: »Optimal distribution substation and primary feeder planning via the Fixed charge network formulation«, IEEE Trans., vol. PAS-101, No, 3, March 1982.

- [14] G. L. THOMPSON, D. L. WALL: »A branch and bound model for choosing Optimal substation Locations«, IEEE Trans., vol. PAS-100, May 1981.
- [15] D. L. WALL, G. L. THOMPSON, J. E. D. NORTHCOTE-GREEN: »An optimisation model for planning radial distribution networks«, IEEE Trans., vol. PAS-98, May/June 1979.

DEVELOPMENT TENDENCIES OF METHODS FOR OPTIMAL DISTRIBUTION NETWORKS PLANING

In the article are presented modern methods for distribution networks planing using mathematical programming and appropriate computer aid.

TENDENZEN DER METHODENENTWICKLUNG FÜR DIE OPTIMALE PLANUNG DER VERTEILUNGSNETZE

In der Arbeit werden moderne Methoden für die Planung der Verteilungsnetze aufgrund des Gebrauches des mathematischen Programmierens und entsprechender Unterstützung durch Computer geschildert.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТОДА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

В статье представлены современные методы планирования распределительных сетей, основывающиеся на применении математического программирования и соответствующего вспомоществования ЭВМ.

Naslov pisca:

**Željko Rajić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
Proleterskih brigada 37
41000 Zagreb, Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis
1985-07-17

METODOLOGIJA ZA USMJERAVANJE ENERGETSKE OPSKRBE URBANE SREDINE

dr Duško Čorak — Zdravko Mužek — Vladimir Jelavić, Zagreb

UDK 620.9

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Opisana je metodologija za usmjeravanje energetske opskrbe urbane sredine. Metodologija se osniva na primjeni originalnog matematičkog modela za optimalizaciju energetske opskrbe (temeljenog na metodi linearnog programiranja) i na nizu pomoćnih postupaka i matematičkih modela. Nelinearni odnosi među veličinama pri energetske opskrbi (analiza onečišćenja zraka, analiza uključivanja jedinica spojnog procesa u toplinski i elektroenergetski sistem) prevladavaju se interaktivnim postupkom. Kriterij za optimalizaciju jest minimum ukupnih troškova za energetske opskrbu, uvažavajući ograničenja onečišćenja zraka, ograničenja zbog raspoloživosti energetske oblika za grad te zatečeno stanje energetske opskrbe grada.

Ključne riječi: energetska opskrba, planiranje, grad.

1. UVOD

Poremećaji u energetici iz sedamdesetih godina produbili su svijest o nužnosti dugoročnog planiranja u toj domeni. Isprepletenost međusobnih veza društvenog, ekonomskog i tehničkog razvoja te prirodnih uvjeta određene sredine s energetske opskrbom te brze promjene u razvitku suvremene privrede i društva uzrok su da spontane akcije mnoštva samostalnih subjekata ne mogu dovesti do prihvatljivog, društveno poželjnog i realno mogućeg razvitka samo na temelju neposrednih opažanja i tržišnih informacija. Jedino sistematskim i sveobuhvatnim istraživanjima mogućih pravaca dugoročnog razvitka energetike i iznalaženjem onog najpovoljnijeg moguće je stvoriti adekvatnu osnovu za odlučivanje, odnosno, svjesnu i organiziranu aktivnost društva radi realizacije unaprijed određenih ciljeva razvitka.

Energetska opskrba urbanih sredina jedan je od dominantnih problema energetike, a kako će u budućnosti i dobivati na značenju, treba da joj se posvećuje znatna pažnja. Zbog relativno dugog amortizacijskog vijeka energetske infrastrukture u gradovima i zbog njene inertnosti, dugoročno usmjeravanje razvitka je nužno. No, to usmjeravanje treba shvatiti kao dinamičan proces, pa zacrtani razvitak za period s daljim vremenskim obzorom (15 do 20 godina) treba novelirati (najbolje u skladu s donošenjem srednjoročnih, operativnih planova) i na taj način usklađivati s kretanjima privrednih prilika. Takav pristup je nužan zbog ograničenja pri dugoročnim sagledavanjima, koja proizlaze iz ograničenosti ljudskih spoznajnih mogućnosti općenito i neizvjesnosti koje u dugoročnom razvojnom procesu nije moguće precizno definirati i predvidjeti.

U praksi se dugoročnom razvitku energetske opskrbe urbane sredine, na žalost, nerijetko pristupa birajući »kraće putove«, čiji je temeljni oslonac u in-

tuiciji. Jasno je da takvi pristupi mogu dovesti do pogrešnog usmjeravanja energetske opskrbe, jer problem po svojoj prirodi zahtijeva sveobuhvatna istraživanja niza faktora kojima ga je moguće sagledati u njegovu totalitetu. Osnovni faktori koji utječu na energetske razvitak urbanog područja jesu:

- društveno uređenje
- klimatske i ostale geografske karakteristike
- društveno-ekonomski razvitak grada
- dosadašnja energetska opskrba i postojeće stanje energetske opskrbe grada
- primarni izvori energije u svijetu i zemlji te bližoj i daljnjoj okolini
- tehnički i energetske razvoj u zemlji i svijetu
- ekonomija dobave i korištenja energije
- ekološke značajke razvoja
- neizvjesnost imanentna budućnosti.

Navedeni redoslijed ne pokazuje rang faktora prema njihovom značenju. Značenje pojedinog od njih nije moguće a priori ocijeniti jer svaki, ovisno o okolnostima, može odlučno utjecati na optimalno rješenje dugoročne energetske opskrbe. Zato neadekvatno sagledavanje bilo kojeg faktora može dovesti do pogrešnog usmjeravanja energetske opskrbe urbane sredine. Većinu nabrojanih faktora moguće je kvantificirati i oni, bilo izravno ili posredno, predstavljaju varijable pri optimiranju energetske opskrbe. Klimatske i ostale geografske značajke te društveno-ekonomski razvoj grada određuju energetske potrebe u kvalitativnom i kvantitativnom smislu. Dosadašnja energetska opskrba i postojeće stanje energetske opskrbe, primarni izvori energije u svijetu, zemlji i okolini, tehnički i energetske razvitak u svijetu i kod nas te ekološke značajke razvitka čine određena ograničenja koja treba obuhvatiti, a ekonomija dobave i korištenja energije jedan su od najznačajnijih parametara pri izboru oblika energije i načina energetske opskrbe.

Društveno uređenje i neizvjesnost immanentna budućnosti jesu kvalitativni faktori. Društveno uređenje usmjerava cjelokupni razvitak zemlje. Socijalističko društveno uređenje zahtijeva, da se razvitak grada uskladi s razvitkom cijelog područja u kojem se nalazi i širom društvenom zajednicom. Briga o čovjeku traži da se pri energetskej opskrbi zadovolji standard primjeren trenutku razvitka i da se uvažavaju zdravstveni i higijenski momenti. Jednom riječju, društveno uređenje određuje za koga se traži optimalno usmjeravanje energetske opskrbe i što je osnovni kriterij optimalnosti. Na nivou teritorijalne zajednice, kao što je grad, osnovni kriterij treba da bude minimum ukupnih troškova za energetske opskrbe, uzimajući pri tome u obzir društvene, privredne i ekološke značajke razvitka i prisutna ograničenja. Ostali uvjeti koji bi se mogli postaviti za kriterij (npr. minimalna investicijska ulaganja, minimalna devizna ulaganja i sl.) teško da bi mogli pridonijeti pravilnom usmjeravanju energetske opskrbe, pa stoga oni mogu biti tretirani jedino kao eventualna ograničenja pri energetskej opskrbi.

Drugi kvalitativni faktor, neizvjesnost immanentna budućnosti obuhvaća neizvjesnost budućeg svjetskog i našeg razvitka, te neizvjesnost u otkrivanju novih energetskej rezervi. Te neizvjesnosti zahtijevaju donošenje elastičnih planova razvoja energetike. Sigurno je da je fleksibilnost određenog načina opskrbe, u smislu što manje osjetljivosti na eventualne poremećaje koje može donijeti budućnost, jedna od važnih kvaliteta.

Spomenuti matematički model za optimalizaciju strukture energetske opskrbe predstavlja osnovni model u metodologiji za usmjeravanje energetske opskrbe urbanih sredina, koja je razvijena u Institutu za elektroprivredu.

Matematički model temelji se na činjenici da se najveći broj međusobnih odnosa između primarnih, transformiranih i korisnih oblika energije u urbanoj sredini može prikazati u formi pogodnoj za optimalizaciju metodom linearnog programiranja. Nelinearni odnosi između određenih veličina prevladavaju se korištenjem iterativnog postupka. Matematički model sačinjen je od nekoliko sistema linearnih relacija:

- sistema jednadžbi zadovoljavanja potreba
- sistema nejednadžbi ograničenja
- jednadžba cilja.

Pri optimalizaciji strukture energetske opskrbe korisnika na urbanom području potrebno je u prvom redu odrediti granice promatranog područja. Obično se granice postavljaju u skladu s političko-teritorijalnom podjelom. Takvo područje u pravilu nije homogeno sa stajališta energetskej potreba. Tu se javljaju područja s različitom gustoćom građenja stambenih objekata, različitom veličinom objekata i načinom gradnje te različita industrijska područja. Budući da o tim karakteristikama područja ovisi izbor rješenja energetske opskrbe, nužno je podijeliti gradsko područje na manja područja — građevinske i indu-

strijske kasete — tako da svako od njih čini homogenu cjelinu s obzirom na karakteristike mjerodavne za način opskrbe energijom. Treba naglasiti da o kvaliteti podjele gradskog područja na kasete, u smislu postignuća što veće homogenosti svake kasete, u znatnoj mjeri ovisi točnost rezultata optimalizacije strukture energetske opskrbe.

Do sistema linearnih jednadžbi zadovoljenja potreba dolazi se postavljanjem jednadžbe potreba za svaku građevinsku industrijsku kasetu. U takvim jednadžbama energetske potrebe kasete izražene su kao konstanta, faktori kojima se utvrđuje transformacija oblika energije javljaju se kao koeficijenti, dok se količina pojedinih oblika energije javljaju kao nepoznanice (varijable).

Sistemom nejednadžbi ograničenja definirana su ograničenja u korištenju pojedinih oblika energije, ograničenja zagađenja zraka i sl.

Jednadžba cilja jest jednadžba kojom je izjednačena suma umnožaka svih nepoznanica (varijabli) i njima pridruženih specifičnih troškova energetske opskrbe s kriterijem. To je, dakle, funkcija čiju vrijednost treba minimizirati.

Nepoznanice (varijable) simboliziraju, dakle, količine pojedinih oblika energije, ali i tehničke mogućnosti zadovoljavanja energetskej potreba odnosno energetske transformacije (npr. opskrba određene građevinske kasete mrkim ugljenom radi zadovoljavanja ogrjevnih potreba bit će simbolizirana s nekoliko međusobnih neovisnih varijabli, ovisno o načinu zadovoljavanja potreba: varijabla x_1 — opskrba te kasete ogrijevnom toplinom u pojedinačnim pećima, na mrki ugljen, varijabla x_2 — opskrba te kasete ogrijevnom toplinom iz etažnog sistema na mrki ugljen, varijabla x_3 — opskrba te kasete ogrijevnom toplinom iz kućne kotlovnice na mrki ugljen itd.).

Veoma pojednostavnjeno, sistemi linearnih relacija mogu se matricno prikazati na ovaj način:

$$\begin{aligned} A \cdot X &= B && \text{sistem jednadžbi potreba} \\ C \cdot X &\leq D && \text{sistem nejednadžbi ograničenja} \\ T \cdot X &= f && \text{funkcija cilja,} \end{aligned}$$

gdje su:

$$\begin{aligned} A, C, T &— \text{blok-matrice koeficijenata} \\ X &— \text{blok-matrica varijabli} \\ B &— \text{blok-matrica energetskej potreba.} \end{aligned}$$

Na ovom mjestu neće se detaljnije opisivati sama forma matematičkog modela (on je detaljno opisan u /L2,3,4/) jer je izneseno dovoljno za mogućnost sagledavanje metodologije za usmjeravanje energetske opskrbe.

Metodologija za optimalizaciju energetske opskrbe urbane sredine dana je shematski na sl. 1, koja se, kao prilog, nalazi između 356. i 357. stranice. Vidljivo je da se postupak sastoji od nekoliko međusobno povezanih faza rada. Pokušat će se ukratko opisati uloga svake od njih u postupku usmjeravanja energetske opskrbe.

POLAZNI PODACI ZA IZRADU STUDIJE

- Urbanistički planovi (GUP, PUP, PP itd)
- Ostvarenje planiranih proporcija razvoja stambeno-komunalne oblasti u prošlom razdoblju
- Planovi društveno-ekonomskog razvoja grada i područja u budućnosti
- Ostvarenje planova društveno-ekonomskog razvoja u prošlom razdoblju
- Anketa većih korisnika stambeno-komunalnih sadržaja
- Klimatske i ostale geografske karakteristike grada
- Podaci o postojećoj energetskoj opskrbi i infrastr. opskrbi u prošlom razdoblju
- Nacionalni propisi u vezi s energetskom opskrbom
- Analiza svih industrijskih organizacija
- Rast društvenog proizvoda i industrijske proizvodnje po industrijskim granama
- Planirani rast društvenog proizvoda i industrijske proizvodnje po industrijskim granama
- Tehničko-energetski razvoj u zemlji i svijetu
- Podaci o primarnim izvorima energije u svijetu, SFRJ, Republici i gradu
- Svjetske cijene energije
- Cijene uređaja za transformaciju, prijenos, distribuciju i korištenje energije
- Tehničko-energetski podaci o uređajima za transformaciju, prijenos, distribuciju i korištenje energije, podaci o potencijalnim sezonskim skladištima plina depozima ugljena i šljake i sl.
- Cijene građevinskog i ostalog zemljišta, projekiranja, građevinskih radova, stambenog i ostalog zatvorenog prostora i sl.
- Strategija ekonomskog razvoja zemlje (kreditno-monetarna politika)
- Podaci o praćenju onečišćenja zraka zagađujućim sastojcima u prošlom razdoblju
- Nacionalni propisi i preporuke u vezi s zaštitom čovjekove okoline

KRITIČKA ANALIZA POLAZNIH PODATAKA — PROGNOZA REALNIH PROPORCIJA RAZVOJA

SISTEMATIZACIJA PODATAKA

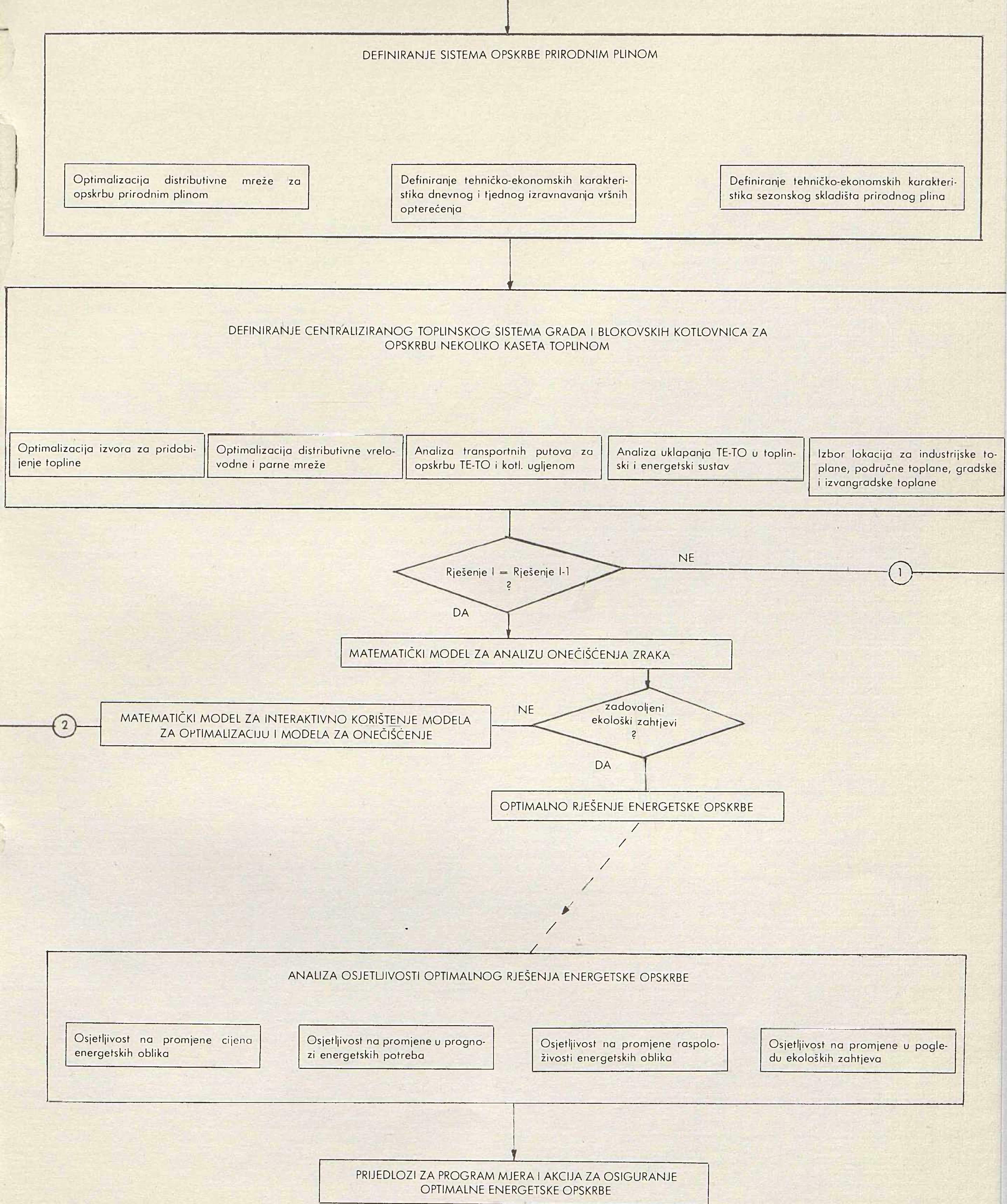
- Definiranje obuhvaća građevinske kasete te kvalitativne i kvantitativne karakteristike razvoja građevinskih kasete
- Definiranje specifičnih pokazatelja o energetskim potrebama stanovanja i pretećih sadržaja
- Definiranje tehničkih mogućnosti zadovoljavanja energetskih potreba u građevinskoj kaseti
- Definiranje postojećeg stanja opskrbe građevinskih kasete i karakteristika postojeće energetske infrastrukture
- Definiranje obuhvaća industrijske kasete te kvalitativne i kvantitativne karakteristike energetskog razvoja industrijskih kasete
- Definiranje tehničkih mogućnosti zadovoljavanja energetskih potreba u industrijskim kasetama
- Definiranje postojećeg stanja opskrbe industrijskih kasete i karakteristika postojeće energetske infrastrukture
- Definiranje raspoloživih količina pojedinog energetskog oblika za grad i područje grada
- Definiranje cijene energetskih oblika na pragu grada i područja grada
- Tehničko-ekonomski podaci uređaja za transformaciju, prijenos, distribuciju i korištenje energije, cijene građevinskog i ostalog zemljišta, građevinskih radova, stambenog i ostalog zatvorenog prostora
- Definiranje diskontne i kamatne stope
- Sistematizacija meteoroloških podataka za proračun onečišćenja zraka
- Definiranje pozadinske koncentracije štetnih tvari u atmosferi, zbog neenergetskih izvora
- Nacionalni propisi i preporuke u vezi sa zaštitom okoline

MATEMATIČKI MODEL ZA FORMIRANJE PROBLEMA U OBLIK POGODAN ZA RJEŠAVANJE METODOM LINEARNOG PROGRAMIRANJA

ULAZNI PODACI MATEMATIČKOG MODELA ZA OPTIMALIZACIJU ENERGETSKE STRUKTURE (NIVO KASETE)

- ENERGETSKE POTREBE**
- GRAĐEVINSKE KASETE**
 - grijanje
 - priprema tople vode
 - kuhanje
 - klimatizacija i ventilacija
 - nesusituabilna el. energija
- INDUSTRIJSKE KASETE**
 - toplina niskih temperatura
 - toplina srednjih temperatura
 - visokotemperaturna temperatura
 - nesusituabilna el. energija
- TEHNIČKE MOGUĆNOSTI ZADOVOLJENJA POTREBA ZA ENERGIJOM**
- GRAĐEVINSKE KASETE**
 - donja ograničenja energetskih oblika
 - donja ograničenja korištenja postojećih postrojenja i prijenosnih sistema
 - faktori istovremenosti opterećenja na nivou kasete
 - vremena trajanja max. snage
- INDUSTRIJSKE KASETE**
 - donja ograničenja energetskih oblika
 - donja ograničenja korištenja postojećih sistema za prijenos energije
 - faktori istovremenosti opterećenja na nivou kasete
 - vrijeme trajanja maksimalne snage
- ČITAVO URBANO PODRUČJE**
 - gornja ograničenja raspoloživih oblika energije (snaga i energija)
- TROŠKOVI ENERGETSKE OPSKRBE**
- GRAĐEVINSKE KASETE**
 - specifični troškovi svake građevinske kasete za svaki od načina opskrbe
- INDUSTRIJSKE KASETE**
 - specifični troškovi svake industrijske kasete za svaki od načina opskrbe

PROVEDBA MATEMATIČKOG MODELA ZA OPTIMALIZACIJU



Slika 1. Shematski prikaz metodologije za usmjeravanje energetske opskrbe urbane sredine

2. POLAZNI PODACI ZA IZRADU STUDIJE, NJIHOVA KRITIČNA ANALIZA I SISTEMATIZACIJA

Prikupljanje polaznih podataka za izradu studije, njihova kritička analiza i sistematizacija predstavljaju zasigurno najopsežniji zadatak u procesu usmjeravanja energetske opskrbe urbane sredine.

Za utvrđivanje optimalne energetske strukture potreban je veoma širok fond polaznih podataka (slika 1) od čisto tehničke prirode do podataka o ekonomskim parametrima razvitka, klimi i meteorološkim karakteristikama podneblja, ekološkim značajkama razvitka, demografskim karakteristikama urbane sredine, podataka o društvenim htijenjima te zakonskim preporukama i normama. Njihovo strogo rangiranje nije moguće izvršiti, no ipak mogu se razdvojiti na osnovne podatke, bez kojih ne bi bilo moguće ni pristupiti rješavanju problema energetske opskrbe, i na one, ne manje važne, koji služe kao korisne podloge za kritičku analizu osnovnih podataka. Tako, na primjer, osnova za određivanje karakteristika i tempa izgradnje stanova jest urbanistički plan, a ostvarenje planiranih proporcija razvitka stambeno-komunalne djelatnosti u prošlom razdoblju, planovi društveno-ekonomskog razvitka grada i područja u budućnosti, ostvarenje planova društveno-ekonomskog razvitka grada i područja u prošlosti i sl. čine podatke uz pomoć kojih se kritičkom analizom dolazi do procjene realnih proporcija razvitka stanogradnje na promatranom području.

Ovim što je rečeno naznačeno je i značenje kritičke analize i preispitivanje polaznih podataka. Kao što se iz prikaza na slici 1. vidi, izvori podataka su brojni i raznovrsni kako po metodi prikupljanja (da li je to npr. korištenje postojećih dokumenata i drugih izvora ili anketiranje), tako i po svojoj aktualnosti i vjerodostojnosti. Iz mnoštva često heterogenih pokazatelja potrebno je kritičkom analizom selekcionirati podatke veće pouzdanosti.

Univerzalna metoda za tu selekciju ne postoji jer ovisi o vrsti i karakteru vezâ među podacima. Najčešće se koriste metode analogije, uspoređivanja ili statističke metode. Tako je npr. osnova za utvrđivanje budućih energetske potreba u industriji anketiranje svih industrijskih organizacija u promatranom urbanoj sredini. Budući da rijetko koja industrijska organizacija posjeduje dugoročni plan svog razvitka potrebni podaci najčešće su rezultat procjene predstavnika tih industrijskih organizacija. Zbog toga je nužno provjeriti da li se tako utvrđene energetske potrebe, odnosno tako utvrđen razvoj industrije uklapa u globalna sagledavanja na nivou urbane sredine. Korelacijskom analizom npr. rasta industrijske proizvodnje u pojedinoj industrijskoj grani i potrošnje energije za tu granu u prošlosti te korištenjem planirane stope rasta industrijske proizvodnje u budućnosti moguće je preispitati podatke dobivene anketom te eventualno izvršiti ponovno anketiranje organizacija iz određene industrijske grane ako je to potrebno.

Slični primjeri mogli bi se iznijeti i za kritičku analizu ostalih polaznih podataka.

U fazi sistematizacije podataka definira se scenario veličina relevantnih za optimiranje energetske strukture, tj. determiniraju se ulazni podaci za proračun. Valja napomenuti da se u kasnijim fazama metodološkog postupka, u toku analize osjetljivosti, obuhvaćaju i drugi scenariji veličina relevantnih za optimiranje te se time postiže stohastičnost cijelog postupka. Kao što je vidljivo iz slike 1, faza sistematizacije obuhvaća definiranje obuhvata građevinskih i industrijskih kaset, definiranje njihovih kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika razvitka i specifičnih pokazatelja energetske potreba, utvrđivanje raspoloživosti veličina pojedinog energetske oblika na pragu grada i područja grada, sistematiziranje tehničko-ekonomskih podataka o uređajima za transformaciju, distribuciju i korištenje energije, definiranje cijena energije i energetske opreme te diskontne i kamatne stope.

Iz mnoštva propisa i preporuka u vezi s energetske transformacijama i zaštitom čovjekove okoline potrebno je izdvojiti i kvantificirati veličine koje je nužno uključiti u analizu.

Za provedbu simulacije onečišćenja zraka potrebno je u fazi sistematizacije iz meteoroloških podataka odabrati reprezentativne vrijednosti koje definiraju disperzijske karakteristike promatranog urbanog područja. U vezi s onečišćenjem zraka nužno je definirati i postojeći fon onečišćenja zbog neenergetskih izvora.

3. FORMIRANJE PROBLEMA U OBLIK POGODAN ZA RJEŠAVANJE LINEARNIM PROGRAMIRANJEM

Da bi se opskrba urbane sredine energijom mogla optimirati metodom linearnog programiranja, potrebno je problem svesti u za to prikladan oblik. Stoga je nužno formirati shemu sistema jednadžbi — te jednadžbu cilja.

Treba imati na umu da je za svaku građevinsku i industrijsku kasetu te svaku vrstu potreba u kaseti potrebno predvidjeti mogućnost zadovoljavanja tih potreba svim tehnički mogućim načinima energetske opskrbe. To znači da je npr. samo za zadovoljavanje ogrjevnih potreba u samo jednoj kaseti potrebno predvidjeti u modelu broj varijabli koji približno odgovara umnošku broja mogućih sistema (pojedinačni sistem — peći, etažni sistem, kućne kotlovnice, blokove kotlovnice itd.) i broja oblika energije koji se mogu koristiti u tim sistemima (drvo, lignit, mrki ugljen, loživo ulje, prirodni plin, gradski plin itd.). Uz to u pripadne jednadžbe potrebno je uključiti i varijable koje definiraju uobičajene kombinirane načine opskrbe (npr. grijanje i pripremu sanitarne tople vode u istom sistemu ili grijanje, pripremu sanitarne vode i kuhanje u istom sistemu). U konkretnom slučaju, za jednu građevinsku kasetu treba predvidjeti u modelu oko 50 različitih varijabli. Pomnoži li se to s brojem kaset u gradu (kojih npr. u gradovima s pre-

ko 500 tisuća stanovnika obično ima više od stotinu), proizlazi da je modelom potrebno tretirati i nekoliko tisuća varijabli. Pribroje li se tomu varijable industrijskih kaset, dobiva se dimenzija matrice X, koja je, na primjer, za urbano područje grada Zagreba reda veličine 8 000.

Za definiranje blok matrice A, čija je dimenzija jednaka umnošku matrice C i ukupnog broja jednadžbi potreba, potrebno je na primjer za područje grada Zagreba definirati oko 12 000 koeficijenata, a za matricu B oko 750 vrijednosti.

Iz navedenog se vidi da je sam postupak osnivanja sistema složen. Da bi se postupak formiranja problema u obliku »prepoznatljiv« modelu za linearno programiranje ubrzao i da se izbjegniju greške pri unošenju podataka, razvijen je u Institutu za elektroprivredu prikladan potprogram za elektroničko računalo. Korištenjem tog potprograma formira se iz sistematiziranih podataka (slika 1) problem u konačan oblik za optimiranje (važnost potprograma je posebno izražena prilikom analize osjetljivosti rezultata na promjene ulaznih veličina jer znatno olakšava redefiniranje polazne matrice proračuna).

4. ULAZNI PODACI MATEMATIČKOG MODELA ZA OPTIMALIZACIJU ENERGETSKE STRUKTURE

U shemi sa slike 1. popisani su ulazni podaci matematičkog modela za optimalizaciju energetske strukture:

- (1) energetske potrebe,
- (2) varijable i koeficijenti koji definiraju tehničke mogućnosti zadovoljavanja potreba,
- (3) ograničenja pri energetskej opskrbi,
- (4) troškovi energetske opskrbe.

4.1. Energetske potrebe

Energetske potrebe (energija i snaga) treba da se utvrde na nivou svake kasete za ona vremenska stanja za koje se želi utvrditi optimalna struktura energetske opskrbe.

Pri građevinskim kasetama treba da se posebno istaknu energetske potrebe za:

- grijanje
- pripremu sanitarne tople vode
- nesupstituabilna električna energija (el. energija koju nije razumno ili moguće supstituirati drugim oblicima energije — npr. rasvjeta, pogon kućanskih aparata i sl.).

Takva podjela energetske potrebe je nužna jer ne samo što postoje razlike u karakteristikama korištenja energije za svaku od ovih potreba (npr. odnos potrebne snage i energije), već sve ove potrebe ne mogu biti zadovoljene svim oblicima energije (npr. energije za kuhanje ne može se osigurati toplom vodom).

Sve energetske potrebe unutar građevinske kasete treba da se definiraju u korisnoj energiji. Na taj se način svaki energetski oblik i način energetske opskrbe izjednačuje s gledišta konačnog korisnika.

Pri industrijskim kasetama energetske se potrebe svrstavaju u tri osnovne skupine:

- toplina niskih i srednjih temperatura
- toplina visokih temperatura
- nesupstituabilna električna energija.

Toplina niskih i srednjih temperatura osigurava se parom i vrelom vodom, a toplina visokih temperatura izgaranjem goriva u samom industrijskom postrojenju (raznim industrijskim pećima) ili konverzijom električne energije u visokotemperaturnu toplinu. Nesupstituabilnom električnom energijom obuhvaćena je ona el. energija za pretvorbu u mehaničku i kemijsku energiju ili energiju zračenja koju nije moguće ili razumno supstituirati drugim oblicima energije.

Pri određivanju potrebne topline niskih i srednjih temperatura, tj. topline u obliku pare i vrele vode, potrebno je razlikovati temperaturu ovog medija. To je nužan preduvjet za mogućnost optimiranja sistema za proizvodnju i prijenos pare i vrele vode do samog industrijskog korisnika. Uzimajući u obzir iskustva iz tehničke prakse, najčešće je dovoljno razlučiti (no to nije pravilo):

- toplinu niskih temperatura do 400 K
- toplinu srednjih temperatura do 460 K
- toplinu srednjih temperatura preko 460 K.

Sve energetske potrebe industrijskih korisnika treba da se definiraju kao energija predana korisnicima. To je uvjetovano time što u najvećem broju slučajeva nije moguće jednoznačno definirati stupanj korisnog djelovanja energetskeg procesa u svakom industrijskom postojenju, pa je, za razliku od građevinskih kaset, nemoguće potrebe u energiji iskazivati kao korisnu energiju.

4.2. Varijable i koeficijenti koji definiraju tehničke mogućnosti za zadovoljenje potreba

Karakteristike tehničkih mogućnosti zadovoljavanja potreba unose se u matematički model putem varijabli i niza koeficijenata koji oslikavaju proces transformacije i distribucije energije. Pri svakoj građevinskoj i industrijskoj kaseti potrebno je obuhvatiti sve realne mogućnosti za zadovoljenje potreba kako sa stanovišta tehničkih rješenja, tj. načina energetske opskrbe, tako i sa stanovišta oblika energije.

Pri građevinskim kasetama mogućnosti zadovoljavanja tih potreba u pogledu načina opskrbe, tj. uređaja za transformaciju energije goriva u korisnu energiju, različite su. Promatraju li se potrebe bez nesupstituabilne električne energije, tada se uvijek radi o toplini. Osnovni način pridobivanja topline jest izgaranje goriva u ložištima peći ili kotlova. Ostali načini su transformacija električne energije u toplinu te korištenje Sunčeve energije i geotermalnih izvora.

Zadovoljavanje ogrijevnih korisnika u pogledu vrste goriva moguće je osigurati korištenjem drveta, ekstralakovog loživog ulja, električne energije, gradskog plina, ukapljenog plina, prirodnog plina, ugljena, teškog loživog ulja i uranija (centralna toplana). Sve

navedene oblike energije koji dolaze u obzir za zadovoljenje potreba ogrjevnih korisnika, moguće je koristiti i za pripremu potrošne tople vode. Za potrebe kuhanja teško loživo ulje i uranij se ne razmatraju. Nesupstituabilne električna energija uvijek se osigurava iz elektroenergetskog sistema i druge mogućnosti nije potrebno razmatrati. Pri tome ne razmatra se oblik energije potreban za njenu proizvodnju.

Formalno je sličan pristup utvrđivanja varijabli i koeficijenta koji karakteriziraju tehničke mogućnosti opskrbe industrijskih kaseti. Ovdje nije rijedak slučaj da se u nekom industrijskom kompleksu pojavljuju potrebe u toplini svih temperaturnih nivoa. Kako se uvijek bez poteškoća može osigurati toplina nižih temperaturnih nivoa s medija višeg temperaturnog nivoa neovisno o tome kakvo se postrojenje za transformaciju energije goriva u toplinu koristi, nužno je u modelu predvidjeti i mogućnost korištenja istog postrojenja za transformaciju i uređaja za distribuciju energije za zadovoljavanje raznovrsnih toplinskih potreba (tzv. kombinirani sistemi).

4.3. Ograničenja pri energetskej opskrbi

Pri analizi energetske opskrbe nužno je obuhvatiti određeni broj ograničenja koja čine realne faktore energetskog sistema. Posebno je, međutim, zanimljivo uvoditi određena hipotetska ograničenja u analizi osjetljivosti rješenja jer se na taj način mogu dobiti vrijedne spoznaje u vezi sa stabilnošću sistema pri promjeni ulaznih parametara. Na ovom će se mjestu navesti samo ona ograničenja, koja je nužno obuhvatiti pri energetskej opskrbi urbane sredine:

- donja granica korištenja pojedinog oblika energije
- gornja granica korištenja pojedinog oblika energije
- ograničenja onečišćenja zraka.

Donje ograničenje korištenja pojedinog oblika energije potrebno je definirati zbog postojećeg stanja izgrađenosti energetske infrastrukture. Tako se npr. u područjima grada gdje postoji izgrađena plinska i vrelovodna mreža treba zadržati ista opskrba i u budućnosti. Slična je situacija i u industriji kad je za odvijanje tehnološkog procesa potrebno osigurati upravo određenu vrstu goriva ili ako se raspolaže gorivim industrijskim nusproizvodima koji se ne koriste u tehnologiji, pa treba da se iskoriste u energetske svrhe.

Gornja granica korištenja pojedinog oblika energije jedan je od osnovnih faktora koji determiniraju energetske strukturu u urbanoj sredini. prisutan je zbog nemogućnosti osiguranja potrebnih količina pojedinog oblika energije za opskrbu promatrane urbane sredine. Ograničenje treba da se odnosi kako na energiju u pojedinom obliku (koju je moguće osigurati u toku godine), tako i na snagu odnosno satnu dobavu energije.

Ograničenje onečišćenja zraka postaju sve oštrija naročito u industrijsko-urbanim područjima, pa ih je nedopustivo zaobići u analizama. Nivo poželjne ili potrebne kvalitete zraka u većini se zemalja izražava pomoću sistema dopuštene imisije. Kriteriji veličine imisije postavljaju se obično u dva nivoa: idealni (dugoročni cilj) i realni (srednjoročni cilj). U prijedlogu Komisije za čistoću zraka Savjeta za čovjekovu sredinu i prostorno uređenje SIV-a kriteriji čistoće zraka uvode se dvama nivoima ograničenih koncentracija: granična vrijednost imisije (kao blaži zahtjev) i stroge granične vrijednosti imisije (kao dugoročni cilj). Budući da se modelom analizira zadovoljavanje onečišćenja zraka u svakoj građevinskoj i industrijskoj kaseti, moguće je definirati i različite kriterije za potrebnu čistoću zraka u pojedinim dijelovima grada. U svakom slučaju, stroge granične vrijednosti imisije treba primijeniti na rekreacijskim i posebno vrijednim područjima. Da li te kriterije primijeniti i na ostala područja urbane sredine, pitanje je procjene u sklopu kompromisa između ekoloških i ekonomskih faktora razvoja, što se utvrđuje analizom osjetljivosti kroz usporedbu alternativnih rješenja energetske opskrbe.

4.4. Troškovi energetske opskrbe

Za osnivanje jednadžbe cilja u matematičkom modelu, odnosno pripreme ulaznih podataka, potrebno je obuhvatiti sve troškove koji se kod svakog načina energetske opskrbe i svakog energetskog oblika javljaju od ulaska energetskog oblika na pragu grada do krajnjeg korisnika. U prvom koraku provedbe matematičkog modela potrebno je definirati sve troškove na razini kasete, a ostali troškovi, zajednički za više kaseti, uključuju se u ostalim iteracijama (troškovi distribucije, centralnih uređaja za transformaciju itd.).

U prvom koraku, dakle, treba utvrditi ove troškove na nivou svake građevinske i industrijske kasete:

- investicijske troškove
- cijenu energetskog oblika koji se koristi
- stupanj korisnog djelovanja postrojenja za transformaciju
- gubitke u distributivnom i razvodnom sistemu
- godišnje troškove pogonskog osoblja
- godišnje troškove održavanja sistema
- godišnje troškove električne energije za pogon postrojenja za distribuciju i razvod.

Pri određivanju investicijskih troškova nužno je obuhvatiti baš sve investicijske troškove koje iziskuje energetske sistem (u protivnom razmatranje je manjkavo). Tako, npr., promatra li se opskrba građevinskih kaseti energijom za grijanje, potrebno je kod korištenja pojedinačnih peći osim investicija za same peći uključiti investicije za dimnjake, prostor koji zauzimaju peći u stanu, skladišni prostor za gorivo, dodatnu izolaciju između stanova (u objektu s više stanova) itd., ili npr. kod etažnog grijanja prirodnim plinom investicijski troškovi uključuju troškove za kotao, vrelovodnu instalaciju s armaturom i

ogrjevnim tijelom, plinisku instalaciju unutar stana s inžernim satom, plinski razvod unutar kasete s redukcijском stanicom (dio pripadajući kaseti) i dodatnu izolaciju između stanova.

Budući da se investicijski i promjenjivi troškovi promatraju zajedno, pojavljuju se znatne razlike kako u strukturi, tako i u dinamici izdataka između pojedinih sistema. Da bi različite sisteme energetske opskrbe bilo moguće uspoređivati, potrebno je nekom od suvremenih metoda za financijsku ocjenu investicijskih mogućnosti obuhvatiti preferencije vremena ulaganja sredstava (pogodna je npr. metoda anuiteta).

Nizom pomoćnih matematičkih modela i preslikavanjem rezultata dobivenih tehničko-ekonomskim analizama na modelnim — umjetnim kasetama na realne građevinske i industrijske kasete moguće je u znatnoj mjeri ubrzati proces definiranja ulaznih podataka koji se odnose na troškove energetske opskrbe.

5. PROVEDBA MATEMATIČKOG MODELA ZA OPTIMALIZACIJU ENERGETSKE OPSKRBE

Zbog velikih dimenzija matricâ najčešće je pri optimalizaciji energetske opskrbe urbane sredine potrebno koristiti program za linearno programiranje veći od kapaciteta standardnih programskih paketa raspoloživih u računskim centrima. Zbog toga je na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu razvijen u suradnji s Institutom za elektroprivredu model za linearno programiranje, čije mogućnosti su adekvatne tretiranom problemu.

U prvom koraku program se izvodi s varijablama stupnja centraliziranosti do nivoa kasete. U proračunu nije u začetku moguće uključiti toplinsku opskrbu iz toplane jer to pretpostavlja analizu distributivnih mreža i ispitivanje ekonomski opravdanog kapaciteta toplane, što bi unijelo nelinearne odnose u model. Slično je i s opskrbom iz sistema koji se koriste prirodnim plinom, je u prvom koraku nije moguće definirati troškove magistralne distributivne mreže u gradu i ostale infrastrukture za distribuciju (izvan granica kasete) čija je cijena u funkciji njihova kapaciteta. Slično je i s ograničenjima onečišćenja zraka koja se u prvom koraku provedbe računa ne uzimaju u obzir.

Na taj način rezultati prvog koraka procesa optimalizacije definiraju strukturu opskrbe procesa prema kriteriju minimalnih ukupnih troškova, ali na nivou kasete. Ostali troškovi, izvan kasete, uvode se u analizu u daljnjim koracima postupka, što će se u nastavku objasniti.

U vezi s opskrbom prirodnim plinom rezultat prvog koraka optimalizacije je detektiranje kasete koje treba da budu opskrbljene prirodnim plinom (uz pretpostavke vezane za prvi korak optimalizacije). Time je poznat prostorni razmještaj konzuma, njegova veličina i karakteristike potrošnje. Dakle, raspoloživi su svi podaci za optimiranje distributivne mreže, što uključuje analizu dnevnog i tjednog izravnjanja vrš-

nih opterećenja, te ako se pokaže potrebnim, analizu tehničkih mogućnosti sezonskog skladištenja plina. Za definirani sistem opskrbe prirodnim plinom utvrđuju se sada troškovi izvan kasete i redefiniraju oni iz prvog koraka.

Iz rezultata prvog koraka također je moguće definirati konzum centraliziranog toplinskog sistema grada ili konzum područnih toplana iz kojih se opskrbljuje toplinom samo nekoliko kasete. U centralizirani sistem uključuju se kasete za koje se pokazalo da je opravdano razmatrati opskrbu s višeg nivoa centraliziranosti. To su kasete za koje je u prvom koraku kao optimalno rješenje proizašla opskrba toplinom iz centraliziranog izvora na nivou kasete (blokofske kotlovnice).

Matematički model tek sada se može proširiti varijablama centraliziranog sistema opskrbe čiji troškovi uključuju investicijske troškove ogrijevnih tijela i razvodne mreže po zgradama, distributivne mreže po kaseti, investicijske troškove pripadnog udjela u izvoru (ovisno o snazi i položaju kasete), udjela u magistralnoj mreži (ovisno o snazi i položaju kasete) te pripadni udio ukupnih pogonskih troškova (ovisno o energiji, snazi i položaju kasete).

Pošto je definiran sistem opskrbe prirodnim plinom i sistemom opskrbe topline iz CTS-a, ponovo se provodi proračun koliko. Ako se obuhvat sistema opskrbe prirodnim plinom i obuhvat centraliziranog toplinskog sistema ne poklapa s obuhvatima iz prethodnog koraka, čitav ciklus potrebno je ponoviti (petlja 1 na shematskom prikazu sa slike 1).

Radi boljeg razumijevanja objasniti će se iterativni postupak na jednoj kaseti. Neka to bude građevinska kasete N, relativno malog toplinskog konzuma i dislocirana od ostalih kasete, ali velike gustoće gradnje objekata. Prvim korakom, kao rješenje za kasetu N, s obzirom na veliku gustoću gradnje, proizaći će najvjerojatnije opskrba toplinom za grijanje i potrošnu toplu vodu iz blokofske kotlovnice na nivou kasete. Kasete N uključit će se s ostalim kasetama jednako rješenja u razmatranje mogućnosti priključenja u jedinstveni centralizirani toplinski sistem (CTS). Te kasete će se u matematičkom modelu proširiti varijablama toplinske opskrbe iz CTS-a. Naravno, u funkciji cilja je za svaku definiran pripadni udio troškova. Pokaže li, na primjer, potom izvedeni drugi korak proračuna da je u svim tim kasetama osim u kaseti N, varijabla CTS-a supstituirala varijablu toplinske opskrbe iz blokofske kotlovnice, uzrok čemu je u slučaju kasete N velik pripadni udio troškova vrelovodne magistrale (u funkciji je položaja i konzuma), bit će potrebno ponoviti proračun. Naime, izlaskom kasete N iz konzuma CTS-a troškovi opskrbe iz CTS-a za ostale kasete više nisu adekvatni jer su izračunati uz pretpostavku konzuma koji obuhvaća i kasetu N.

Pošto se posljednje rješenje »poklopi« s prethodnim, može se reći da je postignuto tek ekonomski optimalno rješenje, što nije zadovoljavajuće jer zahtjevi u pogledu očuvanja kvalitete životne sredine još nisu analizirani. Potrebno je stoga odrediti utjecaj utvrđene energetske strukture na okolinu.

Utvrđivanje onečišćenja zraka provodi se matematičkim simulacijskim modelom, posebno razvijenim za urbana područja (npr. model CDMQC/L.5/). Model uz nezaobilazne podatke o položaju, emisiji, fizičkim karakteristikama ispuštanja svih površinskih (niskih) i točkastih (visokih) izvora u gradu zahtijeva i opsežne meteorološke podatke, reprezentativne za promatrano područje.

Proračun koncentracija se vrši modificiranom Gausovom formulom za onečišćenje iz viših izvora. Modelom je moguće izračunati prosječne godišnje i sezonske promjene koncentracije za proizvoljan broj receptora širom promatranog područja. Kratkotrajne i maksimalne vrijednosti koncentracija štetnih tvari procjenjuju se u modelu metodom Larsena (L.5).

Ako prizemne koncentracije štetnih tvari, procijenjene simulacijskim modelom, ne prelaze zakonske granične vrijednosti ili prethodno usvojene strože granične vrijednosti koje se planiraju kao dugoročni cilj, može se reći da je ekonomski optimalna struktura ujedno i zadovoljila zdravstveno-higijenske zahtjeve pa s obzirom na postavljene kriterije predstavlja optimalnu energetska strukturu.

U protivnom, postupak optimiranja bit će potrebno nastaviti. U tu svrhu razvijen je matematički model za interaktivno korištenje modela za optimalizaciju i simulacijskog modela onečišćenja. Spomenuti model služi za uključivanje ograničenja od prekomjernog onečišćenja zraka urbanog područja u osnovi matematički model za optimiranje linearnim programiranjem. Simulacijskim modelom onečišćenja detektirana su receptorska mjesta u kojima su premašene usvojene granične vrijednosti. U tim »kritičnim« točkama potrebno je da isti model izračuna pojedinačni doprinos svakog izvora. Na osnovi liste doprinosa i koncentracije u kritičnim točkama izračunavaju se modelom OPTZAG normirane koncentracije koje definiraju vezu između emisije i imisije. Drugim riječima, u kritičnim točkama definiraju se difuzijske karakteristike svih izvora. Praktično je promatrati utjecaj onih izvora čiji je doprinos veći od određenog udjela jer lista može biti i reda veličine nekoliko tisuća. Zatim se modelom OPTZAG formiraju nejednaka ograničenja s pripadnim varijablama (zagađivačima) u oblik adekvatan za linearno programiranje.

Shematski gledano (vidi sliku 1), potrebno se sada vratiti na početak i izvršiti optimiranje s problemom koji je proširen jednadžbama ograničenja onečišćenja. Ako rezultat pokaže da je zbog tih ograničenja došlo do promjene u strukturi, najčešće je to proširenje sistema opskrbe plinom ili sistema opskrbe toplinom iz centraliziranog izvora (jer je njihov udio u onečišćenju zraka najčešće minoran), nužno je redefinirati obuhvat sistema opskrbe plinom i CTS-a, izvršiti ponovo proračun onečišćenja zraka i postupak ponavljati sve dok se ne zadovolje postavljeni kriteriji u pogledu očuvanja čistoće zraka (petlja 2 na sl. 1).

6. ANALIZA OSJETLJIVOSTI OPTIMALNOG RJEŠENJA ENERGETSKE OPSKRBE

Kao što je već u uvodu spomenuto, usmjeravanje energetske opskrbe urbane sredine, kao i svako drugo sagledavanje budućnosti, povezano je s neizvjesnostima. Neizvjesnosti su to veće što je vremenski obzor sagledavanja dalji, pa se nameće pitanje razločnosti primjene egzaktnih matematičkih postupaka optimalizacije kada je sam rezultat pod utjecajem neizvjesnosti vezanih za ulazne parametre. Skepticizam izražen tim pitanjem implicira zapravo nužnost pronalazanja takvih postupaka pri sintezi optimalnog sistema, kojim se spomenute neizvjesnosti mogu prevladati (one se ne mogu izbjeći).

Važna teorijska posljedica ovakvog sagledavanja jest da se predlažu strateške odluke, koje neće suviše sužavati buduće alternative razvitka. Prevladavanje neizvjesnosti koje se unose ulaznim podacima u proces optimalizacije i donošenje strateški povoljnih odluka moguće je (i uobičajeno) analizom stabilnosti (osjetljivosti) rješenja na promjenu ulaznih parametara za koje se zna da mogu odstupati od očekivanih veličina.

Provedbom matematičkog modela za optimalizaciju energetske opskrbe urbane sredine, opisanim u prethodnom poglavlju, dobiveno je rješenje energetske opskrbe za određeni scenario ulaznih podataka. Iako taj osnovni scenario ulaznih podataka predstavlja tzv. realnu (najpouzdaniju) varijantu, potrebno je ispitati stabilnost rješenja, odnosno promjene u osnovnom rješenju ako se izmijeni scenario ulaznih podataka. Posebno je vrijedno ispitivanje optimističkih i pesimističkih varijanti samo jedne komponente u scenariju ulaznih podataka (npr. promjena ograničenja raspoloživih energetske oblika za urbanu sredinu, promjena cijena ili odnosa cijena energetske oblika i sl.) jer se na taj način dobiva neposredan uvid u stabilnost rješenja na promjene onih ulaznih podataka koji u budućnosti i njoj svojstvenoj neizvjesnosti mogu dobiti pojavnost realnih poremećaja.

Ispitivanjem stabilnosti rješenja promjenom ulaznih parametara moguće je da se pokaže da određeno rješenje već kod manje promjene prognoziranih ulaznih veličina prestaje biti optimalno. Naročito je to važno kod sistema koji traže znatna investicijska ulaganja već u neposrednoj budućnosti, pa je u tom slučaju potreban najveći oprez u dinamici investiranja, što, drugim riječima, može značiti i djelomično odstupanje ili odgađanje rješenja koje se prema najvjerojatnijim ulaznim podacima pokazalo optimalnim.

Zahvaljujući razvijenoj programskoj podršci i sektorskom korištenju pojedinih modela, prethodno izloženi postupak, premda na prvi pogled zamoran i kompliciran, ne čini nekih većih teškoća. Sigurno je, međutim, da bi bez prije navedenog programskog paketa, koji pruža zavidne operativne mogućnosti, teško bilo provoditi analizu stabilnosti optimalnog rješenja energetske opskrbe jer se, kao što je opisano, osjetljivost utvrđuje višekratnim ponavljanjem

postupka optimalizacije uz željeno variranje ulaznih podataka.

7. PRIJEDLOZI PROGRAMA MJERA I AKCIJA POTREBNIH ZA IZGRADNJU ENERGETSKE STRUKTURE

Na osnovi metodologije opisane u ovom radu moguće je utvrditi strateško usmjerenje i koncepciju dugoročnog razvitka energetske opskrbe urbane sredine. Na temelju toga treba da se donose dugoročni planovi razvitka pojedinih energetske sistema, zatim srednjoročni planovi, kao osnovni operativni planovi, i da se definira energetska politika urbane sredine.

Energetsku politiku moguće je definirati kao skup načela, ciljeva, zadataka i mjera, koje se poduzimaju u sklopu privredne politike u području istraživanja i razvitka, pridobivanja, transformacije i korištenja energije sa svrhom da se podrži privredni i ukupni društveni razvoj dovoljnim količinama stalno dostupne energije uz što niže cijene te energije.

Budući da energetska politika, kao i svaka druga, predstavlja intervencionizam, odnosno pomicanje vrijednosti u odnosu na one koji bi postojali da tog intervencionizma nema, nužno je da ona raspolaže mjerama energetske politike, koje će korisnika i dobavljača pojedinih energetske oblika usmjeravati postizanju željenog cilja. Jedna od najvažnijih mjera za pravilno usmjeravanje korisnika sigurno je politika cijena energije. Kao dalje mjere moguće je navesti:

- stimulativne mjere za racionalizaciju korištenja energije (u prvom redu davanje povoljnih kredita)
- donošenje propisa o energetske opskrbi
- izdavanje energetske suglasnosti u okviru građevinskih dozvola (za kompletnu energetske opskrbu)
- kroz cijenu pojedinog oblika energije, samodopri- nosom, kreditima banaka, kroz ekonomske stanarine itd., namicati potrebna sredstva za osiguranje materijalne osnovice dobavljačima energetske oblika kako bi se svaki od njih doveo u približno jednake uvjete privređivanja te da im se omogući da ispune društvene obaveze
- povezivanje dobavljača energetske oblika u sisteme na razini republike i zemlje radi iskorištavanja mogućnosti povećanja ekonomije energetske dobave ne samo na nivou grada i područja već mnogo šire (zajedničko udruživanje sredstava u višenamjenske objekte).

Osim tih mjera treba navesti i mjere radi osiguranja postizanja ciljeva energetske politike republike i zemlje u cjelini te osiguranje pretpostavki i uvjeta da energetske opskrba grada i područja grada predstavlja dio te cjelovite energetske politike:

- uvođenje cijena i odnosa cijena energetske oblika koji omogućavaju da se postignu ciljevi energetske politike zemlje u cjelini

- vođenje jedinstvene ukupne energetske politike na nivou grada tako da se stalno prate tokovi i promjene koje mogu imati bitnog utjecaja na već usvojenu energetske politiku u gradu
- usklađivanje proporcija razvoja grada s potrebama razvoja energetske opskrbe
- u svrhu racionalnog korištenja energetske oblika potrebno je osigurati intenzivna istraživanja u toj domeni, kako bi se prirodne značajke grada maksimalno valorizirale
- osigurati materijalnu osnovicu za poticanje krajnjih korisnika i dobavljača na korištenje tehničkih rješenja koja osiguravaju manje upotrebe energije, pri čemu se ne umanjuje potrebni nivo zadovoljenja potreba
- osigurati uvjete da program izgradnje grada i program izgradnje potrebne energetske infrastrukture budu vođeni tako da se postigne maksimalna ekonomija (minimum troškova, uvažavajući maksimalno urbanistički i estetski kvalitet dinamike izgradnje grada)
- osigurati uvjete da dobavljači energetske oblika svoj interes podrede postizanju ukupne ekonomije na nivou grada, a ne na nivou svojih radnih organizacija, kako bi se postigla potrebna komplementarnost u opskrbi grada energetske oblicima
- dobavljači pojedinih oblika energije u gradu trebalo bi da udružuju dio sredstava s organizacijama u republici čija je djelatnost istraživanje i pridobivanje primarnih oblika energije kako bi se osigurala dobava energetske oblika u grad.

Bez poduzimanja energičnih i pravovremenih zahvata u energetske politici energetske opskrba grada ne može se razvijati onako kako je i za grad i za zemlju u cjelini najpovoljnije, što može dovesti do neplanskog razvoja koji otežava, a u nekoj mjeri i onemogućava ostvarivanje dugoročnog plana razvoja grada.

8. ZAKLJUČAK

Zbog inertnosti jednom izgrađene energetske strukture, energetske je privreda više od ostalih upućena na dugoročno sagledavanje, planiranje i usmjeravanje.

Zbog isprepletenosti uzajamnih veza društvenog, ekonomskog i tehničkog razvitka te prirodnih uvjeta određenog područja s energetske opskrbom koncipiranje energetske opskrbe urbane sredine jest složen zadatak. Mnogobrojni su faktori koji djeluju na usmjeravanje te opskrbe i ta činjenica je uzrok što pojedini energetske oblik ne treba promatrati izolirano samo sa stanovišta njegovih kvaliteta, već u kontekstu cjelokupnosti tih mnogobrojnih faktora.

Odrednice izložene metodologije za optimalizaciju energetske opskrbe urbane sredine neće se ponavljati u ovom zaključku jer su u najsazetijoj formi dane na slici 1. (pa se na nju ukazuje pozornost).

LITERATURA

- [1] Znanstvene osnove dugoročnog razvoja SR Hrvatske do 2000. godine, Osnove dugoročnog razvoja SR Hrvatske — svodna studija, Republička zajednica za znanstveni rad SR Hrvatske i Republički zavod za društveno planiranje SR Hrvatske, Zagreb, 1984.
- [2] D. ČORAK i ostali: »Optimalno korištenje energije u urbanim sredinama«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.
- [3] D. ČORAK i ostali: »Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1982.
- [4] D. ČORAK, V. JELAVIĆ, Z. MUŽEK: »Matematički model za optimalizaciju energetske opskrbe urbane sredine«, Energija 1/1984, Zagreb, 1984.
- [5] D. O. Matrin, A. Tikvard: »A Climatological Model for multiple Source Urban Air Pollution«, 1973.
- [6] D. ČORAK, Z. MUŽEK: »Pristup dugoročnom usmjeravanju energetske opskrbe urbane sredine«, Savjetovanje o energiji, Opatija, 1985.

METHODOLOGY FOR GUIDANCE OF POWER SUPPLY IN URBAN AREAS

In the article is described a methodology for guidance of power supply in urban areas. Methodology is based on original optimisation model for power supply (based on linear programming), as well as on many other models. Nonlinear elements in analysis (air pollution, starting of combined process units in thermal and electrical systems) are solved by iteration. Optimum criterion is minimum costs for power supply taking in account constraints due to air pollution, unavailability of power units and starting conditions of city power supply.

METHODOLOGIE ZUR BESTIMMUNG DER ENERGIEVERSORGUNG DER URBANEN UMGEBUNG

Hier wurde die Methodologie für die Bestimmung der Energieversorgung der urbanen Umgebung beschrieben. Die Methodologie gründet auf der Anwendung des optimalen mathematischen Modells für die Optimierung der Energieversorgung (aufgrund der Methode des linearen Programmierens) und aufgrund einer Reihe von Hilfsmethoden und mathematischer Modelle. Die nichtlinearen Verhältnisse zwischen den Größen bei der Energieversorgung (Analyse der Luftverschmutzung, Analyse des Einschaltens der Einheiten des Verbindungsprozesses ins Wärme und Elektrosystem, werden durch das iterative Verfahren überwunden. Das Kriterium für die Optimierung ist das Minimum der Gesamtkosten für die Energieversorgung mit Rücksicht auf die Luftverschmutzung, die Beschränkungen wegen der verfügbaren Energieformen für die Stadt, sowie den gegenwärtigen Zustand der Stromversorgung der Stadt.

МЕТОДОЛОГИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Описана методология направленности энергоснабжения городской среды. Методология основывается на применении оригинальной математической модели оптимизации энергоснабжения (базирующейся на методе линейного программирования) и на ряде вспомогательных процессов и математических моделей. Нелинейные соотношения величин при энергоснабжении (анализ загрязнения воздуха, анализ включения единиц соединительного процесса в тепловую и электроэнергетическую системы) подчиняются интерактивному поведению. Критерием оптимизации является минимум затрат на энергоснабжение, принимая во внимания ограничения загрязнения воздуха, ограничения видов энергии, находящихся в распоряжении для города, а также состояние энергоснабжения города, в котором он находится.

Naslov pisaca:

dr Duško Čorak, dipl. inž.
Zdravko Mužek, dipl. inž.
Vladimir Jelavić, dipl. inž.

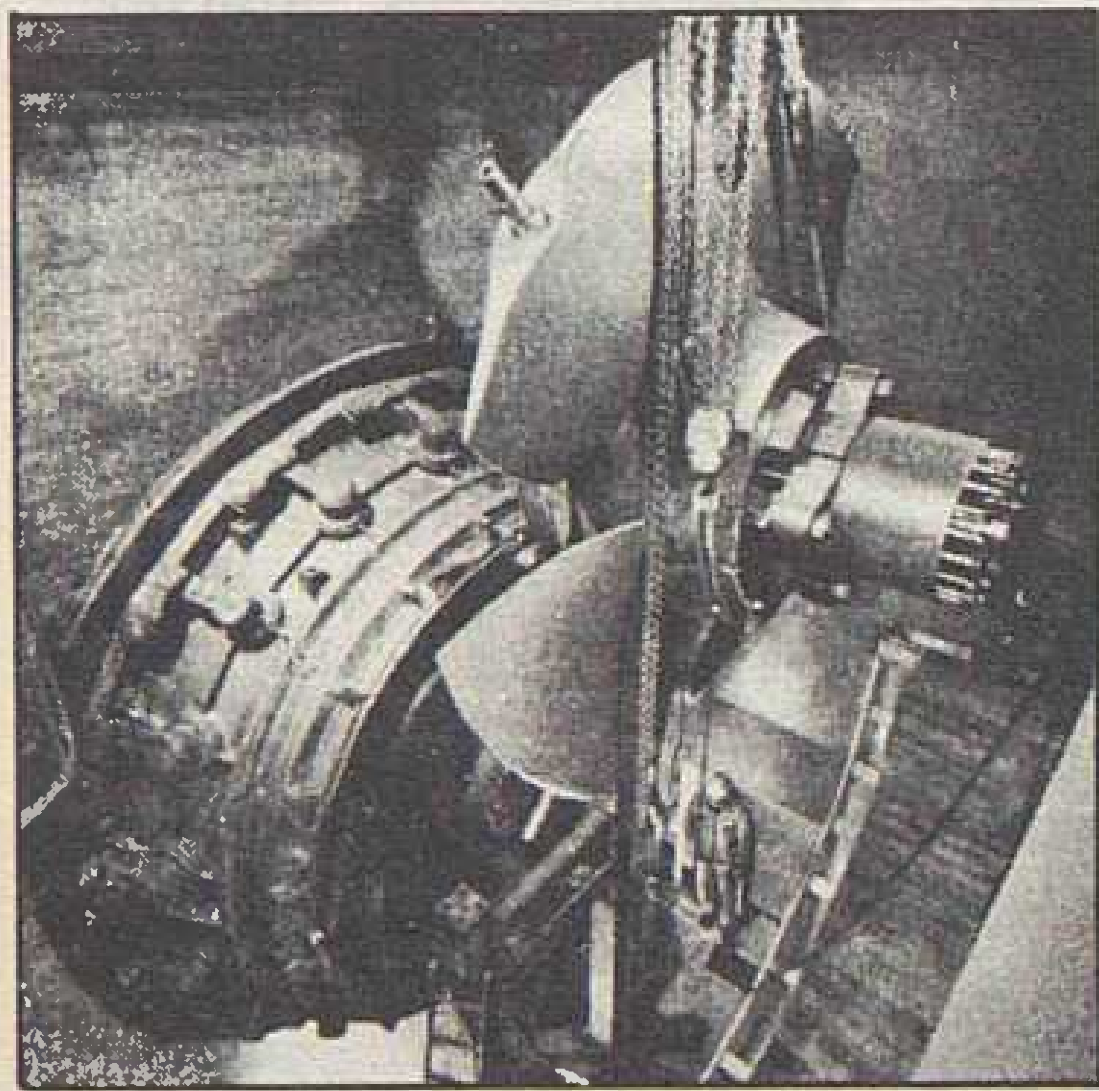
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-8-22

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehniku

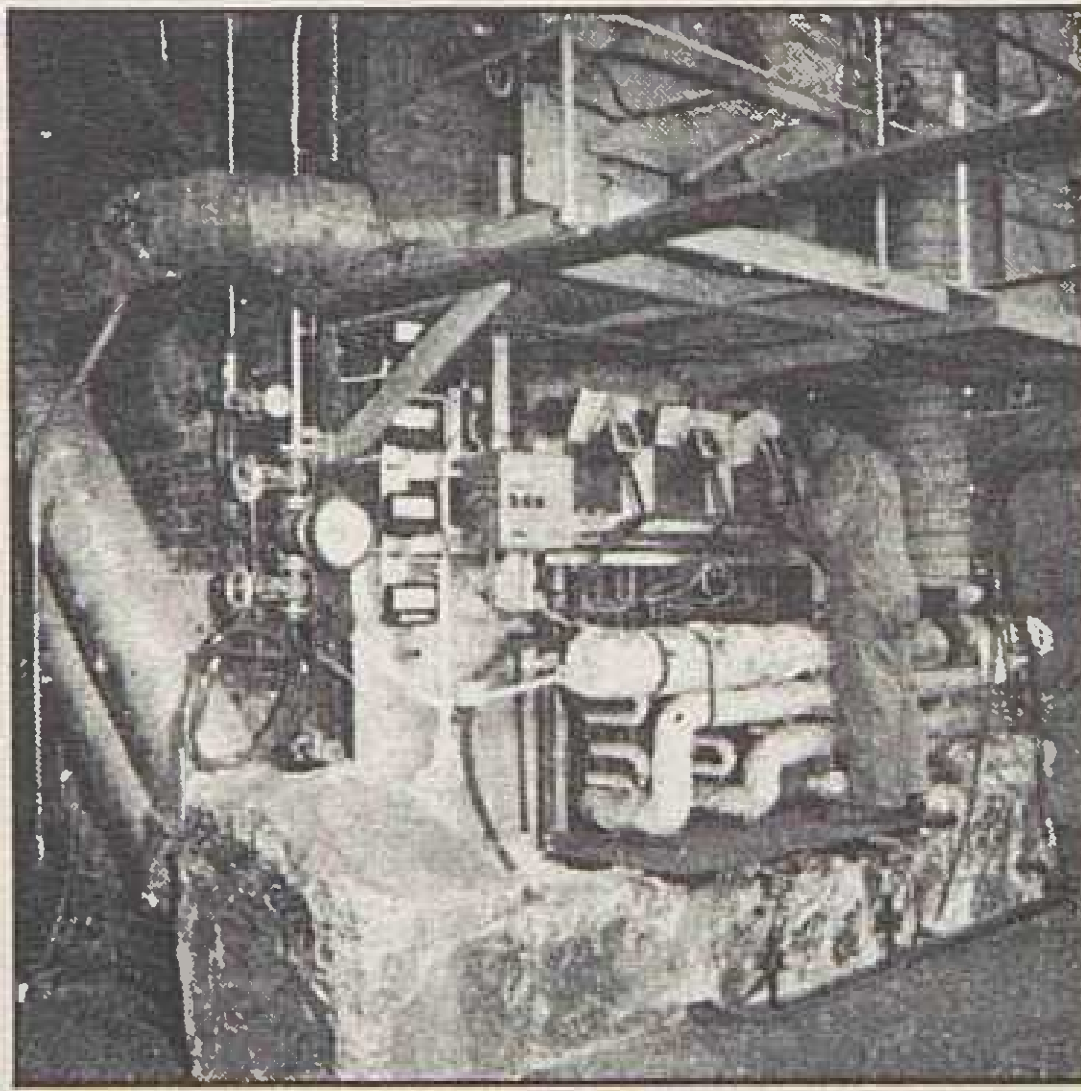
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

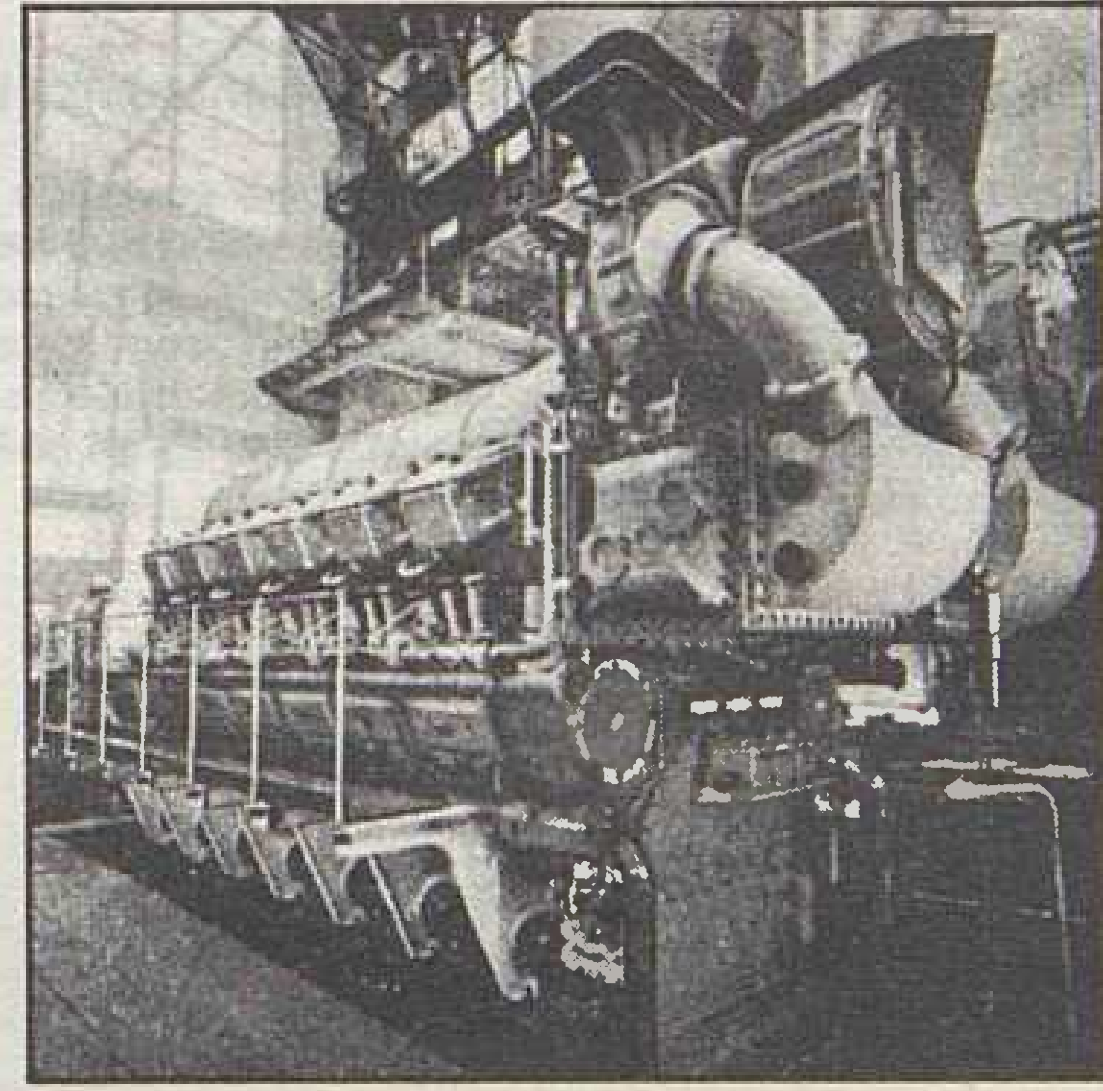
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovska postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 81 11 22
Telex 89606011

SULZER®



PROJEKTIRANJE UZEMLJIVAČA INDUSTRIJSKE TRANSFORMATORSKE STANICE 110/6 kv

mr Srđan Žutobradić mr Božidar Filipović — Grčić, Zagreb

UDK 621.316.99

PREGLEDNI RAD

U članku je opisan matematički model koji opisuje raspodjelu struje jednopolnog kvara na elemente sustava uzemljenja (uzemljivač postrojenja, nadzemne vodove i kabele). Izložen je i model kojim u obuhvaćeni složeni uzemljivači ukopani u jendoslojno i dvoslojno homogeno tlo. Dan je primjer upotrebe razvijenih programa prilikom projektiranja uzemljivača.

Ključne riječi: uzemljenje, uzemljivači, dodirni napon, kompjutorski proračun uzemljivača.

1. UVOD

Primjena elektroničkih računala prilikom projektiranja uzemljivača omogućava velike uštede kod izvedbe uzemljivača. To se naročito odnosi na uzemljivače velikih transformatorskih stanica bilo u elektroprivredi, bilo u industriji. Troškovi izvedbe uzemljivača naročito rastu na terenima s visokim specifičnim otporom tla, te kod postrojenja s visokim strujama jednopolnog kratkog spoja. Upotreba računala u fazi projektiranja omogućava da se veoma točno odredi udio struje jednopolnog kvara koji teče kroz uzemljivač trafo-stanice u zemlju. Na temelju tako izračunate struje provodi se proračun uzemljivača uz poštivanje osnovnog kriterija: zadržavanje napona dodira i koraka ispod dozvoljenih granica uz što manji utrošak uzemljivačke trake. Proračun uzemljivača pomoću računala daje znatno točnije rezultate u odnosu na primjenu raznih aproksimativnih izraza. To se posebno odnosi na nepravilne konfiguracije uzemljivača; a upravo s takvim oblicima ostvaruju se znatne uštede. Osim toga, za točniji proračun osnovnih karakteristika uzemljivača (otpora rasprostiranja, napona dodira i napna koraka) često je potrebno namjestiti model nehomogenog tla ekvivalentnim dvoslojnim modelom. Proračun karakteristika uzemljivača u pretpostavljenom dvoslojnom tlu može se obaviti samo primjenom računala. Daljnja prednost koju pruža proračun uzemljivača računalom jest mogućnost određivanja potencijala koje poprimaju razne metalne konstrukcije ukopane blizu razmatranog uzemljivača, a koje nisu galvanski vezane s njime (pasivni uzemljivači).

U Studijskoj jedinici za razdjelne mreže Instituta za elektroprivredu istraženi su matematički modeli koji opisuju raspodjelu struje jednopolnog kratkog spoja u složenom sustavu uzemljenja, te složene uzemljivače ukopane u jednoslojno ili dvoslojno homogeno tlo. Na temelju matematičkih modela izrađeni su

programi (FILIP i UZ1) koji su primijenjeni pri projektiranju uzemljivača velikih transformatorskih stanica (npr. L. 3, 4).

2. PODACI O TS 110/6 kV BELIŠĆE POTREBNI ZA PRORAČUN UZEMLJENJA

Transformatorska stanica 110/6 kV BELIŠĆE, za koju je trebalo odrediti optimalni oblik uzemljivača, tipična je industrijska trafo-stanica jer napaja samo proizvodne objekte tvornice ambalaže. Priključena je nadzemnim vodom 110 kV na TS VALPOVO i u prvoj etapi ima samo jedan transformator 110/6 kV snage 20 MVA. U konačnoj etapi predviđa se priključak još jednog dalekovoda 110 kV (vjerojatno iz Belog Manastira) i jednog transformatora. Uzemljivač je, dakako, trebalo dimenzionirati prema struji jednopolnog kvara u konačnoj etapi.

Postojeći dalekovod (prema TS VALPOVO) izveden je pomoću stupova tipa čelična jela, sa zaštitnim vodičem A1Mg 95/55; pretpostavlja se da će i perspektivni vod (prema Belom Manastiru) biti izveden na isti način.

Veličina struje jednopolnog kratkog spoja u TS BELIŠĆE određena je na temelju (L. 5), te je povećana za udio buduće hidroelektrane na Dravi (snage oko 20 MVA) čija se izgradnja predviđa na tom području negdje nakon 1990. god. Tako određena struja jednopolnog kvara na 110 kV sabirnicama iznosi:

$$I_{1p} = 4,76 \text{ kA.}$$

Za vrijeme isklapanja kvara na 110 kV strani TS BELIŠĆE uzeta je veličina od 0,8 sek (drugi stupanj distantne zaštite), a to, prema propisima, dozvoljava napone dodira od 125 V unutar ograde postrojenja i 65 V izvan ograde.

Na području TS BELIŠĆE obavljena su mjerenja specifičnog otpora tla. Utvrđen je približno homoge-

ni karakter tla s veličinom specifičnog otpora od

$$\rho = 60 \Omega\text{m}.$$

Srednjonaponski (6 kV) kabeli koji izlaze iz TS BELIŠĆE, nemaju, prema informacijama projektanta, metalne plašteve, odnosno ekrane, pa zato ne djeluju kao elementi u sustavu uzemljenja. Ako bi se koristili srednjonaponski kabeli s metalnim plaštom (ekranom), njihov bi utjecaj svakako trebalo uzeti u obzir.

3. RASPODJELA STRUJE JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA U SUSTAVU UZEMLJENJA

Od ukupne struje jednopolnog kratkog spoja za dimenzioniranje uzemljivača na napone dodira i koraka mjerodavan je samo onaj dio koji preko uzemljivača trafo-stanice utječe u zemlju. Potrebno je, dakle, uzeti u obzir da zaštitni vodiči nadzemnih vodova te ekrani i plaštevi kabela odvede dio struje jednopolnog kvara olakšavajući tako prilike na uzemljivaču trafo-stanice. U (L. 1) detaljno je izložen matematički model koji opisuje ovakav sustav uzemljenja.

Impedancija sustava uzemljenja, za postrojenje u koje ulazi M nadzemnih vodova, K kabela sa vodljivim plaštom prema zemlji, N vodiča ukopanih u zemlju koji su povezani s uzemljivačem stanice, te I kabela s izoliranim plaštom prema zemlji (ali koji imaju ekrane) računa se iz izraza:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_{st}} + \sum_{m=1}^M \frac{\sigma_m}{Z_m} + \sum_{k=1}^K \frac{\sigma_k}{Z_k} + \sum_{n=1}^N \frac{\sigma_n}{Z_n} + \sum_{i=1}^I \frac{1}{Z_i} \quad (2.1)$$

gdje je:

- R_{st} — otpor uzemljivača postrojenja;
- Z_m — nadomjesna impedancija dalekovoda;
- Z_k — nadomjesna impedancija kabela s vodljivim plaštom prema zemlji;
- Z_n — nadomjesna impedancija ukopanog vodiča (užeta ili trake);
- Z_i — nadomjesna impedancija kabela s plaštom izoliranim prema zemlji koja se sastoji od uzdužne impedancije ekrana kabela i impedancije uzemljenja trafo-stanice na drugom kraju kabela.

Konstantom σ uzima se u obzir utjecaj naponskog lijevka stanice na nadomjesne impedancije nadzemnih vodova, kabela i ukopanih vodiča položenih uz kabele s izoliranim plaštom. Način računanja svih veličina iz izraza 2.1 opisan je u (L. 1).

Redukcioni faktor razmatrane trafo-stanice definiran je kao

$$r_{st} = \frac{Z}{R_{st}} \quad (2.2)$$

gdje je Z definirano u izrazu 2.1.

Kod jednopolnog kratkog spoja u postrojenju ukupna struja jednopolnog kvara jednaka je sumi trostrukih nultih komponenti svih nadzemnih vodova i ka-

bela I_{Fj} , te uzemljenih transformatora u promatranom postrojenju I_{Tr} :

$$I_{Ip} = \sum_{j=1}^{M,K,I} I_{Fj} + \Sigma I_{Tr} \quad (2.3)$$

Ova struja mjerodavna je za termičko dimenzioniranje uzemljivača stanice, uzimajući pri tome u obzir vrijeme isklapanja kvara.

Struja koja teče preko impedancije sustava uzemljenja računa se kao:

$$I_{zs} = \sum_{j=1}^{M,K,I} r_j \cdot I_{Fj} \quad (2.4)$$

gdje je r_j redukциони faktor vodova i kabela; a I_{Fj} odgovarajuća trostruka nulta komponenta struje kratkog spoja. Struja koja teče preko uzemljivača stanice u zemlju i mjerodavna je za proračun uzemljivača prema dozvoljenim naponima dodira i koraka računa se iz izraza

$$I_{st} = r_{st} \cdot I_{zs}. \quad (2.5)$$

Potencijal uzemljivača postrojenja računa se iz jednadžbe

$$U_{st} = R_{st} \cdot I_{st} = r_{st} \cdot R_{st} \cdot I_{zs}. \quad (2.6)$$

Na temelju izloženog modela izrađen je programski paket instaliran na računaru PDP 11/70 u programskom jeziku fortran. Sastavni dio paketa su datoteke koje sadrže podatke s raznim vrstama kabela, te nadzemnih vodova koji se upotrebljavaju u našim mrežama. Time je izvanredno olakšano korištenje programa, jer se veoma smanjuje broj ulaznih podataka. Kao najvažniji rezultat proračuna dobiva se dio struje jednopolnog kvara koji preko uzemljivača odlazi u zemlju (struja mjerodavna za dimenzioniranje uzemljivača prema naponima dodira i koraka).

Pomoću izrađenog programa obavljen je proračun rasodjele struje jednopolnog kvara u TS 110/6 kV BELIŠĆE. Dobiveni su sljedeći rezultati:

$$I_{st} = 1,61 \text{ kA} \quad (\text{za var. 1 — sl. 1})$$

$$I_{st} = 1,80 \text{ kA} \quad (\text{za var. 2 — sl. 2}).$$

Ukupna struja jednopolnog kratkog spoja u TS BELIŠĆE iznosi 4,76 kA; prema tome uzemljivač trafo-stanice odvodi u zemlju svega 34 % do 38 % od ukupne struje (ovisno o odabranoj konfiguraciji uzemljivača). Iz navedenih rezultata vidi se korisnost ovakvog, točnijeg pristupa dimenzioniranju uzemljivača, jer je struja mjerodavna za napone dodira i koraka znatno manja od ukupne struje kvara. Ako bi se proračun napona dodira i koraka bazirao na pretpostavci da čitava struja jednopolnog kvara teče samo preko uzemljivača u zemlju, troškovi uzemljivača bi znatno porasli, a bez stvarne potrebe.

4. PRORAČUN UZEMLJIVAČA

Prilikom analize sustava uzemljivača razlikuju se dvije vrste uzemljivača: aktivni i pasivni. Aktivni uzemljivači odvede struje dozemnih kvarova u zemlju (to su npr. uzemljivači trafo-stanica). Pasivni uzemljivači su razni metalni objekti koji se nalaze

ukopani u okolišu aktivnih uzemljivača, a nisu sa njima galvanski vezani (npr. uzemljivač ograde trafo-stanice nije vezan za glavni uzemljivač). Prvi korak u proračunu jest dijeljenje svakog uzemljivača na određen broj pravocrtnih elemenata. Ako bi ti brojevi postali beskonačni, svaki element bi predstavljao točkasti izvor struje odvođenja s uzemljivača. Naravno, ovakav model nije moguće realizirati. Umjesto toga uzima se konačan broj elemenata. Što je taj broj veći, proračun je točniji. Ograničavajući faktor za povećanje ukupnog broja pravocrtnih elemenata na koji su razdijeljeni svi uzemljivači u razmatranom sustavu jest memorija raspoloživog računala.

Osnovna je pretpostavka proračuna da su svi elementi (trake, užad) jednog uzemljivača ekvipotencijalni; to znači da se zanemaruju uzdužne impedancije tih elemenata. Ta pretpostavka vrijedi za sve uzemljivače osim onih koji su sastavljeni od ekstremno dugačkih traka koje su međusobno povezane na malo mjesta. Također se pretpostavlja da je linijska gustoća struje odvođenja duž pojedinih pravocrtnih elemenata jednaka. Time se čini određena pogreška prema stvarnom stanju, koja je to manja što je broj elemenata na koji su rastavljeni uzemljivači veći.

Pošto se sustav uzemljivača rastavi na t pravocrtnih elemenata, pristupa se proračunu međusobnih i vlastitih koeficijenata potencijala pravocrtnih elemenata. Koeficijent potencijala između elementa i i elementa j (V_{ij}) predstavlja potencijal koji element i uzrokuje na elementu j zbog jedinične struje odvođenja. Vlastiti koeficijent potencijala elementa i (V_{ii}) jest potencijal koji taj element poprima zbog svoje jedinične struje odvođenja.

Nakon proračuna koeficijenata potencijala formira se matični izraz koji opisuje razmatrani sustav; poznate veličine su koeficijenti potencijala, dužine pravocrtnih elemenata i ukupne struje odvođenja uzemljivača (kod pasivnih uzemljivača te struje jednake su nuli). Nepoznate veličine su potencijali uzemljivača, te linijske gustoće struja odvođenja s pravocrtnih elemenata. Matična jednadžba rješava se inverzijom; poslije toga lako je odrediti potencijal bilo koje točke T zbog struja odvođenja sa svih elemenata sustava uzemljivača. Potencijal neke točke T računa se kao:

$$V_T = \sum_{j=1}^t S_j \cdot V_{jT}, \quad (4.1)$$

gdje je:

V_T — potencijal točke T ;

S_j — izračunata linijska gustoća struje odvođenja s pravocrtnog elementa j ;

V_{jT} — koeficijent potencijala između elementa j i točke T (ti koeficijenti se računaju nakon rješavanja matične jednadžbe).

Matematički model za proračun uzemljivača koji je ovdje samo kratko opisan detaljno je izložen u (L. 2). Na bazi opisanog modela izrađen je program za proračun složenih uzemljivača. Program je koncipiran tako da omogućava proračune uzemljivača bilo kakvog oblika i dimenzija. Program je instaliran na računalu PDP 11/70, a napisan je u programskom jeziku

fortran. Na navedenom računalu moguće je obradivati sustave uzemljivača rastavljene na maksimalno 180 pravocrtnih elemenata. Time je omogućen i proračun najvećih uzemljivača (npr. kod TS 400/220 (110) kV). Tlo u kojem se nalazi analizirani uzemljivač može se modelirati kao jednoslojno ili dvoslojno homogeno. Potencijali, naponi dodira i koraka računaju se duž odabranih pravaca čiji je broj ograničen samo vremenom izvođenja programa. Položaj pravaca i razmak između susjednih točaka na pravcu također može biti proizvoljan, iako je uobičajeno da se odabiru pravci na površini zemlje i da razmak susjednih točaka bude 1 m. Tako dobiveni rezultati mjerodavni su za provjeru uzemljivača sa stanovišta propisa o opasnim naponima dodira i koraka. Program za proračun uzemljivača uzima u obzir prelazni otpor površinskog sloja tla. U slučaju kada je površina tla pošljunčana, naponi dodira i koraka na ljudskom tijelu znatno se reduciraju zbog visokog specifičnog otpora šljunka, a to je veoma povoljno.

Primjenom opisanog programa izvršen je proračun triju varijanti uzemljivača TS BELIŠĆE (sl. 1-3). Također je razmotren uzemljivač sa sl. 4 projektiran pomoću aproksimativnih formula.

Najprije su izvršeni proračuni konfiguracija sa sl. 1. i 2. Dobiveni su ovi rezultati:

$$R_{st} = 0,684\Omega \quad (\text{varijanta 1})$$

$$R_{st} = 0,478\Omega \quad (\text{varijanta 2}).$$

Pomoću tako izračunatih otpora uzemljivača određena je raspodjela struje jednopolnog kvara (pogl. 3), a nakon toga su izračunati naponi dodira i koraka za te struje (duž pravaca 1-10). Naponi dodira prema uzemljenim objektima unutar trafo-stanice najveći su duž pravca br. 1. Naponi dodira prema metalnoj ogradi najveći su duž pravaca br. 7 i 8. Maksimalni naponi dodira duž tih pravaca iznose:

$$\text{pravac 1: } U_d = 197 \text{ V}$$

$$\text{pravac 7: } U_d = 79 \text{ V} \quad (1. \text{ varijanta})$$

$$\text{pravac 8: } U_d = 73 \text{ V}$$

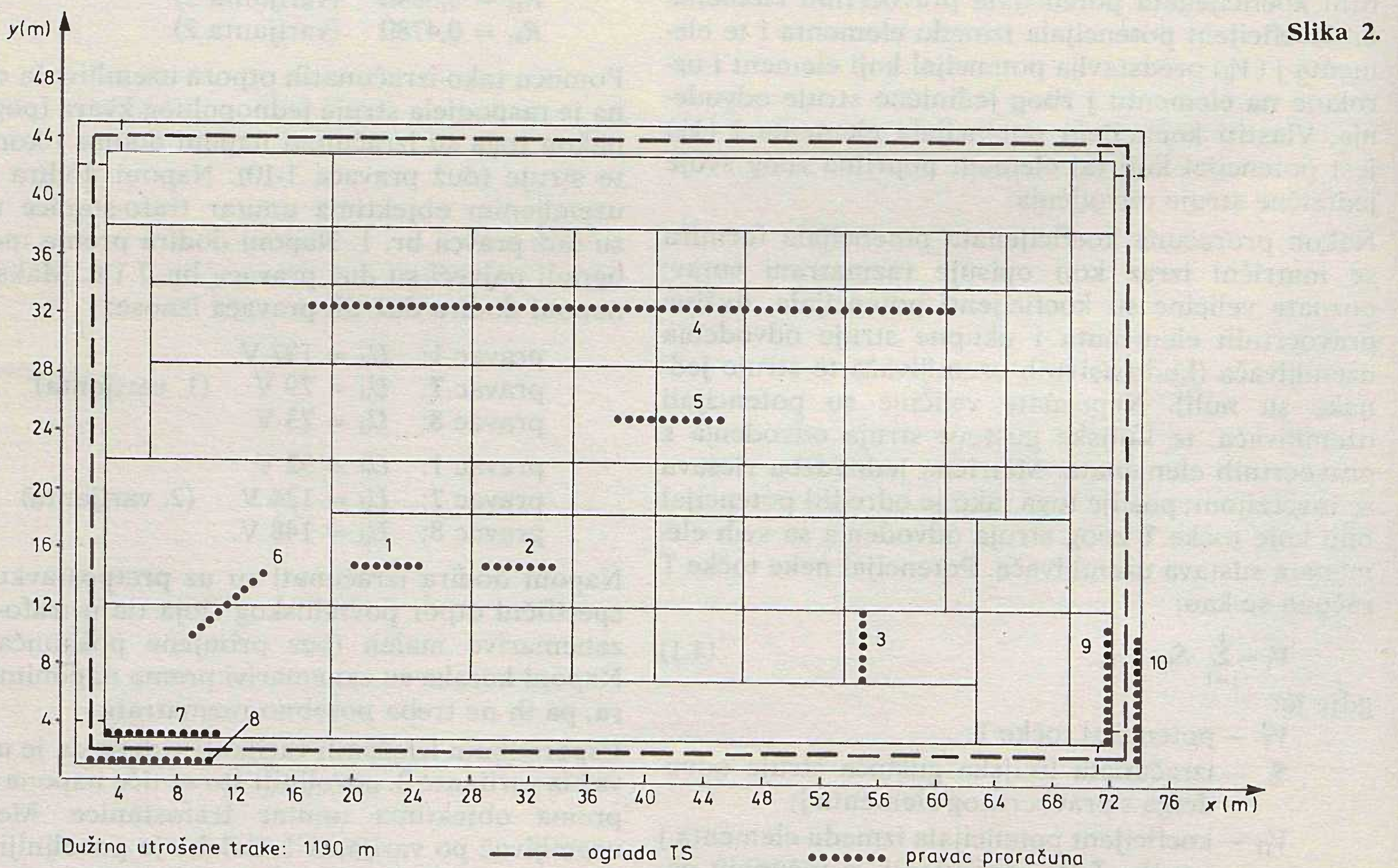
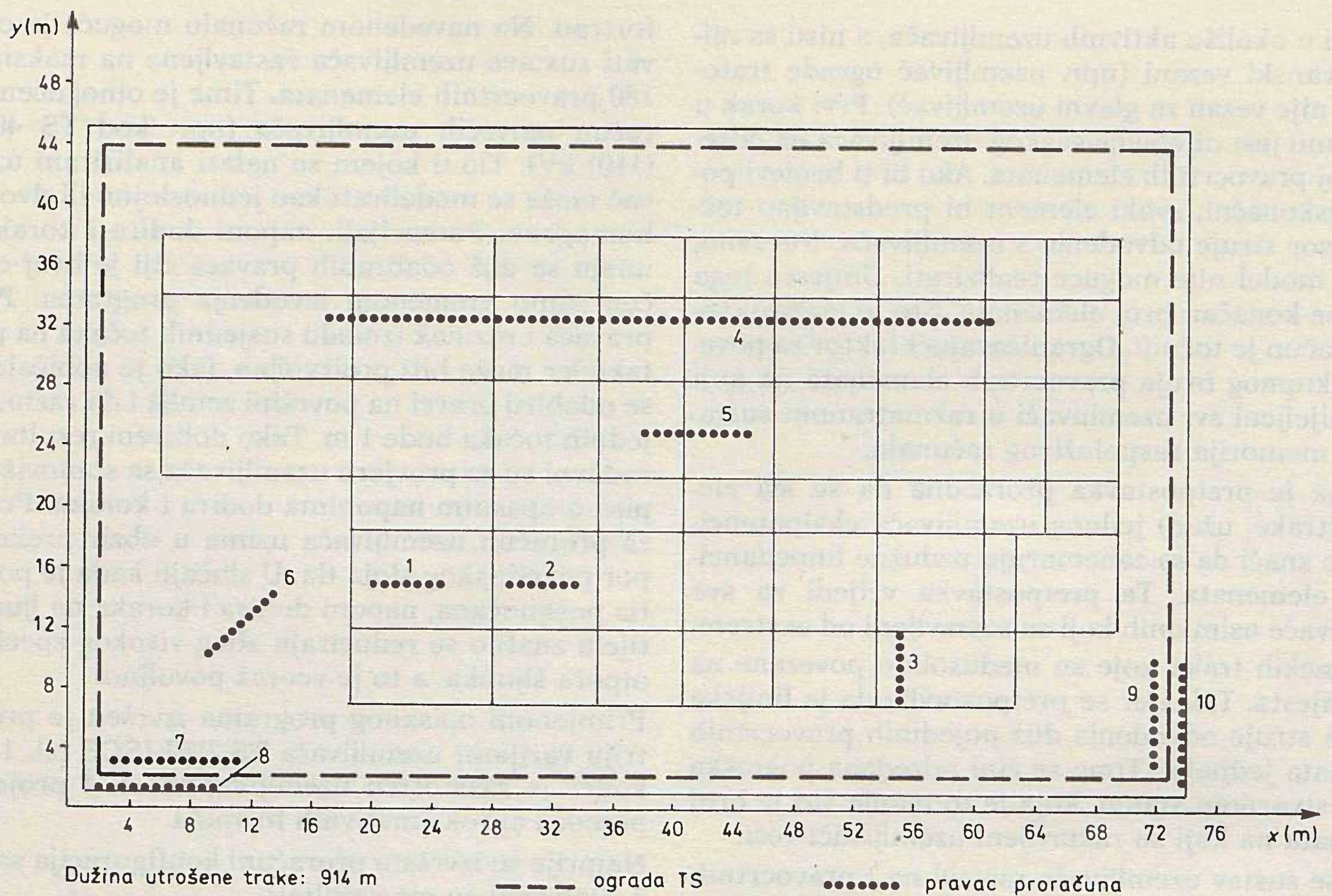
$$\text{pravac 1: } U_d = 92 \text{ V}$$

$$\text{pravac 7: } U_d = 124 \text{ V} \quad (2. \text{ varijanta})$$

$$\text{pravac 8: } U_d = 148 \text{ V}.$$

Naponi dodira izračunati su uz pretpostavku da je specifični otpor površinskog sloja tla u trafo-stanici zanemarivo malen (bez primjene pošljunčavanja). Naponi koraka su zanemarivi prema naponima dodira, pa ih ne treba posebno razmatrati.

Usporedbom izloženih varijanti vidi se da je uzemljivač iz varijante 2. povoljniji što se tiče napona dodira prema objektima unutar trafostanice. Međutim, uzemljivač po varijanti 1. daleko je povoljniji što se tiče napona dodira prema ogradi, zato je za daljnju analizu odabrana varijanta 1. s neznatnim korekcijama. Korigirani uzemljivač (varijante 3.) prikazan je na sl. 3. Proračuni napona dodira provedeni su uz pretpostavku da je tlo unutar trafo-stanice nasuto šljunkom specifičnog otpora $\rho_s = 1000\Omega\text{m}$ (a to je razmjerno niska vrijednost koja dovodi proračun na sigurniju stranu). Maksimalni naponi dodira tada iznose:



pravac 1: $U_d = 62 \text{ V}$
 pravac 7: $U_d = 16 \text{ V}$ (3. varijanta)
 pravac 8: $U_d = 66 \text{ V}$.

Gornje vrijednosti pokazuju da uzemljivač iz varijante 3. zadovoljava Tehničke propise o opasnim naponima dodira. Treba napomenuti da pošljunčavanje tla

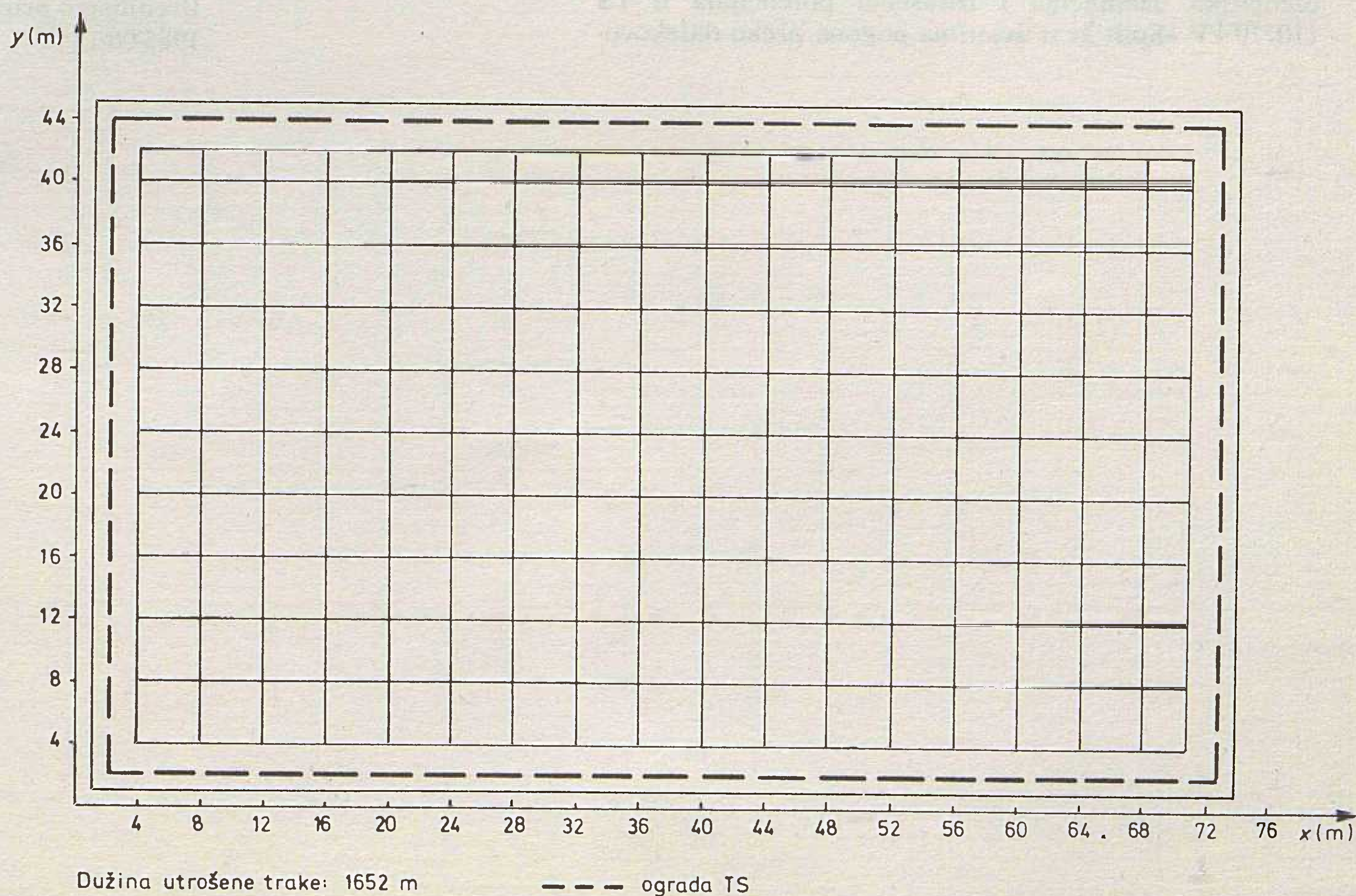
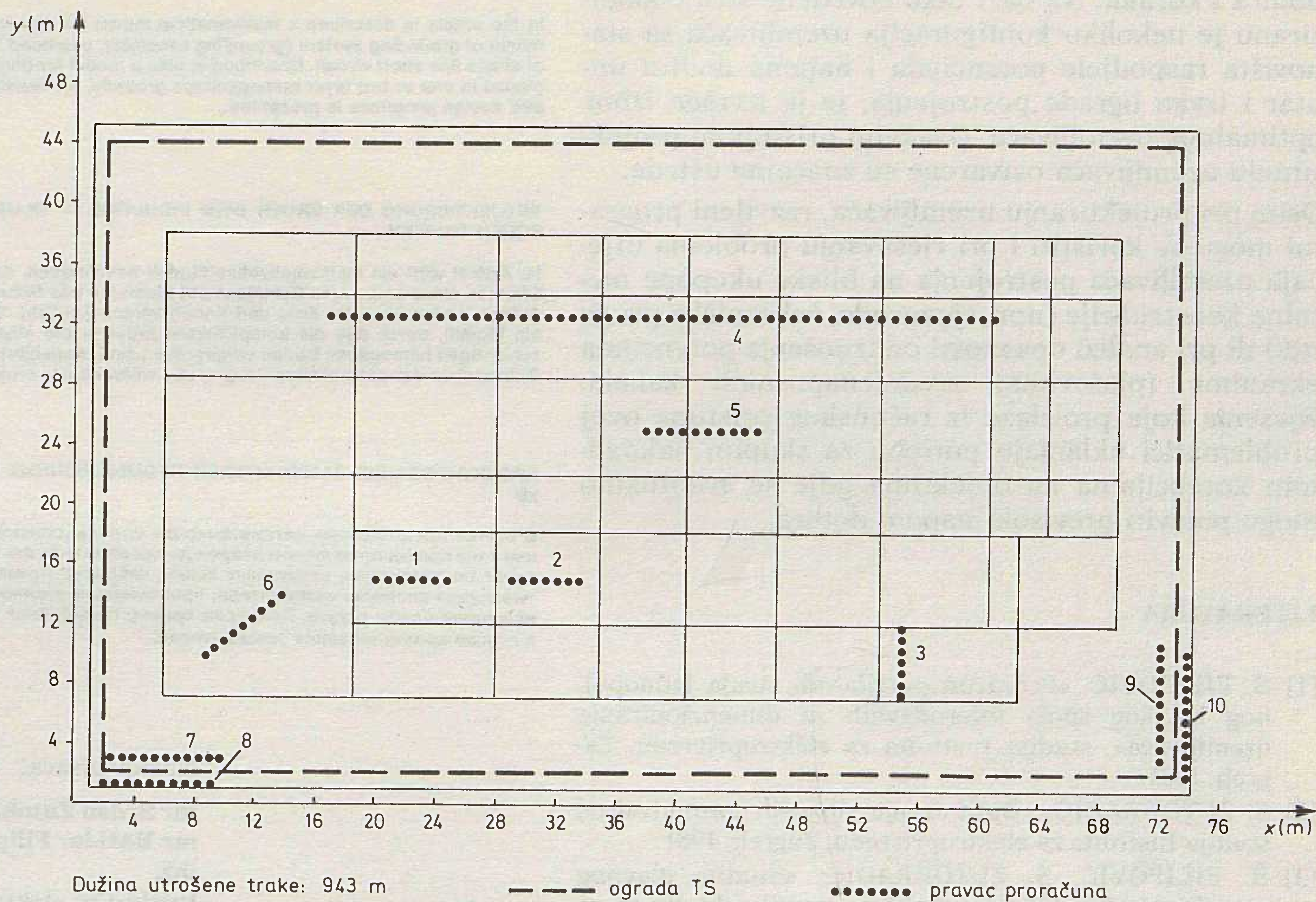
nije nužno unutar čitave ograde postrojenja već samo tamo gdje postoji mogućnost dodira uzemljenih elektroenergetskih objekata. Prethodni proračuni su čak pokazali da nije nužno pošljunčavanje pokraj ograde (maksimalni napon dodira za varijantu 1. iznosi 79 V). Što se tiče napona dodira s vanjske strane ograde, oni su izračunati uz pretpostavku da je pov-

ršinski sloj tla dobro vodljiv ($\rho_s \approx 0 \Omega m$). Prema tome, tu se ne zahtijeva pošljunčavanje.

Na kraju je razmotren uzemljivač sa sl. 4 (varijante 4.) određen na temelju empiričkih formula. Za takav bi uzemljivač trebalo položiti oko 700 m trake više nego za odabranu konfiguraciju (varijante 3.). Cijena

1 m uzemljivača izvedenog od trake (pocinčani čelik) iznosi oko 2 500,00 dinara. U toj cijeni dominiraju troškovi građevinskih i montažnih radova; na lošijim terenima ta cijena može biti i viša. Prema tome, kompjutorski proračun uzemljivača TS BELIŠĆE omogućava na jednostavan način uštedu otprilike 1 750 000,00 dinara, a to je znatan iznos.

Slika 3.



Slika 4.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju izloženih modela i pomoću razvijenih programskih sustava obavljen je proračun uzemljivača industrijske TS 110/6 kV BELIŠĆE. Dobivena je raspodjela struje jednopolnog kratkog spoja odnosno dio struje kvra mjerodavan za proračun napona dodira i koraka. Na bazi tako određene struje analizirano je nekoliko konfiguracija uzemljivača sa staništa raspodjele potencijala i napona dodira unutar i izvan ograde postrojenja, te je izvršen izbor optimalnog uzemljivača. Ovakvim pristupom projektiranju uzemljivača ostvarene su značajne uštede.

Osim pri projektiranju uzemljivača, razvijeni programi mogu se koristiti i pri rješavanju problema utjecaja uzemljivača postrojenja na bliske ukopane metalne konstrukcije (npr. cjevovode, željezničke pruge itd.) ili pri analizi opasnosti od iznošenja potencijala ekranima (plaševima) sredjenaponskih kabela. Rješenja koja proizlaze iz računskog pristupa ovoj problematici uklanjaju potrebu za skupim naknadnim korekcijama na objektima gdje se eventualno mogu pojaviti previsoki naponi dodira.

LITERATURA

- [1] B. FILIPOVIĆ: »Proračun parcijalnih struja jednopolnog kratkog spoja mjerodavnih za dimenzioniranje uzemljivača«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1981.
- [2] S. ŽUTOBRADIĆ: »Optimiranje složenih uzemljivača«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1981.
- [3] B. FILIPOVIĆ, S. ŽUTOBRADIĆ: »Studija glavnog uzemljivača TS 110/6kV Belišće«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1982.
- [4] S. ŽUTOBRADIĆ, B. FILIPOVIĆ, D. BALDASARI: »Problematika uzemljenja i iznošenja potencijala u TS 110/10 kV »Split 3« u uvjetima pogona preko dalekovo-

da 110 kV sa refleksijom na mrežu 10 i 0,4 kV«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1982.

- [5] D. NEVEČEREL: »Optimiranje elektroenergetskog sistema Hrvatske — proračun kratkog spoja«, studija Instituta za elektroprivredu, Zagreb, 1981.

DESIGN OF INDUSTRY TS 110/6 KV GROUNDING LEADS

In the article is described a mathematical model for current distribution on elements of grounding system (grounding assembly, overhead lines, cables). In case of single line short circuit. Described is also a model for complex grounding grids placed in one or two layer homogeneous grounds. An example for use of developed design programs is presented.

PROJEKTIERUNG DER ERDER BEIM INDUSTRIE — TRANSFORMATORENHÄUSCHEN 110/6 KV

Im Artikel wird ein mathematisches Modell beschrieben, das die Verteilung des Stromes eines einpoligen Schadens auf Elemente des Erdungssystems (Erder der Anlage, Leiter über der Erde und Kabel) veranschaulicht. Geschildert wird auch ein Modell, durch das die komplizierten Erder in die einschichtigen und zweischichtigen homogenen Böden eingegraben sind. Angeführt wird ein Beispiel des Gebrauches der entwickelten Programme während der Projektierung der Erder.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЕМЛИТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДСТАНЦИЙ 110/6 КВ

В статье представлена математическая модель, описывающая распределение тока при однополюсном повреждении элемента системы заземления (заземление установки, воздушных линий, кабелей). Приводится модель, охватывающая сложные заземлители, проложенные в однослойном и двухслойном однородном грунте. Приведен пример применения развитой программы в случае проектирования заземлителей.

Naslov pisaca:

mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović-Grčić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-06-12

MOGUĆI NAČIN PRIMJENE GRADIJENTNE METODE U ODREĐIVANJU RASPODJELE OPTEREĆENJA

mr Branka Jelavić — dr Goran Granić, Zagreb

UDK 621.311.1

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U ovom radu opisana je metoda optimalne raspodjele opterećenja u elektroenergetskom sistemu. Metoda ujedinjuje bilancu snage i energije hidroelektrana i termoelektrana u pripremnom dijelu i iterativnu gradijentnu matričnu metodu u optimizacijskom dijelu. Kriterij optimuma jest minimum troškova goriva u termoelektranama.

Ključne riječi: Raspodjela opterećenja, gradijentna metoda, hidroelektrane.

UVOD

Primjena gradijentne metode u određivanju optimalne raspodjele opterećenja poznata je već duže vremena. Unapređenje u primjeni metode dao je A. Arsenov (L1) kada je primijenio matrični oblik metode, u kojem se problem raspodjele opterećenja svodi na rješavanje nelinearnih algebarskih jednadžbi, a koje se pojednostavnjuje pomoću prva tri člana Taylorova reda.

Tako razrađen način rješavanja metode uzet je kao osnova za daljnju razradu metode kako bi se obradila ograničenja i problemi koji proizlaze iz realnog rada sistema i na taj način omogućila praktična primjena metode.

Tako su obuhvaćeni problemi raspodjele opterećenja u hidroelektranama: veći broj agregata u jednoj hidroelektrani, ograničena mogućnost akumuliranja vode, rad nizvodnih hidroelektrana na istom vodotoku sa vremenskim zakašnjenjem i bez njega. Kod termoelektrana posebno je obrađen problem ograničenja proizvodnje koja može biti uvjetovana ograničnim kapacitetom rudnika, ugovornim obvezama ili nekim drugim razlogom.

1. KRITERIJ, BILANCA SNAGE, OGRANIČENJA I GUBICI

1.1. Kriterij

Kriterij metode dnevnog optimiranja jest minimum ukupnih troškova proizvodnje termoelektrana u elektroenergetskom sistemu, uz uvažavanje ograničenja u radu pojedinih proizvodnih postrojenja. Matematički kriterij minimuma glasi:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N K_{nt}(P_{nt}) \Delta t_t \rightarrow \min, \quad (1)$$

pri čemu $K_{nt}(P_{nt})$ predstavlja troškovnu karakteristiku termoelektrane n u vremenskom intervalu t , a Δt_t dužinu trajanja vremenskog intervala t (npr. 1 sat).

1.2. Bilanca snage

Osnovni je uvjet rada elektroenergetskog sistema da u svakom vremenskom intervalu t postoji ravnoteža između proizvodnje hidroelektrana (P_{mt}) i termoelektrana (P_{nt}), s jedne strane, i potrošnje (P_{kt}) i gubitaka u prijenosnoj mreži (P_{gt}), s druge strane

$$\sum_{n=1}^N P_{nt} + \sum_{m=1}^M P_{mt} = P_{kt} + P_{gt} \quad (2)$$

$t = 1, 2, \dots, T$

N — broj termoelektrana u pogonu
 M — broj hidroelektrana u pogonu.

1.3. Ograničenja u pogonu

a) *Ograničenje snage u termoelektranama i hidroelektranama*

Svako postrojenje, bilo hidroelektrana, bilo termoelektrana, mora u svakom vremenskom intervalu zadovoljiti ograničenja koja proizlaze iz samih karakteristika postrojenja, a odnose se na minimalnu snagu kojom postrojenje može raditi (min) i maksimalnu snagu (max).

$$P_{n\min} \leq P_{nt} \leq P_{n\max}; \quad \text{za } n = 1, 2, \dots, N \quad (3a)$$

$t = 1, 2, \dots, T$

$$P_{m\min} \leq P_{mt} \leq P_{m\max}; \quad \text{za } m = 1, 2, \dots, M \quad (3b)$$

$t = 1, 2, \dots, T$

b) *Ograničenje na količinu vode*

Kod svake hidroelektrane mora se unaprijed ograničiti količina vode (V_m) koja će se iskoristiti u ukupnom razdoblju T . To ograničenje može proizaći iz veličine dotoka u pojedinu akumulaciju ili kao planska vrijednost kod većih akumulacija:

$$\sum_{t=1}^T Q_{mt}(P_{mt}) \cdot \Delta t_t = V_m; \text{ za } m = 1, 2, \dots, M \quad (4)$$

za H_{mt}

gdje je $Q_{mt}(P_{mt})$ energetska karakteristika hidroelektrane koja daje ovisnost protoka Q_{mt} o snazi P_{nt} za određeni bruto-pad H_{mt} .

c) *Ograničenje na volumen akumulacije*

Rad svake hidroelektrane mora se prilagoditi mogućnosti akumulacije kojom elektrana raspolaže, a što znači da sadržaj vode u akumulaciji (V_{mt}) mora biti u svakom trenutku t između graničnih vrijednosti volumena akumulacije.

$$V_{m \min} \leq V_{mt} \leq V_{m \max}; \text{ za } m = 1, 2, \dots, M \quad (5)$$

$t = 1, 2, \dots, T$

Volumen vode V_{mt} ovisi o dotoku u akumulaciju i količini vode koja se ispušta iz akumulacije kroz turbine elektrane.

d) *Ograničenje proizvodnje termoelektrana*

Proizvodnja termoelektrana u ukupnom vremenskom intervalu T , kao što je prije rečeno, može biti ograničena:

$$\sum_{t=1}^T P_{nt} \cdot \Delta t_t \leq W_{n \max}; \text{ za } n = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

U tom je izrazu $W_{n \max}$ maksimalna moguća proizvodnja termoelektrane n .

1.4. Gubici

Gubici snage određuju se metodom koeficijenata gubitaka, prema relaciji:

$$P_{gt} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_{it} B_{ij} P_{jt} + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M P_{it} B_{i,j+N} P_{jt} + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M P_{it} B_{i+N,j+N} P_{jt}; \quad (7)$$

za $t = 1, 2, \dots, T$,

gdje je B matrica gubitaka, a P_{it} i P_{jt} angažirane snage hidroelektrana i termoelektrana.

2. FUNKCIJA CILJA

U funkciji cilja osim jednadžbe troškova uključena su i ograničenja koja su navedena u prethodnom poglavlju. Izraz za funkciju cilja glasi:

$$F = \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T K_{nt}(P_{nt}) \cdot \Delta t_t - \sum_{t=1}^T \lambda_t \left(\sum_{n=1}^N P_{nt} + \sum_{m=1}^M P_{mt} - p_{gt} - P_{kt} \right) + \sum_{m=1}^M \mu_m \left(\sum_{t=1}^T Q_{mt}(P_{mt}) \cdot \Delta t_t - V_m \right) + \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T R_n (P_{nt} - P_{ngr})^2 + \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T R_m (P_{mt} - P_{mgr})^2 + \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T R_{Vm} (P_{mt} - S_{mt})^2 \quad (8)$$

Bilanca snage uključena je u funkciju cilja preko Lagrangeova multiplikatora λ_t , koji se po iznosu razlikuje za svaki vremenski interval t .

Ograničenja količine vode pojedinih hidroelektrana uvedena su u funkciju cilja preko Lagrangeova multiplikatora μ_m , koji je različit za svaku hidroelektranu m .

Kontrola angažirane snage na minimalnu i maksimalnu moguću vrijednost provodi se preko faktora penalizacije R_n i R_m , koji djeluju kada se u pojedinim vremenskim intervalima angažirana snaga elektrana nalazi izvan granica.

Kontrola volumena akumulacije uvodi se pomoću faktora penalizacije R_{Vm} i pomoćne snage S_{mt} , kojom bi hidroelektrana trebala raditi da volumen bude u granicama.

2.1. Troškovne karakteristike termoelektrana

Troškovne karakteristike termoelektrana pokazuju ovisnost troškova (K_{nt}) o angažiranoj snazi elektrane (P_{nt}). Za opisivanje troškovne karakteristike termoelektrana koristi se kontinuirana funkcija drugog reda:

$$K_{nt} = a_{0n} + a_{1n} P_{nt} + a_{2n} P_{nt}^2; \quad (9)$$

za $n = 1, 2, \dots, N$

2.2. Energetske karakteristike hidroelektrana

Energetske karakteristike hidroelektrana opisuju ovisnost protoka (Q_{mt}) o angažiranoj snazi (P_{mt}) i padu (H_{mt}):

$$Q_{mt} = \alpha_{0m} + \alpha_{1m} P_{mt} + \alpha_{2m} P_{mt}^2 + (\beta_{0m} + \beta_{1m} P_{mt} + \beta_{2m} P_{mt}^2) \cdot H_{mt} + (\gamma_{0m} + \gamma_{1m} P_{mt} + \gamma_{2m} P_{mt}^2) \cdot H_{mt}^2; \quad (10)$$

za $m = 1, 2, \dots, M$

Za hidroelektrane kod kojih je promjena pada neznatna u odnosu na veličinu pada moguće je koristiti samo prva tri člana izraza (10). Ako u hidroelektrani postoji veći broj agregata, moguće je odrediti najpovoljniju kombinaciju agregata radi minimiziranja potrebne količine vode. Energetska karakteristika koja se koristi za neku hidroelektranu m u nekom intervalu t može biti energetska karakteristika po agregatima ili aproksimirana energetska karakteristika hidroelektrane.

2.3. Faktori penalizacije

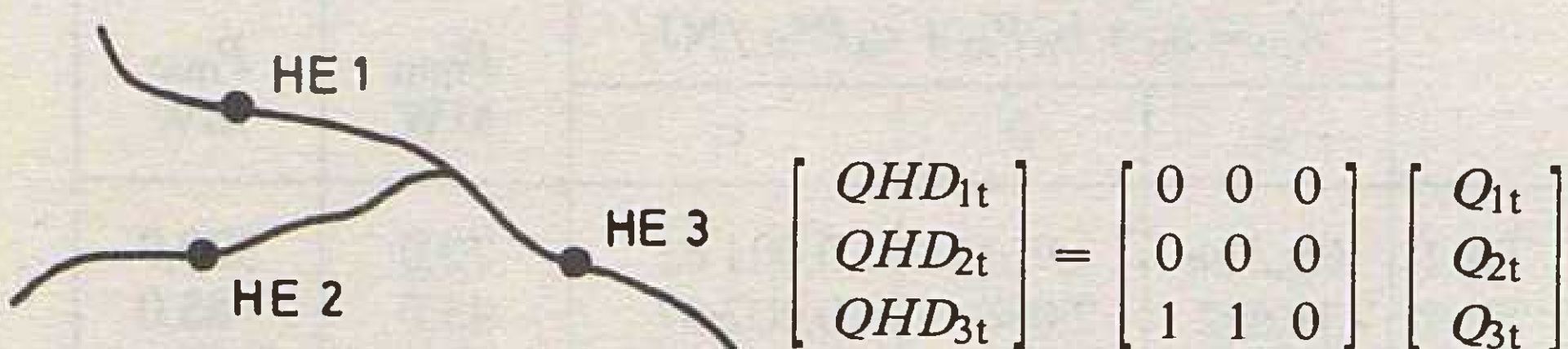
Zadovoljenje ograničenja koja proizlaze iz samih tehničkih karakteristika elektrana (minimalna i maksimalna snaga) ostvaruje se preko faktora penalizacije R_n i R_m na taj način da se penalizira troškovna funkcija ili energetska funkcija u trenutku kada promatrane varijable (P_{nt} i P_{mt}) izađu izvan definiranih granica. Vrijednost faktora penalizacije ovisi o odnosu penalizirane varijable i funkcije cilja i koristi se na taj način da se iz iteracije u iteraciju povećava dok se ne zadovolje postavljeni uvjeti.

Posebni faktor penalizacije (R_{Pn}) koristi se da bi se zadovoljilo ograničenje na moguću proizvodnju termoelektrana. Ako je proizvodnja neke termoelektrane veća od granične vrijednosti, korigira se troškovna funkcija s faktorom penalizacije u omjeru stvarne proizvodnje i maksimalno moguće. Ako se u slijedećem ciklusu iteracija pokaže da je faktor penalizacije nedovoljan, određuje se novi faktor i množi starim, te opet provodi korekcija troškovne funkcije. Postupak je završen kada je zadovoljeno ograničenje.

U prethodna dva slučaja faktor penalizacije djeluje samo u slučaju kada neka varijabla prekoračuje zadana ograničenja. Kod volumena faktor penalizacije (R_{Vm}), radi stabilizacije toka proračuna, u okolišu granične vrijednosti zadržava neku vrijednost. Tako faktor penalizacije u području kada je vrijednost volumena veća ili manja od graničnih vrijednosti ima konstantnu vrijednost, a u samom okolišu granične vrijednosti njegova vrijednost opada po eksponencijalnom zakonu na vrijednost nula. Na taj način se, kao što je rečeno, stabilizira proračun, a ne utječe se na rezultate proračuna. U prethodnom slučaju, ako se ne primijeni takav oblik penalizacije, moguće je tiziranje rezultata proračuna bez konačnog rješenja.

2.4. Matrica međupovezanosti

U većini slučajeva izgrađeno je više hidroelektrana na jednom vodotoku i tada postoji utjecaj rada uzvodnih elektrana na nizvodne elektrane. U modelu je potrebno definirati vezu koja postoji između elektrana, kao i vremenske kontrole (t') koje opisuju vremensko trajanje puta vodnog vala od jedne do druge elektrane. Definiranje međusobnih veza izvodi se matricom međupovezanosti prema sl. 1.



QHD — dotok zbog ispuštanja uzvodnih hidroelektrana

Slika 1. Formiranje matrice međupovezanosti

Vremenski pomak moguće je uvrstiti tako da se pri određivanju QHD_{mt} umjesto Q_{mt} uzme $Q_{m(t-t')}$ za $t > t'$, odnosno $Q_{m(T+t-t')}$ za $t \leq t'$.

3. NAČIN PRORAČUNA

Da bi funkcija cilja imala minimum, prve derivacije po svim varijablama moraju biti jednake nuli, a druge derivacije po istim varijablama treba da budu pozitivne. Varijable su P_{nt} , P_{mt} , λ_t i μ_m .

Tako postavljen problem optimalne raspodjele opterećenja svodi se na rješavanje nelinearnih algebarskih jednadžbi, koje se pojednostavnjuje razvojem funkcije u Taylorov red, pri čemu se uzimaju u proračun samo prva tri člana reda.

Iz uvjeta minimuma troškova izraženog pomoću Taylorova reda dobiju se četiri podsistema jednadžbi, koje se mogu napisati kao matricni sistem, a rješenje tog matricnog sistema jesu prirasti po svim varijablama. Matematički model opširno je prikazan u [L1] i [L2].

Proračun se izvodi u više iterativnih koraka, sve dok vrijednost relativnog prirasta za svaku varijablu (X_i) ne postane manja od neke unaprijed zadane male vrijednosti (ε). Kriterij završetka proračuna može se napisati u obliku

$$|\Delta X_i / X_i| \leq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, K. \quad (11)$$

K je ukupni broj varijabli.

4. POČETNO STANJE

Budući da se radi o iterativnoj metodi, potrebno je odrediti početne vrijednosti svih varijabli. Osim toga utvrđivanjem početnih vrijednosti varijabli, prvenstveno satnih opterećenja P_{nt} i P_{mt} , 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 satnim opterećenjima. Nakon smještaja hidroelektrana u krivulju trajanja opterećenja određuje se potrebna snaga termoelektrana da se u potpunosti zadovolji potrošnja [L3].

U okviru određene potrebne snage iz termoelektrana moguće je obaviti izbor termoelektrana. Izbor termoelektrana može izazvati 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 na potrebni iznos.

U praktičnoj primjeni moguć je također slučaj da se raspoloživim elektranama ne može u potpunosti zadovoljiti predviđena potrošnja. U tom slučaju potrebno je korigirati potrošnju na iznos koji će se moći u potpunosti zadovoljiti.

5. PRIMJER PRORAČUNA

Predviđeni dnevni dijagram opterećenja na pragu prijenosa za promatrani sistem, koji čine četiri hidroelektrane i četiri termoelektrane, prikazan je u tablici 1.

Tablica 1.

Sat	Opterećenje MW	Sat	Opterećenje MW	Sat	Opterećenje MW
1	800,0	9	1 200,0	17	1 050,0
2	780,0	10	1 150,0	18	1 180,0
3	750,0	11	1 150,0	19	1 500,0
4	850,0	12	1 200,0	20	1 550,0
5	1 000,0	13	1 150,0	21	1 300,0
6	1 150,0	14	1 000,0	22	1 000,0
7	1 350,0	15	950,0	23	950,0
8	1 280,0	16	980,0	24	850,0

Koeficijenti energetskih karakteristika hidroelektrana po agregatima ($Q_{mt} = f(P_{mt})$) zajedno s pripadajućom gornjom granicom optimalnih intervala opterećenja P_{Gm} prikazani su u tablici 2a.

Tablica 2.a

HE	Broj agregata	$Q_{mt} = \alpha_1 P_{mt} + \alpha_2 P_{mt}^2 + \alpha_3 P_{mt}^3$			$P_{Gm}/MW/$
		α_1	α_2	α_3	
HE 1	1	522,15	537,93	82,18	12,91
	2	1 044,30	537,93	41,09	41,60
HE 2	1	4,375	0,287 20	0,001 206	85,17
	2	8,750	0,287 20	0,000 603	147,53
	3	13,125	0,287 20	0,000 402	208,64
	4	17,700	0,287 20	0,000 302	375,00
HE 3	1	8,1536	5,498 4	0,813 2	24,00
HE 4	1	2,00	0,176 32	0,001 011	62,91
	2	4,00	0,176 32	0,000 505	108,97
	3	6,00	0,176 32	0,000 337	216,00

Karakteristike HE 1 i HE 3 određene su sa 9 koeficijenata jer njihova proizvodnja bitno ovisi o padu, odnosno o stanju u akumulacijskom bazenu. Ta ovisnost nije izražena kod HE 2 i HE 4, jer promjena nivoa vode u bazenima ima neznatan utjecaj na raspoloživi pad. Preostali koeficijenti za HE 1 i HE 3 navedeni su u tablici 2.b.

Ostale potrebne karakteristike hidroelektrana navedene su u tablici 3.a i 3.b. To su instalirani protok (Q_{Im}), minimalna i maksimalna snaga ($P_{m\ min}$ i $P_{m\ max}$), korisni, minimalni, maksimalni i početni volumen akumulacije (V_{Km} , $V_{m\ min}$, $V_{m\ max}$, V_{Pm}).

Tablica 2.b

HE	Broj agregata	Koeficijenti krivulje Q_{mt}					
		β_1	β_2	β_3	γ_1	γ_2	γ_3
HE 1	1	-2,932 11	-3,047 78	-0,465 36	0,004 1456	0,004 3255	0,000 6591
	2	-5,864 22	-3,047 78	-0,232 68	0,008 2912	0,004 3255	0,000 3295
HE 3	1	-0,0347	-0,123 4	-0,026 9	0,000 29	0,000 86	0,000 22

Tablica 3.a

	Q_I m ³ /s	P_{min} MW	P_{max} MW	V_K hm ³	V_{min} hm ³	V_{max} hm ³	V_P hm ³
HE 1	91,7	41,6	0,0	160,0	—	—	347,0
HE 2	167,8	375,0	30,0	3,0	3,8	6,8	6,0
HE 3	40,0	24,0	3,0	139,0	—	—	120,0
HE 4	59,8	216,0	20,0	0,9	0,5	1,4	0,75

Ostali podaci, kao što su koeficijenti funkcije ovisnosti bruto-pada o volumenu vode u akumulaciji ($H_{mt} = f(V_{mt})$), prirodni dotok u akumulaciju (Q_{Hm}) i regulirani protok (Q_{Rm}), koji odgovara prosječnom satnom protoku dnevno raspoloživog volumena (V_m), navedeni su u tablici 3.b.

Tablica 3.b

	$H_{mt} = g_m + f_m V_{mt} + e_m V_{mt}^2 / m/$			Q_H m ³ /s	Q_R m ³ /s
	g	f	e		
HE 1	314,07	$0,143 \cdot 10^{-6}$	$-0,113 \cdot 10^{-11}$	59,0	15,483
HE 2	252,16	$0,536 \cdot 10^{-5}$	$-0,348 \cdot 10^{-12}$	44,0	59,483
HE 3	26,246	$0,702 \cdot 10^{-6}$	$-0,310 \cdot 10^{-14}$	63,0	34,283
HE 4	432,02	$0,497 \cdot 10^{-5}$	$-0,129 \cdot 10^{-11}$	22,0	56,283

Između hidroelektrana postoje veze, tako je HE 1 uzvodno od HE 2 i vodni val putuje 7 sati i iznosi 20 m³/s u svim satima, a HE 3 je uzvodno od HE 4 i pripadni vodni val od 40 m³/s putuje 6 sati.

Termoelektrane su opisane troškovnim karakteristikama ($K_{nt} = f(P_{nt})$) s tri koeficijenta, tehničkim minimumom i maksimalnom snagom ($P_{n\ min}$, $P_{n\ max}$). Podaci su navedeni u tablici 4.

Tablica 4.

	$K_{nt} = a_n + b_n P_{nt} + c_n P_{nt}^2 / NJ/$			P_{min} MW	P_{max} MW
	a	b	c		
TE 1	95,274	1,9533	0,001 61	70,0	370,0
TE 2	31,632	2,056	0,002 37	45,0	85,0
TE 3	41,399	2,095	0,000 372	90,0	300,0
TE 4	49,387	1,861	0,000 44	60,0	316,0

Za promatrani elektroenergetski sistem, koji je prikazan na slici 2, određeni su koeficijenti B matrice.



PROJEKT

INA-PROJEKT, Radna organizacija za istraživanje, inženjering i izgradnju postrojenja i objekata sa n. sol. o. OOUR-a u sastavu SOUR-a INA-Industrija nafte, Zagreb, Proleterskih brigada 78. Telefon 533-444 Telex 22228

INA-PROJEKT je nastao 1983. god. integracijom dviju poznatih radnih organizacija inženjerske djelatnosti, tj. INA-INŽENJERING-a, Zagreb, Proleterskih brigada 78, osnovanog 1967. godine i INDUSTROPROJEKT-a, Zagreb, Savska cesta 88a, osnovanog 1951. godine, te je tako postao jedna od najvećih inženjering organizacija u SFRJ. Kolektiv INA-PROJEKT-a obuhvaća preko 1400 iskusnih radnika raznih specijalnosti od kojih je preko 40% sa visokom stručnom spremom, dok je i većina ostalih sa višom ili srednjom stručnom spremom.

Organizaciono INA-PROJEKT se sastoji od tri OOUR-a i jedne Radne zajednice:

OOUR — Inženjering (oko 1050 uposlenih)

OOUR — Proizvodnja i razvoj specijalne opreme (oko 100 uposlenih)

OOUR — Kompleksna geološka istraživanja (oko 100 uposlenih)

RZ — Radna zajednica (oko 200 uposlenih) obavlja zajedničke poslove za sve OOUR-e kao što su finansijski, planski, pravni, kadrovski i drugi opći poslovi.

OOUR — INŽENJERING, Proleterskih brigada 78, Zagreb

Izrađuje i nudi za naftnu, petrokemijsku i kemijsku industriju, za industriju obojenih metala, za energetske objekte:

- Predinvesticijsku dokumentaciju, kao što su studije procesa, tržišta, lokacije itd., te kompletne investicijske programe.
- Projektnu i izvedbenu dokumentaciju
- Nabavku opreme i materijala.
- Organizaciju, planiranje i nadzor pri izgradnji.
- Specijalne usluge pri izgradnji.
- Obuku kadrova, puštanje u pogon, predaja postrojenja.
- Izgradnju objekata »pod ključ«.

OOUR — PROIZVODNJA I RAZVOJ SPECIJALNE OPREME, Savska cesta 88a, Zagreb

Proizvodi i nudi:

- Razne vrste ventila, redukcione i mjerne plinske stanice.
- Pumpne stanice, vakum pumpe.
- Instalacije za loženje u manjim industrijama, zgradama i slično.

OOUR — KOMPLEKSNA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, Savska cesta 88a, Zagreb

Obavlja:

- Opće geološke istrage
- Istraživanja na mineralne sirovine
- Istraživanja energetskih izvora
- Hidrogeološka istraživanja
- Inženjersko-geološka i geotehnička istraživanja

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

ELEKTROPRENOS OPATIJA

NOVI OBJEKTI PRIJENOSA

Na području OOUR-a »Elektroprenos« u Opatiji izgrađena su dva veoma važna prijenosna objekta: Dalekovod 2 x 220 kV Pehlin — Plomin i DV 110 kV Poreč — Rovinj.

Objekti su građeni na temelju srednjoročnog plana izgradnje elektroenergetskih objekata Hrvatske od 1980. do 1985. godine.

DV 2 x 220 kV Pehlin — Plomin, dužine je 46 km, s ukupno 143 čelično — rešetkasta stupa, tipa »bačva«. Vodiči su od AlČe presjeka 490/65 mm² dok je uže od AlČe 120/70 mm², izolatori su stakleni. Za izgradnju ovog objekta uloženo je 676,5 milijuna dinara. Objekt je već pušten u probni rad a uskoro će biti pušten i u redovni pogon. DV 2 x 220 kV Pehlin — Plomin u prvoj fazi bit će pod naponom 110 kV, sve do izgradnje TE »Plomin 2«.

S gradnjom DV 110 kV Poreč — Rovinj započelo se krajem prosinca 1984, a objekt je potpuno završen u lipnju 1985. godine.

Ovaj dalekovod dug je 28 km, s 93 stupa tipa »jela«. Montirani su vodiči od AlČe 240/40 mm², a zaštitno uže je od AlČe presjeka 95/55 mm². U gradnji i opremu DV 110 kV Poreč — Rovinj investirano je oko 326 milijuna dinara.

U prvoj fazi dalekovod će raditi pod naponom 35 kV. Glavni izvođač radova je RO »Dalekovod« Zagreb. »Dalekovod« je isporučio i ovjesnu i spojnu opremu. OOUR »Dalekovodprojekt« je izgradio i kompletnu tehničku dokumentaciju, a u isporuci opreme sudjelovali su i Energoinvest iz Sarajeva za stupove, tvornica »Elka« Zagreb — OOUR »Užarija«, Zadar za vodiče i zaštitnu užad, a Industrija elektroproculana Arandelovac za staklene izolatore. Nadzor izgradnje obavili su stručnjaci investitora »Elektroprenosa« Opatija.

U nove objekte »Elektroprenosa« Opatija treba ubrojiti novoizgrađenu TS 110/20/10kV Lovran koja je na svečan način, uoči Dana borca 2. srpnja, i službeno puštena u pogon. Izgradnjom TS »Lovran« poboljšat će se opskrba električnom energijom opatijskog područja. Nova TS »Lovran« priključena je kao ulaz-izlaz na postojeći dalekovod 110 kV TS »Matulji« — TE »Plomin«. Investicije za ovu stanicu u iznosu 450 milijuna dinara osigurali su investitor »Elektroprenos« Opatija i distributivna organizacija »Elektroprimorje« Rijeka.

I. R.

POLUGODIŠNJA POTROŠNJA I PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prema izvještaju Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske o elektroenergetskim prilikama u SR Hrvatskoj u razdoblju siječanj — lipanj 1985. godine ostvareni su ovi rezultati: Prema dispečerskim podacima potrošnja električne energije za distribuciju, direktne i specijalne potrošače, te gubici prijenosa ukupno iznose 7015,5 GWh. Plan potrošnje ispunjen je stopostotno. Ostvarena polugodišnja proizvodnja iznosi:

Proizvodnja hidroelektrana	3179,0 GWh
Proizvodnja termoelektrana	2066,6 GWh
Termoelektrane iz drugih republika	1389,6 GWh
Ukupno hidro + termoelektrane	6635,2 GWh
Nabava	380,3 GWh
Ukupno raspoloživo	7015,5 GWh

Isporuka električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama za razdoblje siječanj — lipanj 1985. manja je od planiranih za 145,4 GWh. Uzrok tome je prvenstveno jednostrana odluka Elektroprivrede BiH da isporuke električne energije s naslova TE Tuzla IV veže na rad i raspoloživost objekta, a ne na elektroenergetski sustav, kako je Ugovorom predviđeno.

Manje isporuke bile su iz TE Gacko zbog čestih kvarova i požara u strojarnici koji se dogodio 16. lipnja 1985.

I TE Obrenovac je isporučila manje, zbog proglašanih ograničenja potrošnje električne energije u SR Srbiji. U razdoblju siječanj — lipanj 1985. kupljeno je električne energije izvan Hrvatske (iz drugih republika i inozemstva) ukupno 588,9 GWh. Od ove količine prodano je i posuđeno 208,6 GWh, dok je ostatak korišten za konzum Hrvatske.

Za proizvodnju termoelektrana u prvom polugodištu je ukupna potrošnja goriva po vrsti iznosila:

— kameni ugljen tona	112.446
— tekuće gorivo tona	259.379
— zemni plin m ³ × 10 ⁶	41,2
— koksni plin m ³ × 10 ⁶	11,3

Od ukupne količine tekućeg goriva utrošeno je 103.950 tona za proizvodnju toplinske, a 155.429 tona za proizvodnju električne energije.

I. R.

DRUŠTVENI PLAN JUGOSLAVIJE DO 1990. RAZVOJ ENERGETIKE

Izrađen je prijedlog nacrtu Društvenog plana Jugoslavije za razdoblje od 1986. do 1990. godine. Prema predloženom Društvenom planu osvrnut ćemo se na program razvoja energetike.

Zajedničkim planovima i zajedničkim programima razvoja u oblasti energetike definirat će se potreban opseg izgradnje energetskih kapaciteta, mehanizmi za njihovu realizaciju i društvene koncentracije potrebnih investicijskih sredstava za te namjene.

Težište u razvoju energetike bit će na bitnom povećanju proizvodnje i oplemenjivanju ugljena, intenzivnoj izgradnji hidroelektrana i termo elektrana velike jedinične snage na ekonomski povoljnim ležištima ugljena i privođenju eksploataciji otkrivenih nalazišta nafte i plina, kao i izgradnji nuklearnih elektrana. Prednost će se dati izgradnji elektroenergetskih objekata na osnovi korištenja u kosovskom i drugim većim ugljenim bazenima lignita i izgradnji hidroelektrana na slivovima (Drava, Mura, Dunav, Drina), kao i na manjim vodotocima s višenamjenskim korištenjem vode.

Za izgradnju nuklearke treba usvojiti zajednički program na temelju jedinstvene tehnologije nuklearnog gorivog ciklusa i odredit će se prioritet gradnje pojedinih nuklearki.

Planirana proizvodnja

Za predviđeni razvoj industrije i za potrebe široke potrošnje i ostalih potrošača izgradit će se novi energetske kapacitete u elektroprivredi od oko 3.500 MW s kojima će se uz već korištenje postojećih kapaciteta ostvariti ukupna proizvodnja od oko 98 milijardi kWh električne energije. Osigurat će se proizvodnja ugljena od oko 92 milijuna tona, sirove nafte oko 5 milijuna tona i prirodnog plina oko 4,5 milijarde m³.

Ubrzat će se istraživanja u usvajanju novih tehnologija za dobivanje i bolje korištenje energije, kao i u proizvodnji energetske opreme. Stvorit će se uvjeti za brže uključivanje domaće strojogradnje u veću proizvodnju opreme za rudnike i termoelektrane, te opreme za nuklearne elektrane.

Izvori sredstava za razvoj energetike bit će vlastita sredstva organizacija udruženog rada iz oblasti energetike, udružena sredstva potrošača energije, sredstva koja se dobiju naknadama na cijenu proizvođača energije, samodoprinosom i javnim zajmovima.

U razdoblju od 1986. do 1990. godine treba osigurati sredstva za modernizaciju postojećih i otvaranje novih rudnika ugljena i eksploatacionih polja nafte i plina.

Utvrđit će se jedinstveni kriterij za izbor optimalnih energetske jedinica i tehničko-tehnoloških i energetske parametara opreme i postrojenja, za TE i HE i nuklearne elektrane. Utvrđit će se i zajednički izbor inozemnih kooperanata, licenci i drugih oblika prenošenja tehnologije za proizvodnju one neosvojene opreme za koju je takva pomoć vrlo potrebna.

I. R.

DOGOVOR O GRADNJI NUKLEARNIH ELEKTARNA

Inicijativom Saveznog izvršnog vijeća republičke i pokrajinske elektroprivredne organizacije, Jugel, SIZ-ovi za energetiku, Poslovne zajednice strojogradnje i elektroindustrije, Poslovne zajednice za istraživanje, razvoj i mirnodopsko korištenje nuklearne energije, potpisan je Društveni dogovor o jedinstvenom postupku za izbor jedinstvenog nuklearnog gorivog ciklusa i tipa nuklearnih elektrana koje će se graditi u našoj zemlji.

U Dugoročnom planu Jugoslavije za razvoj i primjenjivanje nuklearne energije do 2000. godine programirana je gradnja četiriju nuklearki. Zaključeno je da se raspiše Međunarodna ponuda za gradnju nuklearki koja se odnosi na nuklearno gorivo, nuklearni gorivi ciklus, nuklearni sistem za proizvodnju pare, ostale sisteme nuklearnog postrojenja, turbogeneratorsko postrojenje, te za ostalu opremu.

Tražit će se i uvjeti za prenošenje tehnologije i iskustva radi osposobljavanja jugoslavenske industrije za nuklearnu tehniku i tehnologiju, te zajednički nastupi u gradnji nuklearnih postrojenja u trećim zemljama.

Uključena je i ponuda dugoročne opskrbe Jugoslavije potrebnim nuklearnim sirovinama, odnosno nuklearnim gorivom i gradnja industrijskih postrojenja u našoj zemlji za nuklearni gorivi ciklus radi potpunog osamostaljivanja i u tom području nuklearne energetike.

I. R.

INOZEMNI KREDIT ZA ISTRAŽIVANJE NAFTE

Kombinat »INA — Naftaplin« koristit će kredit od 55 milijuna dolara odobren od Međunarodne banke za obnovu i razvoj istraživanja nafte i plina u Hrvatskoj. Programom istraživačkih radova i razvoja nafte obuhvaćena su tri projekta: istraživanje područja Save, Drave i Dinarida; nastavak istraživanja plinskog polja Kalinovica; te za gradnju podzemnog skladišta plina Okli.

Stručnjaci »INA — Naftaplina« ocijenili su da se ispod dubokih naslaga tla u dravskom i savskom bazenu kriju tragovi nalazišta nafte, a možda i plina na području Dinarida.

Na plinskom polju Kalinovac u pokusnoj su proizvodnji dvije bušotine, ali veličina ležišta još nije posve utvrđena. Za proširena istraživanja otvorit će se još tri bušotine.

Najveći dio odobrenog inozemnog kredita utrošit će se za realizaciju trećeg projekta — gradnju podzemnog skladišta plina Okli. Izgradnjom skladišta osigurat će se bolja opskrba potrošača i to u vrijeme najveće potrošnje. Skladište je to potrebnije što se do 1990. godine predviđa uvoz plina sa sadašnjih 840 milijuna m³ na 1,4 milijarde m³. Programirano je da skladište bude završeno sredinom 1987. godine.

I. R.

OPREMA ZA HE DUBRAVA

RO »Elektroprivreda« Zagreb kao investitor izgradnje HE »Dubrava« na Dravi, snage 2 × 42 MW, pristupila je ugovaranju opreme. Od poduzeća »Metalna« iz Maribora ugovorena je izrada projekta, proizvodnja, transport i montaža metalnih konstrukcija za HE »Dubrava«. Vrijednost ovog posla iznosi 1 milijardu 588 milijuna dinara. Oprema je teška 1613 tona i bit će isporučena do 1988. godine.

Tvornica »Rade Končar« proizvest će generatore, transformatore i drugu elektroopremu, a tvornica Litostroj dvije cijevne turbine, crpke i ostalu hidromehaničku opremu.

Nedavno je između Poslovne zajednice »INGRA« i RO »Elektroprivreda« Zagreb potpisan ugovor za dio građevinskih radova na pojedinim objektima. Građevinske radove izvest će INGRINE članice SOUR »Hidrogradnja«, građevinska RO »Vladimir Gortan« i građevni kombinat »Međimurje« Čakovec. Predviđeno je da svi radovi na gradnji HE »Dubrava« budu završeni do 1990. godine.

Budući da su završene glavne pripreme otpočeli su i glavni građevni radovi na središnjim objektima.

I. R.

USKLADIŠTENJE OTPADA NE KRŠKO

Republički komitet za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo SR Hrvatske izradio je izvještaj o radioaktivnom otpadu što ga je stvorila NE Krško. Kod svake nuklearke nastaje niski i srednjoradioaktivni otpad kao i istrošeno gorivo koje treba uskladištiti ili preraditi prema utvrđenim normama i propisima. U NE Krško postoji takvo skladište u koje se može smjestiti do šest tisuća čelično — olovnih bačava radioaktivnog otpada. To je dovoljno za pet do šest godina rada nuklearne elektrane.

Prema službenim podacima do kraja 1984. godine uskladišteno je 3360 bačava nisko i srednjoradioaktivnog otpada. Osim toga iz reaktorske jezgre u NE Krško do sada je izvađeno 80 istrošenih gorivih elemenata. U tome skladištu ima mjesta za istrošene elemente za još slijedećih petnaest go-

dina rada nuklearke. Zainteresirani faktori trebali bi potpisati društveni sporazum o izboru lokacije gdje bi se sagrađilo trajno skladište, jer su sadašnja skladišta ipak samo privremena rješenja.

I. R.

POČETAK GRADNJE AKUMULACIJE LEPENICA

Program izgradnje elektroenergetskih objekata u Hrvatskoj za 1985. godinu obuhvaća i gradnju »Akumulacije Lepenica«. Građevni radovi na pojedinim objektima počeli su u kolovozu 1985.

Akumulacija Lepenica predstavlja novi, dopunski dio postojećeg hidroenergetskog sistema Vinodol s namjenom da se:

- poveća i poboljša proizvodnja HE »Nikola Tesla« za 11 milijuna kWh,
- spriječe poplavni valovi nizvodno od brane Bajer u području Fužina, a posebno u Ličkom polju čime će se omogućiti bolja poljoprivredna proizvodnja.

Za realizaciju akumulacije Lepenica predviđaju se ovi objekti: Akumulacija Lepenica koja je predviđena na vodotoku Lepenice desnom pritoku Ličanke, a sada se ulijeva u uzvodni dio postojećeg jezera Bajer. Dužina Lepenice iznosi oko 8 kilometara.

Od više razmatranih varijanti tipa pregrade odabrana je pregrada od nasutog kamenog materijala — vaspnenca, karbonski škrljevac s nagnutom glinenom jezgrom i nizvodnim drenažnim slojem.

Zatvaranje akumulacije izvodi se pregradom Lepenica dužine u kruni 190 m, maksimalne visine 22 m koja pregrađuje dolinu Lepenice bočnim nasipom dužine u kruni 390 m, maksimalne visine 13 m. Nasipom se nadvisuje nedovoljno

visoki sjeverno-istočni bok akumulacije neposredno uz pregradu.

Između pregrade i bočnog nasipa lociran je preljev, čiji je zadatak otjecanje viška vode iz jezera Lepenica u jezero Bajer, kada je akumulacija već puna.

U brani je predviđen i temeljni ispušt sa dvije cijevi. Propusna sposobnost cijevi ovisi o razlikama gornje i donje vode i iznosi 11,5 do 2,6 m³/s.

Ukupna zapremina akumulacije Lepenica s normalnom uspornom kotom je 5,67 milijuna m³.

Tehničko rješenje za crpno-turbinsko postrojenje predviđa ugradnju opreme u jedan od dva cjevovoda za temeljni ispušt. Glavna oprema su ulazna rešetka, regulacijski pločasti zatvarač, predturbinski leptirasti zatvarač, te crpno-turbinski agregat.

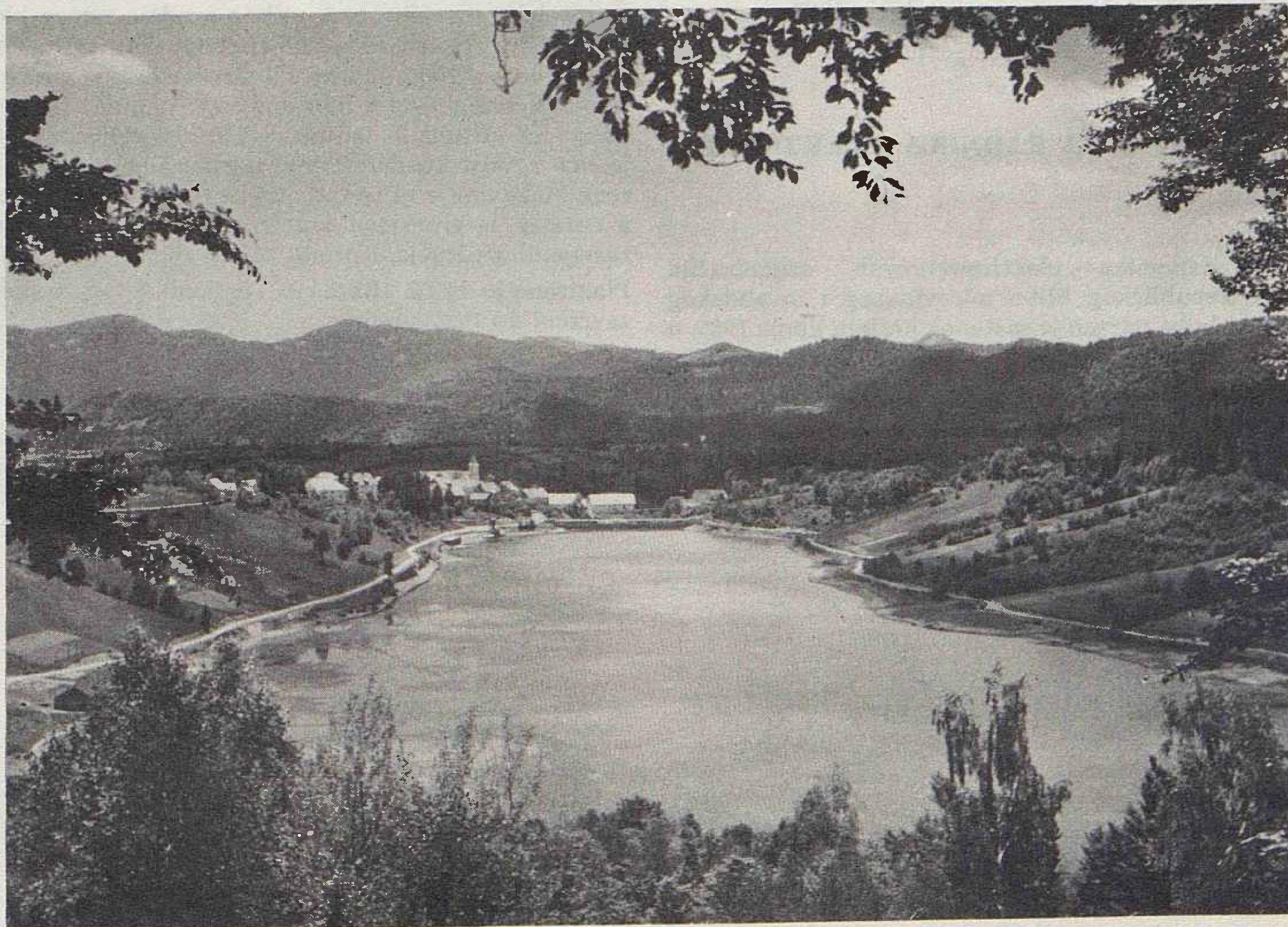
Crpna hidroelektrana Lepenica

Uz nasutu branu na lijevoj obali Lepenice smještena je strojarnica crpne hidroelektrane »Lepenica«. Ova pribranska crpna hidroelektrana proizvodit će električnu energiju iskorištavanjem prirodnog dotoka rijeke Lepenice, te količine vode koju će u crpnom radu uzimati iz jezera Bajer u vrijeme nailaska velikih voda.

Izgradnjom CHE Lepenica smanjit će se preljev u jezeru Bajer, na taj način povećat će se ukupna proizvodnja HE »Nikola Tesla«.

Za CHE Lepenica odabran je agregat s vertikalnom propeler-turbinom-crpkom i sinhronim trofaznim generatorom naponom 6,3 kV.

Snaga agregata u crpnom radu, prema projektu je 1 250 kW, a u turbinskom radu 890 kW. Sinhroni generator-mo-



Voda iz akumulacije Lepenica ulijeva se u jezero Bajer

tor povezan je blok-transformatorom napona 6,3 kV na 35 kV mrežu u crpnoj hidroelektrani Fužine.

Buduća CHE Lepenica imat će upravljanje automatskim uređajima kao i daljinsko upravljanje iz CHE Fužine. Za napajanje vlastite potrošnje predviđen je niskonaponski priključak iz CHE Fužine.

Potrebne investicije za izgradnju akumulacijskog sistema Lepenica osigurat će Elektroprivreda Hrvatske i Samoupravna vodoprivredna interesna zajednica za slivno područje Istre, Hrvatskog primorja i Gorskog kotara-Rijeka. U zajedničko financiranje ne spada objekt strojarnice kojeg samostalno financira Elektroprivreda.

Izvođači radova

Radnički savjet RO »Elektroprivreda« Rijeka donio je odluku o izboru izvođača građevinskih radova i isporuka opreme za akumulacijski sistem Lepenica. Glavni građevinski radovi povjereni su građevinskim radnim organizacijama »Konstruktor« Split i »Primorje« Rijeka. Radovi će se izvesti u roku od dvije godine.

Za najpovoljnijeg isporučioaca glavne opreme akumulacije Lepenica usvojena je ponuda RO »Jugoturbina« Karlovac, OOUR »Inženjering« Karlovac. Rok za isporuku opreme i izvođenje montažnih poslova je 28 mjeseci. Isporuku generatora s uzbudom i rezervnim dijelovima, te blok transformatora za CHE »Lepenica« ustupljena je RO »Rade Končar«. Rok isporuke je 12 mjeseci.

U sklopu akumulacijskog sistema Lepenica izgrađena je pristupna cesta, dužine 1 248 m i ukupne širine 6 m. Za pojedine objekte izvedeni su pristupni odvojeci.

Programirano je da svi radovi na izgradnji akumulacije Lepenica budu završeni do trećeg tromjesečja 1987. godine.

I. R.

BENEFICIRANI STAŽ RADNIKA ELEKTROPRENOSA

Između predstavnika elektroprenosnih organizacija Hrvatske i Republičkog SIZ-a mirovinskog i invalidskog osiguranja radnika održan je sastanak krajem lipnja 1985. u Zagrebu na kojem se raspravljalo o priznavanju beneficir-

anog staža radnika na održavanju dalekovoda. Još prošle godine sve elektroprenosne organizacije Jugoslavije pokrenule su akciju da se i radnicima koji rade na održavanju dalekovoda prizna beneficirani staž.

Komisija Republičkog SIZ-a mirovinskog i invalidskog osiguranja otvorila je postupak za utvrđivanje beneficiranog staža osiguranja radnika koji rade na održavanju dalekovoda. Predstavnici elektroprenosnih organizacija Hrvatske iznijeli su stručno mišljenje i dokumentaciju uz zahtjev za računanje staža s povećanim trajanjem radnicima na poslovima montera za održavanje dalekovoda reda napona 110,220 i 400 kV.

U široj raspravi donesen je zaključak da se povjeri Institutu za rad i radiološku zaštitu »Dr. D. Karajović« iz Beograda da izradi dopunsku dokumentaciju s točnim opisom poslova i radnih zadataka koje obavljaju radnici na održavanju dalekovoda.

Nakon izrade dokumentacije pristupit će se konačnom rješenju priznavanja beneficirano staža radnicima koji rade na održavanju dalekovoda.

I. R.

NOVE TERMoeLEKTRANE

Započela je gradnja termoelektrane »Kolubara B« koja će u prvoj fazi imati dva bloka od po 300 MW, a kasnije još dva. Gorivo je osigurano iz kolubarskih ugljenokopa. Elektrana je kombiniranog tipa za proizvodnju električne i toplinske energije. Toplotna energija namijenjena je potrošačima beogradskog užeg i šireg područja. Opremu za termoelektanu osigurat će domaći proizvođači, a planom je predviđeno da s radom započne u 1991. godini.

Elektroprivreda SR Makedonije uskoro će započeti gradnju termoelektrane »Bitola 3«. Zbog gradnje trećeg bloka TE »Bitola 3«, proširit će se ugljenokop »Suvodol«. Ukupnim ulaganjem od 120 milijardi bit će omogućena godišnja proizvodnja novih 4 do 6 milijuna tona lignita u »Suvodolu«. Snaga TE »Bitola 3« iznosit će 210 MW. Potrebne investicije, oko 52 posto, osigurat će se udruživanjem sredstava privrede Makedonije za izgradnju elektroenergetskih objekata, a ostatak iz sredstava Fonda za brži razvoj nedovoljno razvijenih područja. Koristit će se i inozemni krediti.

Planirano je da TE »Bitola 3« i ugljenokop »Suvodol« budu završeni do 1989. godine.

I. R.

ŠIROM SVIJETA

PORAST PROĐE UGLJENA

Godine 1984. rudarstvo je u SR Njemačkoj prodalo 90,2 milijuna tona **kamenog ugljena**, 7,4 milijuna t više no u 1983, od čega 40,5 milijuna t (1983. 39,5) elektranama i 22,6 (1983. 19,8) milijuna t čeličanama. Koncernima čelika drugih zemalja EZ otišlo je daljnjih 11,3 (1983. 9,3) milijuna t. Time su smanjene njemačke zalihe ugljena sa 26 milijuna t u 1983. na 14,3 milijuna t, ne računajući kod toga nacionalnu rezervu ugljena od 10 milijuna tona. Evropska zajednica imala je 1983. proizvodnju kamenog ugljena od 229 milijuna t, Evropa zajedno sa SSSR-om 1 039 milijuna tona a svjetska proizvodnja iznosila je 2 896 milijuna tona SSSR je sam proizveo 558 milijuna t, Poljska 191, Afrika 151 milijun t, od čega JAR 146 milijuna t kamenog ugljena.

Mrki ugljen pokazuje također porast proizvodnje u Evropi sa 935 milijun t u 1983, što je za 1,6 % više no u 1982. Od toga je EZ proizvela 159 milijuna t, a ostala Evropa 776 milijuna t. Najvažniji proizvođači su Njemačka DR i SSSR. Amerika je proizvela 1983. oko 69 milijuna t, u Azija 53 milijuna t mrkog ugljena.

Ipak, usprkos sadašnjem porastu proizvodnje treba buduću potražnju ugljena smatrati manjom od predviđene, premda je ugljen najvažniji nosilac energije s najvećim rezervama. Današnja svjetska potražnja leži kod 3 milijarde uvjetnih t kamenog ugljena. Nova studija »Shella« računa s potrebom od 4 do 5 milijardi t na kraju ovog stoljeća, dok se još 1980. prognoziralo nekih 6-7 milijardi tona. Osamdeset posto ukupne potrošnje pripisuje se ugljenu za kotlove za proizvodnju električne struje, jer bi ovdje nedostajala konkurencija teškog loživog ulja i zemnog plina. Trenutno ugljen ima udio od 35 % u svjetskoj proizvodnji električne struje. Velika je nepoznanica ovdje buduću razvoj nuklearne energije i njezin udio u proizvodnji električne struje.

Koksnii ugljen s godišnjom prođom od 53 milijuna t 1983. u EZ nedjeljivo je vezan za razvoj industrije željeza i čelika. Novi proizvodni procesi smanjuju, doduše, potrebu za koksnim ugljenom, ali je razvoj cijena doveo do toga da se teško loživo ulje u procesu visokih peći sve više nadomješta koksom. Buduća potražnja za koksom mogla bi se, dakle, samo malo promijeniti. Svjetska proizvodnja koksa bila je 1983. kod 353 milijuna t, tj. 0,6 % više no 1982. Evropa je od toga proizvela sâna 186 milijuna t u EZ navedena 53 milijuna t. Amerika sa 41 milijunom t u 1983. imala je najveći porast — 17,1 % — u odnosu prema 1982. Azija pak sa 113 milijuna t proizvodnje koksa imala je porast od samo 2,7 %.

(*Steigender Kohleabsatz, »Erdöl und Kohle«, 38, 1985, 4, 186*)

Dr Z. K.

NAJVEĆI PROIZVOĐAČI I POTROŠAČI UGLJENA

Za 1983. god. dobiva se prema podacima njemačkog rudarstva ugljena ova slika:

(1) **Najveći svjetski proizvođači kamenog ugljena** (u milijunima t)

SAD	670,0
NR Kina	664,0
SSSR	550,0

Poljska	191,1	
Južna Afrika	140,0	
Indija	140,0	
Velika Britanija	116,2	
Australija (N. Zeland)	109,5	Ukupno: 2 705,9
SR Njemačka	89,6	= 93 % svjetske proizvodnje
Kanada	34,0	

(2) **Najveći svjetski proizvođači mrkog ugljena** (u milijunima t)

Njemačka DR	278,0	
SSSR	162,8	
SR Njemačka	124,3	
ČSSR	102,0	
Jugoslavija	56,0	
SAD	46,5	
Poljska	41,5	
Rumunjska	36,7	Ukupno: 911,0
Bugarska	33,0	= 85 % svjetske proizvodnje
Grčka	30,2	

(3) **Najveći svjetski potrošači ugljena** (u milionima t)

NR Kina	632,2	
SAD	580,4	
SSSR	519,1	
SR Njemačka	115,9	
Velika Britanija	95,1	
Južna Afrika	94,3	
Japan	91,4	
Australija	46,8	Ukupno: 2251,4
Kanada	41,0	= 74 % svjetske proizvodnje
Francuska	35,2	

(*Die grössten Kohleförderer und — verbraucher. »Erdöl und Kohle«, 38, 1985, 4, 186*)

Dr Z. K.

NALAZIŠTE NAFTE ISPOD ROTTERDAMA

Pri izvođenju bušenja u gradskom području Rotterdama su se nadali da će u dubini od 3 000 m naići na plinsko polje. Umjesto toga naišli su na polovici puta na naftu. Najveća nizozemska naftna kompanija »NAM«, u kojoj sudjeluje »Shell« sa 50 %, otkrila je nalazište koje se proteže od gradskog područja Charlois do ispod Waalhefena.

Uz utrošak od 4,5 milijuna guldena naftno polje u dubini od 1 600 m treba već uskoro ući u proizvodnju. Rezerve se cijene na 4,3 milijuna t i treba da se izvade u toku slijedećih 15 do 20 godina. Prerada će uslijediti u bliskoj rafineriji »Shella« 'Pernis'. Nizozemska se ubraja doduše već od 60-ih godina u vodeće svjetske proizvođače zemnog plina (proizvodnja 1983. god.: 68,3 milijarde m³), ali je proizvodnja nafte malena sa 2,8 milijuna t.

(*Niederlande. Öllagerstätte unter Rotterdam. »Erdöl und Kohle«, 38, 1985, 4, 85*)

Dr Z. K.

DUBOKO BUŠENJE DO 7 000 m U POLJSKOJ

U potrazi za naftom i plinom postigli su poljski stručnjaci u vojvodstvu Krosno u jugoistočnom dijelu zemlje novi rekord u dubokom istražnom bušenju — dubinu od 7 200 m. To je nedavno javila poljska štampa.

Nakon četverogodišnjih predradova konačno se naišlo i na nalazišta koja je trebalo zapaliti već u toku istražnog bušenja. Poljski geolozi gledaju sada s velikim očekivanjima na daljnji razvoj ovog mjesta bušenja, koje je u međuvremenu stabilno zacementirano — kako je javila novinska agencija PAP.

Prostor Krosno je u Poljskoj najstarije područje u kojemu je započelo istraživanje nafte i plina. Mjesto Krosno je također sjedište poljskih naftno-geoloških instituta, kao i rodno mjesto Ignacyja Lukaszewicza (1922-1982) koji je prvi iz nafte dobio petrolej i 1853. god. izumio petrolejsku svjetiljku. Osim toga bio je konstruktor prvog uređaja za crpljenje nafte u Poljskoj.

Poljski geolozi se sada nadaju da će naići ne samo na izdašna nalazišta nafte, već i zemnog plina. Inače proizvodnja nafte u toj zemlji nije velika i nafta se uglavnom uvozi iz SSSR-a. U Poljskoj je inače super-benzin racioniran.

Poljski bušaći poznati su kao uspješni stručnjaci i već godinama povremeno rade u Sredini i Južnoj Americi; također kod svjetski poznatih kompanija.

(*Polen. Tiefbohrung bis 7 000 m. »Erdöl und Kohle«, 38, 1985, 2, 93*)

Dr Z. K.

STANJE NAJDUBLJE BUŠOTINE NA SVIJETU NA POLUOTOKU KOLA (SSSR)

Najdublja istražna bušotina na svijetu kod Zapoljarnog poluotoku Kola dospjela je u dubinu od 12 063 m u prekambrij, gdje se naišlo na temperaturu stijena od 200 °C — gotovo dvostruko više no što su sovjetski geolozi predvidjeli (izračunali). U 1984. god. moglo se izbušiti samo 65 m, pošto su bušačko-tehnički problemi zahtijevali prekid bušenja. Bušenje je započelo s promjerom bušotine od oko 1 m, a ovaj je u dubini od 2 000 m iznosio samo još 20 cm. Bušeno je isključivo turbinom.

U dubini od 7 000 m naišlo se na granit. U probušenim naslagama su se javljali tragovi bakra, nikla, olova, cinka i kobalta. U vrlo sitnim pukotinama mogli su se na velikim potezima profila utvrditi neočekivani tragovi plina metana. Ulošci bazalta nisu bili usprkos geološkim predviđanjima nabušeni. Daljnje geološke pojedinosti nisu dosad poznate.

(*SSSR. Stand der welttiefsten Bohrung auf der Kolahalbinsel. »Erdöl und Kohle«, 38, 1985, 4, 185*)

Dr Z. K.

NEKA SAZNANJA O ENERGETSKOJ KONCEPCIJI AUSTRIJE

Potkraj 1984. godine završena je u Austriji analiza dosadašnjih energetske iskustava i utvrđeni su daljnji pravci energetske politike:

- zadovoljavanje potreba za energijom
- ekonomičnost energetske poduzeća
- sigurnost opskrbe

- ekološki ciljevi
- socijalni ciljevi

Pri tome se željelo postići da svi nosioci opskrbe energijom posluju ekonomično, bez posebnih dodatnih stimulacija. Međutim, ekonomičnost u energetici nikako se ne bi smjela osnivati na tome da proizvođači i distributeri stimuliraju potrošače na veću potrošnju energije.

U dijelu koji se odnosi na sigurnost opskrbe vidljivo je nastojanje da se smanji ovisnost od uvoza energije, da se stalno snizuju troškovi proizvodnje energije i tako omogući povećanje životnog standarda.

U Austriji je utvrđeno da je energetska politika istovremeno i ekološka politika. Najbolji je primjer za to racionalno korištenje otpadne topline, čime se direktno smanjuje opterećenje okoline.

Također se smatra da je danas energetska politika centralno pitanje države. U Austriji su izračunali da su troškovi za energiju (bazeni, topla voda, grijanje i slično) u turizmu Austrije 1970. godine iznosili samo 3 % ukupnih troškova, a posljednjih godina povećali su se na čak 18 %. Zato je i u turizmu Austrije jedan od najvažijih zadataka da se smanje troškovi energije.

Snimajući potrebe za energijom postojećih stanova, u Austriji su utvrdili da postoje izrazito velike razlike u kvaliteti izvedbe toplinske izolacije. Konkretno su utvrdili da postoje stanovi (u Beču) koji godišnje troše i 53 kg ekvivalent loživog ulja/m² stana, dok suvremeni toplinski izolirani stanovi (kojima dodatni troškovi izgradnje nisu previsoki) ne troše više od 8 kg ekvivalent loživog ulja/m² stana. Računaju da se danas u prosjeku po m² stana troši oko 25 kg ekvivalent loživog ulja, a žele da se do 2 000. godine potrošnja smanji na oko 12 kg ekvivalent loživog ulja/m².

Praktično s današnje prosječno visoke snage toplinske potrebe stana u Austriji od 100 W/m² žele u 2 000. godini doći na 50 do 60 W/m². Za 2,6 milijuna stanova nužne rekonstrukcije na poboljšanje toplinske izolacije koštati će do 2 000. godine orijentaciono oko 150 milijardi Schilinga. Ako se pride realizaciji projekta poboljšanja toplinske izolacije, moći će se ostvariti 20 000 novih radnih mjesta.

Interesantni su rezultati istraživanja kvalitete toplinske izolacije odnosno energetske potreba škola u Austriji, koji je financirala privreda.

Pokazalo se da niz škola ima neopravdano velike energetske potrebe, što same škole u većini slučajeva nisu ni znale. Nakon objavljivanja podataka gotovo sve škole s velikim energetske podacima odmah su se zainteresirale za mogućnosti smanjenja energetske troškova. To će opet smanjiti troškove školstva i izdvajanje privrede u Austriji.

Razmatrajući osnove energetske koncepcije Austrije, utvrđeno, je da se možda mimoišla privreda, koja je ogromni potrošač energije, što zapravo znači da su tu sigurno moguće najveće apsolutne vrijednosti uštede energije.

Promatrajući osnove energetske koncepcije Austrije iz prosinca 1984. godine, uočava se inzistiranje na poboljšanju stupnja energetske produktivnosti, ali uz stalno poboljšanje energetske ekonomičnosti. Pri tome se danas sve više u prvi plan nameće pitanje zaštite okoline (odstupanje od gradnje odnosno korištenja nuklearnih elektrana i sve više ugljenih termoelektrana), koje je danas ipak u najvećoj mjeri (70 %) vezano uz sve veći cestovni saobraćaj.

Koliko će Austrija uspjeti u ostvarenju naoko konfrontabilnih ciljeva usvojene energetske politike, pokazat će budućnost. Danas je samo sigurno da se radi o dugoročnom, složenom i skupom projektu, kojemu se već danas mogu dati brojni stručni prigovori (vjerojatno onih koji su više ili manje pogođeni).

mr Z. M.

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE
HRVATSKE

energija

Izdavači:

Godište 34 (1985)

Zagreb 1985

Br. 6

Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Institut za elektroprivredu, Zagreb

SIZ za znanstveni rad Hrvatske

SADRŽAJ

Bolji dani za »Energiju«	403
Šodan M.: Kontinuitet ili prekretnica na studiju elektroenergetike na elektrotehničkom fakultetu (Pregledni rad)	405
Subašić D.: Demografski kriteriji za lociranje nuklearnih elektrana	411
Granić G. — Bradarić M.: Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (Originalni znanstveni rad)	427
Ožegović M.: Automatizacija programa »UKSX« (Originalni znanstveni rad)	433
Kalan B.: Zahtjevi na kvalitetu regulacije temperature svježe pare (Prethodno priopćenje)	441
Vukomanović S.: Sistem signalizacija na bazi informacija (Stručni rad)	449
Žutobradić S.: Stohastički pristup naponima dodira u elektroenergetskim postrojenjima (Originalni znanstveni rad)	455
Vijesti iz elektroprivrede	461
Oglasi	465

IZDAVAČKI SAVJET

Ivo Božin, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip Antić, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko Modrčin, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko Dujmović, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr Damir Subašić, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zdenka Jelić, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mladen Zeljko, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

GLAVNI UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: Boris Markovčić, dipl. ing. — Urednik: Zdenka Jelić, dipl. fil. — Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl. ing. — »Hidroelektrane«, Đuro Hatić, dipl. ing. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadin, dipl. ing. — Prijenos električne energije, Zorko Cvetković, dipl. ing., Zagreb — Josip Neveščanin, dipl. ing., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav Balen, dipl. ec., Jure Šimović, dipl. ec., Petar Kuzele, dipl. ing. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Branko Mališ — Lektor: Vladimir Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl. ing.

Casopis 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, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 500 dinara, a za poduzeća i ustanove 2000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 200 dinara.

Za inozemstvo \$ 80 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

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

Tisak i klišej. RO »Zrinski« TIZ Čakovec

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

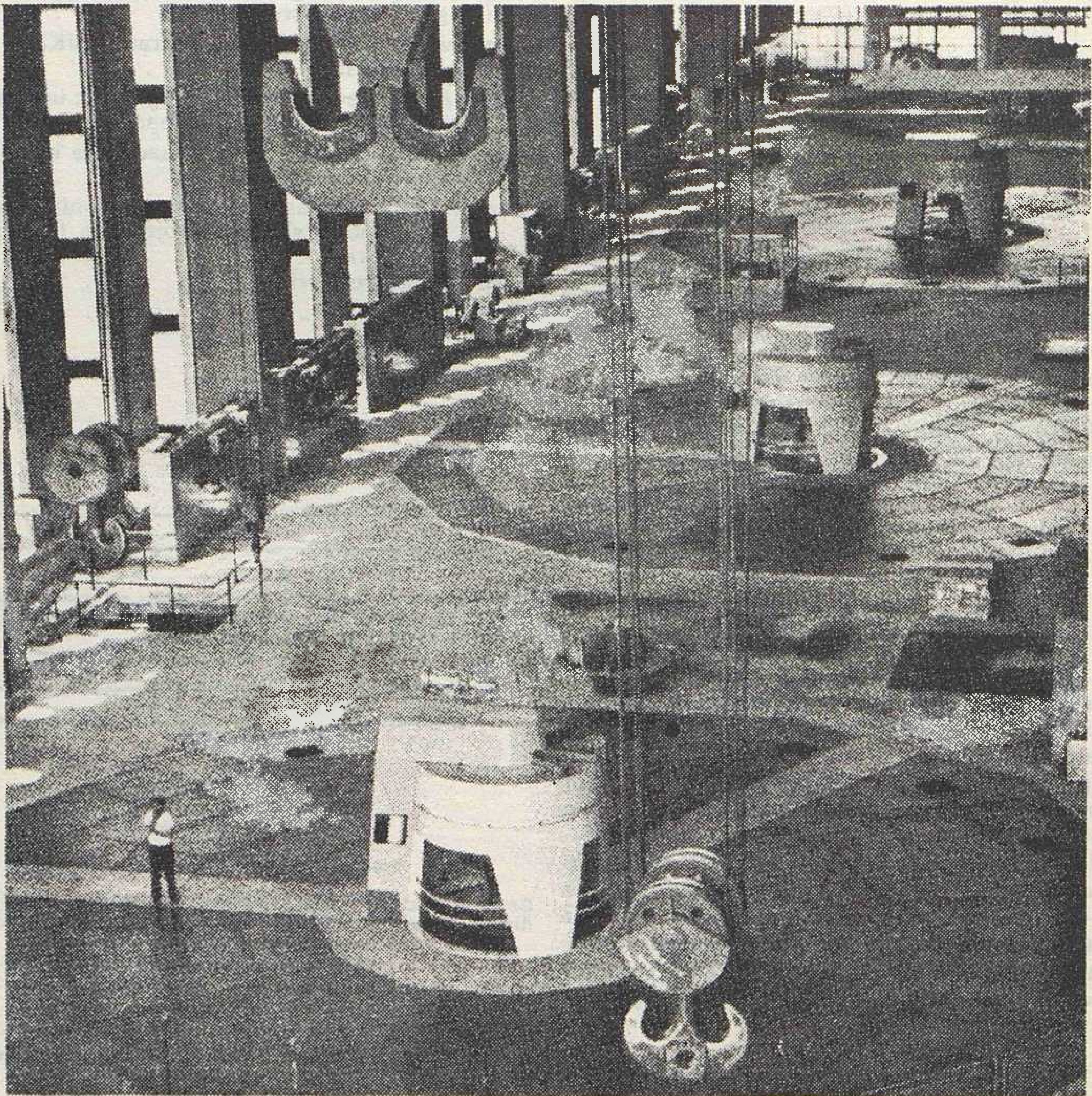
DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRE DA UDE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTROPROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



BOLJI DANI ZA »ENERGIJU«

U utorak 8. listopada potpisan je u Institutu za elektroprivredu Samoupravni sporazum o izdavanju časopisa Energija, između zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Instituta za elektroprivredu. Sporazum je u ime ZEOH-a potpisao inž. Vojislav Roksandić, predsjednik Poslovnog odbora, a u ime Instituta inž. Ivo Božin, direktor Instituta. Time je Elektroprivreda Hrvatske i zvanično priznala svojim časopis koji izlazi već 34 godine, ali je njegovo financiranje bilo samo djelomično riješeno.

Potpisivanjem ovog sporazuma Energija za duže vrijeme rješava svoje financiranje, ulazi u novu fazu svoga rada, pa će iduću godinu i svoju 35. obljetnicu dočekati s više optimizma i sigurnosti. Potpisivanju Sporazuma prisustvovali su inž. Boris Markovčić, dugogodišnji glavni i odgovorni urednik Energije, prof. Zdenka Jelić, urednik i inž. Vladimir Dokmanović, rukovoditelj Radne zajednice ZEOH-a.



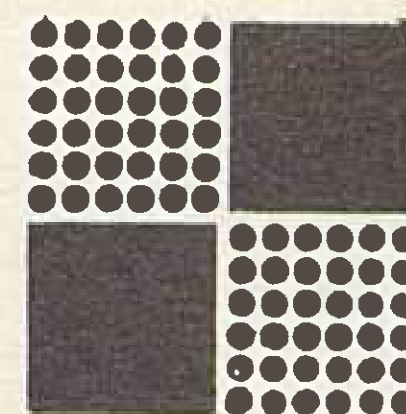
Još jedan potpis. Znači li to za generalnog direktora ZEOH-a još jednu brigu više . . .



. . . a za direktora Instituta, brigu manje ?!

Nakon potpisivanja sporazuma — razgovor o Energiji.
Da li samo stručni članci i rezultati znanstvenih spoznaja ?

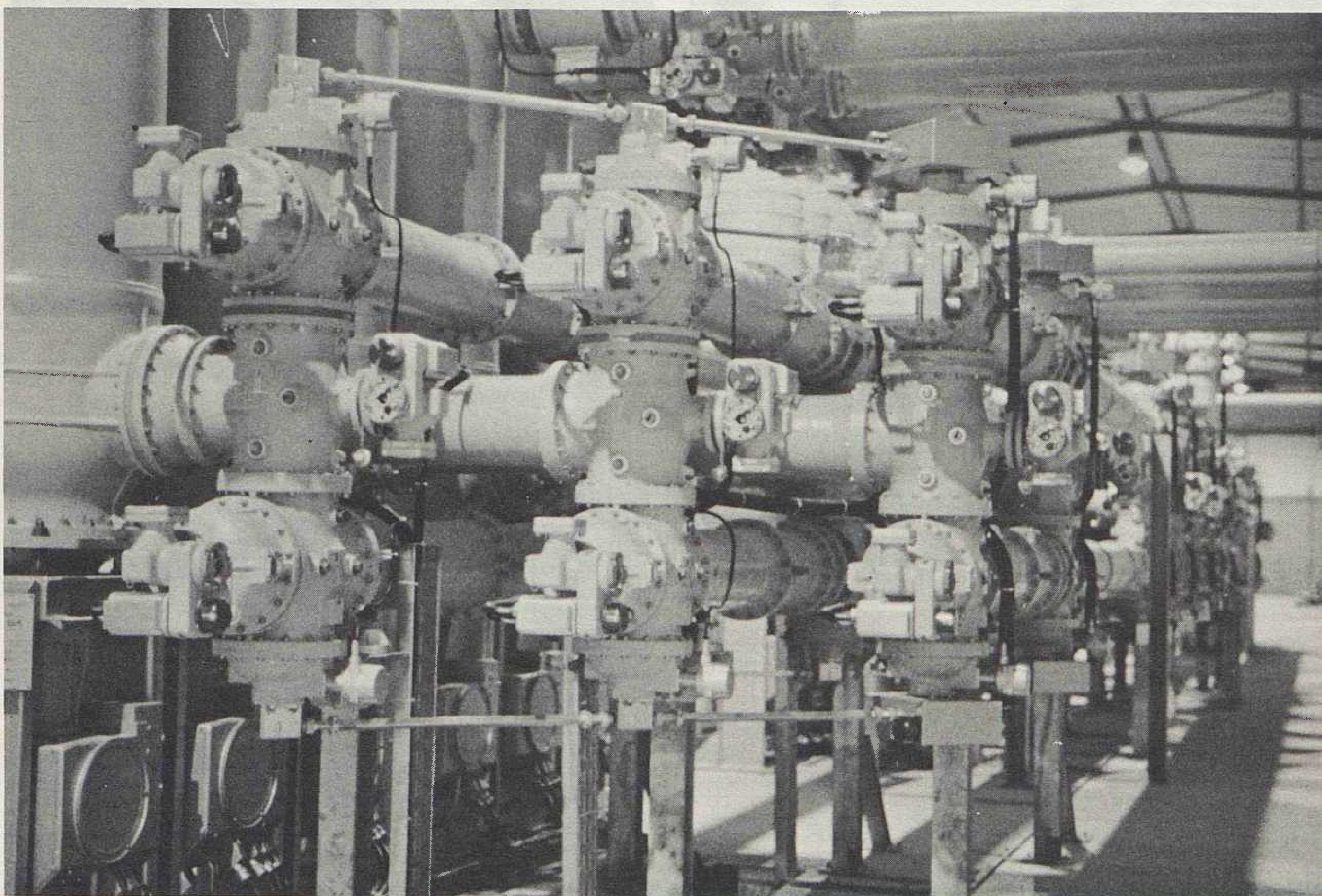




**Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
*OOUR za elektromontažne radove***

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



KONTINUITET ILI PREKRETNICA NA STUDIJU ELEKTROENERGETIKE NA ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU

Prof. dr Milan Šodan, Zagreb

UDK 621.31:378.1

PREGLEDNI RAD

Na elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu opažene su znatne oscilacije u interesu za studij elektroenergetike. Učinjene su analize uspjeha studenata i prilika na fakultetu i provedene usporedbe na srodnim studijem u inozemstvu. Na kraju je iznesen zaključak o neophodnosti suradnje fakulteta i privrede, dok neke bitne promjene nastavnih planova nisu potrebne.

Ključne riječi: Elektrotehnički fakultet, studij elektroenergetike, suradnja fakulteta s privredom.

1. UVOD

Studij elektroenergetike u Zagrebu prikazan je u (L.21) i može se smatrati poznatim. Na tom se studiju obrazuju inženjeri koji se zapošljavaju u elektroprivrednim organizacijama za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije te njihovim udruženjima, zatim elektrotehničkoj industriji za proizvodnju uređaja i postrojenja, u projektnim organizacijama za projektiranje energetskih postrojenja, u radnim organizacijama velikih potrošača energije, posebno električne, u procesnoj i kemijskoj industriji i u državnim organima. Oni rade na poslovima planiranja i izgradnje raznih energetskih objekata i sistema, na analizi energetskih sistema, na problemima pogona i održavanja energetskih postrojenja i cijelog sistema. Oni rade na konstrukciji raznih uređaja elektrotehnike, rotacionih strojeva, transformatora, sklopnih uređaja, uređaja zaštite, mjerenja i upravljanja. Oni rade u institutima na istraživačkim radovima sistema i uređaja. Oni rade u državnim organima inspekcije, pogonske regulative, planiranja i slično.

Ovakav profil inženjera bio je, a postoji još i danas u nizu zemalja, ali s određenim odstupanjem u pogledu programa. Posebno u posljednje vrijeme, kada je značenje energije prodrlo u svijest društva i kada se to društvo angažira na problemima energije, formira se profil energetičara kao stručnjaka sa širokom lepezom naobrazbe. U vezi s tim u posljednje vrijeme u svijetu opet raste zanimanje za studij elektroenergetike i energetike i sve je veća potražnja za tim kadrovima, naročito za kvalitetnim kadrovima.

2. DOSADAŠNJI RAZVOJ

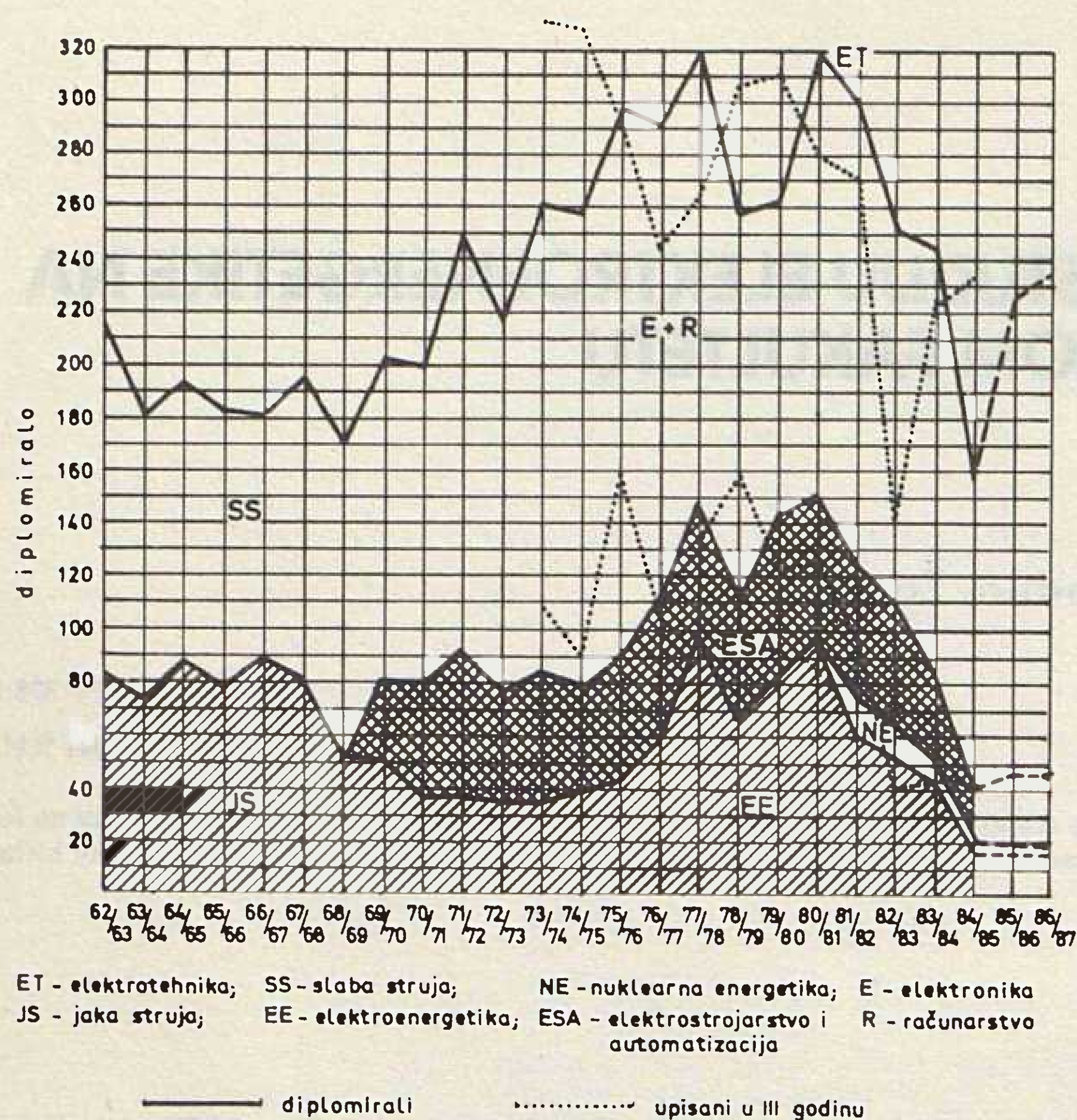
Do 1968. godine na Elektrotehnički fakultet u Zagrebu upisivalo se godišnje u I godinu 250 studenata. Tada je povećan broj upisanih na 380. Od 1982. godine

upisuje se u I godinu 430 studenata. Do 1972. godine diplomiralo je godišnje nešto manje od 200 inženjera, što se vidi iz slike 1. i tablice 1. Zatim broj diplomiranih raste i uz određene oscilacije iznosi nešto manje od 300 inženjera godišnje. Mali broj diplomiranih u školskoj godini 1984/85. poljedica je što ove godine diplomira godište koje je u prvoj godini 1980/81. bilo reducirano na sedamdesetak studenata zbog novog načina odsluženja vojnog roka, tj. prije studija. Iz tablice, a posebno iz dijagrama vidi se kako se kretao broj studenata (bez ponavljača) upisanih u III godinu (točkasta krivulja). Krivulja upisanih u III godinu praktički prethodi dvije godine krivulji diplomiranih pa to omogućuje da se za iduće dvije školske godine pouzdano predvidi broj diplomiranih. Vidi se da će doći do povećanja odnosno do »opravka« broja diplomiranih i da će taj broj biti oko 240 inženjera.

Tablica 1. Upisani studenti u III god. i diplomirani

Školska godina	Upisani u III godinu					Diplomirani				
	ET	EE (JS)	ESA	NE	EE+NE+ESA	ET	EE (JS)	ESA	NE	EE+NE+ESA
1962/63						216	88			
63/64						181	74			
1964/65						194	88			
1965/66						183	79			
66/67						181	88			
67/68						195	81			
68/69						170	52			
1969/70						203	52	28		80
1970/71						200	37	43		80
71/72						249	38	53		91
72/73						218	35	41		76
73/74	332	48	60		108	260	35	49		84
1974/75	328	42	48		90	257	39	40		79
1975/76	290	98	60		158	297	43	46		89
76/77	245	76	36		106	292	57	59		116
77/78	269	74	60		134	318	97	57		149
78/79	306	97	63		100	258	68	93		111
1979/80	311	70	36	10	122	262	87	60		142
1980/81	280	64	52	10	126	319	97	54		151
81/82	271	50	37	10	97	301	61	53	12	126
82/83	143	16	21	2	40	251	54	46	11	111
83/84	223	26	14	3	43	246	44	32	8	84
1984/85	214	20	23	1	44	(156)	(16)	(21)	(3)	(40)

ET - elektrotehnika; EE - elektroenergetika; ESA - elektrostrojarstvo i automatizacija
JS - jaka struja; NE - nuklearna energetika;



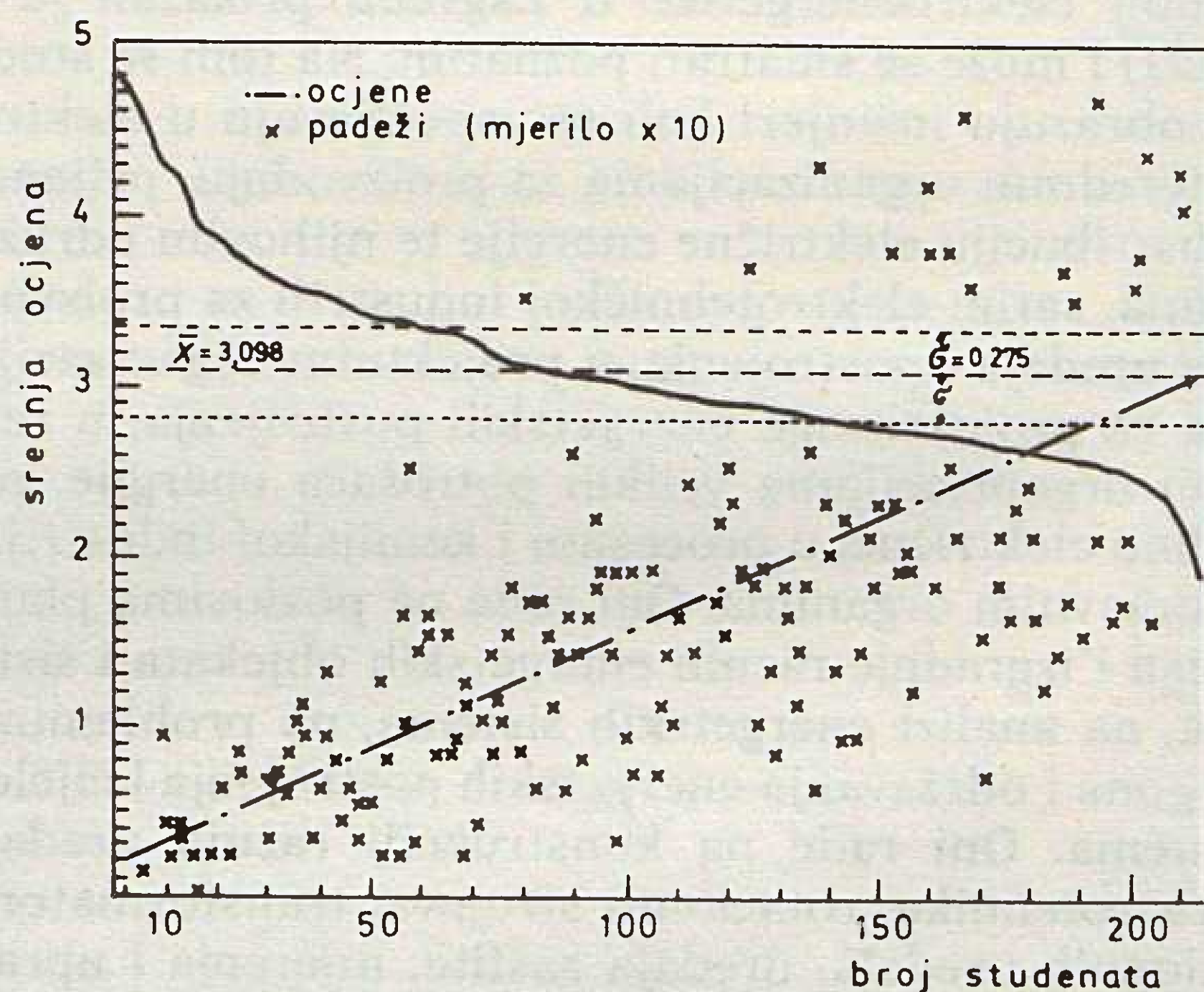
Slika 1. Broj diplomiranih i upisanih u III godinu

U istoj tablici i dijagramu uneseni su podaci o diplomiranim te upisanim u III godinu za smjerove elektroenergetike (EE), nuklearne energetike (NE) i elektrostrojarstva i automatizacije (ESA), odnosno ukupno za sva tri smjera. Podaci za elektroenergetiku nastavljaju se na podatke jake struje (JS). Zapaža se malen broj diplomiranih inženjera elektroenergetike u razdoblju 1971/72. do 1974/75, kada je iznosio 40-ak inženjera. Zatim je slijedio period od 5-6 godina s oko 100 inženjera, da bi nakon toga opadao i za ovu 1984/85, što se djelomice može objasniti prispjecom reduciranog godišta. Broj diplomiranih inženjera na smjeru ESA kretao se u cijelom razdoblju oko broja 50 godišnje sve do zadnjih nekoliko godina. Na smjeru nuklearne energetike prvi su inženjeri diplomirali školske godine 1981/82. Broj diplomiranih godišnje od 10-ak inženjera smanjio se na samo nekoliko inženjera. Ova tri smjera o kojima govorimo dobar dio nastave u trećoj odnosno četvrtoj godini slušaju zajednički, pa se može govoriti o određenoj srodnosti. Interesantno je stoga istaći da je zabilježen pad broja studenata na sva tri smjera od 1981/82. godine i da ove godine broj diplomiranih iznosi 40 inženjera. S obzirom na upis u III godinu na sva tri smjera (točkasta krivulja u dijagramu), može se predvidjeti broj diplomiranih u slijedeće dvije školske godine. Vidi se da neće biti oporavka i da će u školskoj godini 1985/86. i 1986/87. diplomirati spomenuta tri smjera oko 45 inženjera godišnje. Što će biti u kasnijim godinama, za sad nije moguće predvidjeti, ali se može izraziti bojazan da bi se pokazana tendencija mogla produžiti.

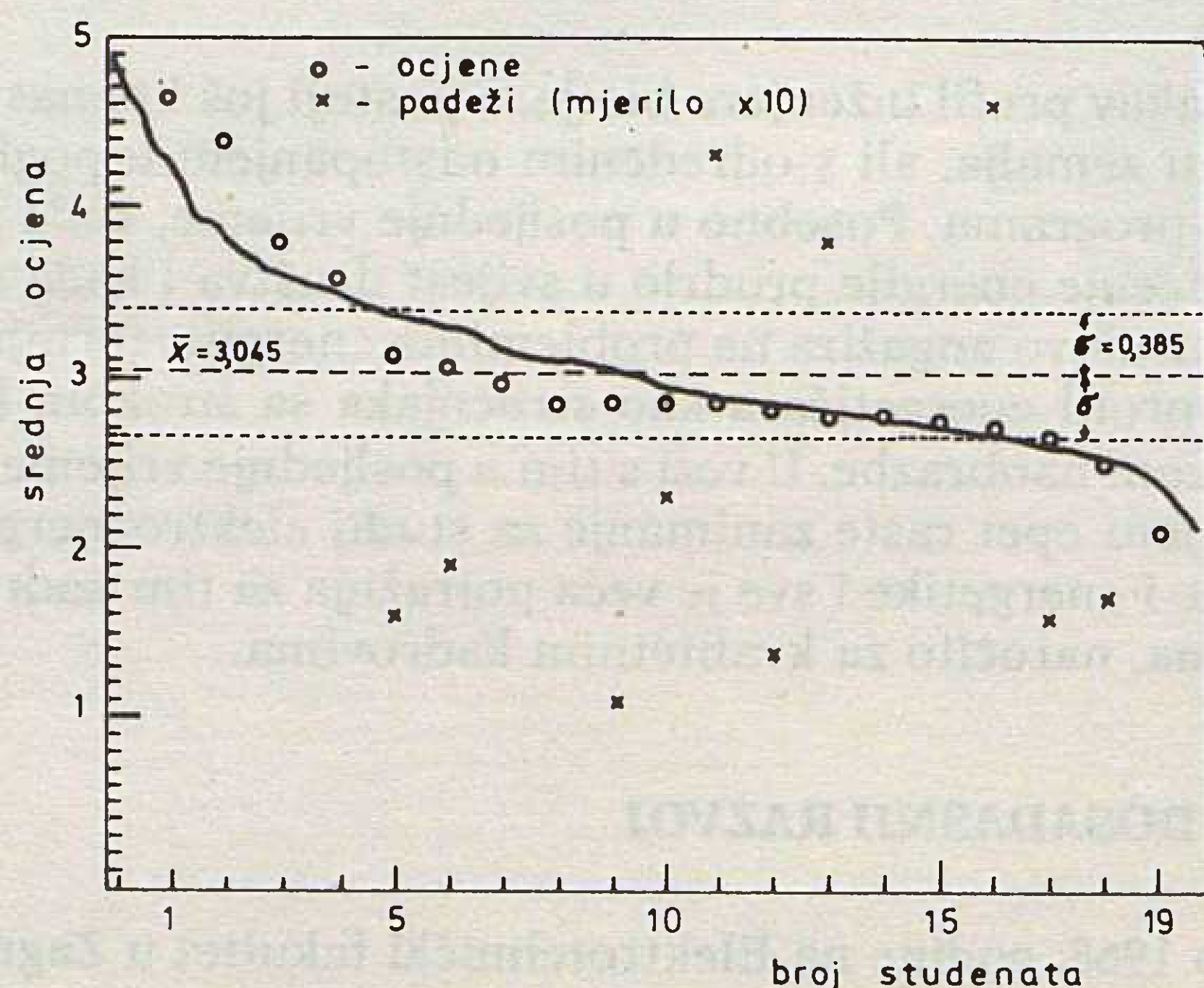
Potrebe privrede za ovim kadrovima nisu pouzdano poznate, ali prema nekom iskazanim potrebama 45 inženjera na sva tri smjera, odnosno 20-ak inženjera elektroenergetike svakako je premalo. Ako bi se ovakva tendencija nastavila u dužem roku, to se ne

bi smjelo gledati skrštenih ruku. Mada je broj inženjera elektroenergetike važan, još je važnija njihova kvaliteta. Nije svejedno kakvi se studenti opredjeljuju za elektroenergetiku. U tu svrhu izrađena je statistika uspjeha sadašnje III godine na studiju u prve dvije godine. Statistika je izrađena za fakultet u cjelini i za smjer elektroenergetike.

Na sl. 2. prikazani su rezultati za fakultet u cjelini, a na slici 3. za smjer elektroenergetike. Srednja ocjena elektroenergetike iznosi 3,045, što je ispod srednje ocjene za fakultet u cjelini koja iznosi 3,98. Statističkom obradom obuhvaćen je broj neuspješnih pristupa ispitu. Svaki student u prosjeku pada na ispitu u prve dvije godine 16 puta, a elektroenergetičar 20 puta. Dakle, to je još jedan podatak koji govori o nešto lošijem sastavu smjera elektroenergetike od sastava fakulteta. Ovi se podaci odnose na jedno godišće, pa ih treba primiti s određenom rezervom, posebno za smjer elektroenergetike gdje se radi o uzorku od 19 studenata. Višegodišnja statistika govorila bi više o trendovima. Za elektroenergetiku statistička obrada je napravljena i za sadašnju IV godinu i rezultati su još nepovoljniji. Srednja ocjena za prve dvije godine je 3,013. Dakle, smanjenje interesa za elektroenerge-



Slika 2. Statistika uspjeha studenata elektrotehnike III godine u prve dvije godine



Slika 3. Statistika uspjeha studenata elektroenergetike III godine u prve dvije godine

tiku popraćeno je i stanovitom nižom kvalitetom, pa se treba koncentrirati na povećanje interesa i povećanje kvaliteta.

3. RAZVOJ U DRUGIM ZEMLJAMA

U poslijeratnom razdoblju s određenim vremenskim pomakom smanjivao se interes za studij elektroenergetike. To se događalo u većem broju razvijenih zemalja, a izrazito je bilo u Velikoj Britaniji, SR Njemačkoj i drugima, ali najizrazitije u SAD.

Tamo je sistem studija elektrotehnike nešto drugačiji nego li kod nas. Uglavnom nema smjerova u našem smislu, koji se nakon druge godine ponekad potpuno razlikuju. Usmjerenje u razna područja elektrotehnike postiže se profilom fakulteta i putem izbornih predmeta, koji također nemaju karakter naših izbornih predmeta. Osim toga karakteristično je znatno blaže, često vrlo blago usmjerenje na diplomskom studiju. Izrazitije usmjerenje je na postdiplomskom studiju.

Na samom početku poslijeratnog perioda došlo je do znatnih promjena u programu studija elektrotehnike, i ne samo elektrotehnike, u prvom redu zbog potenciranja znanstvenih sadržaja na račun inženjerskih. Na elektrotehnici su promjene uslijedile i zbog naglog razvoja elektronike i servomehanizama, kojima je trebalo dati prostora u programu. Kako je programski prostor bio ograničen, dolazilo je do smanjenja obavezne nastave iz područja elektroenergetike i njena sve češćeg prebacivanja u izborni dio. Budući da je bilo malo studenata koji su upisivali te predmete, oni su se postepeno ukidali.

Nastala je situacija oko 1960. godine da mnogi programi nisu uopće imali obaveznih sadržaja iz elektroenergetike u užem smislu, a izborni sadržaji, također smanjeni, imali su mali broj studenata. Samo neki fakulteti zadržali su nastavu u opsegu dvaju predmeta iz elektroenergetike, i to jedan iz električnih strojeva i jedan iz elektroenergetičkog sistema. U tom razdoblju zainteresirana privreda bila bi zadovoljena da je takvo stanje bilo na većini fakulteta. Tako je na nacionalnom nivou došlo do toga da generacije inženjera nisu u dodiplomskoj nastavi slušale sadržaje iz elektroenergetike, odnosno slušali su ih samo u minimalnom opsegu. Treba istaći kao olakšavajuću okolnost da je u većini programa zadržana nastava temeljenih inženjerskih znanja kao što je mehanika, termodinamika, tehnologija, servomehanizmi, elektrotehnika, teorija mreža, teorija polja i slično, i to u znatnom opsegu. To je omogućilo diplomiranim inženjerima koji nisu slušali ništa iz elektroenergetike, ili su slušali nedovoljno, da se lakše doškoluju za rješavanje problema elektroenergetike.

Zainteresirana privreda nije se mirila takvim stanjem, pa se već oko 1955. godine u stručnoj literaturi javljaju napisi s vrlo kritičkim prizvukom postojećeg stanja (L.1, L.2). U drugoj polovici 50-ih godina situacija se još pogoršala, pa se govori o postsputnikovoj eri. Naime, svemirska utrka je još više odvušla studente od problema elektroenergetike, bilo zbog

atraktivnosti, bilo zbog izgleda za zapošljavanje, bilo zbog poplave novca za istraživanja na tom području, slično kao što je bilo nakon rata zbog velikih istraživačkih ulaganja u vojne svrhe. Rezultat je bio da se u prvoj polovici šezdesetih godina objavljuju vrlo kritički napisi o postojećem stanju (L.3; L.4; L.5). Vođene su i žučne diskusije. Već tada su izrečene određene dijagnoze i predviđani određeni naponi za promjenu stanja. Stanoviti rezultati su postignuti, ali su bili nezadovoljavajući, pa se polovicom 70-ih godina opet pojavljuju brojni napisi na ovu temu (L.6; L.7; L.8). I opet su vođene oštre diskusije. U drugoj polovici 70-ih godina i početkom 80-ih godina mnogo se piše o studiju elektroenergetike, studij se revitalizira, proširuju se sadržaji iz elektroenergetike, uvode se tamo gdje ih do tada nije bilo itd. Karakteristično je da se sada o problemu raspravlja smireno. Primjećuje se da je društvo postalo svjesno uloge energije i mnogo se radi na poboljšanju studija elektroenergetike (L.9; L.10; L.11; L.12; L.13; L.16; L.17; L.19; L.20). Oko 1980. godine radne grupe stručnih udruženja sačinjavaju ogledne programe za dodiplomski (L.14) i postdiplomski (L.15) studij elektroenergetike. U programu dodiplomskog studija nema velikih promjena. Znanstveni naglasak u studiju i dalje je zadržan. Usmjerenje je blago, ali diplomirani inženjeri slušaju solidne sadržaje iz mehanike, termodinamike, mehanike fluida, elektromagnetike, električnih krugova, tehnologije, regulacije, što sa nekoliko predmeta iz elektroenergetike (električni strojevi i elektroenergetički sistem) pruža dobru osnovu za doškoloavanje. U postdiplomskom studiju usmjerenje je izrazito.

U napisima i diskusijama o obrazovanju inženjera elektroenergetike isticalo se nekoliko pitanja: znanstveni naglasak nastavnog programa, profil nastavnika, odnos privrede i fakulteta i opseg nastave iz elektroenergetike.

Znanstvenom naglasku u nastavnom programu prigovaralo se da većinom studenti nakon diplomiranja ne žele raditi kao znanstvenici, već kao inženjeri praktičari, jer svi nisu za to ni sposobni, a mnogi to ni ne žele. Stoga inženjer treba ne samo da zna »zašto«, već mora znati i »kako«. Javnost glorificira znanost, a zanemaruje inženjerstvo. Kada poleti raketa aplaudira se znanstvenicima, a kada se sruši, grdi se inženjere. Inženjerstvo je bilo previše empiričko, ali se je sada pretjeralo s potenciranjem znanosti. Fakulteti su okrenuti teorijskim a ne praktičnim problemima, a inženjeri moraju biti svjesni troškova, što znanstvenik često nije. Današnji inženjer odlučno manipulira jednadžbama, ali ne zna kreirati prikladan uređaj. Udvostručuje znanja svakih 10 godina i skraćuje roka između otkrića i realizacije zahtijeva znanstveni naglasak u obrazovanju, kako znanje ne bi zastarjelo, kažu jedni, a drugi vide garanciju nezastarijevanja samo u permanentnom obrazovanju. Zajedničko što proizlazi jest: znanstvena osnova u obrazovanju da, ali s osjećajem za inženjersku komponentu. Zagovara se i specijalizacija fakulteta.

U pogledu profila nastavnika jako se prigovaralo mladim nastavnicima doktorima znanosti što nema:

ju nikakve prakse jer nakon diplome uglavnom ostaju na fakultetu. Govori se o samoreprodukciji nastavnika koji u dvije-tri generacije više neće proizvoditi inženjere. Više se cijeni nastavnik koji spretno namiče istraživačke ugovore i piše dobre izvještaje o istraživanjima nego predan nastavnik koji oduševljava studente strukom. Kaže se da bi trebalo naći načina da na fakultet dolazeiskusni inženjeri iz prakse jer studente može učiti inženjerstvu onaj tko je to radio. Ako student postane dobar inženjer on mora doći u dodir s nekoliko velikih inženjera. Istraživanje i pisanje papira postalo je pitanje statusa nastavnika, a ponekad 10 napisanih papira znače istu stvar 10 puta napisanu. Drugi opet tvrde da nastavnik doktor znanosti, istraživač, ima iskustva u istraživanju i da to uspješno prenosi na studenta. Oni također tvrde da ljudi iz prakse često pate od te prakse i da se ne uklapaju u fakultetski život. Ipak prevladava stajalište da veza s praksom, odnosno praksa nije diskutabilna i da bi dio nastavnika trebao dolaziti iz privrede.

Odnos privrede prema fakultetu označen je kao presudan za interes za studij elektroenergetike. Jednoglasnost postoji u mišljenju da se energetska privreda držala pasivno i da nije parirala poplavu novca za vojna i svemirska istraživanja vlastitim istraživanjima. Elektroprivreda npr. nije financirala nijedan veći projekt na fakultetima. Stipendije i školarine su bile malobrojne. Propaganda za studij elektroenergetike potpuno je izostala. U javnosti je stvoreno nepovoljno mišljenje o elektroprivredi kao o grani gdje je sve već riješeno i ništa se više ne radi, kadrovi se neadekvatno koriste, ne angažiraju se vrhunski stručnjaci itd. Studij elektroenergetike teže je učiniti atraktivnim opremanjem laboratorija, a privreda u tom pogledu nije mnogo učinila. Privreda se nije integrirala za fakultete, njezini stručnjaci nisu imali vremena da se bave problemima obrazovanja.

U pogledu programa za elektroenergetiku jedinstveno je mišljenje da se on ne može temeljiti na teoriji izmjeničnih struja u stacionarnom stanju. Program mora biti širok kako bi se elektroenergetičar mogao snaći u raznoraznim poslovima s obzirom na široko područje zapošljavanja. Jedni smatraju da ga treba široko obrazovati da se kasnije razvije u »specijalistu« na pojedinim područjima elektroenergetike, odnosno u »generalistu« koji će se baviti kompleksnim problemima sistema. Drugi opet smatraju da bi širinu obrazovanja trebalo u mnogome proširiti jer su pitanja energije danas postala pitanja društva u cjelini. Energetičar danas nema jednostavan zadatak da gradi dovoljno ekonomičnih objekata, već mora razmišljati da li graditi ili ulagati u druge pothvate koji smanjuju potrošnju energije. Smatra se da bi energetičar trebao poznavati i ekonomiku, pravo, sociologiju, filozofiju, politologiju itd. On ne bi savladao ta područja znanosti u cjelini, već bi kod rješavanja energetskih problema pristupio interdisciplinarno, ulazeći u pojedina znanstvena područja koliko je za pojedini problem potrebno. Smatra se neospornim da elektroenergetičar sluša nastavu matematike, fizike, kemije, biologije, ekonomije, psihologije, upotrebe računala, statike, dinamike, svojstava ma-

terijala, termodinamike, mehanike fluida, elektrotehnike, elektronike, elektromagnetike, regulacije (sistem), računala, komunikacije, elemenata i analize elektroenergetskog sistema.

Interesantni su rezultati ankete koja je 1978. godine provedena u elektroprivredi među inženjerima sa 4-5 godina prakse. Više od 60% anketiranih nije na fakultetu ništa slušalo iz područja elektroenergetike. Smatraju da u nastavi nedostaju sadržaji iz zaštite, regulacije, upravljanja elektroenergetskim sistemom, zatim iz inženjerske ekonomike, analize elektroenergetskog sistema, primjene računala u sistemu, električnih strojeva i simetričnih komponenti. Anketirani bi se najradije odrekli općih netehničkih predmeta, višeg tečaja elektronike, električnih polja i valova. Od anketiranih 50% smatra da program ima bitnih nedostataka: slabu praktičnu primjenu teorije, slabu osnovu iz elektroenergetike, previše elektronike i računala.

4. ANALIZA NAŠIH PRILIKA

Budući da je očito opao interes za studij elektroenergetike, potrebno je potražiti uzroke. Postoji određena razlika u sistemu obrazovanja, u privrednom razvoju i u društvenim odnosima u našoj i drugim sredinama. Te razlike nas ne sprečavaju da neke rezultate analiza ne usporedimo s našim prilikama.

Uzroke smanjenja interesa treba tražiti svugdje osim kod studenata. U prvom redu razmotrit će se mogući uzroci na fakultetu, a oni bi se mogli nalaziti u nastavnom programu, nastavnicima, laboratorijima i izvođenju nastave.

Nastavni program za cijelu elektrotehniku pa i za elektroenergetiku uvijek se kod nas deklarirao kao kombinacija fundamentalnih i primijenjenih znanja. Usporede li se sadržaji za elektroenergetiku u nas s nekim stranama, primjećuje se da naš program obuhvaća podjednaka fundamentalna znanja i znatno više primijenjenih znanja, odnosno usmjeravajućih sadržaja nego strani programi. Kod nas diplomira oko 70% od broja upisanih studenata u I godini. U našem programu mogu se naći sadržaji koji se kod drugih nalaze u postdiplomskom programu. Mi smo sve to strpali u 4 godine i k tome po režimu godina za godinu. To izgleda tako dobro da se mora posumnjati da u usporedbi nešto nije u redu. Možda bi detaljna analiza pokazala da su naši sadržaji tanji ili pak da su kriteriji ispita blaži. Pitanje je kakvo znanje stoji iza ocjene. Ovdje je aktualno pitanje ispita. Iz prethodnih podataka uočava se vrlo velik broj neuspjelih pristupa ispitu. Da li ima, i koliko, dovoljnih ocjena postignutih izdržljivošću studenata u ponavljanju ispita? Ne treba brzopoleto napadati zakonska prava studenata na ponavljanje ispita kao i našu dodatnu susretljivost za dodatnim terminima, ali ozbiljna analiza ovog problema zaslužuje pažnju. Koliko bi se vremena uštedjelo i studentima i nastavnicima kad bi se to pitanje uspješnije riješilo. Nastavni program u krupnim proporcijama ne bi trebalo mijenjati. To ne znači da nisu moguća poboljšanja. Osnovno je pitanje koliko je taj program cjelovit, a koliko je on

skup želja i interesa nastavnika te kompromisa. Isto tako je neizvjesno koliko je on evoluirao od zapisanog, jer ne postoje objektivna provedena praćenja, osim povjerenje u nastavnika. Ton programa određivao je fakultet iako je privreda formalno sudjelovala u njegovu kreiranju. Nije poznata nikakva objektivna povratna veza koja bi kazala što o njemu misle bivši studenti sadašnji inženjeri s nekoliko godina prakse. Jedna promišljena i dobro organizirana anketa dala bi objektivne i pouzdane rezultate. Ta anketa bi svakako obuhvatila i druga pitanja. Naime, mi čujemo povremeno mišljenje uglednih stručnjaka iz privrede o našem programu, ali ta mišljenja su jedno, a mišljenje inženjerske populacije drugo. Naravno da bi sukladnost takvih mišljenja bila poželjna. Kod budućih korekcija programa trebat će, osim rečenog, preispitati tendenciju potiskivanja mehanike. Trebat će i dalje inzistirati na sadržajima termodinamike i hidromehanike. Preispitati treba također i sadržaj tehnologije. Za elektroenergetičare značajna su temeljna znanja iz elektronike i računarstva, ali će trebati preispitati kakva znanja stoje iza fonda od 17 sati u sadašnjem programu, jer, usporedbe radi, za isti fond sati elektroenergetičari dobiju dobra zaokružena znanja iz električnih strojeva koja su još uvijek bitnija za elektroenergetičara nego ona iz elektronike.

Sve više nastavnika radi na fakultetu od početka svoje karijere. Prema tome oni su bez industrijske odnosno privredne prakse. Sve je rjeđi slučaj da stručnjak iz privrede dođe na fakultet za nastavnika, a nekada je to bio čest slučaj. Također je rijetkost da s fakulteta ode mlad uspješan nastavnik na adekvatno mjesto u privredu. Dakle, nastaje profesija sveučilišnog nastavnika. Zašto ne postoji cirkulacija kadrova između fakulteta i privrede, poseban je problem i zaslužuje razmišljanja, jer uzroci nisu samo materijalne ili stambene prirode. Možda ipak postoji između fakulteta i privrede nešto što ne valja, što bi se moglo nazvati nerazumijevanjem, distancom, raskorakom, jazom, provalijom ili odbojnošću. Ne čuje li se prečesto »mi« i »oni« na obje strane. Samo zajednički rad na problemima može stvoriti povjerenje i otkriti obim stranama obostrane kvalitete. Trebalo bi tražiti načina da mladi nastavnici odlaze u privredu na odgovarajuće poslove a da renomirani stručnjaci iz privrede dolaze na fakultet kao profesori. Naravno da ima izvrsnih nastavnika na području tehnike, pa prema tome i elektroenergetike, koji nikada nisu radili u tvornici, odnosno privredi. Takav nastavnik predano radi sa studentima, prati razvoj znanosti i učestvuje u njezinu razvoju, interesira se za stvarne probleme privrede i prakse i radi na tim problemima. Činjenica je sve više nastavnika bez prakse, pa to treba kompenzirati na razne načine, od kojih su dva rad na poslovima privrede i razvoj laboratorija. Rađajući na poslovima privrede, stječe se određena praksa, koja može dobrim dijelom nadoknaditi nepostojanje industrijske prakse. Jasno je pri tome da svi poslovi za privredu ne moraju biti takvi i da sami honorari ne moraju značiti dobru praksu. Razvijanjem laboratorija i rađajući sa studentima u njima, koristeći se njima za rješavanje konkretnih problema, mogu

se reproducirati brojni problemi iz prakse, što kod nastavnika stvara praktično iskustvo i smisao za realnost. Poznato je da su mnogi stručnjaci iz privrede angažirani kao tzv. honorarci u nastavi pretežno na izbornim predmetima. To je učinjeno i radi studenata i radi tih nastavnika. Postoje izvrsni honorarni nastavnici i na obaveznim predmetima. Međutim, ti nastavnici ne rješavaju pitanje praktičnog iskustva stalnih nastavnika. Osim toga dva kompletna posla može uspješno savladati mali broj pojedinaca, naročito ako nemaju odgovarajućih olakšica na svom radnom mjestu.

Značenje laboratorija za kvalitetu obrazovanja u našoj struci je neosporan. On je veoma koristan i za razvoj nastavnog, posebno mladog osoblja. Stanje laboratorija na fakultetu općenito je slabo. Osim toga laboratoriji na području elektroenergetske nastave specifični su, zahtijevaju mnogo rada da se razviju i mnogo sredstava za relativno krupnu opremu. Ti laboratoriji uglavnom postoje zahvaljujući umješnosti i velikom zalaganju nastavnika, ali oni su više nego skromni. To sigurno nepovoljno utječe na kvalitetu obrazovanja elektroenergetičara, posebno na njihovu pripremu za njegov inženjerski posao. Laboratoriji bi trebali prestati biti demonstracioni, a postati radni. U tom pravcu nešto malo je već učinjeno. Možda je jedan od glavnih, ako ne glavni zadatak nastavnika da u slijedećih 5 godina razviju odgovarajuće laboratorije. Može se pouzdano tvrditi da će to uspjeti samo ako uvjere zainteresiranu privredu u nužnost toga.

Izvođenje nastave pripada u praksi u intimnu sferu nastavnika, pa ju je stoga teško objektivno analizirati. I sa slabim laboratorijem i sa slabim osobnim dohotkom predan nastavnik može imati izvanredne rezultate. Međutim, iluzorno bi bilo na to se osloniti i tražiti od nastavnika da oni ispravljaju sve nepovoljne uvjete u kojima radi obrazovanje. Ali, može se tražiti od nastavnika da mu nastava bude na prvom mjestu. I kada nešto nije u redu u nastavi, nastavnik će najprije sebe preispitati, što mnogi i čine. Nije potrebno govoriti o lošem materijalnom stanju obrazovanja jer je ono svima poznato. Stoga se može razumjeti i nastojanje nastavnika da svoje prilike poprave dodatnim djelatnostima, ali sve mora imati mjeru.

Bitan utjecaj na interes studenata za studij elektroenergetike leži u privredi, a ovamo pripada: usklađenost planova potrebnih kadrova sa stvarnim potrebama, prihvata i uvođenje mladih inženjera u posao, praćenje i vrednovanje rezultata rada posebno natprosječnih, adekvatno korištenje inženjera na poslovima koji odgovaraju njihovoj naobrazbi, praćenje i omogućavanje kontinuiranog obrazovanja, odnos sa fakultetom kroz korištenje njegovih potencijala za rješavanje stručnih i znanstvenih problema, i kroz brigu o opremanju laboratorija na fakultetu, učešće u raznim aktivnostima vezanim za obrazovanje, odnos prema studentima kroz kredite, stipendije, stručnu praksu, stručna predavanja, ekskurzije i slično, a posebice kroz njegovanje ugleda poduzeća u očima javnosti, tj. i u očima studenata. O tim problemima trebalo bi da svaka privredna organizacija ili grupa-

cija izvrši vlastite analize, dade ocjene i donese zaključke. Izvjesne, više kvalitativne ocjene ipak su moguće: procjene potreba kadrova nisu realne, interes za rad obrazovanja i učešće u rješavanju problema obrazovanja je nedovoljan, zajedničko planiranje i rješavanje krupnih stručnih i znanstvenih problema je nedovoljno, briga oko opremanja laboratorija slaba, ponuda stipendija i krediti nisu u razmjeru s izraženim potrebama, osiguranje kvalitetne prakse i organizacija stručnih posjeta je nedovoljna, prijem i uvođenje u rad mladih inženjera nije uvijek organiziran, a postoji i neadekvatno korištenje inženjera na poslu. Činjenica je da se u kontaktima s predstavnicima privrede gotovo u pravilu nailazi na razumijevanje i želju da se bolje surađuje s fakultetom. U posljednje vrijeme ima i konkretnijih rezultata, no opseg je ispod nužnog.

Osim privrede, i društvo kao cjelina utječe na interes studenata za određena područja. To je pitanje najosjetljivije i najkompleksnije. Bilo bi potrebno mnogo truda da ga se temeljito razmotri. Za sada se može jedino reći da ne postoji usklađenost akcija društva na proklamacijama o posebnom interesu za određene struke u koje pripada i elektroenergetika.

5. ZAKLJUČAK

Da li kontinuitet ili prekretnica u studiju elektroenergetike? Iz prethodnog se može uočiti da nikakve formalne prekretnice nisu preporučljive, ali se isto tako vidi da će trebati preokrenuti dosadašnju praksu u pogledu odnosa (suradnje) s privredom, da će trebati mnogo truda da se stvori interes za studij elektroenergetike, da se opreme laboratoriji, da se izjednače interesi obrazovanja i privrede. To će se postići s mnogo manjih konkretnih unapređenja posvuda na fakultetu i u privredi, ali uvijek na obrazovanju inženjera. Očito je da se radi o velikom poslu i ne bi bilo razumno pretpostaviti kako će se stanje popraviti jednom akcijom. Na žalost, trebat će kontinuirano i dugo raditi.

LITERATURA

- [1] KLOEFER: »100 Curricula in Electrical Engineering«. *Electrical Engineering* 1954, p. 398-400.
- [2] SPORN: »UTILITY ENGINEERING — Problems and Opportunities«. *Electrical Engineering* 1955, p.559-562.
- [3] SPORN: »Science, Tehnology, and the Treining of Engineers for the World of Tomorrow« *Electrical Engineering* 1961, p. 109-113.
- [4] DWON: »Forces Influencing Engineering Education from Power«. *IEEE Transactions PAS* 1964. p. 826-855.
- [5] RITTENHOUSE: »Engineering Education at a Cross-rond« *IEEE Transactions PAS* 1964. p. 817-826.
- [6] DWON: »Engineering education and acreditation an asee-ecpd educator dominated system«. *Transactions PAS* 1975, p. 1546-1568.
- [7] DWON: »Top 20 electric power engineering graduate schools and the selection parameters«. *IEEE Transactions PAS* 1974, p. 137-160.
- [8] DWON: »Electrical Power Engineering Eduction: Regressive and Revitalizing Forces«. *IEEE Transactions on Eduction* 1978, p. 106-113.

- [9] DOPAZO a SASSON: »Personal Views on Power Engineering Education from an Industry Vantage Point«. *IEEE Transactions on Education* 1978, p. 98-100.
- [10] KASSAKIAN a.a.: »Education for Tomorrow's Needs in Electric Power Sitemes Engineering Profession«. *IEEE Transactions on Education* 1978, p. 101-105.
- [11] MO-SHIN CHEN: »The Development of a Power System Engineering Education Program«. *IEEE Transactions on Education* 1978, p. 82-86.
- [12] GRAINGER: »BSEE Curricula: The Electric Utility Engineer Looks Back«. *IEEE Transactions* 1978, p. 87-90.
- [13] MORGAN: »Electric Power Engineering Education National Trends«. *IEEE Transactions on Education* 1978, p. 91-97.
- [14] Report of the Task Force: »A model undergraduate electric power engineering curriculum«. *IEEE Transactions PAS* 1981, p. 3110-3115.
- [15] Report of the Task Force: »A model advanced electric power engineering curriculum«. *IEEE Transactions PAS* 1984, p. 1938-1944.
- [16] CAPEHART B.a.1.: »A Proposal for Broadening the Education of Power System Engineers«. *IEEE Transaction on Eduction* 1981, p. 217-221.
- [17] BATTERSBY y.o.: »Some ideas for a new style of electrical engineering degree course«. *IEEE Proceedings* 1984, p. 673-675.
- [18] GUEST EDITOR: »What is Electrical Engineering« (WOODSON) *IEEE Transactions PAS* 1979, p. 34-38.
- [19] GROSS a. HESSE: »electric Power Engineering Education Through Effective Laboratory Experience«. *IEEE transactions PAS* 1979, p. 116-118.
- [20] ALLANSON: »Problems in the Education of Engineers in England«. *IEEE Transactions on Eduction* 1973, p. 32-38.
- [21] ŠODAN: »Studij elektroenergetike i njegov razvoj u Zagrebu«, *Elektrotehnika* 1983, s. 7-10.

CONTINUATION OR CROSSROAD IN STUDY OF ELECTRIC POWER SYSTEM ON ELECTRICAL TECHNICAL FACULTY

Some oscilations in student interest for study of electric power systems are noticed on electrical technical faculty. Some analyses of student success and conditions on faculty are done al well as comparisons with similar studies abroad. It is concluded for necessity in cooperation between faculty and industry, but some essential changes of educational programmes are not necessary.

KONTINUITÄT ODER WENDE BEIM STUDIUM DER ELEKTROTECHNIK AN DER ELEKTROTECHNISCHEN FAKULTÄT

An der Elektroltechnischen Fakultät in Zagreb wurden bedeutende Schwankungen hinsichtlich des Interesses für das Studium der Elektrotechnik bemerkt. Es wurden viele Analysen der Erfolge und der Situation an der Fakultät gemacht. Ebenso wurden Vergleiche mit ähnlichen Fakultäten im Ausland durchgeführt. Am Ende brachte man den Beschluß über die Unumgänglichkeit einer Zusammenarbeit zwischen der Fakultät und der Wirtschaft. Wesentliche Änderungen der Unterrichtspläne sind jedoch nicht erforderlich.

НЕПРЕРЫВНОСТЬ ИЛИ ПЕРЕЛОМ В СТУДИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ

На электротехническом факультете в г. Загребе замечены значительные колебания интереса к студиям электроэенергетики. Проведены анализы успеха студентов и обстановка на факультете и сделано сравнение со средней учебой за рубежом. В конце сделано заключение о необходимости сотрудничества факультета и народного хозяйства, в то время, как нет необходимости в изменениях учебных планов.

Naslov pisca:

prof. dr Milan Šodan, dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet
41000 Zagreb Unska 3,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-09-06

DEMOGRAFSKI KRITERIJI ZA LOCIRANJE NUKLEARNIH ELEKTRANA

mr Damir Subašić, Zagreb

UDK 621.039.58

PREGLEDNI RAD

Dani su pregled i analiza demografskih kriterija za lociranje nuklearnih elektrana koji se koriste u nekim zemljama sa razvijenom nuklearnom energetikom. Analizirani su uzroci promjena tih kriterija, iz čega se utvrđuje opći trend demografskih kriterija. Prikazana je dosadašnja praksa i dosad korišteni demografski kriteriji u izboru lokacija u našoj zemlji. Provedena je analiza naših specifičnosti relevantnih za definiranje jedinstvenih demografskih kriterija. Na kraju je dan prijedlog za izmjenu naše regulative u dijelu koji određuje demografske uvjete za lociranje nuklearnih elektrana.

Ključne riječi: nuklearna elektrana, demografski kriteriji pri lokaciji NE, zakonska regulativa u ulozi NE.

1. UVOD

Utvrđivanje podobnosti neke lokacije nuklearne elektrane s gledišta zahtjeva nuklearne sigurnosti kompleksan je i dugotrajan proces. Uobičajena je praksa da se izbor potencijalnih lokacija provede na dijelu teritorija ili cijelom teritoriju neke zemlje, i to metodom eliminiranja dijelova teritorija na kojim nije moguće locirati nuklearnu elektranu. Ovo eliminiranje provodi se obično s nekoliko aspekata. Kada se eliminiraju dijelovi teritorija nepodobni po svim razmatranim aspektima, ostaju obično maleni dijelovi teritorija kao potencijalne makrolokacije. Dodatnim analizama na tako utvrđenim makrolokacijama definiraju se mirkolokacije, zapravo potencijalne lokacije, od kojih se izabiru najpogodnije za gradnju nuklearnih elektrana. Što je proces izbora najpovoljnije lokacije kvalitetnije obavljen, to će i proces konačnog utvrđivanja podobnosti lokacije biti manje kompleksan. To ujedno znači da će i rizik stanovništva od nuklearne elektrane na izabranoj lokaciji biti manji.

U procesu izbora lokacije najkritičniji su oni postupci kojima se donosi odluka o eliminaciji ili daje prednost nekoj lokaciji. Takve odluke obično se donose na osnovi unaprijed definiranih kriterija. Od svih kriterija za različite aspekte lokacija ovdje će biti govora samo o kriterijima za ocjenjivanje demografskih karakteristika lokacija.

U principu postoje, prema namjeni, tri vrste demografskih kriterija. Prvu grupu čine oni kriteriji koji služe za eliminaciju dijelova teritorija na kojima se može locirati nuklearna elektrana. Drugu grupu čine oni kriteriji kojima se izabire lokacija između više potencijalnih, a treću grupu čine kriteriji kojima se konačno prihvaća lokacija.

Kriteriji prve grupe obično su vrlo jednostavni i lako primjenjivi jer nije potrebno puno podataka da bi se mogli ispravno primijeniti. Kriteriji iz druge grupe

obično su nešto kompleksniji i za njihovu primjenu potrebno je više podataka. Za kriterije iz treće grupe potrebno je mnogo detaljnih podataka i oni su najkompleksniji.

Sam karakter kriterija razlikuje se od grupe do grupe. Kriteriji prve grupe obično su mnogo više prostorno planerski, a manje su »nuklearni«, tj. manje su direktno povezani sa zračenjem i dozama radioaktivnosti. Za kriterije iz treće grupe vrijedi obratno. Može se reći da oni imaju isključivo »nuklearni« karakter. Kriteriji druge grupe su po ovoj podjeli negdje između, ali bliže »nuklearnom« karakteru.

Obično su samo kriteriji iz prve grupe precizno definirani i eksplicitno zadani. Kriteriji iz druge grupe obično su rjeđe takvi, a kriteriji iz treće grupe obično nikada nisu eksplicitno zadani ili iskazani u nekim kvantificiranim veličinama. To zbog toga što se konačno prihvaćanje lokacije po demografskim karakteristikama nikada ne provodi isključivo na osnovi demografskih karakteristika. Obično se konačna odluka o podobnosti lokacije donosi zajednički za takve karakteristike lokacije kao što su demografija, meteorologija i korištenje zemljišta.

Prema posljednjim objavljenim podacima (Lit. 1.) Međunarodne agencije za atomsku energiju (MAAE) u svijetu je u radu 281 jedinica nuklearnih elektrana, a u izgradnji je 227 jedinica. Na mnogim lokacijama smješteno je više jedinica, tako da se 281 jedinica nalazi na 149 lokacija, a 227 jedinica gradi se na 86 novih lokacija. Ukupno je, prema tome, do sada zakonski odobreno 235 lokacija. Ako pretpostavimo da je za svaku odobrenu lokaciju u prethodnim fazama izbora te lokacije razmotreno barem četiri potencijalne lokacije, vidimo da je ukupno razmotreno oko 1 000 lokacija. Iskustvo stečeno u tim razmatranjima je veliko. Pregled pristupa i kriterija koji su korišteni za izbor, vrednovanje i komparaciju tih 1 000 lokacija mogu vrlo korisno poslužiti u zemlji kojoj taj posao predstoji, pogotovo ako postoji tendencija da se propišu obavezni kriteriji u takvom poslu. U tu svrhu u

ovom radu bit će prikazan pregled demografskih kriterija koji su propisani i koji se koriste u nekim zemljama svijeta.

2. DEMOGRAFSKI KRITERIJI NEKIH ZEMALJA

2.1. Čehoslovačka

Praksu lociranja nuklearnih elektrana u Čehoslovačkoj karakteriziraju vlastiti propisi i kriteriji koji su nastali dobrom ocjenom prakse drugih zemalja, kao i prijenom tuđih iskustava na vlastite uvjete, rezultat čega je postojanje »standardne lokacije« (Lit. 2), koja služi za evaluaciju potencijalnih lokacija. Postoje zapravo tri tipa kriterija, i to:

- odbacujući kriteriji prvog stupnja,
- odbacujući kriteriji drugog stupnja,
- uspoređujući kriteriji socio-ekonomske prirode.

Potencijalna lokacija koja ne prolazi po odbacujućim kriterijima prvog stupnja definitivno i bez izuzetka otpada. Ako neka potencijalna lokacija ne zadovoljava neke odbacujuće kriterije drugog stupnja, moguće je da se na njoj gradi nuklearna elektrana samo ako se ispune određene pretpostavke ili predvide određena projektna rješenja. Uspoređujući kriteriji koriste se za izbor najpovoljnije između alternativnih lokacija.

Kako nas ovdje zanimaju samo demografski kriteriji, pogledajmo kakvi su oni u spomenutim čehoslovačkim kriterijima. Odgovor je vrlo kratak. Nema ih. Potrebno je odmah napomenuti da to ne treba promatrati kao nedostatak, nego kao odraz modernijih razmišljanja o lociranju. Naime, pravi odgovor je da demografskih kriterija nema eksplicitno. Oni ipak postoje, ali izraženi kroz doze zračenja, i to u sva tri tipa kriterija. U odbacujućim kriterijima prvog stupnja propisane su maksimalne doze koje se dozvoljavaju u izvanrednim prilikama, i to:

- 0,25 Sv za cijelo tijelo
- 1,25 Sv za štitnjaču odraslih
- 0,75 Sv za štitnjaču djece.

U odbacujućim kriterijima drugog stupnja dane su referentne vrijednosti kolektivnih doza, i to:

- 0,04 čovjek Sv/MWe u redovnim radnim uvjetima
- 1,2 čovjek Sv/MWe u izvanrednim radnim uvjetima.

U trećem tipu kriterija, koji služe za uspoređenje, jedan od načina vrednovanja i rangiranja lokacija jesu ekvivalenti individualnih i kolektivnih doza.

Dakle, u procesu izbora potencijalnih lokacija ne koriste se eksplicitno demografski kriteriji, nego doza definirani kriteriji. To znači da se demografske karakteristika potencijalnih lokacija ne promatraju same i izdvojene, nego isključivo zajedno s drugim karakteristikama potencijalnih lokacija koje utječu na doze. To su uglavnom meteorološke (atmosfera disperzija), hidrološke (disperzija u vodi) i karakteristike potencijalnih lokacija s obzirom na korištenje zemljišta. Ovakvim pristupom, koji vrednuje krajnju

i jedino bitnu karakteristiku lokacije (doze), omogućava se da se jedna loša strana lokacije kompenzira drugim boljim. To znači da je prihvatljiva lokacija s nepovoljnijom demografskom karakteristikom ako su meteorološke, hidrološke i karakteristike korištenja zemljišta povoljne, jer to garantira prihvatljive doze isto kao i u slučaju da su ove tri karakteristike manje povoljnije, a lokacija se nalazi u manje naseljenom području.

2.2. Francuska

U Francuskoj formalno ne postoje propisi ili kriteriji koji bi se odnosili na gustoću i raspodjelu stanovništva oko lokacije (Lit. 3). U takvoj situaciji francusko upravno tijelo, odnosno njegov dio odgovoran za nuklearnu sigurnost, oslanja se uglavnom na otprije postojeći propis za lociranje industrijskih postrojenja, na savjete institucija stručno nadležnih za nuklearnu sigurnost, te na usporedbu s demografskim karakteristikama lokacija u drugim zemljama. Zapravo, sve se svodi na tri glavna tipa istraživanja, ocjene i vrednovanja lokacije s gledišta demografije:

- studiranje akcidenta klase 9,
- uspoređivanje lokacija jednostavnim metodama,
- ocjenu prakse drugih zemalja.

Studiranje akcidenta klase 9 znači studiranje hipotetskog, najvećeg mogućeg akcidenta u kojem svi sigurnosti sistemi otkazuju. Vjerojatnost takvog događaja vrlo je malena (1 u 100 000 godina po reaktoru), ali su moguće posljedice velike. Usporedba posljedica takvog akcidenta na različitim lokacijama koristi se za ocjenu demografskih karakteristika neke od lokacija, a rezultati takvih usporedbi daju rangiranje lokacija po demografskim kriterijima.

Da bi se provelo rangiranje po jednostavnim metodama, definirana je »prosječna francuska lokacija« s gledišta demografije. U tablici 1. prikazano je kako je ona definirana. Jednom utvrđene vrijednosti »prosječne lokacije« omogućuju vrlo jednostavno uspoređivanje i rangiranje svih lokacija s tom i prema toj

Tablica 1. Demografske karakteristike nekih francuskih lokacija od kojih je definirana prosječna lokacija

	Kumulativna populacija do 10 km	Prosječna gustoća do 10 km (st/km ²)	Kumulativna populacija do 20 km	Prosječna gustoća do 20 km (st/km ²)
Bugey	20 569	65	95 656	76
Chinon	28 597	91	87 707	70
Creyd-Malville	8 623	27	59 216	47
Dampierre	17 553	56	53 438	42
Flamanville	6 991	22	45 846	36
Le Blayais	14 781	47	50 855	40
Paluel	12 003	38	37 359	30
St-Laurent des Eaux	18 483	58	49 300	39
Prosječna lokacija	15 950	51	59 900	47

zamišljenoj referentnoj lokaciji. Treći tip, tip c, predstavlja vrednovanje francuskih lokacija po kriterijima za vrednovanje demografskih karakteristika koji vrijedi u drugim zemljama.

Iz ovog vrlo kratkog prikaza vidi se, iako bez vlastitih formalnih kriterija ili propisa, da se u Francuskoj vrednovanje lokacije s demografskog aspekta provodi preko doza i preko uspoređivanja kako vlastitih, tako i s lokacijama u drugim zemljama.

2.3. Italija

Definiranje demografskih kriterija u Italiji bazirano je na principu da se u procesu izbora potencijalnih makrolokacija na nivou cijele zemlje optimizacija treba odvijati unutar postojećeg ponuđenog izbora (Lit. 4). Drugi važan princip za definiranje kriterija bio je da se demografija ne treba promatrati izdvojeno. Treba se promatrati u vezi s efektima koje se želi držati na minimumu, to jest radi se o dozama ionizirajućih zračenja.

Iz toga proizlazi da demografske karakteristike lokacije treba promatrati zajedno s drugim karakteristikama lokacije koje utječu na doze. Te karakteristike su u prvom redu disperzija u atmosferi i korištenje zemljišta (lit. 4).

Talijanski demografski kriteriji na spomenuti su način utvrđeni i propisani (Lit. 4). Određuju da područja koja mogu biti razmatrana za potencijalno lociranje nuklearnih elektrana moraju imati sljedeće demografske karakteristike:

- a) populacijski faktor* manji od 20 000, izračunat pomoću specifičnog težinskog faktora zadanog u talijanskoj regulativi (Lit. 4);
- b) populacijski faktor* do udaljenosti do 50 km od lokacije u najnepovoljnijem 22° 30' sektoru kružnice manji od 6 500 (težinski faktor zadan izrazom $r^{-1.5}$ gdje je r udaljenost od lokacije u km);
- c) udaljenost od naselja koje ima više desetaka tisuća stanovnika ne manju od 10 km;
- d) udaljenost od naselja koje ima više stotina tisuća stanovnika ne manju od 20 km;
- e) mogućnost da pogonsko osoblje elektrane ima potpunu kontrolu prostora oko lokacije u dijametru od 1 km.

Kao što se vidi, talijanski demografski kriteriji dobro su elaborirani i baziraju se na nastojanju da doze na potencijalnim lokacijama budu u okviru zadanih granica. Iako su zadani apsolutno, nisu preoštri i nisu suviše striktni. Možda im je jedina zamjerka da su kompliciraniji nego u drugim zemljama, pogotovo jer su namijenjeni za prve demografske evaluacije potencijalnih lokacija.

* Populacijski faktor jest metoda koja vrednuje demografske karakteristike lokacije uzimajući u obzir različite važnosti, u statističkom smislu, stanovnika bliže i dalje od elektrane.

2.4. Kanada

Dosada je u Kanadi izgrađeno 11 jedinica nuklearnih elektrana, a u gradnji je još 12 jedinica (Lit. 1). Kako je uobičajena praksa da se na jednoj lokaciji gradi više jedinica, sve 23 jedinice su na samo 7 lokacija (Lit. 1). Ovih 7 lokacija odobreno je bez propisanih demografskih kriterija, jer u Kanadi postoji propisan samo jedan kriterij koji je istovremeno i lokacijski i projektni (Lit. 5). Za upravno tijelo nije bitno da li je taj kriterij zadovoljen lokacijskom karakteristikom ili projektnim rješenjem. Spomenuti kriterij definira granične doze ionizirajućeg zračenja kako za normalni pogon, tako i za dvije vrste akcidentalnih uvjeta koje se razlikuju po učestalosti pojavljivanja. Za normalni pogon propisane su granične doze za maksimalno izloženog pojedinca u iznosu 0,5 rema/god. za cijelo tijelo i 3 rem/god. za štitnjaču, dok su maksimalne populacijske doze 10^4 čovjek — rema/god. i 10^4 štitnjača — rem/god. Za pogonske događaje kod kojih svi sigurnosni sistemi ostaju u funkciji (maksimalna učestalost jednom u 3 godine) maksimalne dozvoljene doze su prije spomenute godišnje doze. Za akcidentalne događaje (maks. učestalosti jednom u 3 000 god.) kada zakaže i jedan sigurnosni sistem, maksimalne individualne doze su 25 rema za cijelo tijelo i 250 rema za štitnjaču, a maksimalne populacijske doze su 10^6 čovjek — rem i 10^6 štitnjača — rem. O demografskim karakteristikama lokacije ovisi da li će propisane individualne ili populacijske doze biti ograničavajuće.

Za primjenu ovog kriterija potrebno je između ostalog pripremiti određene demografske podatke. Udaljenost do koje se ti podaci pripremaju ovisi od lokacije, tj. o drugim lokacijskim karakteristikama. Za ocjenu prilagodljivosti standardne izvedbe CANDU elektrane na nekoj lokaciji traže se demografski podaci do 20 km udaljenosti. Integracija individualnih radi dobivanja populacijske doze provodi se do udaljenosti na kojoj individualna doza direktnog zračenja pada ispod 5 mrem/god. (Lit. 6). Iz prethodno iznesenog proizlazi da udaljenost do koje se u Kanadi promatra naseljenost ne premašuje 20 km.

Veličina ekskluzivne zone u Kanadi na svim elektranama je ista, te njezin radijus iznosi 1 km. Iako ta veličina nije propisana, u praksi je uobičajena, pa se može smatrati demografskim kriterijem (Lit. 6).

2.5. SR Njemačka

Dijelom zbog ranog početka svog nuklearnog programa, a dijelom i zbog nekih drugih specifičnosti SR Njemačka ima jednu od najrazvijenijih regulativa iz oblasti nuklearne energetike. Tu regulativu odlikuje razrađenost, a između ostalog i originalnost, i to naročito u dijelu regulative za izbor lokacija (Lit. 7) kojom su definirani kriteriji za vrednovanje lokacijskih karakteristika.

Spomenutim kriterijima pojedine karakteristike lokacije se svrstavaju u tri klase ako to za promatranu

karakteristiku ima smisla. Svrstavanje karakteristike lokacije u jednu od klasa ima sljedeći smisao:

- I klasa — Treba težiti takvim lokacijama kod kojih će što više karakteristika biti I klase. Lokacija sa svim karakteristikama u I klasi je idealna lokacija, ali vjerojatno ne postoji u SR Njemačkoj.
- II klasa — Lokacije s karakteristikama iz II klase većinom su dostižne u SR Njemačkoj. U kasnijem postupku odobrenja lokacije bit će o lokaciji potrebno prezentirati detaljnije podloge nego ako je karakteristika lokacije u I klasi. Dodatni zahtjevi, uglavnom tehnički, bit će postavljeni za izgradnju nuklearne elektrane, u vezi s karakteristikama lokacije II klase.
- III klasa — Za lokaciju čija karakteristika je svrstana u III klasu bit će u procesu odobrenja lokacije potrebno priložiti puno detaljnije informacije nego u slučaju II klase. Čak može doći do odbacivanja lokacije. Poželjno je da svega par karakteristika neke lokacije pada u III klasu.

Kako nas ovdje primarno zanima demografija pogledajmo kako se razvrstavaju demografske karakteristike lokacije u jednu od tri klase. Kriteriji su definirani za naseljenost na različitim udaljenostima (zonalna naseljenost) i za naseljenost u različitim smjerovima od lokacije (sektorska naseljenost).

a) **Zonalna naseljenost** (kružnice ili prsteni)

1. U neposrednoj blizini, radijusa do 2 km, od planirane nuklearne elektrane lokacija se svrstava u:

I klasu ako vrijedi relacija $BZ \leq 1/3 MBZ$ i ako nema bolnica, zatvora i velikih domova (umirovljenika, đaćki, studentski itd.),

II klasu ako vrijedi relacija $1/3 MBZ < BZ \leq MBZ$,

III klasu ako vrijedi relacija $MBZ < BZ$.

Značenje simbola je sljedeće:

BZ — broj stanovnika u promatranoj zoni,

MBZ — srednji broj stanovnika u promatranoj zoni, koji se dobije množenjem površine promatrane zone i prosječne gustoće stanovnika u SR Njemačkoj koja iznosi 248 st/km². Za ovdje promatranu zonu $MBZ = 3\ 000$ stanovnika.

2. U srednjoj udaljenosti definiranoj prstenom radijusa od 2 km i 5 km od planirane nuklearne elektrane lokacija se svrstava u:

I klasu ako vrijedi relacija $BZ \leq 0,5 MBZ$,

II klasu ako vrijedi relacija $0,5 MBZ < BZ \leq MBZ$,

III klasu ako vrijedi relacija $MBZ < BZ$.

Za ovu zonu $MBZ = 16\ 000$ stanovnika.

3. U vanjskoj udaljenosti definiranoj prstenom radijusa od 5 km i 10 km od planirane nuklearne elektrane lokacija se svrstava u:

I klasu ako vrijedi relacija $BZ \leq MBZ$,

II klasu ako vrijedi relacija $MBZ < BZ \leq 2 MBZ$,

III klasu ako vrijedi relacija $2 MBZ < BZ$.

Za ovu zonu $MBZ = 60\ 000$ stanovnika.

4. U velikoj udaljenosti definiranom prstenu radijusa od 10 km i 20 km od planirane nuklearne elektrane lokacija se svrstava u:

I klasu ako vrijedi relacija $BZ \leq 1,5 MBZ$,

II klasu ako vrijedi relacija $1,5 MBZ < BZ \leq 3 MBZ$,

III klasu ako vrijedi relacija $3 MBZ < BZ$.

Za ovu zonu $MBZ = 230\ 000$ stanovnika.

- b) **Sektorska naseljenost** (12 sektora od 30° u 12 smjerova od lokacije)

Dodatno na zonalnu naseljenost treba promatrati i sektorsku naseljenost kako bi se mogli vrednovati dijelovi zona u kojima je naseljenost najgušća.

1. U srednjoj udaljenosti jedan sektor od 30° prstena radijusa 2 km i 5 km od planirane nuklearne elektrane svrstava se u:

I klasu ako vrijedi relacija $SBZ \leq MSBZ$,

II klasu ako vrijedi relacija $MSBZ < SBZ \leq 3 MSBZ$,

III klasu ako vrijedi relacija $3 MSBZ < SBZ$.

Značenje simbola je sljedeće:

SBZ — broj stanovnika u promatranom sektoru,

MSBZ — srednji broj stanovnika u promatranom sektoru koji se dobije ako se MBZ podijeli sa 12, gdje je 12 broj sektora od 30°. Za ovdje promatrane sektore $MSBZ = 13\ 000$ stanovnika.

Za reprezentiranje sektorske naseljenosti između 2 i 5 km uzima se najgušće naseljeni sektor. Ako je taj sektor u glavnom smjeru vjetra (a to znači da je frekvencija toga smjera veća od 20%), onda se on zbog toga prebacuje u sljedeću, nižu (lošiju) klasu. Ako pak lokacija pruža specijalno povoljne mogućnosti za provođenje mjera u slučaju nužde onda se zbog toga ova karakteristika prebacuje u sljedeću, višu (bolju) klasu.

2. U vanjskoj i velikoj udaljenosti jedan sektor od 30° prstena radijusa 5 km i 20 km od planirane nuklearne elektrane svrstava se u:

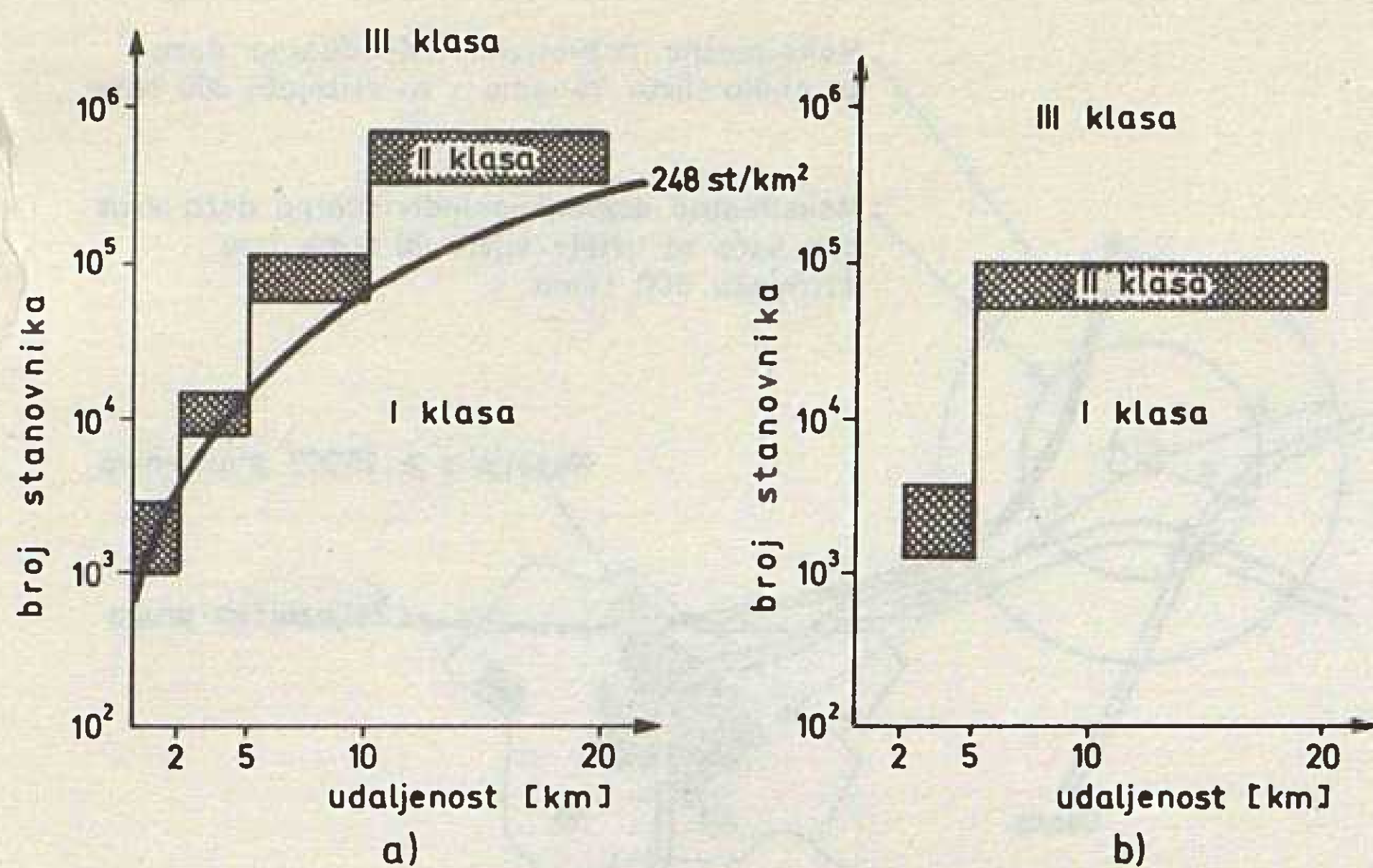
I klasu ako vrijedi relacija $SBZ \leq 2 MSBZ$,

II klasu ako vrijedi relacija $2 MSBZ < SBZ \leq 4 MSBZ$,

III klasu ako vrijedi relacija $4 MSBZ < SBZ$.

Za ovdje promatrane sektore $MSBZ = 25\ 000$ stanovnika.

Za reprezentiranje sektorske naseljenosti između 5 i 20 km uzima se najgušće naseljeni sektor. Ako je taj sektor u glavnom smjeru vjetra (frekvencija u taj smjer veća od 20%), onda se on zbog toga prebacuje u nižu (lošiju) klasu.



Slika 1. Prikaz kriterija SR Njemačke za razvrstavanje demografskih karakteristika u tri klase

Preglednije ovi kriteriji prikazani su grafički na slici 1, gdje se naročito dobro vidi da III klasa ima »otvoreni kraj«.

Pošto se demografske karakteristike, pa i sve ostale razvrstaju u tri klase, pitanje je kako se dolazi do zaključka o prihvatljivosti neke lokacije. Računanje srednje vrijednosti klasa ne dozvoljava se kao ni kompenziranje loše karakteristike jednostavnim »poništavanjem« s dobrom karakteristikom (Lit. 7). To znači da nije moguće kompenzirati npr. loše seizmičke karakteristike dobrim meteorološkim. Svaka karakteristika se vrednuje odvojeno. Za donošenje zaključka koja od predloženih lokacija je najbolja razvijen je kompleksan sistem vrednovanja (Lit. 8) koji uključuje i druge karakteristike, na primjer potreba za energijom toga kraja, cijenu energije, zaštitu okoline te planiranje prostora. Demografske karakteristike imaju u tom izboru svoju odgovarajuću ulogu.

2.6. Portugal

Portugalski demografski kriteriji omogućuju da se na osnovi demografskih karakteristika terena cijele države izdvoje oni dijelovi na kojima postoje demografske pogodnosti za lociranje nuklearnih elektrana (Lit. 9). Bit je tih kriterija da se oko naseljenih mjesta, a u njihovoj blizini, spriječi lociranje nuklearne elektrane. Zapravo, radi se o uspostavljanju zaštitnih zona oko naseljenih mjesta čija veličina varira o broju stanovnika u tom naselju.

Preostali teritorij je s aspekta demografskih kriterija raspoloživ za lociranje nuklearnih elektrana. Takav se raspoloživi teritorij u daljnjem postupku veoma smanjuje kada se primijene i ostali kriteriji.

Demografski kriteriji koji se koriste u Portugalu jesu sljedeći:

Oko centara naseljenosti utvrđuju se zaštitne zone radijusa R kako slijedi:

- $R = 5$ km oko centara naseljenosti s više od 5 000, a manje od 10 000 stanovnika,
- $R = 10$ km oko centara naseljenosti sa 30 000, do 70 000 stanovnika,

— $R = 20$ km oko centara naseljenosti s više od 125 000 stanovnika.

Kako su ti demografski kriteriji nastali kombiniranjem kriterija koji postoje u drugim zemljama, to ujedno znači, a to se i provjerava, da bi izbor potencijalnih područja u Portugalu bio isti ili vrlo sličan da se primijene kriteriji tih zemalja. Interesantno je da se granice u kriterijima ne nastavljaju jedna na drugu, tako da između njih ima nedefiniranih područja.

2.7. SAD

Od vrlo opsežne regulative koja postoji u SAD zadržat ćemo se samo na propisima i uputama koja se u SAD koriste u početnom stadiju izbora potencijalnih lokacija. Zanimaju nas samo demografski aspekti izbora lokacija. Svaka lokacija koja ispunjava kriterije te regulative prolazi poslije detaljnu obradu, a odobrava se na osnovi zaključaka koji se više ne baziraju na kriterijima tipa da — ne.

Osnovni je zahtjev koji se razrađuje u demografskim kriterijima da nuklearna elektrana ne smije biti locirana u gusto naseljenom području. Time se želi osigurati da ozračenje stanovništva (kolektivne doze) bude minimalno u slučaju akcidenta.

Ova osnovna ideja u zakonu (Lit. 10) razrađena je samo u osnovnim crtama. Naime, u kriterijima za lociranje nuklearnih elektrana zahtijeva se da svaka lokacija treba osigurati sljedeće:

- a) »Ekskluzivnu zonu« oko elektrane u kojoj sve aktivnosti potpuno kontrolira investitor elektrane, uključujući i uklanjanje dobara i zabranu pristupa ljudi,
- b) »Zonu niske naseljenosti« (LPZ) koja neposredno okružuje ekskluzivnu zonu, a u kojoj je broj i raspodjela stanovnika takva da postoji razumna vjerojatnost da je moguće poduzeti odgovarajuće mjere za zaštitu stanovništva u slučaju većeg akcidenta,
- c) da na bilo kojoj točki granice ekskluzivne zone i na vanjskoj granici zone niske naseljenosti ozračenje ljudi od postuliranog ispuštanja fizionih produkata (kao posljedica akcidenta) bude manje od posebno propisane vrijednosti,
- d) da udaljenost od najbližeg centra naseljenosti s više od 25 000 stanovnika bude veća barem za jednu trećinu vanjskog radijusa zone niske naseljenosti.

Da bi se utvrdile dimenzije tih zona i udaljenosti, potrebno je da se pretpostave ispuštanja radioaktivnosti iz nuklearne elektrane i odgovarajuće meteorološke prilike na lokaciji. Ispuštanja se pretpostavljaju za najveći projektni akcident, zamišljen za potrebu analize lokacije, a postuliran na osnovi razmatranja mogućih akcidentalnih sekvenci. Vjerojatnost da se takav akcident dogodi iznosi za svaku pojedinu nuklearnu elektranu 10^{-3} do 10^{-4} . Za takav akcident je karakteristično da bi izazvao najveći mogući radiološki utjecaj na okolinu. Dakle, za utvrđivanje udaljenosti i dimenzija zona pretpostavlja se hipotetski akcident

čije posljedice ne mogu biti nadmašene bilo kojim akcidentom koji se može smatrati vjerojatnim. Osim definiranog tipa akcidenta potrebno je uzeti u obzir propuštanje kontejnmenta, i to takvo koje se kao realistično ne može očekivati i dokazati. Meteorološka situacija na lokaciji u vrijeme akcidenta određuje se također konzervativno. Iz svih tih pretpostavki utvrđuju se doze na nekoj lokaciji. Na osnovi tih doza utvrđuju se:

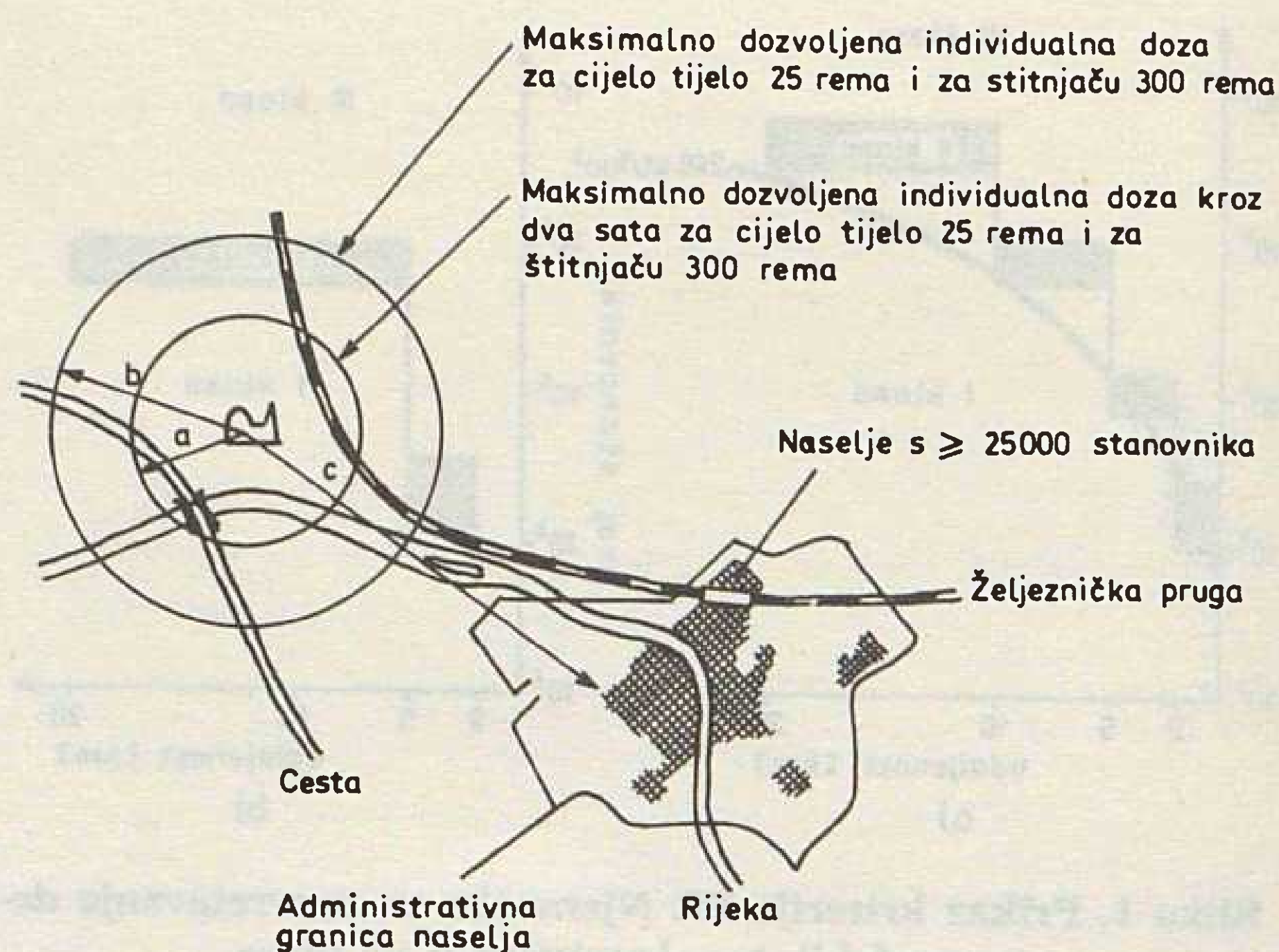
- ekskluzivna zona takve veličine da netko boraveći na bilo kojoj točki granice ove zone u toku dva sata neposredno nakon pretpostavljenog ispuštanja ne primi ukupnu dozu cijelog tijela veću od 25 rema ili ukupnu dozu štitnjače veću od 300 rema od izotopa joda,
- zona niske naseljenosti takve veličine da netko boraveći na bilo kojoj točki vanjske granice ove zone za cijelo vrijeme prolaska ispuštene radioaktivnosti ne primi od te radioaktivnosti ukupnu dozu cijelog tijela veću od 25 rema ili ukupnu dozu štitnjače veću od 300 rema od izotopa joda.

Iz tako utvrđenih dimenzija zona lako se utvrdi udaljenost centra naseljenosti. Zapravo, propisana je kao $1 \frac{1}{3}$ udaljenosti vanjske granice zone niske naseljenosti, ali od ruba centra naseljenosti. Rubovi centra naseljenosti ne utvrđuju se po administrativnim granicama, već na osnovi raspodjele stanovništva unutar naseljenog centra. Ako je u blizini vrlo veliki grad, onda udaljenost takvog centra naseljenosti treba biti veća. Nije u zakonu (Lit. 10) specificirano kolika je to veća udaljenost.

Praksa u SAD pokazala je, a ta saznanja su citirana i u provedbenim uputama upravnog tijela (Lit. 11) da bi ekskluzivna zona morala imati minimalno 0,4 milje (650 m) čak i u slučaju najboljih meteoroloških karakteristika lokacije. Smatra se da takva zona osigurava da uz standardne tehničke mjere doze propisane zakonom (Lit. 10) neće biti premašene. Ako je na nekoj lokaciji nemoguće osigurati ekskluzivnu zonu od 0,4 milja, tada se mogu zahtijevati specijalne dodatne tehničke mjere na projekt i izvedbu nuklearne elektrane koje će nadoknaditi taj nedostatak lokacije. Na osnovi prakse upravno tijelo smatra da je udaljenost vanjske granice zone niske naseljenosti od 3 milje (5 km) adekvatna da osigura doze niže od propisanih. Iz toga odmah proizlazi i minimalna udaljenost od centra naseljenosti s više od 25 000 stanovnika i iznosi 4 milje (6,4 km).

Slika 2. daje prikaz demografskih kriterija propisanih u SAD (Lit. 10). Potrebno je naglasiti da su, zbog ovakvih u zakonu definiranih demografskih kriterija, u njima uključeni i kriteriji za vrednovanje meteoroloških karakteristika lokacije u smislu admosferskog razrjeđenja ispuštanja. Zbog toga ne postoje kriteriji za vrednovanje lokacije s aspekta meteorologija, dio admosferska razrjeđenja.

Osim nabrojanih zakonom definiranih kriterija u praksi se koriste i upravno tijelo preporučuje još neke demografske kriterije (Lit. 11). Radi se o kriteriju koji propisuje maksimalno dopustivu gustoću stanovništva u okolini neke lokacije. Ako bi prosječna



Slika 2. Prikaz zakonom propisanih demografskih kriterija za izbor lokacija u SAD

gustoća stanovništva projicirana na početak rada nuklearne elektrane bila veća od 500 st/milja² (200 st/km²) ili ako bi prosječna gustoća stanovništva projicirana na kraj trajanja i rada nuklearne elektrane bila veća od 1 000 st/milja² (400 st/km²), onda bi bilo potrebno odlučiti se za drugu manje naseljenu lokaciju. Po ovom kriteriju gustoću je potrebno promatrati do 30 milja (50 km) od nuklearne elektrane. Potrebno je uključiti tranzijentnu populaciju, i to s težinskim faktorom proporcionalnim s vremenom boravka tog stanovništva u promatranom području.

Kao što se vidi, kriteriji koji vrijede u SAD, izvedeni su i zadani na ocjeni mogućih doza, te uključuju i meteorološko vrednovanje lokacija. Time se omogućuje da se demografske i meteorološke karakteristike lokacije kompenziraju. Dodatno je u praksu uveden još jedan kriterij koji zapravo zakonom nije propisan (200 st/km²), ali je vrlo praktičan jer je mnogo jednostavniji za primjenu i brzo daje ocjenu lokacije. Istovremeno je taj dodatni kriterij premalo opravdan jer ne dozvoljava kompenzaciju jedne karakteristike drugom. Važno je naglasiti da su to sve kriteriji koji se koriste da bi se utvrdio jedan veći broj potencijalnih lokacija koje sve zadovoljavaju zahtjeve nuklearne sigurnosti. Nuklearne elektrane grade se na onim lokacijama koje se pokažu u analizi koristi i troška (cost-benefit) najpovoljnijima. Da bi se za tako kompleksnu usporedbu iz većeg broja lokacija došlo do užeg izbora, potrebno je jednostavnijim metodama napraviti taj uži izbor. Za sužavanje izbora po demografskim karakteristikama u SAD koristi se već spominjana metoda populacijskog faktora. Radi se o usporedbi gustoće naseljenosti relativno prema u SAD zadanoj referentnoj gustoći od 1000 st/milja², s tim da se veća težina pridaje stanovništvu koje je bliže elektrani. Lokacije s manjim populacijskim faktorom imaju prednost, između ostalog i zbog činjenice da nuklearna elektrana na takvim lokacijama treba imati manje inženjerskih tehničkih zahvata na standardnom projektu.

Iako je namjena metode populacijskog faktora da omogući komparaciju lokacija po demografskim ka-

rakteristikama, vidi se da je moguće preko vrijednosti populacijskog faktora definirati demografske kriterije izbora lokacije. Do sada to još u SAD nije propisano.

Da bi se dobio osjećaj o demografskim karakteristikama lokacija u SAD, u tablici 2. prikazani su sumarni rezultati jedne statističke obrade naseljenosti uokolo 111 lokacija u SAD (Lit. 12). Vide se ekstremne

vrijednosti, aritmetička sredina i prosjek broja stanovnika, te još neki statistički pokazatelji. Iako ta tablica nije rađena da bi se definirala neka »prosječna« ili »srednja« lokacija, ipak ona te rezultate iskazuje. Ti rezultati se u SAD ne koriste za definiranje »model lokacije« za izbor novih lokacija. Služe samo kao koncizna informacija o dosadašnjoj praksi lociranja u SAD.

Tablica 2. Sažetak rezultata statističke obrade naseljenosti u okolini 111 lokacija nuklearnih elektrana u SAD

	Postojeći i predviđeni broj stanovnika do navedenih udaljenosti u miljama					
	0 do 5		0 do 10		0 do 20	
	1970.	2000.	1970.	2000.	1970.	2000.
Minimalna naseljenost	0	0	0	0	0	0
Maksimalna naseljenost	67,000	99,000	218,000	294,000	888,000	1,200,000
Srednja naseljenost (1)	7,900	12,000	37,000	57,000	181,000	280,000
Prosječna naseljenost	3,700	5,700	24,000	34,000	104,000	180,000
90 % naseljenost (2)	22,000	31,000	84,000	127,000	466,000	660,000
Standardna devijacija (3)	11,500	16,800	39,000	59,500	174,000	266,000
Koeficijent varijacije (4)	1,45	1,44	1,06	1,04	0,959	0,944

Napomena: 1. $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$

2. 90 % lokacija ima naseljenost jednaku ili manju nego navedena vrijednost

3. $\sigma = \left[\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N} \right]^{1/2}$

4. σ/\bar{X}

2.8. Španjolska

Iako je gradnja prve nuklearne elektrane započeta još 1965. god., (Lit. 1), te iako je izabrano i obrađeno više od 20 lokacija, u Španjolskoj ne postoje posebni španjolski propisi ili kriteriji za izbor lokacija (Lit. 13). Slijede se, ali ne striktno, praksa i propisi iz SAD, što je i razumljivo s obzirom na jaku povezanost Španjolske na »nuklearnom« programu sa SAD. Kako su propisi, kriteriji pa dijelom i praksa iz SAD već opisani, posvetit će se pažnja samo onim malim razlikama i odstupanjima od prakse u SAD. Naravno, samo unutar demografskih aspekata izbora lokacije.

U prvom redu, razlika je kod kriterija koji propisuje maksimalno dopustivu gustoću u okolini neke lokacije. U SAD je to gustoća od 500 st/milja² (200 st/km²). U Španjolskoj se koristi i taj kriterij, ali se razmatra i prosječna gustoća stanovništva u toj zemlji koja iznosi 67 st/km². Razlika je i to što se gustoća promatra do udaljenosti od 30 km (Lit. 13), a ne kao u SAD do 30 milja.

U izboru prioritete od više potencijalnih lokacija koristi se kao i u SAD metoda populacijskog faktora. No u Španjolskoj se za primjenu ove metode zadaje referentna gustoća od 1 000 st/km² za razliku od SAD gdje je zadano 1 000 st/milja² (Lit. 13). Dakle, referentna gustoća stanovništva u Španjolskoj je oko 2,5 puta veća. Naravno da se zbog toga ne može razmatrati vrijednost populacijskog faktora kao neka granična vrijednost. Kao razlika može se shvatiti i

to što se u SAD lokacije ne kompariraju s lokacijama u drugim zemljama, a u Španjolskoj se, u procesu evaluacije demografskih karakteristika, lokacije uspoređuju s lokacijama u SAD (Lit. 13). Zapravo, uspoređuju se maksimalne vrijednosti populacijskog faktora španjolskih i lokacija iz SAD i iz takve usporedbe zaključuje se demografska kvaliteta pojedine lokacije.

2.9. Švicarska

U ovoj zemlji su dosad izgrađene 4 nuklearne elektrane, a jedna je još u gradnji (Lit. 1). Budući da su na jednoj lokaciji izgrađena dva bloka, u Švicarskoj su dosada realizirane četiri lokacije. Još su pripremljene tri lokacije (Lit. 14), tako da je to ukupno sedam lokacija. S obzirom na veličinu Švicarske, kao i na njezinu orografiju i gustoću naseljenosti, jasno je da pronalaženje i izbor lokacija predstavlja značajan problem. Unatoč tome, ili baš upravo zbog toga, u Švicarskoj ne postoje u regulativi zadani kriteriji za izbor lokacija nuklearnih elektrana (Lit. 15), a ne postoje ni indicije da se namjeravaju izdati. Izbor lokacija provodi se tako da se svaka moguća lokacija posebno razmatra i vrednuje na bazi prakse u drugim zemljama (Lit. 15). Kako to izgleda u slučaju demografskih vrednovanja, bit će ovdje ukratko prikazano.

S obzirom na planiranu izgradnju nuklearnih elektrana u Švicarskoj (Lit. 1) sadašnji fond lokacija (sedam) zadovoljiti će potrebu još neko znatno vrijeme.

Prema tome, u Švicarskoj sam izbor ili namicanje novih potencijalnih lokacija nije po broju lokacija koje se traže opsežan posao. Uz već spomenuti izbor potencijalnih lokacija bez kriterija, to je razlog da o izboru potencijalnih lokacija neće biti govora. Samo treba reći da je taj izbor obavljen na bazi neobaveznog korištenja propisa i kriterija SAD (Lit. 14). To je i razumljivo, jer prije dvadeset godina, kada je taj izbor uglavnom proveden, nije bilo drugih propisa i kriterija. Osim toga, prva nuklearna elektrana čija izgradnja je započeta 1965. godine (Lit. 1) bila je isporučena iz SAD.

Vrednovanje demografskih karakteristika lokacija u Švicarskoj provodi se po kriterijima iz SAD i SR Njemačke (Lit. 14). Dva su glavna razloga zbog čega se koriste kriteriji baš tih dviju zemalja. Prvi je da su ove dvije zemlje razvile vlastitu regulativu i kriterije u njoj više nego ostale zemlje. Drugi razlog je da su sve nuklearne elektrane izgrađene ili u gradnji u Švicarskoj isporučene upravo iz tih dviju zemalja.

Osim kriterija prati se i praksa vrednovanja demografskih karakteristika lokacija u drugim zemljama. Osnovna svrha primjene tuđih kriterija je da se na neki način kvantificiraju demografske karakteristike švicarskih lokacija. Dobivene veličine uspoređuju se s istim takvim veličinama lokacija u drugim zemljama. Vodi se brigu da usporedba ne bude prejednostavna, tj. da se uzmu u obzir razlike između zemalja, na primjer u gustoći naseljenosti između SAD i Švicarske (Lit. 14).

Rezultati vrednovanja švicarskih lokacija kriterijima iz SR Njemačke pokazuju veliku sličnost demografskih karakteristika švicarskih i njemačkih lokacija. Kako kriteriji SR Njemačke ne služe za odluku da/ne, to se ne može ni reći da li su švicarske lokacije prihvatljive po kriterijima SR Njemačke.

U Švicarskoj postoji drukčiji sistem zaštitnih zona oko nuklearnih elektrana nego u SAD, pa se u Švicarskoj ne provodi utvrđivanje veličine tih zona po kriterijima SAD. Naime, u Švicarskoj su zaštitne zone, tzv. alarmne zone, definirane na osnovi zahtjeva iz vrlo elaboriranih i specifičnih planova za poduzimanje mjera u slučaju nužde. Unutar tih zona provode se posebne demografske analize (Lit. 16). Dakle, od demografskih kriterija koji se koriste u SAD ostaju za primjenu na Švicarske lokacije samo kriteriji gustoće stanovništva (500 st/milja² i 1 000 st/milja²) (Lit. 14).

Da bi se mogle švicarske lokacije i međusobno vrednovati, računaju se vrijednosti populacijskog faktora u ovisnosti o udaljenosti (Lit. 17). To je također slijeđenje prakse iz SAD. Referentna gustoća naseljenosti, koju je potrebno definirati za proračun populacijskog faktora, u Švicarskoj je definirana u iznosu 390 st/km², što iznosi gustoću naseljenosti u najnaestranijim dijelovima te zemlje (Lit. 17). Budući da je to gustoća koja se kao referentna uzima u SAD za iste potrebe (1 000 st/milja²), onda je moguće uspoređivanje i na taj način vrednovanje švicarskih lokacija.

2.10. MAAE

Iako su dosada bili izneseni demografski kriteriji nekih zemalja, potrebno je da se u ovom slijedu kaže nekoliko riječi o Međunarodnoj agenciji za atomsku energiju (MAAE). To je agencija čiji je osnovni zadatak da potiče miroljubivo korištenje nuklearne energije. Unutar ovako širokog polja rada MAAE nastoji uvesti usklađenost u osnovne standarde i kriterije koji su na snazi u različitim zemljama pri korištenju nuklearne energije. U sklopu tih akcija MAAE je za izbor i vrednovanje lokacija s aspekta demografskih karakteristika izdala upute (Lit. 18). U tima uputama opisani su demografski podaci koji su nužni i metode koje MAAE preporučuje da se koriste za izbor i evaluaciju lokacija. Međutim, u tim uputama nisu dani fiksni numerički kriteriji za izbor ili za međusobno vrednovanje demografskih karakteristika lokacija. MAAE smatra da je definiranje fiksnih numeričkih kriterija ovisno o tipu i projektu nuklearne elektrane i o drugim specifičnim faktorima, pa se može smatrati unutrašnjom stvari svake zemlje (Lit. 18.). Iako nisu dane numeričke vrijednosti demografskih kriterija, MAAE daje u svojoj uputi (Lit. 18) pregled tipične nacionalne prakse u pogledu veličine zaštitnih zona oko nuklearnih elektrana. U tablici 3. prikazan je taj pregled.

Osim tog primjera, koji zapravo služi kao orijentacija za zemlje koje bi htjele utvrditi zaštitne zone, u istim uputama MAAE postoji još jedan prikaz prakse lociranja u gotovo svim zemljama koje imaju nuklearne elektrane. Naime, radi se o histogramima broja lokacija u ovisnosti o kumulativnom broju stanovnika unutar krugova različitih radijusa. Ti histogrami su napravljeni posebno za zemlje s niskom, srednjom i velikom gustoćom naseljenosti.

Dakle, iako MAAE ne daje fiksne kriterije, svojim uputama omogućava da se uspoređi neka lokacija s praksom lociranja u svim zemljama koje imaju nuklearne elektrane. To su na neki način ipak kriteriji, jer se odluka o nekoj lokaciji i te kako dobro može donijeti na osnovi uspoređivanja s praksom u adekvatno odabranim zemljama.

3. TREND KRITERIJA I PRAKSE LOCIRANJA VEZANIH ZA DEMOGRAFIJU

U prethodnom poglavlju izneseni su kriteriji i praksa lociranja nuklearnih elektrana u vezi s naseljenosti u okolini lokacije za neke zemlje. Općenito se vidi da postoji znatna razlika i u kriterijima, a i u dosadašnjoj praksi.

Na osnovi raspoloživih podataka vidi se da u SAD postoje demografski najbolje lokacije, dok su lokacije u Evropi nešto lošije. To se vidi i iz jednog pregleda demografskih karakteristika lokacija koji je uključio i lokacije iz Japana (Lit. 19). U tom prikazu naseljenost oko razmatranih lokacija uspoređivana je s nekim karakterističnim lokacijama u SAD. Rezultat te usporedbe prikazan je u tablici 4.

Tablica 3. Prikaz tipičnih veličina radijusa zaštitnih zona oko nuklearnih elektrana u nekim zemljama

	Ekskluzivna zona (km)	Zona niske naseljenosti (km)
Čehoslovačka	0,5	—
Indija	1,6	5
Italija	0,8 do 1,0	—
Kanada	1,0	—
SAD	0,65	5
SSSR	3	—

Tablica 4. Prikaz usporedbe naseljenosti oko lokacija nuklearnih elektrana u SAD i drugim zemljama s nekim lokacijama u SAD

Referentna naseljenost	Zemlja	Broj lokacija s naseljenošću na naznačenim udaljenostima u miljama kao referentna naseljenost			
		2	5	10	20
Kao lokacija Palo Verde ili niže	S.A.D.	12	5	4	3
	Francuska	+	+	+	+
	SR Njemačka	0	0	0	+
	Japan	0	0	0	0
	Španjolska	0	0	1	1
	Švicarska	0	0	+	+
Veća od Palo Verde, ali ne veća od Vermont Yankee	S.A.D.	81	74	49	41
	Francuska	1	2	+	+
	SR Njemačka	5	0	0	+
	Japan	7	2	0	0
	Španjolska	6	5	4	3
	Švicarska	2	0	+	+
Veća od Vermont Yankee, ali ne veća od Indian Point	S.A.D.	18	31	58	67
	Francuska	+	4	7	7
	SR Njemačka	14	15	15	+
	Japan	6	11	13	5
	Španjolska	0	1	1	1
	Švicarska	3	1	1	2
Veća od Indian Point	S.A.D.	0	1	0	0
	Francuska	+	1	+	+
	SR Njemačka	4	8	8	+
	Japan	1	1	1	0
	Španjolska	0	0	0	1
	Švicarska	2	6	1	+
Vel. Britanija	2	3	1	+	

+ Podaci nedostaju

Naseljenost (u tisućama) oko lokacija u SAD koje su poslužile za usporedbu

Lokacija	2 milje	5 milja	10 milja	20 milja
Palo Verde	0,002	0,2	1,9	10
Vermont Yankee	2,1	6,6	23	88
Indian Point	9,3	53	218	888

Konstatacija da SAD imaju demografski najbolje lokacije od zemalja o kojima su podaci pribavljeni uopće ne iznenađuje zbog gustoće naseljenosti u toj zemlji kao i zbog njenoga prostranstva. Manje zemlje s gušćom naseljenošću zbog toga su prisiljene locirati nuklearne elektrane u gušće naseljenim područjima nego u SAD. Za neke zemlje, npr. Japan, izbor lokacija smanjen je na svega 20% ukupnog terena jer su u preostalom dijelu teritorija strme i visoke planine. Na tih 20% teritorija (oko 74 000 km²) živi gotovo svih 110 milijuna Japanaca. Tako stvarna gustoća naseljenosti na tih 20% efektivne površine iznosi oko 1 500 st/km², a ne oko 300 st/km² ako uzmemo cijelu površinu Japana. Naravno da se lokacije za nuklearnu elektranu traže na tih 20% površine Japana, i to zbog hlađenja još uz obalu mora.

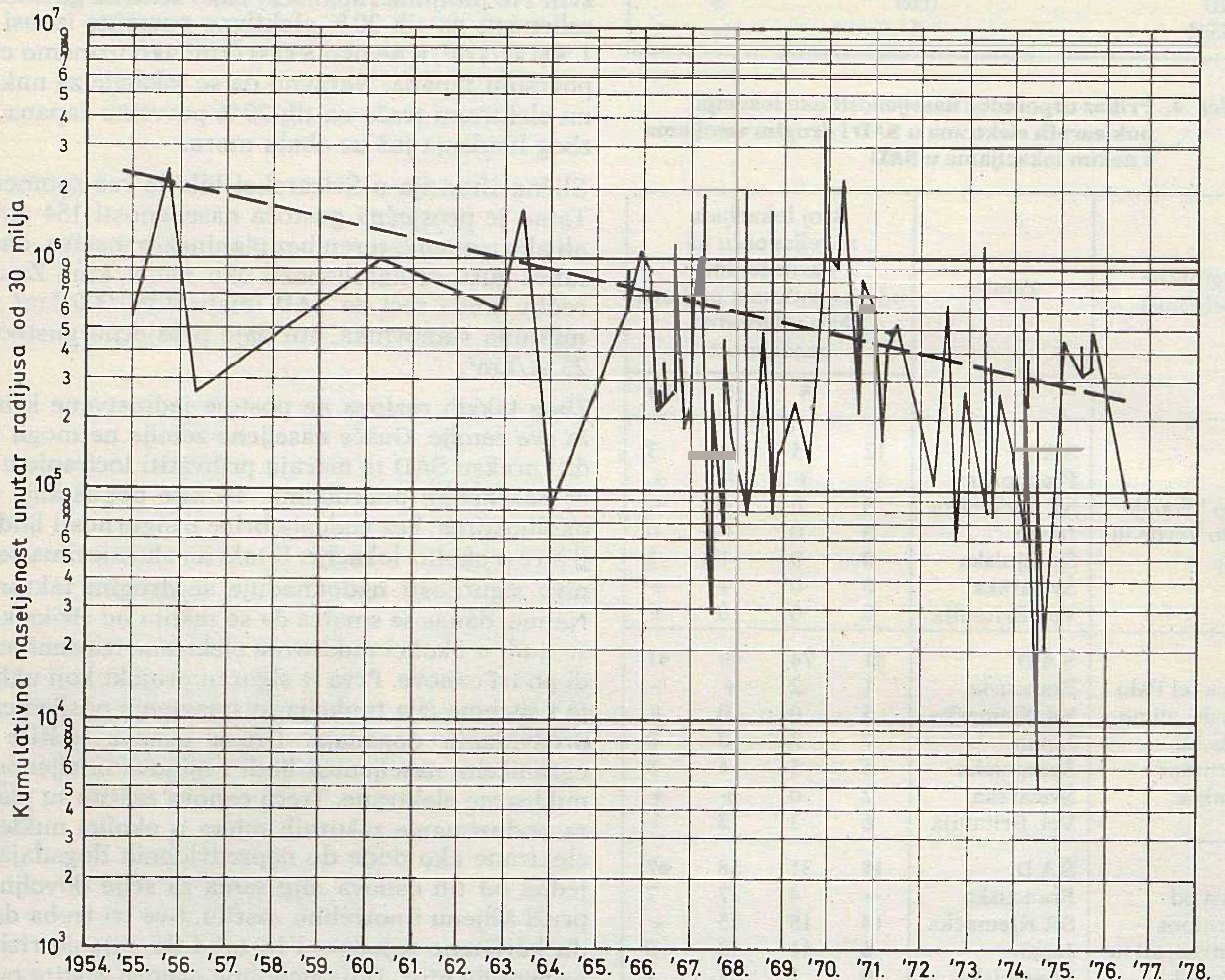
Slična situacija u Švicarskoj bila je već spomenuta. Tamo je prosječna gustoća naseljenosti 154 st/km², ali ako uzmemo teren bez planinskih masiva, onda je takva gustoća naseljenosti oko 390 st/km². Za usporedbu treba reći da SAD imaju 9 360 000 km² i 216 milijuna stanovnika, što daje prosječnu gustoću od 23 st/km².

Zbog takvih razloga ne postoje jedinstvene kriteriji za sve zemlje. Gušće naseljene zemlje ne mogu slijediti praksu SAD te moraju prihvatiti lociranje u gušće naseljenim područjima. To nije popuštanje pred okolnostima, bez vođenja brige o sigurnosti ljudi koji žive u okolici lokacije. U takvim slučajevima željeni nivo sigurnosti nadoknađuje se drugim faktorima. Naime, danas se smatra da se zaštita od rizika kojim su ljudi u okolici nuklearne elektrane izloženi provodi po tri osnove. Prva je siguran projekt koji uključuje i sisteme čija funkcija je smanjenje posljedica nepredviđenih događaja. Druga osnova zaštite jest ograničena naseljenost ljudi i njihova udaljenost od nuklearne elektrane. Treća osnova zaštite su planovi za poduzimanje zaštitnih mjera u okolici nuklearne elektrane ako dođe do nepredviđenih događaja. Nijedna od tih osnova nije sama za sebe dovoljna da pruži željenu i potrebnu zaštitu. Sve tri treba da budu korištene zajedno, i to tako da smanje rizik na prihvatljiv nivo. Udio pojedine osnove zaštite ovisi o zemlji, o elektrani i o lokaciji. To konkretno znači: ako imamo više ljudi u blizini nuklearne elektrane, onda postoji i veći rizik. Zbog toga moramo projektom rješenjima ili planovima za slučaj nepredviđenih događaja smanjiti taj rizik. Upravo takva razmatranja određuju trend kriterija i prakse demografskih aspekata lociranja nuklearnih elektrana u većini zemalja. Taj trend teži ublažavanju kriterija za izbor lokacija po demografskim karakteristikama.

Naime, sve više se dolazi do spoznaje da će se nuklearna energija uskoro vrlo intenzivno koristiti, između ostalog i za grijanje stanova. Time se javlja potreba da nuklearne elektrane upravo trebaju da budu locirane u gusto naseljenim područjima. Davanjem prevelike težine na malu naseljenost i udaljenost kao jednu od osnova zaštite mogao bi se nepotrebno usporiti još jedan vrlo efektan i nužan način korištenja nuklearne energije. Mogao bi se usporiti nepo-

trebno zato što se potpuno isti nivo izloženosti riziku može postići poboljšanjima u projektu. Takvo razmišljanje o kriterijima i utjecaj planova za korištenje nuklearne energije u toplinarstvu na trend demografskih kriterija dominira u posljednje vrijeme u evropskim zemljama. O tome je postignuta suglasnost na velikoj konferenciji MAAE u Stockholmu 1980. godine (Lit. 19, 20), a iste aspekte zastupala je i Misija MAAE u Jugoslaviji u proljeće 1983. godine (Lit. 21).

Razmišljanja u SAD o demografskim aspektima lociranja nešto su drukčija. Praksa lociranja pokazuje izrazitu tendenciju lokacijama s manjom naseljenošću (Lit. 12). Na slici 3. prikazano je izrazito smanjenje prosječne kumulativne naseljenosti do 30 milja oko lokacija u SAD, tako da je u 1955. godini iznosila oko 2,2 milijuna ljudi, a 1975. godine oko 300 000 ljudi. U ožujku 1979. godine došlo je do poznatog događaja na nuklearnoj elektrani Otok tri milje, koji je unio dosta promjena u ponašanje i propise u području nu-



Slika 3. Prikaz kumulativnog broja stanovnika unutar radijusa od 30 milja u ovisnosti o godini u kojoj je pokrenuto ishodišnje građevne dozvole za nuklearne elektrane u SAD

klearne sigurnosti. Nove ideje su bile naročito brojne i naročito revolucionarne neposredno nakon tog događaja. Mnogi od prijedloga za poboljšanje sigurnosti i smanjenje rizika koji su tada bili preporučeni u SAD doživjeli su kasnije u SAD, a naročito izvan SAD oštre kritike. Mnogi od njih ostali su zauvijek samo prijedlozi. Jedan od takvih prijedloga koji nas ovdje interesira jest prijedlog promjena u politici lociranja nuklearnih elektrana (Lit. 22). U njemu je predložena promjena dosadašnjih kriterija koji su se u SAD u praksi koristili (500 st/milja²) s novim strožim kriterijima. Predloženo je i napuštanje koncepcije minimalne dozvoljene udaljenosti centra naseljenosti u korist ograničenja gustoće naseljenosti i u korist ograničenja naseljenosti u jednom sektoru.

Promjena je bila predložena i u pogledu maksimalne udaljenosti do koje se ograničava naseljenost. Tu je jedino došlo do ublažavanja postojećih kriterija koji su zahtijevali ograničenje naseljenosti do 30 milja. Preporučeno je smanjenje te udaljenosti na 20 milja jer se spoznalo da je rizik na većim udaljenostima bio znatno precijenjen.

Pokazalo se da je ovaj dokument bio jedan od najprovokativnijih dokumenata u području lociranja. Javile su se mnoge kritike ne toliko na predložene kriterije koliko na pristup njihovom definiranju. Jaki argumenti protiv bile su činjenice da se previše polaže na smanjenje rizika tako pasivnom mjerom kao što je udaljenost, dok se zanemaruju druge dvije osnove zaštite (Lit. 20). Također se smatralo da bi prih-

vaćanje ovakvih kriterija moglo negativno utjecati na razvoj i napredak sigurnosnih tehničkih mjera u samoj elektrani (Lit. 20). Uglavnom, kao rezultat takvih reakcija u SAD i izvan taj prijedlog promjene demografskih kriterija nije prihvaćen. Štoviše, potakao je razmatranja o sadašnjim demografskim kriterijima u većini zemalja koja su rezultirala u spoznajama da se nikako ne može zaštita promatrati kroz isključivo jednu od njene tri osnove. Dosadašnjim iskustvom na projektiranju, izvedbi i radu nuklearnih elektrana prikupilo se puno novih spoznaja, te tehnička rješenja postaju sve bolja i efikasnija u pogledu smanjenja rizika. Također je akumulirano veliko iskustvo o provođenju druge osnove zaštite, tj. na provođenju planova i mjera kod nepredviđenih događaja na nuklearnim elektranama, ali također i na drugim velikim industrijskim objektima. To iskustvo omogućava stvaranje boljih planova i njihovo bolje provođenje, što sve skupa znači da i po ovoj osnovi zaštite dolazi do smanjenja rizika.

Budući da je iz iznesenog jasno da se poboljšavaju dvije osnove zaštite, došlo se, u gotovo svim zemljama, do spoznaje da opada važnost i težina preostale treće osnove zaštite. To znači da se bez izlaganja većem riziku može nuklearna elektrana locirati u gušće naseljenom području. To znači da se može očekivati ublaženje demografskih kriterija u onim zemljama u kojima su fiksno zadani, dok u zemljama koje ih fiksno nisu zadale može se očekivati promjena u praksi, tj. lociranje u gušće naseljenim područjima.

Važno je na kraju ovog razmatranja napomenuti da do spoznaje o mogućnosti ublažavanja demografskih kriterija nije došlo nakon nekog događaja. Došlo je kao posljedica kontinuiranih procesa poboljšanja tehničkih rješenja i poboljšanja efikasnosti mjera u slučaju nepredviđenih događaja. Nema nikakvog razloga da očekujemo da će se taj kontinuirani proces zaustaviti. To znači da će se i dalje otvarati mogućnosti da se sadašnji trend promjene demografskih kriterija održi, tj. da se bez povećanja rizika dozvoljava lociranje nuklearnih elektrana u naseljenijim područjima nego što se dozvoljavalo do sada.

4. DOSAD KORIŠTENI DEMOGRAFSKI KRITERIJI U JUGOSLAVIJI

Iako je u našoj zemlji izgrađena samo jedna nuklearna elektrana, aktivnosti, pogotovo posljednjih godina, na izboru lokacija za nuklearne elektrane su znatne. Za ovu priliku ukratko će biti prikazani demografski kriteriji korišteni u tim aktivnostima. Važno je imati na umu da nijedan od kriterija koji će biti navedeni nije propisan. Definirani su od izvođača radova na izboru lokacija, i to s isključivom pretenzijom da omoguće provedbu povjerenog im posla. Najveće aktivnosti na izboru lokacija nuklearnih elektrana bile su, ili su još u toku, u SR Hrvatskoj. Dio tih aktivnosti proveden je sedamdesetih godina, i to na bazi tada postojećih saznanja i kriterija. Te aktivnosti koje su rezultirale definiranjem lokacije Prevlaka kao najpodobnije iz dvije makroregije sada

su u završnoj fazi u kojoj izabrana lokacija treba proći zakonima propisanu proceduru odobrenja. Izbor lokacije Prevlaka po demografskim aspektima bio je proveden usporedbom raspodjele i broja stanovnika s drugim potencijalnim lokacijama (Lit. 23). U toj usporedbi uzeti su u obzir i meteorološki podaci (ruža vjetrova), a obuhvaćala je naseljenost do 20 km od lokacije (Lit. 24).

Drugi dio aktivnosti rezultirao je 1980. god. studijom (Lit. 25) kojom je obuhvaćen cijeli teritorij SR Hrvatske i kojom je utvrđena rang-lista 27 potencijalnih lokacija. U toj studiji korišteni su tzv. eliminacijski kriteriji kojima se u najranijoj fazi izbora potencijalnih lokacija eliminiraju dijelovi teritorija koji se u jednom najgrubljem pristupu smatraju nepodobnima za lociranje nuklearne elektrane. U pogledu demografskih karakteristika ti kriteriji su bili sljedeći:

- I Ekskluzivna zona treba imati radijus od 650 m.
- II Niskonaseljena zona radijusa 5 km treba imati faktor naseljenosti (SPF) manji od jedan, uz referentnu gustoću naseljenosti od 100 st/km².
- III Gustoća naseljenosti unutar bilo kojeg radijusa do 30 km od reaktora ne smije biti iznad 200 st/km² (na dan početka rada elektrane), odnosno ne smije biti veća od 400 st/km² u bilo koje vrijeme u toku rada elektrane.
- IV Udaljenost središta grada s više od 20 000 stanovnika treba biti

$$D_1 > 5 + k \sqrt{\frac{N}{\pi}} \quad (\text{km}),$$

a udaljenost periferije grada sa više od 20 000 stanovnika mora biti

$$D_2 > 5 + 0,3 \cdot k \sqrt{\frac{N}{\pi}} \quad (\text{km}),$$

gdje je N broj stanovnika grada u tisućama, a k korekcijski faktor ovisan o stopi rasta broja stanovnika i grafički je zadan u studiji (Lit. 25).

Obadvije relacije vrijede za $20 < N < 1 000$, a primjenjuje se rigoroznija. Ako je gustoća naseljenosti u promatranim gradovima znatno manja od 2 000 st/km², treba D_1 i D_2 povećati za 10 %, a ako je znatno viša, treba D_1 i D_2 adekvatno smanjiti. U graničnim slučajevima kod primjene ovog kriterija potrebne su dodatne analize.

Navedeni kriteriji korišteni su i u kasnijim aktivnostima kada je izabirana najpodobnija mikrolokacija za NE Slavonija (Lit. 26) i kada je provedena detaljna analiza obalnog dijela SR Hrvatske (Lit. 27). U ovim novim akcijama kriteriji su doradivani tako da su u nešto modificiranom obliku (Lit. 28) bili prezentirani Misiji MAAE (Lit. 21). Modifikacije prema već navedenim demografskim kriterijima jesu sljedeće:

- U III kriteriju gustoća naseljenosti se promatra do udaljenosti 20 km.
- U IV kriteriju izraz za udaljenost centra naseljenog mjesta sada ima oblik:

$$D_1 \geq D_{01} + K_1 \sqrt{\frac{N}{\rho_0 \pi}} \quad (\text{km})$$

a izraz za udaljenost periferije naseljenog mjesta sada ima oblik

$$D_2 \geq D_{02} + K_1 K_2 \sqrt{\frac{N}{\rho_0 \pi}} \quad (\text{km}),$$

gdje je:

N = broj stanovnika

D_{01} , D_{02} , K_1 , K_2 i ρ_0 – konstante čija vrijednost ovisi o veličini naselja.

Za $N < 20\,000$: $D_{01} = D_{02} = 0$; $K_1 = 0,94$;
 $K_2 = 0,3$ $\rho_0 = 100$

Za $N > 20\,000$: $D_{01} = 5$; $D_{02} = 1$; $K \approx 1$ (ovisi o godišnjem prirastu stanovništva i obično iznosi između 0,95 i 1,2)

$K_2 = 0,5$; $\rho_0 = 1\,000$.

Ostali kriteriji su ostali nepromijenjeni. Članovi Misije su ocijenili povoljno prezentirane kriterije s aspekta zahtjeva nuklearne sigurnosti. Zanimljivo je napomenuti da su ovo jedni od rijetkih demografskih kriterija koji su definirani vrijednošću SPF.

U prvoj polovici 1984. godine, u okviru aktivnosti na uvrštenju lokacije Prevlaka u Prostorni plan SR Hrvatske, bila su definirana dva prijedloga demografskih kriterija. Prvi prijedlog osnovnih prostorno planerskih kriterija za razmještaj nuklearnih elektrana u Prostorni plan SR Hrvatske sadržavao je i demografske kriterije (Lit. 29). Ti su kriteriji bili sljedeći:

1. Nuklearne elektrane mogu se locirati na udaljenosti od centra grada, koja iznosi najmanje

$$D_c \geq 5 + k \sqrt{\frac{N}{\pi}} \quad (\text{u km}),$$

ili na udaljenosti od ruba grada koja iznosi najmanje

$$D_R \geq 5 + 0,3 k \sqrt{\frac{N}{\pi}} \quad (\text{u km}),$$

gdje je N broj stanovnika u tisućama, a k je zadan grafički (Lit. 25).

2. Gustoća naseljenosti u okolici lokacije do udaljenosti od 20 km ne smije na početku rada nuklearne elektrane premašivati 200 st/km², a za vrijeme rada 400 st/km².

Drugi prijedlog kriterija za izradu prostorno planerskih podloga za uvrštenje nuklearnih elektrana u Prostorni plan SR Hrvatske (Lit. 30) sadržavao je ove demografske kriterije:

1. U radijusu do 10 km kumulativna gustoća naseljenosti ne bi smjela na početku pogonskog razdoblja prijeći 50 % od prosječne gustoće stanovništva regije u kojoj je reaktor lociran, odnosno 40 st/km², već prema tome što je veće. U tom području broj stanovnika se u toku 30 godišnjeg perioda ne bi smio povećavati više od dva puta. U nijednom sektoru od 22,5° ne bi smjelo biti više od 50 % dozvoljenog broja ljudi. Tranzijentna populacija treba biti uključena prema vremenu koje provodi u danom području.
2. U području od 10–15 km kumulativna gustoća naseljenosti ne bi smjela u prvoj godini pogona re-

aktora prijeći 75 % od prosječne gustoće stanovništva regije, odnosno više od 60 st/km², već prema tome što je veće, pri čemu je također dopušteno maksimalno 50 % dozvoljenog broja bude u bilo kojem sektoru od 22,5. Broj stanovnika se u toku 30-godišnjeg razdoblja ne bi smio povećavati više od dva puta.

3. U području 15–30 km kumulativna gustoća naseljenosti ne bi smjela biti maksimalno dvostruka od prosječne gustoće regije, odnosno maksimalno 160 st/km², već prema tome što je veće, pri čemu maksimalno 50 % od dozvoljenog broja ljudi smije biti u bilo kojem sektoru. Broj stanovnika se u toku 30-godišnjeg razdoblja ne bi smio povećavati više od dva puta.
4. Za lokacije kod kojih bi se procijenjeni (planirani) broj stanovnika povećavao više od dva puta ili premašio gustoću od 400 st/km² u toku 30-godišnjeg razdoblja, potrebno je analizirati koje bi posljedice na planirani prostorni razvoj imalo zadržavanje broja stanovnika unutar dozvoljenih granica.

U analizi teritorija SR Srbije, provedenoj 1978. god. (Lit. 31) radi utvrđivanja lokacija nuklearnih elektrana, korišteni su ovi demografski kriteriji:

- I Ekskluzivna zona treba imati radijus od 500 m i u njoj ne smije biti stalno naseljenih.
- II Zona ograničene naseljenosti treba imati polumjer 1,5 km i u njoj ne treba biti više od oko 500 stanovnika. (Ova i ekskluzivna zona čine kontrolirano područje oko nuklearne elektrane)
- III Zona niske naseljenosti definira se do razdaljine od 15 km. (Uspoređuje se broj stanovnika u okviru ove zone.)
- IV Udaljenost do najbližeg većeg naseljenog mjesta (preko 2 000 stanovnika) treba biti barem 20 km. (Kao dodatni kriterij koristi se i broj stanovnika u zoni polumjera 20 km.)

U SR Makedoniji provedena je 1981. godine analiza cijelog teritorija te republike radi pronalazjenja lokacija za nuklearne elektrane (Lit. 32). Tom prilikom primijenjeni su ovi demografski kriteriji:

- I Svaka mikrolokacija koja se smatra podobnom mora imati ekskluzivnu zonu oko reaktora radijusa 650 m.
- II Svaka mikrolokacija koja se smatra podobnom mora imati zonu niske naseljenosti oko reaktora radijusa 4,8 km.
- III Najmanja udaljenost reaktora od naseljenog mjesta koje će 1985. imati više od 20 000 stanovnika može iznositi:

$$R_{\min} = 4,8 + 0,567 \sqrt{\frac{N}{1000 \pi}} \quad (\text{km})$$

N je broj stanovnika u 1995. godini, a izraz vrijedi za $20\,000 < N < 1\,000\,000$.

- IV Smatra se nepodobnim prostor za mikrolokaciju na kojem kumulativna gustoća stanovništva premašuje 200 st/km² na početku eksploatacije (1995. god.), odnosno 400 st/km² na kraju eksploatacije (2025. god.).

Izbor lokacija nuklearnih elektrana u SR Sloveniji proveden je bez definiranja eliminirajućih demografskih kriterija. Konačna odluka o prihvatanju neke lokacije s demografskog aspekta treba se donijeti na osnovi ocjene doza radioaktivnog zračenja (Lit. 33). Kako je takvu odluku moguće donijeti samo na osnovi velikog broja podataka o lokaciji, to se u prethodnim postupcima odluka o prioritetu jedne potencijalne lokacije prema drugoj donosi usporedbom demografskih karakteristika. Uspoređuju se gustoća i prostorni raspored naseljenosti te faktor naseljenosti (SPF) proračunati na 16 i 32 km uz referentnu gustoću naseljenosti u iznosu od 386 st/km² (Lit. 33). Predlaže se definiranje neke granične krivulje faktora naseljenosti (SPF) ispod koje bi trebala biti krivulja faktora naseljenosti svake podobne lokacije (Lit. 33).

5. ZAKLJUČAK

Novi savezni zakon o posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije (Lit. 34) nalaže da se do kraja 1985. godine donese i novi propis o uvjetima za lokaciju nuklearnih objekata. Sasvim izvjesno, taj propis će morati definirati i demografske uvjete za lokaciju nuklearnih elektrana. U raspravama u vezi s izradom i usvajanjem tog propisa bit će potrebno donijeti odluku da li se mijenjaju postavke sada važećeg propisa (P3) o uvjetima za lociranje nuklearnih objekata (Lit. 35) koji propisuju samo potrebne demografske istražne radove, ili će se u novom propisu promijeniti pristup toliko, da će se definirati eksplicitno demografski kriteriji.

Pregled prakse i kriterija lociranja nuklearnih elektrana, vezano za demografske karakteristike lokacija, kako u svijetu tako i u Jugoslaviji, ne nameće nedvojbeno potrebu regulatornog definiranja eksplicitnih demografskih kriterija. Naravno da u odlučivanju da li regulativom definirati demografske kriterije i u slučaju pozitivnog odgovora kakve, treba imati na umu ne samo praksu i trend drugih zemalja. Jednaku, ako ne i veću težinu treba dati našim specifičnostima.

Treba imati na umu:

1. Našu, u evropskim razmjerima srednju gustoću naseljenosti i još uvijek izražen porast broja stanovnika u gradovima na račun smanjenja broja stanovnika sela.
2. Siromaštvo naše zemlje u energetske resursima te značenje koje nuklearna energija u našoj budućnosti ima. To pogotovo pri određivanju težine i važnosti demografskih karakteristika lokacije u sigurnosti nuklearnih objekata. Posebno treba imati na umu razvijene sisteme centraliziranog toplinarstva u svim našim većim gradovima i mogućnost napajanja tih sistema iz nuklearnih elektrana i/ili toplana.
3. Plan da se u Jugoslaviji do 2000. godine započne izgradnja 4 jedinice, svaka snage 1 000 MWe (Lit. 36), što znači da će upravni postupak u idućih 15 godina biti proveden za najviše 4 lokacije.

Naše specifičnosti upućuju na nužnost korištenja nuklearne energije i lociranja nuklearnih objekata što bliže gusto naseljenim područjima u koje i dalje migrira stanovništvo sela. Planirani broj nuklearnih objekata koje ćemo graditi nije velik. Sve to upućuje na to da bismo problem demografskih uvjeta lokacija nuklearnih objekata mogli razriješiti i bez eksplicitno zadanih kvantificiranih kriterija. S istim, ako ne i višim nivoom nuklearne sigurnosti taj problem se može riješiti odvojenim pojedinačnim razmatranjem demografskih karakteristika unutar i zajedno s ostalim relevantnim karakteristikama lokacije. Teško je zamisliti takve kriterije koji bi mogli predstavljati veću kvalitetu vrednovanja od pojedinačnog detaljnog razmatranja svake lokacije. Brzina odlučivanja i jednostavnost postupka koje nedvojbeno kvantificirani kriteriji pružaju za opseg naših planiranih poslova sigurno nisu toliko važni da bi ih regulativom trebalo definirati. Pogotovo što takvi kriteriji svojom nužnom konzervativnošću mogu neopravdano umanjiti nužnu primjenu nuklearne energije i onemogućiti izgradnju nuklearne elektrane na lokaciji koja je energetska, a time i ekonomski atraktivna, a uz određena provjerena projektna rješenja i sigurna.

U dogradnji naše regulative treba utvrditi, s nešto više detalja nego sada, nužna demografska istraživanja i analize rezultata tih istraživanja kao uvjet i podlogu za izdavanje lokacijske dozvole. U tim dodatnim detaljima treba svakako specificirati udaljenost do koje se istraživanja i analize provode, utvrditi mrežu koncentričnih kružnica i radijalnih sektora i obavezno zadati jednu od metoda kvantificiranja demografskih karakteristika lokacije — najvjerojatnije populacijski faktor (SPF), sve radi jednostavne usporedbe lokacija. Zbog relativno skromnog broja lokacija koje će do 2000. godine trebati verificirati, kao i zbog potrebe da se taj posao obavi kroz kompleksno sagledavanje svih karakteristika lokacije, nije potrebno u sadašnjoj dogradnji regulative definirati demografske kriterije.

LITERATURA

1. International Atomic Energy Agency, Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No. 2, September 1982, Edition, Vienna, 1982.
2. L. NAMESTEK, Z. DLOUHY: »Siting Practices iz Czechoslovakia«, International Atomic Energy Agency, Seminar on Safety Aspects of Nuclear Power Plant Siting, Vienna, 1982.
3. Commissariat A L'Energie Atomique, Department De Surete Nucleaire, Siting Practices in France, Paris, Septembre 1979.

4. Comitata Nazionale Per l'Energia Nucleare, Nuclear Power Plant Site Requirements and Selection Methods, Doc. DISP (77) 2 Rome, July 1977.
5. G. J. K. ASMIS: »Role of Regulatory Body Related to Siting«, Atomic Energy Control Board, Ottawa, 1981.
6. J.W. BEARE, R. M. DUNCAN: »Siting-Means by which Nuclear Facilities are Integrated into a Canadian Community«, Proceedings of a Symposium — Siting of Nuclear Facilities, Vienna 9–13 December 1974, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1975.
7. Bundesministerium de Innern, Bewertungsdaten für die Eigenschaften von Kernkraftwerksstandorten aus der Sicht von Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, Umwelt No. 43, Bonn, 29. 9. 1975.
8. Entwicklung eines EDV — unterstützten Entscheidungsinstrumentes zur Standortvorauswahl von Kernenergieanlagen, Bottele Institut e.V., Bonnenberg + Drescher, Ingenieurgesellschaft mbH und Co. KG, Frankfurt, Aldenhoven, 1978.
9. R. SERRO: »Nuclear Power Plant Siting Exclusion Criteria: Results of a Site Screening Sensitivity Study for Portugal«, Seminar on Safety Aspects of Nuclear Power Plant Siting, IAEA – SR – 74/3, Vienna, 1982.
10. United States Atomic Energy Commission, Rules and Regulations, Code of Federal Regulation, Title 10 — Atomic Energy Part 100: Reactor Site Criteria
11. United States Nuclear Regulatory Commission, General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations, Regulatory Guide 4.7, Revision 1, November 1975, Washington
12. US Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Reactor Regulation, Demographic Statistics Pertaining to Nuclear Power Reactor Sites, NUREG – 0348, Washington, 1977.
13. J.L. MARTIN MATARRANZA: »Análisis demográfica de emplazamientos de centrales nucleares españolas mediante el índice denominado factor de población«, Junta de Energia Nucleare, Departamento Seguridad Nucleare, DSN/049/79, Madrid, 1979.
14. S. BABOCSAY: »Bevölkerungsdaten und Bewertungskriterien (schweizerische, amerikanische und deutsche KKW-Standorte)«, Bundesamt für Energiewirtschaft, Abteilung für Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 1981.
15. S. PRETRE: »Letter Zeichen CS/sa, February 26, 1981«, Bundesamt für Energiewirtschaft, Abteilung für Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 1981.
16. S. BABOCSAY: »Bevölkerungsverteilung in der 1 km-Zone der schweizerischen Kernkraftwerkstandorte«, Bundesamt für Energiewirtschaft, Abteilung für Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 1981.
17. S. BABOCSAY: »Site Population Factor (SPF) als Standortbewertungskriterium für einige ausgewählte, typische Kernkraftwerkstandorte in der Schweiz, der Bundesrepublik Deutschland und in den USA«, Bundesamt für Energiewirtschaft, Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 1978.
18. International Atomic Energy Agency, Site Selection and Evaluation for Nuclear Power Plants with Respect to Population Distribution, A Safety Guide NUSS No. 50 – SG – S4, Vienna, 1980.
19. Y TOGA: »Siting of Nuclear Power Plants in Densely Populated Countries«, International Conference on Current Nuclear Power Plant Safety Issues, No. IAEA – CN – 39/5.2, Stockholm, 1980.
20. Conference reports: Current Nuclear Power Plant Safety Issues, IAEA Bulletin, Vo. 23, No. 1, Vienna, 1981.
21. International Atomic Energy Agency, Prevlaka Power Plant, Yugoslavia, Engineering Aspects: A Consultancy Report, YUG/4/021, IAEA – TA – 2113 Vienna, 1983.
22. US Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Reactor Regulation, Report of the Siting Policy Task Force, NUREG – 0625, Washington, 1979.
23. Izveštaj komisije za izbor lokacije nuklearne elektrane na području Zagreb – Sisak, Elektroprivreda Zagreb, 1971.
24. Popis nosilaca grupa naselja i naselja u grupama za lokaciju nuklearnih elektrana Sisak, Čret, Prevlaka i Blinjski kut, Elektroprivreda Zagreb, 1970.
25. N. MALBAŠA: »Lociranje nuklearnih elektrana u SR Hrvatskoj«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1980.
26. N. MALBAŠA, J. ČURKOVIĆ i Z. TONKOVIĆ: »Izbor mikrolokacije za Nuklearnu elektranu Slavonija«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.
27. N. MALBAŠA i drugi: »Izbor preliminarnih mikrolokacija za lociranje nuklearnih elektrana na području Dalmacije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.
28. Report on Investigation for NPP Slavonija Site Selection, Elektroslavonija – Osijek, Institut za elektroprivredu Zagreb, Zagreb – Osijek, 1983.
29. Prijedlog osnovnih prostorno planerskih kriterija za razmještaj nuklearnih elektrana u Prostorni plan SR Hrvatske, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Radna grupa za pripremu izgradnje NE Prevlaka. Dopis broj 1706 – 84/DS/NG, Zagreb, 1984.
30. Nuklearne elektrane u prostornom planu SR Hrvatske — Kriteriji za izradu prostorno planerskih podloga za uvrštenje nuklearnih elektrana u prostorni plan SR Hrvatske, Urbanistički institut SR Hrvatske, Zagreb, 1984.
31. Lokacije nuklearnih elektrana u SR Srbiji, Energoprojekt Beograd, Institut B. Kidrič Vinča, Beograd, 1978.
32. L. ARSOV i drugi: »Izbor na lokacija za izgradba na nuklearna elektrana v SR Makedonija — Regionalna prostorna analiza«, Elektrostopanstvo, Skopje, 1981.
33. L. FABIJAN: »Demografski značilnosti JE Krško«, Zbornik del posavetovanja Jedrske elektrane in zaštita pred sevanjem, Čateške Toplice 1980, Institut J. Stefan, Ljubljana, 1980.
34. Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja i o posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije, Službeni list SFRJ, broj 62/1984, Beograd 1984.

35. Pravilnik o uvjetima za lokaciju, izgradnju, pokusni rad, puštanje u rad i upotrebu nuklearnih objekata i postrojenja, Službeni list SFRJ, broj 25/1979, Beograd, 1979.
36. Sporazum o sprovođenju međunarodnog raspisa za prikupljanje ponuda za izbor jedinstvenog nuklearnog gorivnog ciklusa i tipa nuklearnih elektrana čija će izgradnja početi do 2000. godine, Službeni list SFRJ, broj 48/1985, Beograd, 1985.

DEMOGRAFIC CRITERIA FOR NPP LOCATION

In the article are analysed and presented demografic criteria for NPP location that are used in some countries with developed nuclear programmes. Some reasons for criteria changes are analysed, and general trend of demografic criteria is concluded. Specific characteristics relevant for defining unique demografic criteria by us are analysed. An suggestion for changes in Our regulatory requirements for NPP location is added at the end of article.

DEMOGRAPHISCHE KRITERIEN FÜR DAS LOZIEREN DER KERNKRAFTWERKE

Hier werden Übersichten und Analysen der demographischen Kriterien für das Lozieren der Kernkraftwerke gegeben, die in manchen Ländern mit einer entwickelten Kernkraftenergetik gebraucht werden. Es wurden die Ursachen der Kriterienveränderung analysiert und dabei ist man zu dem allgemeinen Trend der demographischen Kriterien gekommen. Man führte eine Analyse unserer Spezifitäten, die für das Definieren einheitlicher demographischer Kriterien relevant sind, durch. Am Ende wurde ein Vorschlag für die Änderung unserer Regulative im Teil der die demographischen Bedingungen für das Lozieren der Kernkraftwerke bestimmt, gegeben.

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Приводятся обзор и анализ демографических критериев размещения ядерных электростанций, используемые в некоторых странах с развитой ядерной энергетикой. Анализируются причины изменения таких критериев, из чего сделано заключение об общем изменении направления критериев. Проведен анализ югославских специфичностей, важных для определения единых демографических критериев. В конце сделано предложение изменения наших правил в части, определяющей демографические условия расположения ядерных электростанций.

Naslov pisca:

mr Damir Subašić, oec.
Nuklearna elektrana Prevlaka
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985 – 09 – 09

TPK

INDUSTRIJA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA,
PROCESNE OPREME I KOTLOVA s n. sol. o. OOUR-a,
ZAGREB



Telefon: (041) 216-666

* Telegram: TEPEKA — Zagreb

* Telex: 21-319 YU TPK ZG

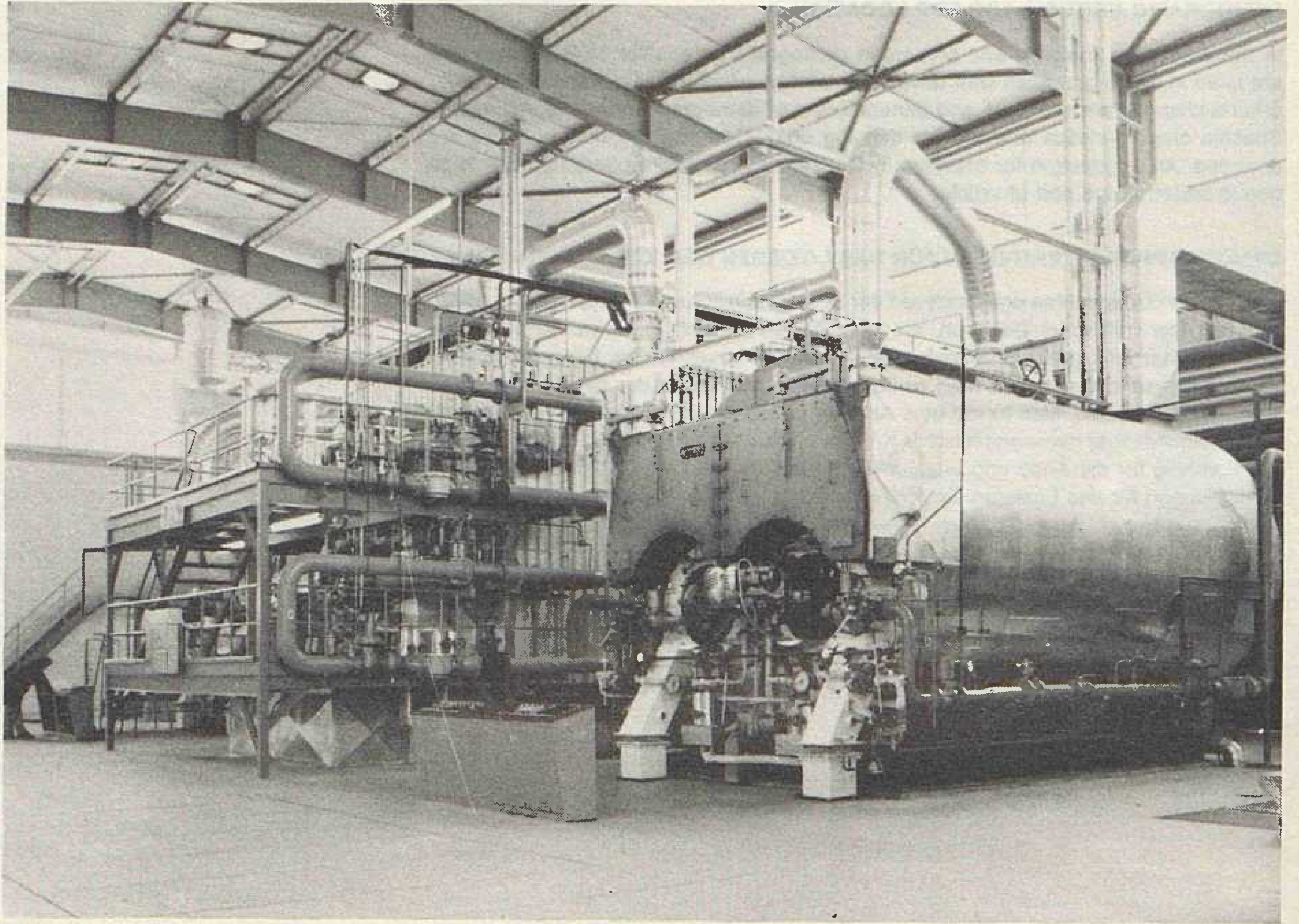
Projektira

Proizvodi

Konstruira

Montira

Izvodi



STACIONARNE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i u suradnji do najvećih učina, tlakova i temperatura pare ili vode: za centralna grijanja • za daljinska grijanja • za tehnološke procese • za pogon parostrojeva • za baznu energetiku

BRODSKE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i po licenci: glavne: • pomoćne: na naftu, na ispušne plinove, kompozitne itd.

ELEMENTE KOTLOVA

bubnjeve • cijevne sisteme • zagrijače vode • zagrijače zraka • pregrijače pare • čelične konstrukcije itd.

OPREMU KOTLOVNICA

uređaje za kemijsku pripremu vode • uređaje za toplinsku pripremu vode • cjevovode • hladnjake pare • spremnike goriva • razne posude pod tlakom • prečistače dimnih plinova • limene dimnjake • uređaje za transport goriva itd.

UREĐAJE ZA LOŽENJE

nepokretne roštilje • pokretne roštilje • mlinska ložišta • plinska ložišta • pneumatska ložišta • ložišta za drvenu piljevinu i otpatke • ložišta za ulja • ložišta za plin • drobilice i izbacivače šljake itd.

OPREMU ZA PROCESNU INDUSTRIJU

za petrokemijsku industriju • za farmaceutsku industriju • za prehrambenu industriju • za industriju građevinskog materijala • za metalurgiju itd.

BRODSKU OPREMU

spremnike • bojlere • hidrofore • rashladnike • zagrijače itd.

ARMATURE

ventile ravne, kose i kutne: zaporne, zapornoodbojne, odbojne, regulacione, sigurnosne • hvatala nečistoće • glave za napajanje • termodinamička odvajala kondenzata • kondenzne lonce • vodokaze • regulatore vodostaja • ispusne pipce • slavine • prirubnice za navarivanje itd.

ELEMENTE ENERGETSKIH UREĐAJA

posude pod tlakom • izmjenjivače topline • razne spremnike • podnice itd.

OPREMU ZA TEHNOLOŠKE PROCESSE

za zagrijavanje i toplinske obrade • za transport limova, profila i cijevi • pomoćnu za zavarivanje • za uvaljavanje cijevi itd.

PRIBORE

za pogonska ispitivanja vode • za utvrđivanje kvalitete radiograma • za toplinska mjerenja itd.

SERVISIRANJE ENERGETSKIH POSTROJENJA

REKONSTRUKCIJE ENERGETSKIH POSTROJENJA

LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

defektoskopska • kemijska • metalografska • mehanička itd.

ATESTACIJU ZAVARIVAČA

RAZVOJNA ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA

ELEKTROENERGETSKA BILANCA U PLANIRANJU RAZVOJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA (I dio: hidroelektrane, crpno-akumulacijska postrojenja i remont termoelektrana)

dr Goran Granić — Miljenko Bradarić, Zagreb

UDK 621.31.001:519

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu je opisan dio metode za proračun elektroenergetske bilance pri planiranju razvoja elektroenergetskog sistema koji se odnosi na hidroelektrane, crpno-akumulacijska postrojenja i remont termoelektrana.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, elektroenergetska bilanca, razvoj, planiranje.

1. UVOD

Metodu konstantne i varijabilne energije i snage malo koji elektroenergetičar u Jugoslaviji ne poznaje. Možda je još više poznata po imenu autora prof. Požara, pa se nerijetko naziva metodom prof. Požara. Razvoj metode prethodio je upotrebi elektroničkih računala kod nas, pa su u samoj metodi bila nužna pojednostavljena kako bi proračun bio moguć i izvediv. Uvođenjem elektroničkih računala u znanstvena istraživanja sredinom šezdesetih godina metoda je unapređena i prilagođena upotrebi elektroničkog računala. Od tada pa do danas metoda se nastojala obogatiti novim elementima kako bi aproksimacije prilika u elektroenergetskom sistemu bile što točnije, odnosno kako bi modelski opis sistema bio objektivniji. U svim tim poboljšanjima posebna pažnja posvećivana je tretmanu hidroelektrana zbog njihova velikog udjela u ukupnoj proizvodnji i velikoj ovisnosti sigurnosti opskrbe potrošača o neizvjesnosti hidrologije. Istraživanja koja su provedena u razdoblju posljednjih desetak godina, uz rješenja koja su pronađena radi poboljšanja metode, razotkrivala su nove mogućnosti dorade metode. Osim toga znatan poticaj poboljšanju dolazio je iz bitno većih mogućnosti računala, kao i nivoa znanstvenih istraživanja ostvarenih u svijetu. Iako je glavnina postavki u ovom radu potpuno nova u odnosu na dosadašnju metodu, ovaj rad je logičan nastavak dosadašnjih istraživanja.

Svaka elektroenergetska analiza ili model za planiranje razvoja elektroenergetskog sistema uključuje elektroenergetsku bilancu. Ona se ne može zaobići, pa čak i kod modela koji samo globalno sagledavaju prilike u elektroenergetskom sistemu. Elektroenergetska bilanca predstavlja simulaciju prilika u ne-

kom elektroenergetskom sistemu, gdje se kroz model opisan matematičkim jednadžbama aproksimiraju odnosi iz realnog elektroenergetskog sistema. Bez obzira na nivo obrade, uvijek se radi o aproksimaciji, odnosno pojednostavljenju odnosa koji vladaju u elektroenergetskom sistemu. Kvaliteta rješenja može se uspoređivati po visini pogreške koja se aproksimiranjem postiže. Što je nivo pogreške ujednačeniji bolji je model, a vrijedi i obratno. U ovom radu namjerno se pravi razlika između elektroenergetske bilance i bilance snage i energije. Elektroenergetska bilanca je širi pojam i odnosi se na simulacije prilika za veće vremensko razdoblje nego što je osnovna vremenska jedinica (tjedan ili mjesec). Ona u sebi uključuje bilancu snage i energije, troškove proizvodnje, remont i utjecaj hidrologije. Bilanca snage i energije predstavlja u stvari raspodjelu opterećenja u krivulji trajanja opterećenja na hidroelektrane i termoelektrane ukupno i pojedinačno.

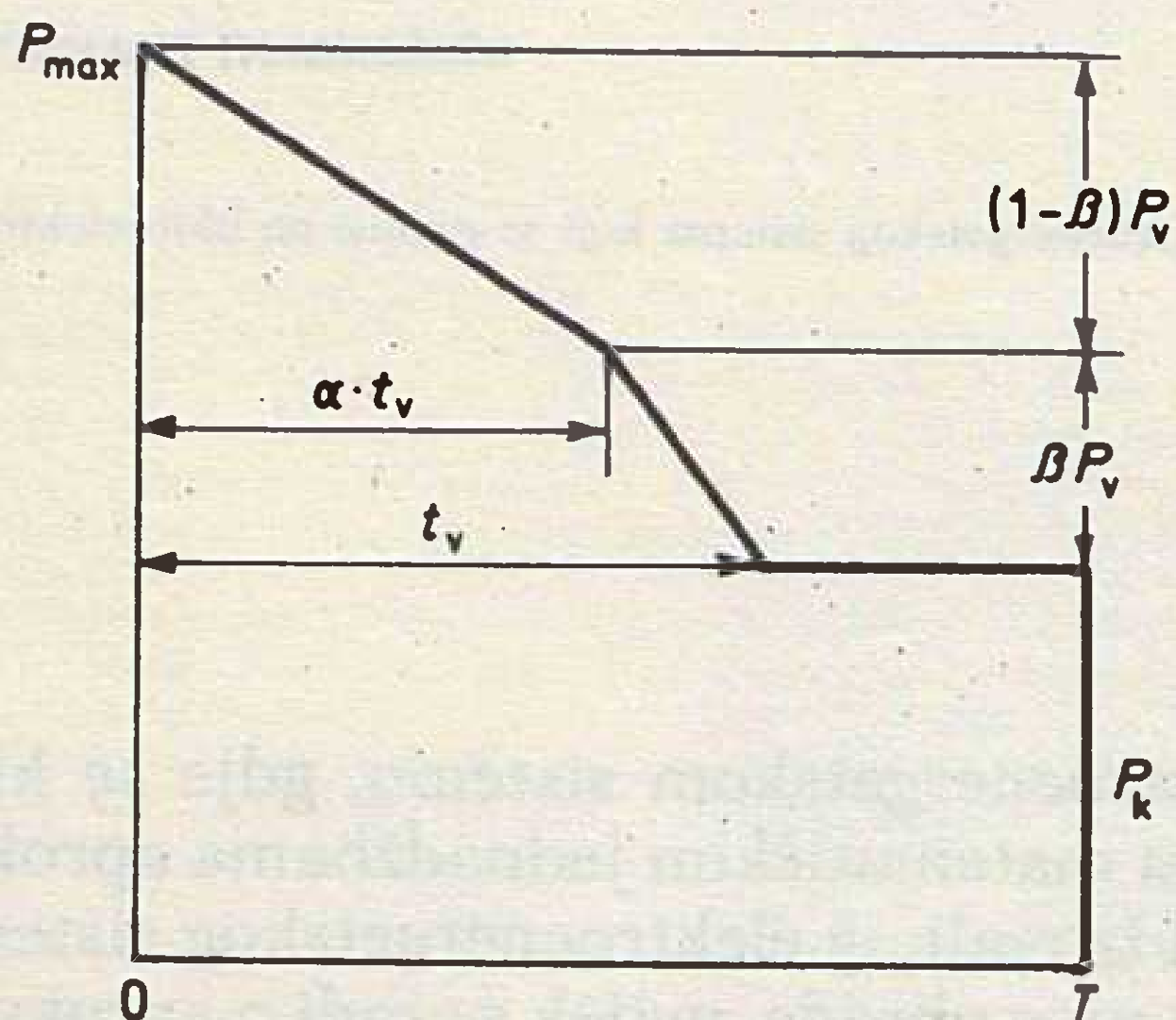
Cjelokupna metoda za izradu elektroenergetske bilance za planiranje razvoja elektroenergetskog sistema prezentirat će se u tri dijela. U ovom prvom dijelu obradit će se hidroelektrane, crpno-akumulacijsko postrojenje i remont termoelektrana. Drugi dio odnosit će se na termoenergetsko postrojenje (termoelektrane, nuklearne elektrane i termoelektrane-toplane), a treći dio na sigurnost zadovoljenja potrošnje.

2. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I KRIVULJA TRAJANJA OPTEREĆENJA

U dosadašnjoj praksi sezonske oscilacije potrošnje uključivale su se u proračun preko mjesečne karakteristike potrošnje. Iako se u stručnoj literaturi pojavljuju pokušaji da se sezonske oscilacije obuhvate

kroz samo četiri različita sezonska razdoblja (zima, proljeće, ljeto i jesen), u ovom radu zadržana je dosadašnja praksa da se kao najmanja vremenska jedinica promatra mjesec. Karakteristike sezonskih oscilacija opravdavaju takvo rješenje i prelazak na četiri sezone bio bi korak nazad.

U osnovnoj vremenskoj jedinici karakteristike potrošnje električne energije opisane su krivuljom trajanja opterećenja. Oblik krivulje trajanja opterećenja ovisi o specifičnostima područja i razlikuje se od elektroenergetskog sistema do elektroenergetskog sistema. Jednako tako razlikuju se načini aproksimacije krivulje trajanja opterećenja. Kod nas se je krivulja trajanja opterećenja aproksimirala s tri pravca (sl. 1).



Slika 1. Krivulja trajanja opterećenja aproksimirana s tri pravca

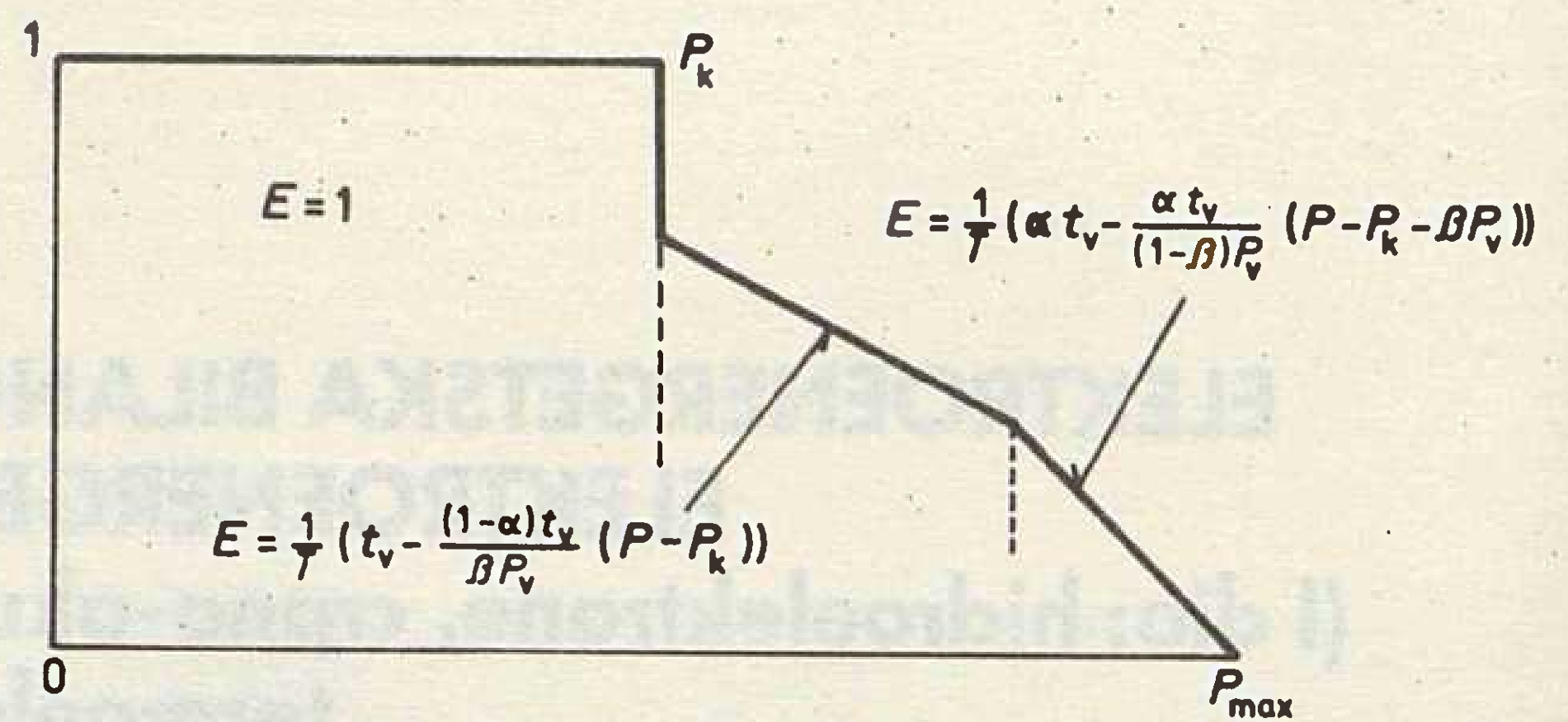
I nadalje je u ovom radu zadržan osnovni oblik krivulje trajanja opterećenja, ali s novostima u tretmanu. Novosti se sastoje u tome što se:

- oblik krivulje trajanja opterećenja može razlikovati (i razlikuje se) od mjeseca do mjeseca
- krivulja trajanja opterećenja ne opisuje se samo trima parametrima kao do sada (maksimalno opterećenje, ukupna potrošnja i konstantna energija), nego preko svih parametara koji opisuju krivulju trajanja opterećenja (sl. 1), što omogućava kontrolu zadovoljenja potrošnje u svakom trenutku.

Kroz razradu metode otvorena je mogućnost da se promijeni oblik krivulje trajanja opterećenja ako se za to ukaže potreba, a za sada je zadržan oblik koji se u cijeloj Jugoslaviji koristi.

Na slici 1. prikazana je krivulja trajanja opterećenja u uobičajenom koordinatnom sistemu u kojem je apscisa vrijeme, a ordinata opterećenje. Za analize se često, a tako i u ovom radu, koristi prikazivanje krivulje trajanja opterećenja u koordinatnom sistemu snaga (apscisa) — vrijeme (ordinata).

Ako se relativizira trajanje opterećenja, onda krivulja na slici 2. prikazuje vjerojatnost pojave pojedinog opterećenja. Budući da je krivulja trajanja opterećenja razlomljena funkcija, nije moguće jednim matematičkim izrazom obuhvatiti zakonitost promjene funkcije E (funkcije vjerojatnosti pojave opterećenja), već unutar graničnih vrijednosti opterećenja vrijedi zakonitost:



Slika 2. Krivulja trajanja opterećenja u zaokrenutom koordinatnom sistemu

— između 0 i P_k funkcija E glasi $E = 1$

— između P_k i $P_k + \beta P_v$ funkcija E glasi

$$E = \frac{1}{T} \left(t_v - \frac{(1-\alpha) \cdot t_v}{\beta \cdot P_v} (P - P_k) \right)$$

— između $P_k + \beta P_v$ i P_{max} funkcija E glasi

$$E = \frac{1}{T} \left(\alpha t_v - \frac{\alpha t_v}{(1-\beta) P_v} (P - P_k - \beta P_v) \right)$$

3. HIDROELEKTRANE I CRPNO-AKUMULACIJSKA POSTROJENJA

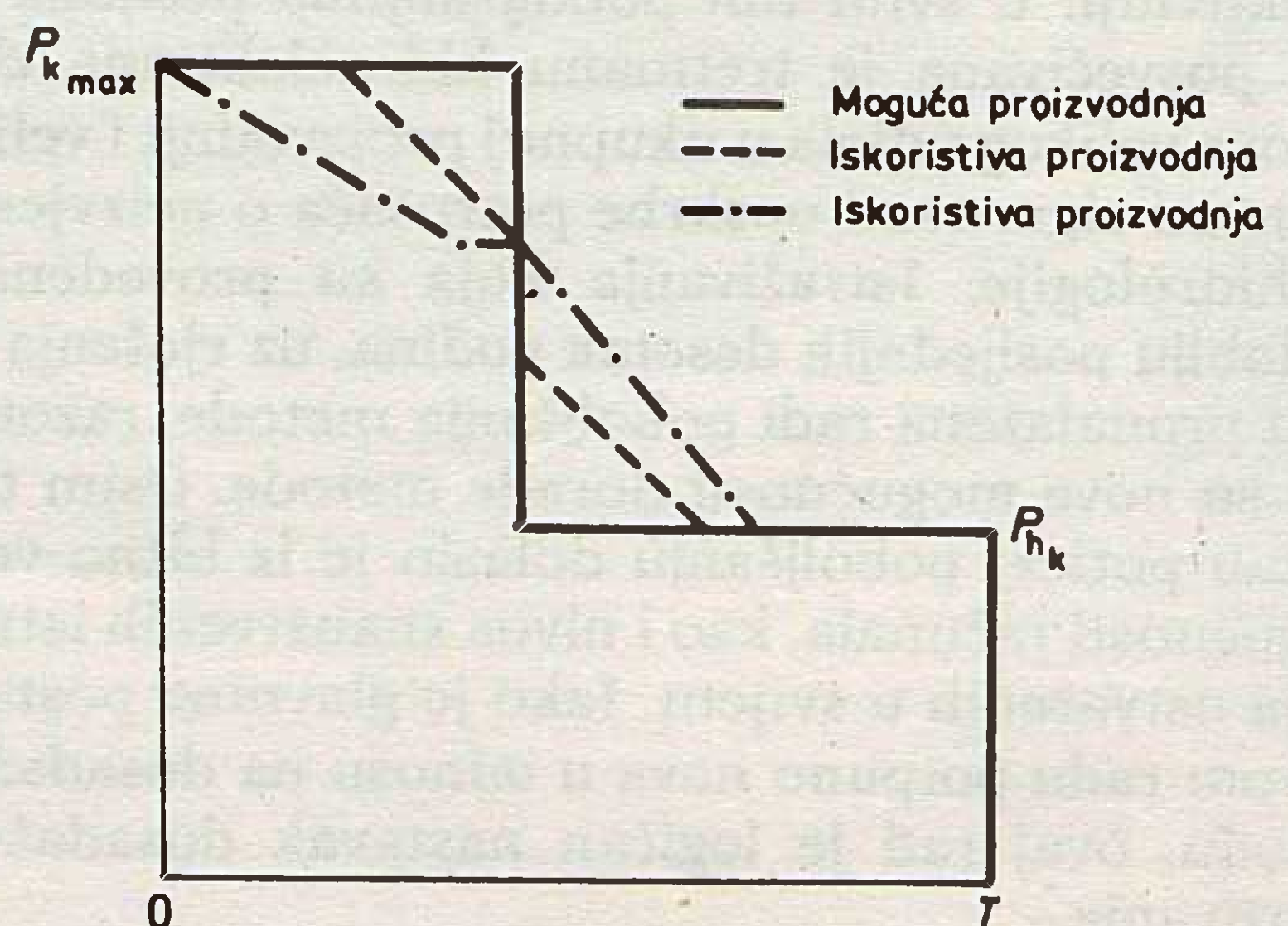
3.1. Hidroelektrane

U analizu zadovoljenja potrošnje električne energije starta se s mogućom proizvodnjom hidroelektrana (W_{hm}), a rezultat proračuna je iskoristiva proizvodnja hidroelektrana (W_{hi}). Između te dvije proizvodnje vrijedi nejednadžba:

$$W_{hm} \geq W_{hi}$$

a razlika proizvodnje, ako postoji, jesu preljevi.

Pa iako se te dvije proizvodnje u velikom broju slučajeva po apsolutnom iznosu neće razlikovati, može se sa sigurnošću pretpostaviti da će se po vremenskom rasporedu svaki put razlikovati.



Slika 3. Krivulja proizvodnje hidroelektrana

Na slici 3. punom linijom prikazana je krivulja trajanja moguće proizvodnje hidroelektrana, a isprekidanim linijama krivulje trajanja iskoristive proizvodnje hidroelektrana. Ista proizvodnja po apsolutnom iznosu može se ostvariti po vrlo različitom vremen-

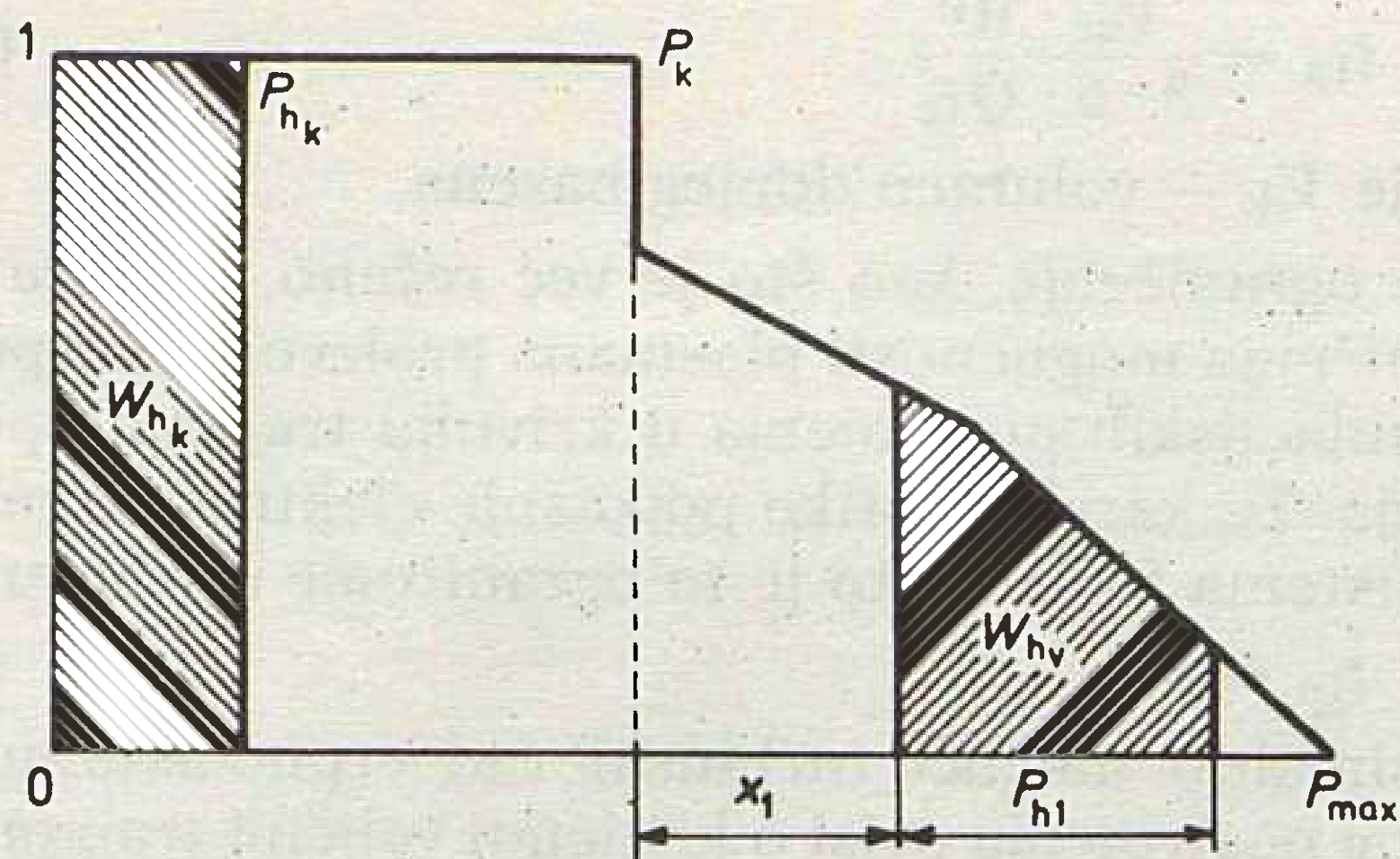
skom scenariju određenom oblikom krivulje trajanja opterećenja ovisno o položaju hidroelektrane u krivulji trajanja opterećenja. Krivulja trajanja iskoristive proizvodnje hidroelektrana određuje se na temelju bilance snage i energije hidroelektrana u krivulji trajanja opterećenja. Položaj hidroelektrane određuje se na način da se iskoristi, ako je to moguće, u potpunosti snaga i energija iz hidroelektrana.

Mjesto konstantnog dijela proizvodnje hidroelektrana jednoznačno je određeno u krivulji trajanja opterećenja jer je u tom dijelu krivulje trajanja opterećenja konstantno. U varijabilnom dijelu krivulje trajanja opterećenja potrebno je odrediti najpovoljniji položaj hidroelektrana u kojem će se najpovoljnije iskoristiti snaga i energija. Problem se može opisati izrazom:

$$W_{hv} = \int_{X_1}^{X_1 + P_{hi}} E(P) dp \quad (1)$$

gdje je:

- X_1 — opterećenje u varijabilnom dijelu kojim je određen položaj hidroelektrana
- P_{hi} — iskoristiva snaga hidroelektrana koja je u najpovoljnijem slučaju jednaka maksimalno mogućoj snazi u varijabilnom dijelu
- $E(P)$ — funkcija vjerojatnosti pojave opterećenja.



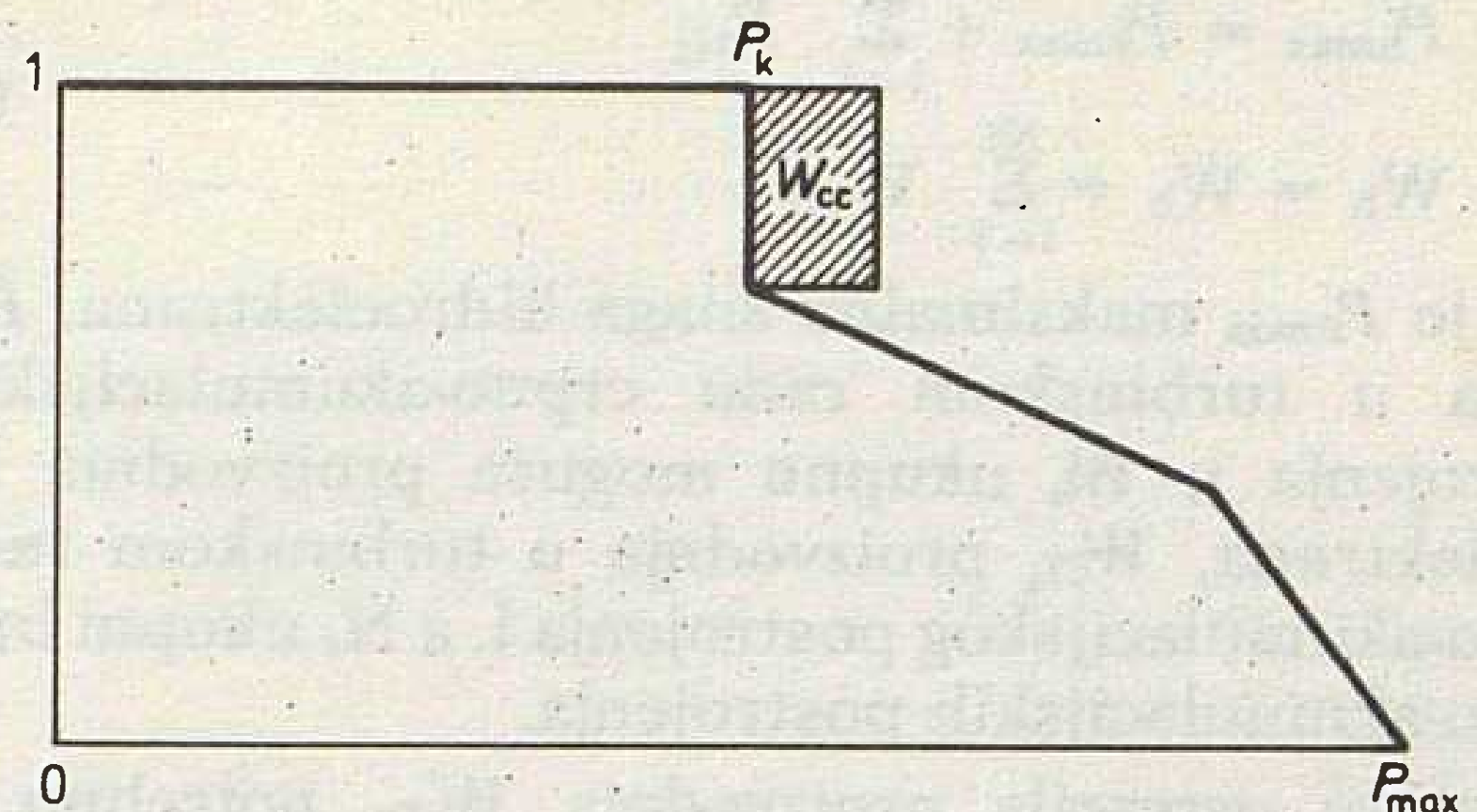
Slika 4. Položaj hidroelektrana u krivulji trajanja opterećenja

Kada bi krivulja trajanja bila opisana kontinuiranom funkcijom, problem bi se mogao jednoznačno riješiti. Međutim, kako je krivulja trajanja u varijabilnom dijelu opisana dvama pravcima (ili s više pravaca u slučaju angažiranja crpno-akumulacijskih postrojenja), rješenje se traži pretraživanjem položaja hidroelektrana od točke najkraćeg korištenja snage (P_{max}) prema većim vremenima korištenja.

3.2. Crpno-akumulacijska postrojenja

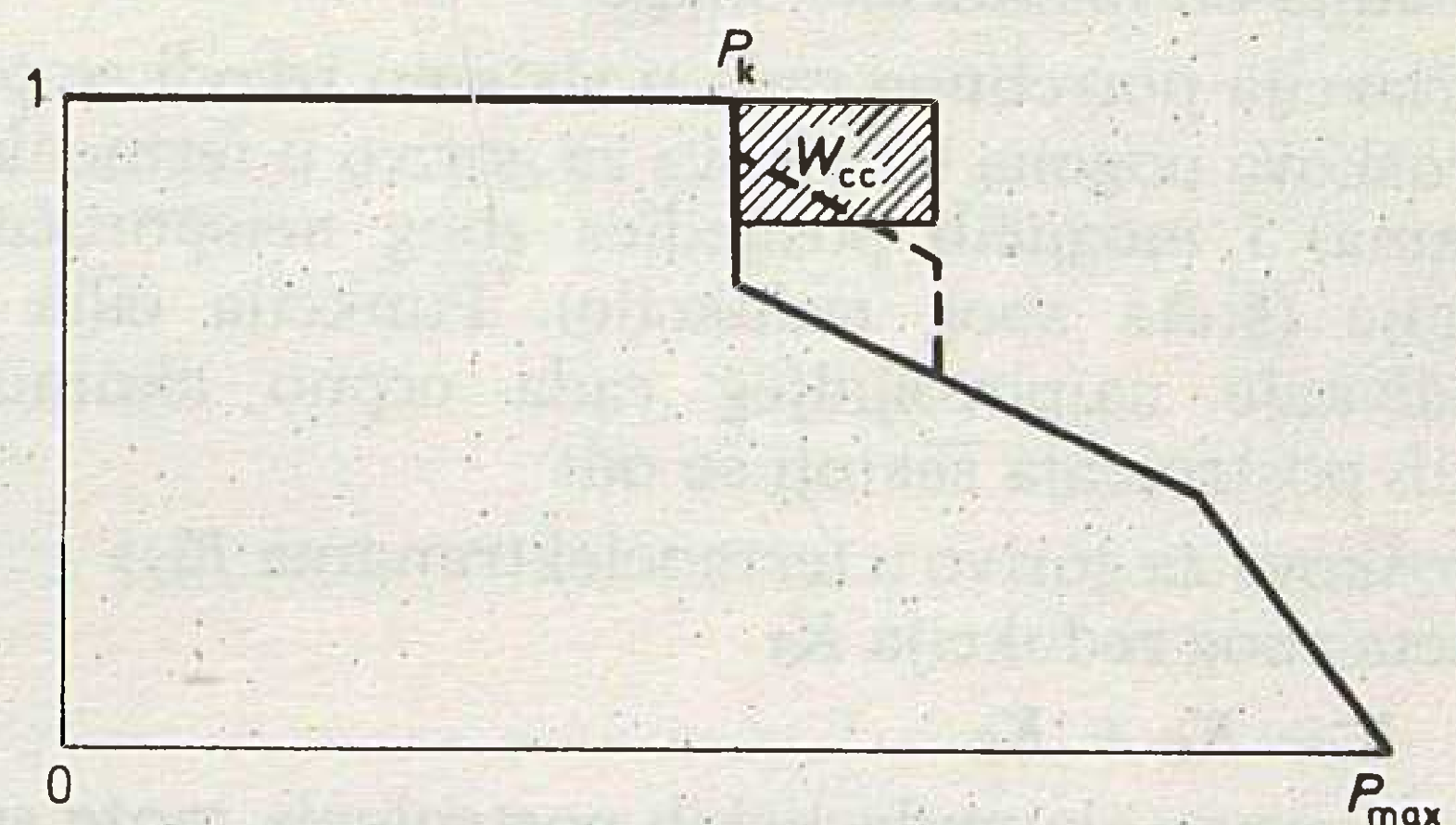
Rad crpno-akumulacijskih postrojenja u funkciji je potreba elektroenergetskog sistema bilo da se radi o osiguranju rezerve u sistemu ili nedostatku snage i energije u trenutku maksimalnog opterećenja. Razrada metode odnosno unapređenje metode išlo je za tim da se što objektivnije aproksimiraju odnosi u sistemu, posebno u fazi crpnog rada postrojenja. U

dosadašnjoj bilanci angažirana snaga crpljenja određivana je na temelju potrebne energije crpljenja i trajanja razdoblja malih opterećenja. Tako određena snaga u pravilu je manja od snage crpki, što znači stvaranje nešto povoljnije situacije u sistemu nego što to objektivno jest.



Slika 5. Energija za crpljenje u dosadašnjem načinu bilanci-ranja

Rješenjima u ovom radu nastojao se poboljšati dosadašnji tretman energije za crpljenje u krivulji trajanja opterećenja sa željom da aproksimacija rada crpki bude što bliža stvarnim odnosima u sistemu. Za rad crpki uzeto je da ne mogu mijenjati snagu u opsegu $0 - P_{cmax}$, već da kada rade, rade punom snagom. U odnosu na postojeća rješenja to znači da će rad crpki kraće trajati i da će izazvati bitne promjene u obliku krivulje trajanja opterećenja.



Slika 6. Korekcija krivulje trajanja opterećenja za crpni rad crpno-akumulacijskog postrojenja

Na slici 6. kao šrafirana površina prikazana je energija za crpljenje crpno-akumulacijskih postrojenja. Uključivanjem dodatne potrošnje električne energije u krivulju trajanja opterećenja korigira se osnovna krivulja trajanja opterećenja, kao što je na slici prikazano crtkanom linijom. Rezultat toga je da se osnovni oblik krivulje trajanja opterećenja koji se sastoji od tri pravca, mijenja u višeppravčani oblik krivulje. Broj pravaca ovisi o:

- položaju sjecišta dvaju pravaca iz osnovne krivulje trajanja opterećenja
- trajanju malih opterećenja
- snazi crpke ili crpki, ako se radi o više jedinica
- broju crpno-akumulacijskih postrojenja čiji se rad optimira
- ukupnoj energiji za crpljenje.

Bilanciranje snage i energije crpno-akumulacijskih postrojenja izvodi se zajedno s mogućom proizvodnjom hidroelektrana, tako da se pretpostavljena proizvodnja crpno-akumulacijskih postrojenja pribroji proizvodnji hidroelektrana za svaku promatranu vremensku jedinicu i svaku hidrološku situaciju.

$$\begin{aligned} P_{hmax} &= P_{hmax} + \sum_{i=1}^{NC} P_{cTi} \\ W_h &= W_h + \sum_{i=1}^{NC} W_{cTi} \end{aligned} \quad (2)$$

gdje je P_{hmax} maksimalna snaga hidroelektrana, P_{cTi} snaga u turbinskom radu crpno-akumulacijskog postrojenja i , W_h ukupno moguća proizvodnja hidroelektrana, W_{cTi} proizvodnja u turbinskom radu crpno-akumulacijskog postrojenja i , a N_c ukupni broj crpno-akumulacijskih postrojenja.

Da bi se ostvarila proizvodnja W_{cTi} , potrebno je utrošiti energiju za crpljenje W_{cci} koja se može zračunati iz sljedećeg izraza:

$$W_{cci} = \frac{W_{cTi}}{n_{ci}}, \quad (3)$$

gdje je n_{ci} stupanj djelovanja cjelokupnog procesa (oko 0,7).

Kriterij povoljnosti rada crpno-akumulacijskih postrojenja minimum je troškova u sistemu u svakoj vremenskoj jedinici koja se promatra. Na nivo troškova utječe i vremenski raspored crpljenja. Postavljen je kriterij za određivanje vremenskog rasporeda crpljenja koji se sastoji u tome da se minimizira prirast opterećenja zbog crpljenja u razdobljima većih opterećenja, uz uvjet da angažirana snaga crpki ne može biti manja od instalirane snage.

Valorizacija potrebnog rada u sistemu izvodi se preko troškova pogona (troškova za gorivo u termoelektranama) i mogućih posljedica zbog neisporučene energije (šteta zbog redukcije). Funkcija cilja za određivanje najpovoljnijeg rada crpno akumulacijskih postrojenja sastoji se od:

- troškova za gorivo u termoelektranama K_G i
- šteta zbog redukcija K_S

$$K = K_G + K_S \quad (4)$$

Radom crpno-akumulacijskih postrojenja može se u odgovarajućoj strukturi elektrana smanjiti proizvodnja termoelektrana sa specifično višim troškovima za gorivo i povećati proizvodnja termoelektrana sa specifično nižim troškovima. Ako je ta razlika veća od troškova povećanja potrošnje (30 %), onda postoji ekonomska opravdanost da se angažira crpno-akumulacijsko postrojenje.

Postupak proračuna započinje s određivanjem vrijednosti funkcije cilja $K^{(0)}$ bez crpno-akumulacijskih postrojenja. Zatim slijedi određivanje funkcije cilja s crpno-akumulacijskim postrojenjem $K^{(1)}$, i to angažiranjem prvog agregata i s jednim satom rada u turbinskom radu. Ako je ostvareno smanjenje vrijednosti funkcije troškova

$$K^{(1)} < K^{(0)} \quad (5)$$

postupak se ponavlja s drugim agregatom (trećim itd.) do konačnog broja agregata, odnosno do ograničenja trajanja turbinskog rada. Proračun se prekida

u trenutku kada vrijednost funkcije cilja $K^{(n)}$ u n -toj iteraciji proračuna poraste u odnosu na $n-1$ iteraciju. Ako se radi o elektroenergetskom sistemu s više crpno-akumulacijskih postrojenja, proračun se ponavlja po istoj proceduri kao i kod prvog agregata, s tim da je nulto stanje funkcije cilja K određeno najpovoljnijim radom prethodnog crpno-akumulacijskog postrojenja. O načinu određivanja troškova za gorivo i šteta zbog redukcija bit će više riječi u idućim poglavljima.

a) Crpno-akumulacijska postrojenja bez dotoka u gornji akumulacijski bazen može se nazvati i klasičnim crpno-akumulacijskim postrojenjem. Rad je isključivo u funkciji potreba sistema i ograničenja u radu proizlaze iz veličine gornjeg ili donjeg bazena ili trajanja opterećenja.

O mogućnosti akumuliranja vode u gornjem akumulacijskom bazenu ovisi mogućnost proizvodnje. Broj sati rada, uz pretpostavku da je dnevni ritam punjenje i pražnjenje bazena, iznosi

$$t_{Tg} = \frac{V_{gc} \cdot 10^3}{3 \cdot 6 \cdot Q_{Tc}}, \quad (6)$$

gdje je V_{gc} — volumen gornjeg bazena, a Q_{Tc} instalirani protok u turbinskom radu.

Jednako tako ograničenje može biti zbog veličine donjeg bazena, pa se broj sati turbinskog rada može također izračunati iz izraza

$$t_{Td} = \frac{V_{dc} \cdot 10^3}{3 \cdot 6 \cdot Q_{Tc}}, \quad (7)$$

gdje je V_{dc} — volumen donjeg bazena.

Treće ograničenje, kao što je već rečeno, potječe iz ograničenja mogućnosti plasmana proizvodnje crpno akumulacijskih postrojenja u krivulju trajanja opterećenja. Za karakteristike potrošnje elektroenergetskog sistema SRH uzeto je to ograničenje u iznosu

$$t_{Tp} = 6 \text{ h.} \quad (8)$$

Maksimalno mogući turbinski rad crpno-akumulacijskog postrojenja ovisi o kritičnoj veličini trajanja i jednak je najmanjoj vrijednosti od prethodno tri izračunate vrijednosti

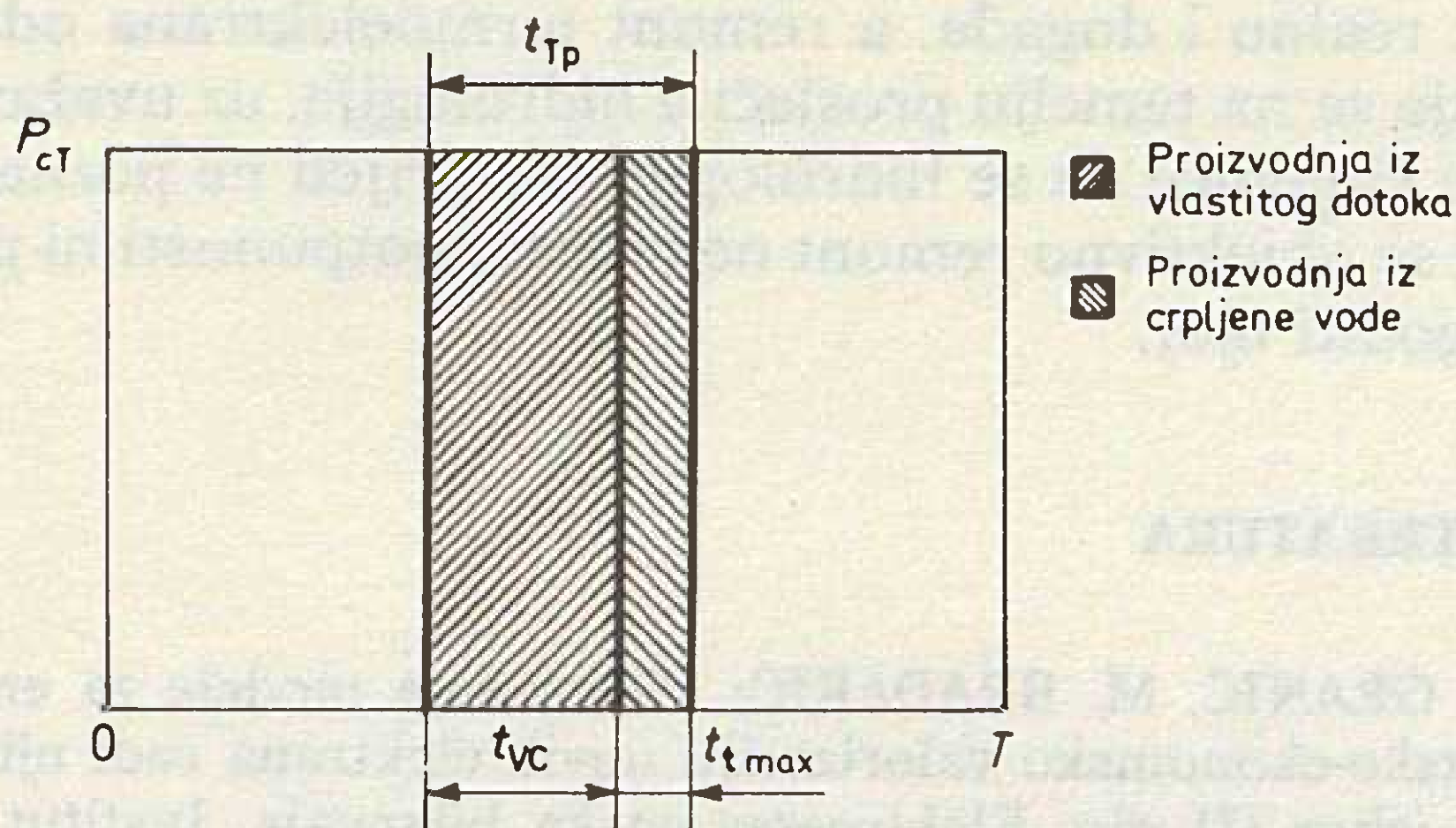
$$t_{Tmax} = \min(t_{Tg}, t_{Td}, t_{Tp}). \quad (9)$$

b) U crpno-akumulacijskim postrojenjima s dotokom u gornji akumulacijski bazen razlikuju se dva režima rada postrojenja ovisno o načinu na koji je voda dotekla u gornji akumulacijski bazen;

— Ako je voda dotekla prirodnim putem, onda se proizvodnja iz dotoka tretira kao proizvodnja svake druge hidroelektrane. Ovisno o veličini dotoka i veličini bazena potrebno je odrediti raspodjelu na konstantnu odnosno varijabilnu proizvodnju. U tu svrhu koriste se razvijene metode iz L16.

— Ako je voda dotekla u gornji akumulacijski bazen crpljenjem vode iz donjeg akumulacijskog bazena, onda je potrebno u odnosu na količinu vode odrediti način crpljenja i korekciju krivulje trajanja opterećenja. Kod ovakve izvedbe postrojenja turbinsko-crpni rad se pojavljuje kao nadopuna proizvodnje iz vlastitog dotoka. Kao kriterij je postavljeno da se potreba za takvim radom pojavljuje

samo onda ako je trajanje varijabilnog rada t_{vc} iz vlastitog dotoka manje od maksimalno mogućeg rada t_{Tp} .



Slika 7. Krivulja trajanja proizvodnje crpno-akumulacijskog postrojenja iz vlastitog dotoka i crpljene vode

Suprotno od toga, kada je

$$t_{vc} > t_{Tp}, \quad (10)$$

nema mogućnosti dodatne proizvodnje, jer veličina bazena a ni potrebe sistema u razdoblju velikih opterećenja to ne dozvoljavaju.

4. REMONT TERMOELEKTRANA

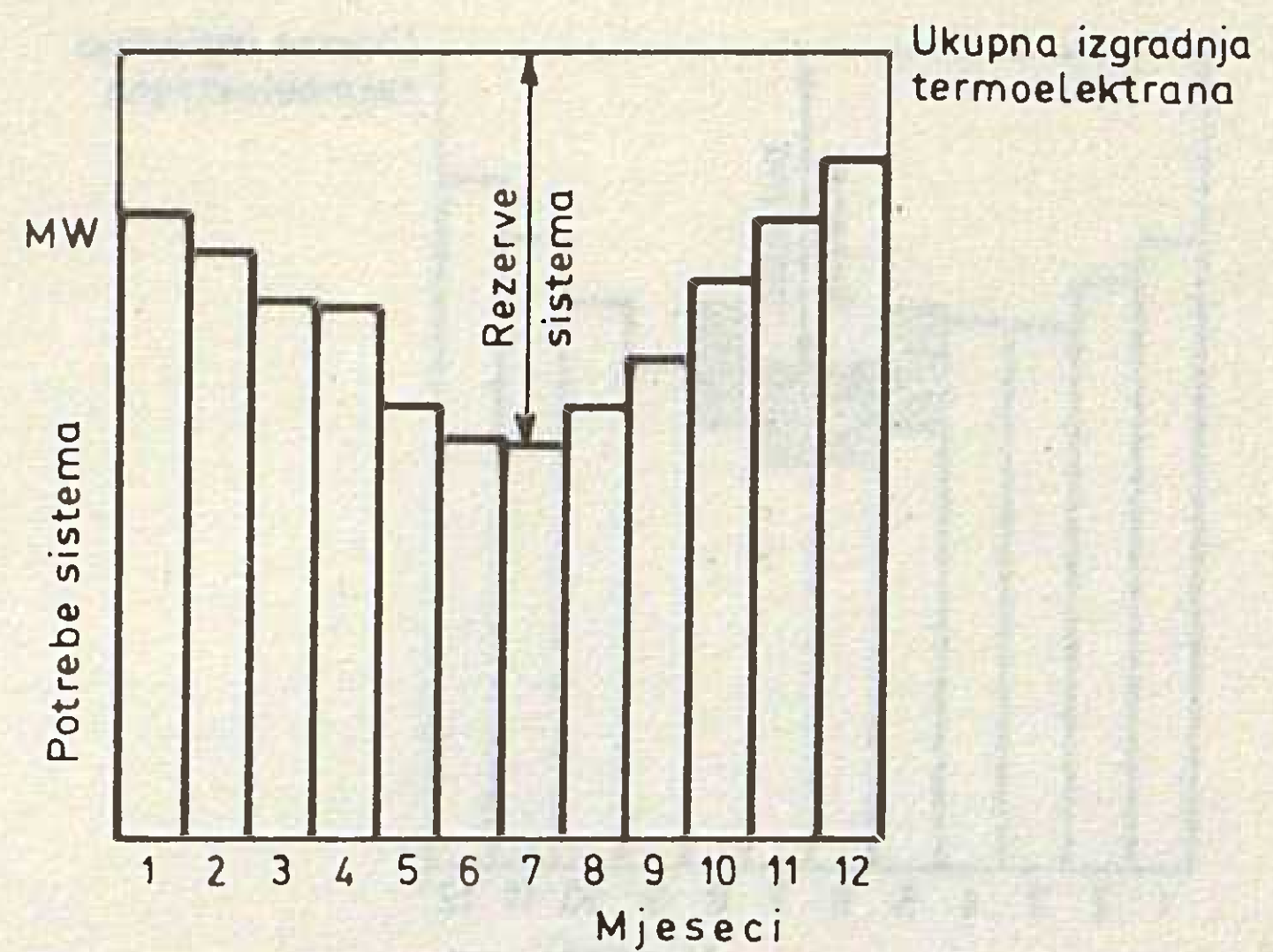
Za objektivizaciju doprinosa elektrana elektroenergetskom sistemu potrebno je uzeti u obzir i remont termoelektrana. To je rađeno i u dosadašnjoj metodi bilanciranja i kao činjenica nije novost. Međutim, novost je u načinu određivanja remonta.

U postojećoj metodologiji bilanciranja remont termoelektrana određivan je za svaku hidrološku godinu posebno. Takav pristup je najpovoljniji za prilike u sistemu jer se raspored remonta maksimalno prilagođava hidrološkim prilikama. Slaba je strana takvog pristupa što se hidrološke prilike ne poznaju unaprijed pa se u stvarnom planiranju remonta ne može izbjeći rizik izazvan odstupanjem dotoka od očekivanih vrijednosti.

Predlaže se rješenje da se remont određuje prema prosječnoj hidrologiji i da se takav uzima u obzir za sve hidrološke prilike koje se u bilanci promatraju.

Kriterij povoljnosti remonta termoelektrana jest ujednačenje rezerve u sistemu u svim razdobljima godine, što znači da se najveći remont planira u razdoblju najmanjih potreba sistema, a najmanji u razdoblju najvećih potreba sistema. Potrebe sistema određuju se kao suma maksimalne potrebne snage iz krivulje opterećenja termoelektrana (P_T) i potrebne rotirajuće rezerve iz termoelektrana (R_T).

Potpunu primjenu kriterija ujednačavanja rezerve sistema moguće bi bilo izvesti kada bi se putem optimizacije tražio najpovoljniji sastav kombinacija elektrana za svaku vremensku jedinicu. Pojednostavljeno, s dovoljnom točnošću, može se postupak optimizacije svesti na traženje najpovoljnijeg remonta za najveći agregat, pa za manje, i tako redom do najmanjeg agregata.



Slika 8. Sezonske oscilacije potreba sistema u prosječnoj godini

Kada je u pitanju trajanje remonta u iznosu jedne vremenske jedinice, problem je jednostavniji jer je najpovoljniji položaj remonta onda kada je potrebna snaga ($P_T + R_T$) najmanja. S dužim trajanjem problem postaje složeniji i nije više tako jednoznačan u rješenju. Odabran je kriterij da je najpovoljniji raspored remonta u onom razdoblju koje ima najmanju kritičnu snagu. Pod kritičnom snagom podrazumijeva se najveća snaga u tom razdoblju. Razjašnjenje tog kriterija dat će se na jednostavnom primjeru.

Ako se traži najpovoljnije razdoblje remonta za elektranu čiji remont traje dva mjeseca, onda će se pretraživati razdoblja 1. i 2. mjeseca u odnosu na 2. i 3. odnosno 3. i 4. itd. Kritična snaga je najveća snaga u svakom paru. Na primjer, prema prilikama sa slike 8. kritična snaga iz prvog para (1. i 2. mjesec) jest snaga iz prvog mjeseca, iz drugog para (2. i 3. mjesec) snaga iz drugog mjeseca, iz trećeg para (3. i 4. mjesec) snaga iz trećeg mjeseca, itd. Najpovoljnije razdoblje za remont jest ono u kojem je najmanja kritična snaga.

U slučaju da postoje dva vremenska razdoblja s jednakom kritičnom snagom, onda se povoljnost ocjenjuje po drugoj snazi po veličini. Postupak se nastavlja ako su druge snage jednake, pa se ocjena povoljnosti izvodi prema trećim snagama itd.

Potrebe sistema u startu su određene snagom P_T i R_P , a rezerva sistema (ΔP_{Tj}) kao razlika ukupne izgradnje sistema i potreba sistema

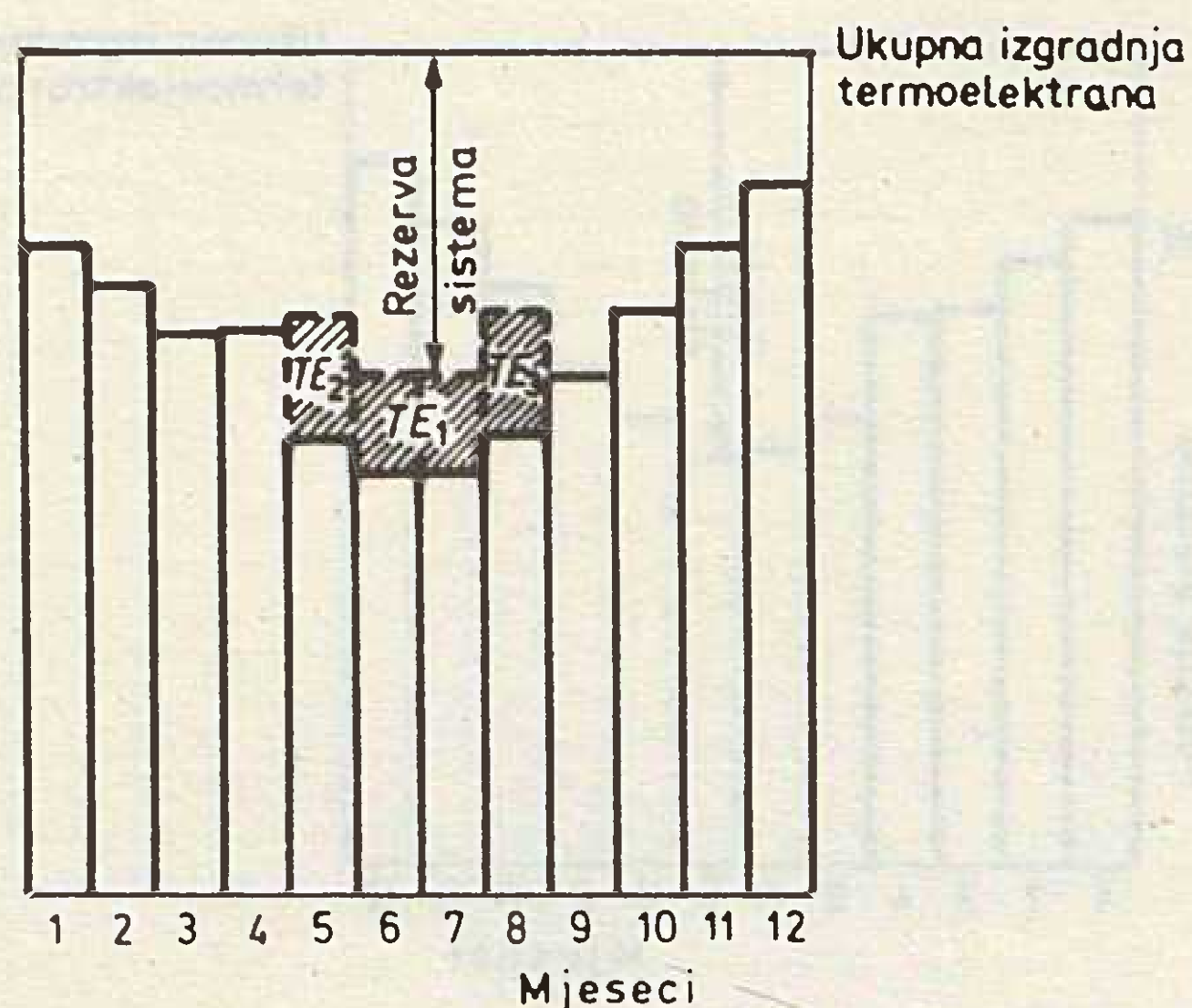
$$P_{Sj} = P_{Tj} + R_{Tj} \quad (11)$$

$$\Delta P_{Tj} = \sum_{i=1}^N P_{Ti} - P_{Sj} \text{ za } j=1, 2, \dots, J$$

S pretpostavljenim remontom u određenoj vremenskoj jedinici smanjuje se rezerva sistema za iznos snage elektrane. To se može iskazati i kao povećanje potrebne snage, pa vrijedi da je:

$$P'_{Sj} = P_{Sj} + P_{Ti} \quad (12)$$

Postupak određivanja remonta elektrana izvodi se u koracima. Pošto se odredi remont za prvu elektranu, korigira se potreba sistema P_S za iznos snage u vremenskoj jedinici (ili jedinicama) u kojoj je pretpostavljen remont i postupak izbora ponavlja se za drugu, treću do posljednje elektrane u sistemu (sl. 9).



Slika 9. Raspored remonta

Da bi se u postupku izbora remonta, a po kriteriju ujednačavanja rezerve sistema obuhvatila raspoloživost elektrana, ukupna rezerva sistema korigira se za vlastitu neraspoloživost pa izraz za rezervu glasi:

$$\Delta P_{Rj} = \sum_{i=1}^N p_i \cdot P_{ti} - P_{Sj} \text{ za } j = 1, 2 \dots J \quad (13)$$

odnosno za korigiranu potrebu sistema

$$P'_{Sj} = P_{Sj} + p_i \cdot P_{ti} \quad (14)$$

Nadomjestak optimizacije remonta iterativno je određivanje počevši od najveće elektrane do najmanje. U određenim situacijama moguće je elektrane grupirati i remont određivati po grupama. Razlog za takvu podjelu proizlazi iz ograničenja za određivanje remonta, u prvom redu broj vremenskih jedinica u koje dolazi u obzir da se elektrana (ili elektrane) smjeste u remont. To se odnosi na nuklearne elektrane u pogonu i termoelektrane toplane. I za jednu i drugu grupu elektrana moguće razdoblje za remont obično je znatno kraće od ukupnog razdoblja i smješteno u određeni dio godine.

Zbog toga se za svaku elektranu zadaje podatak o prioritetnoj grupi za određivanje remonta, ako se odluči da se proračun izvodi s više grupa, i mjesec u kojem remont može početi i mjesec u kojem remont može završiti. Unutar tog prostora, po kriterijima izbora, odredit će se najpovoljniji raspored remonta, koji će ostati isti za sve hidrološke prilike koje se promatraju u bilanci.

5. ZAKLJUČAK

Unapređenje metode konstantne i varijabilne energije i snage napravljeno u ovom radu išlo je za tim da se što objektivnije oslikaju odnosi iz realnog elektroenergetskog sistema. Tako se, kao što je u prethodnom radu pokazano, omogućava opisivanje različitih krivulja trajanja za svaku promatranu vremensku jedinicu i kontrola bilance snage i energije

hidroelektrana u svakom trenutku. Rad crpno-akumulacijskih postrojenja u razdoblju crpljenja uključuje se u krivulju trajanja opterećenja na način kako se on realno i događa, a remont termoelektrana određuje se na temelju prosječne hidrologije, uz uvažavanje činjenice da se hidrologija unaprijed ne poznaje, pa se objektivno remont ne može u potpunosti ni prilagoditi njoj.

LITERATURA

G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Dogradnja modela za energetske-ekonomsku valorizaciju novih elektrana radi njihov izbor (II dio: Elektroenergetska bilanca)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.

ELECTRIC POWER BALANCE IN PLANNING OF ELECTRIC POWER SYSTEM DEVELOPMENT

1. Part: HPP, pumping-accumulation power plants and TPP overhaul

In the article is described a part of method for calculation of electric power balance. The method is used for planning of electric power development in relation to HPP, pumping-accumulation power plants and TPP overhaul.

ELEKTROENERGETISCHE BILANZ IN DER ENTWICKLUNGSPLANUNG DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

(I Teil: Wasserkraftwerke, Pumpen—Speicheranlagen und Wiederherstellung der Wärmekraftwerke)

In der Arbeit wird ein Teil der Methode für die Verrechnung der elektroenergetischen Bilanz beschrieben, beim Planen der Entwicklung des elektroenergetischen Systems, das sich auf die Wasserkraftwerke, Pumpen—Speicheranlagen und die Wiederherstellung der Wasserkraftwerke bezieht.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПЛАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

(1 — ая часть: гидроэлектростанции, гидроаккумуляционные электростанции и ремонт тепловых электростанций)

В работе описана одна часть метода методов расчета электроэнергетического баланса. При планировании развития электроэнергетической системы, относящаяся к ГЭС, ГАЭС и ремонт ТЭС.

Naslov pisaca:

dr Goran Granić, dipl. inž.
Miljenko Bradarić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37.
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985—08—02

AUTOMATIZACIJA PROGRAMA »UKSX«

dr Marija Ožegović, Split

UDK 621.316:65.01

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Klasična primjena programa »UKSX« zahtijeva uobičajenu pripremu ulaznih podataka, što je za korisnika programa dugotrajan i mukotrpan posao. Kod automatizacije programa povjereno je generiranje ulaznih podataka elektroničkom računalu. U članku su navedeni ključni problemi koje je trebalo riješiti u automatizaciji programa »UKSX« uz prikaz matematičkih podloga nekih specijalnih rješenja.

Ključne riječi: električna mreža, kratki spoj, program za elektroničko računalo.

1. SVRHA AUTOMATIZACIJE PROGRAMA IZ ANALIZE MREŽE

U radu s programima iz analize mreže postoji tradicija od gotovo 20 godina. Dobrim dijelom to su vlastiti originalni programi, što je posebno važno za daljnji razvoj. Bez toga ne bi bilo koncepcije o maksimalnoj automatizaciji primjene programa.

Primjena programa za analizu mreže zahtijeva opsežan rad na pripremi podataka, dok je samo izvršenje programa vrlo kratko. Na sl. 1. pokazane su faze studijskog zadatka iz analize mreže.

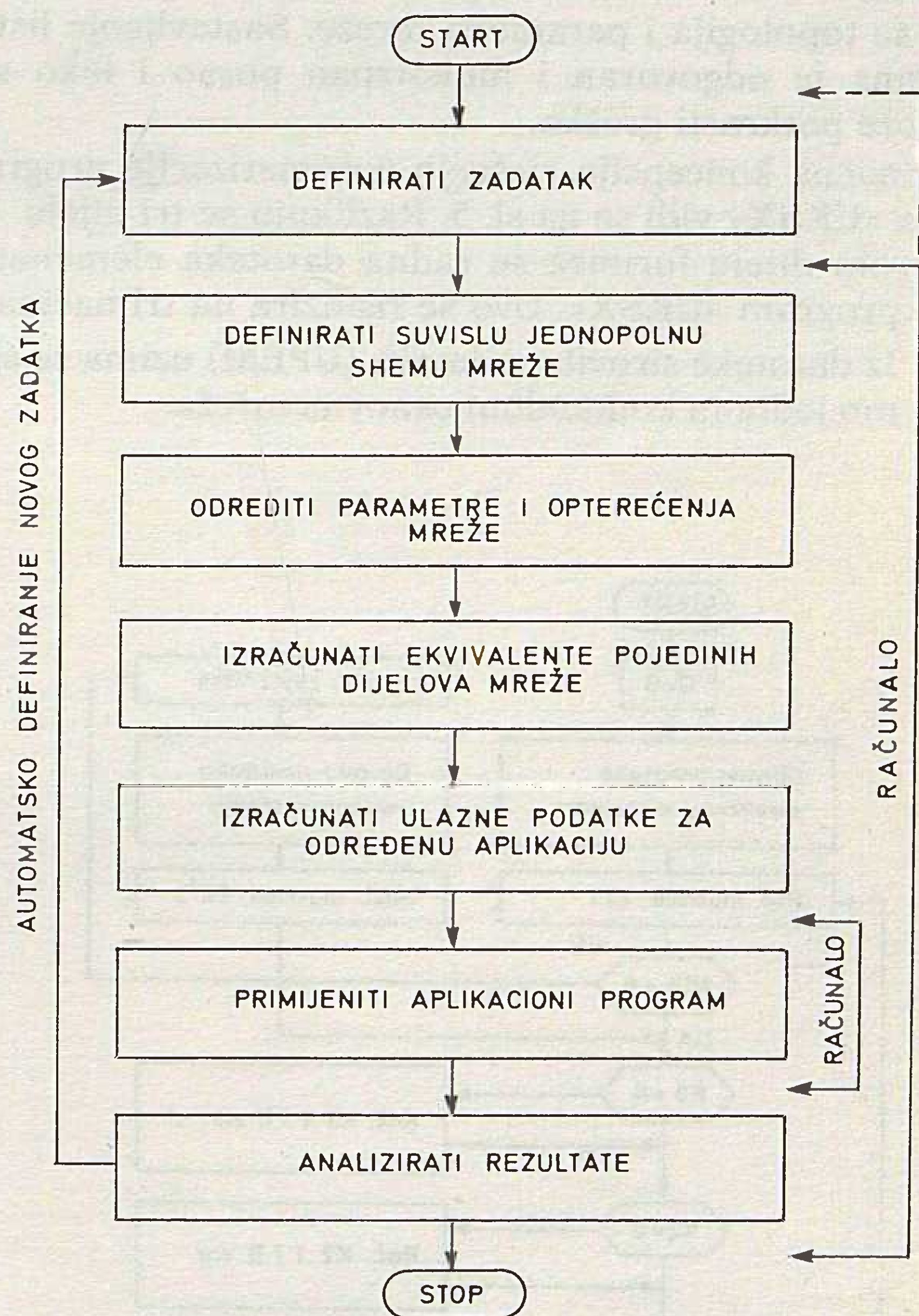
Zadatak definira korisnik, onaj kojemu rješenje zadatka treba. To ne može znati stroj. Međutim, već kod izrade jednopolne sheme koristi se mreža koja već postoji i na ovoj mreži provode se izmjene prema zadatku. Uvijek je problem što podaci prethodnih studija nisu adekvatno pohranjeni, pa je posao na izmjeni podataka mreže nerazmjerno velik u odnosu prema stvarnim izmjenama u mreži.

Za proračun ekvivalenata potrebno je imati podatke o mreži koja se ekvivalentira. Tu također vrijedi da su za novi zadatak izmjene malene, da su podaci često zagubljeni i da treba sve početi iz početka.

Što se tiče računanja uzlaznih podataka za neku aplikaciju, od numeriranja mreže dalje, postoje svi uvjeti da se ovaj posao automatizira, ako se raspolože potrebnim podacima.

Analiza rezultata može se također velikim dijelom povjeriti stroju i programirati da se na temelju te analize postavi novi zadatak uz učešće ili bez učešća korisnika programa.

U prvom momentu sagledavao se cijeli zadatak vrlo široko i putem mnogih varijanata rješenja. To se naročito odnosilo na sistematizaciju podataka. Na koju se pokazalo realnim da se u prvoj fazi gradi datoteka podataka ovisno o automatizaciji određenih programa. Za prvi program odabran je program »UKSX«. To je za proračun kratkog spoja.



Slika 1. Faze izrade studijskog zadatka iz analize mreže

2. AUTOMATIZACIJA PROGRAMA »UKSX«

Razlozi zbog kojih je odabran program »UKSX« su sljedeći:

- »UKSX« je vlastiti program, koji radi još od 1972. g. i poznat je u detalje.
- Po programu »UKSX« računa se kratki spoj u neopterećenoj mreži, pa nisu potrebni podaci o opterećenjima mreže.

— Za potrebe naručioca studije najviše se izvodi račun kratkog spoja, pa je i to utjecalo da se program iz računa kratkog spoja prvi automatizira.

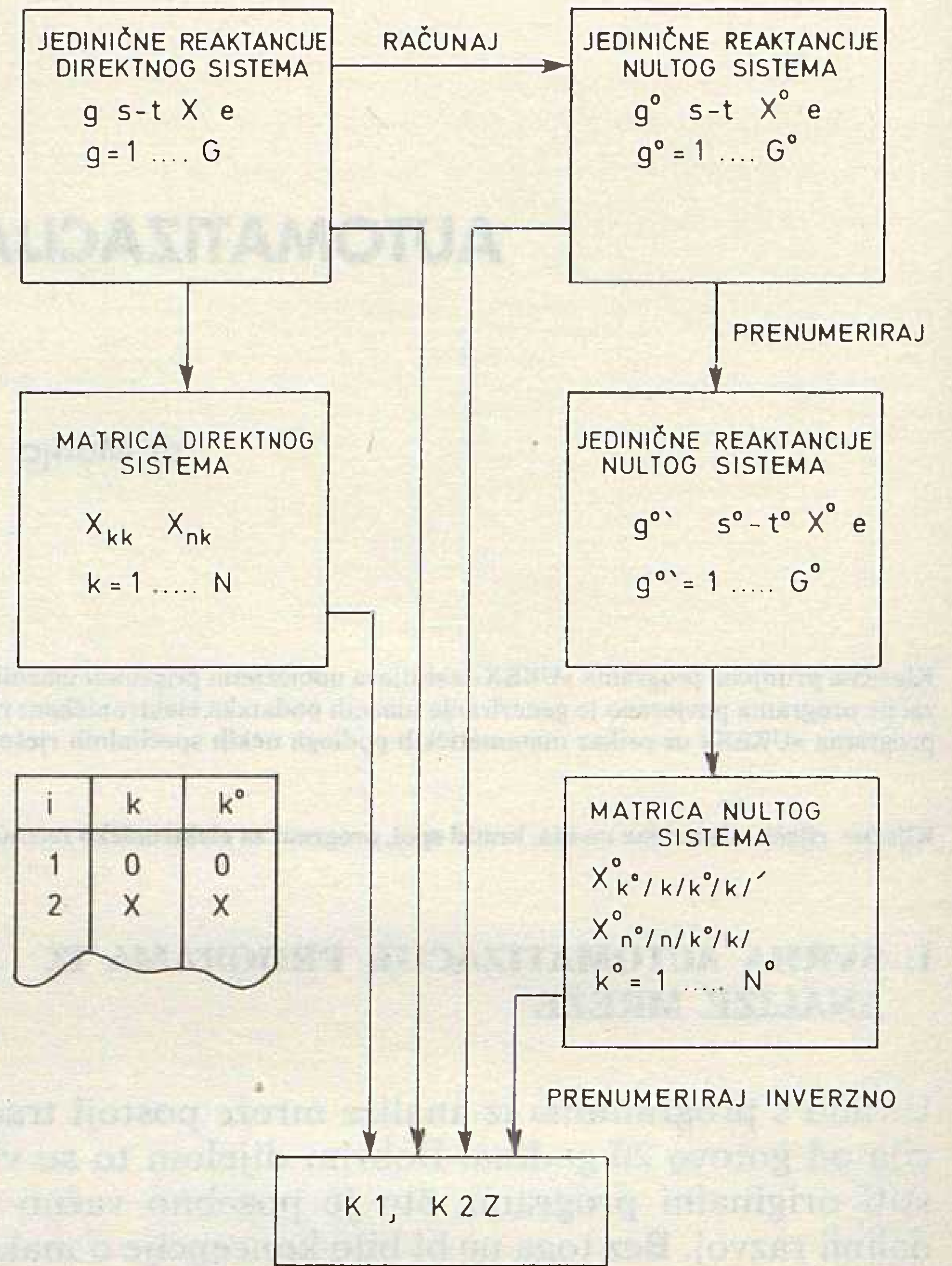
Na sl. 2. nalazi se blok-dijagram toka programa »UKSX«. Unutar programa nalazi se obrada ulaznih podataka i formiranje matrica direktnog i nultog sistema. Program nismo mogli upotrijebiti bez izmjena. U izvornom obliku program rješava suvislost mreže nultog sistema preko grana velike reaktancije. Broj tih reaktancija mora se svesti na minimum jer kvare matricu. Iskustvo čovjeka u numeriranju mreže nije se moglo programirati, pa je izmijenjen program.

Na sl. 3. pokazano je kako se to radi po novom rješenju. Za proračun matrice nultog sistema prenumerira se mreža nultog sistema za metodu korak po korak. U dohvat podataka iz matrice mora se ova prenumeracija uzeti u obzir.

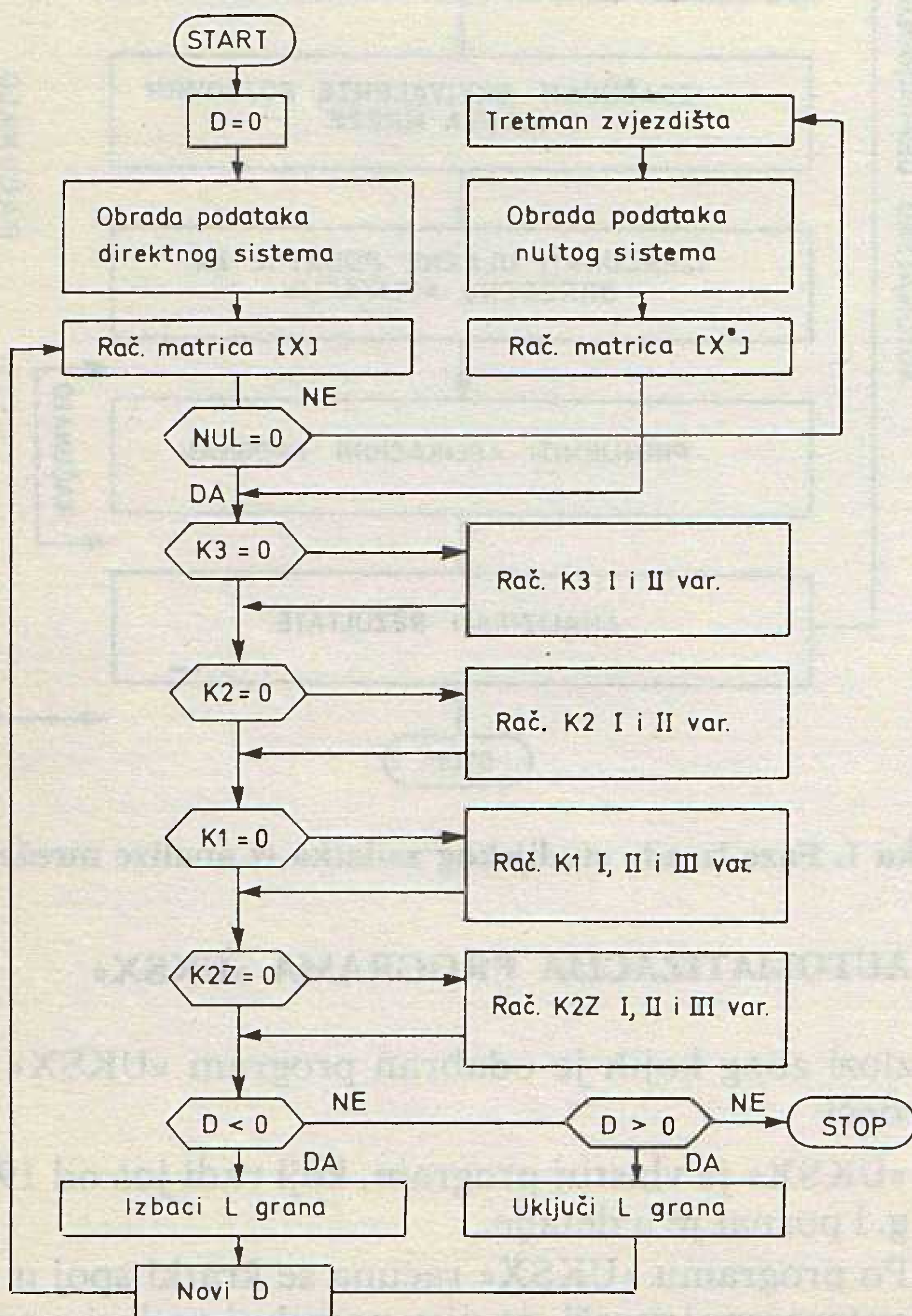
Na sl. 4. pokazani su ulazni podaci programa »UKSX« bez automatizacije. U karticama grana nalazi se topologija i parametri mreže. Sastavljanje liste grana je odgovoran i mukotrpan posao i lako se može potkrasti greška.

Konačna koncepcija rješenja automatizacije programa »UKSX« vidi se na sl. 5. Razlikuju se tri dijela. U prvom dijelu formira se radna datoteka elemenata za program »UKSX«. Ovo se realizira na tri načina:

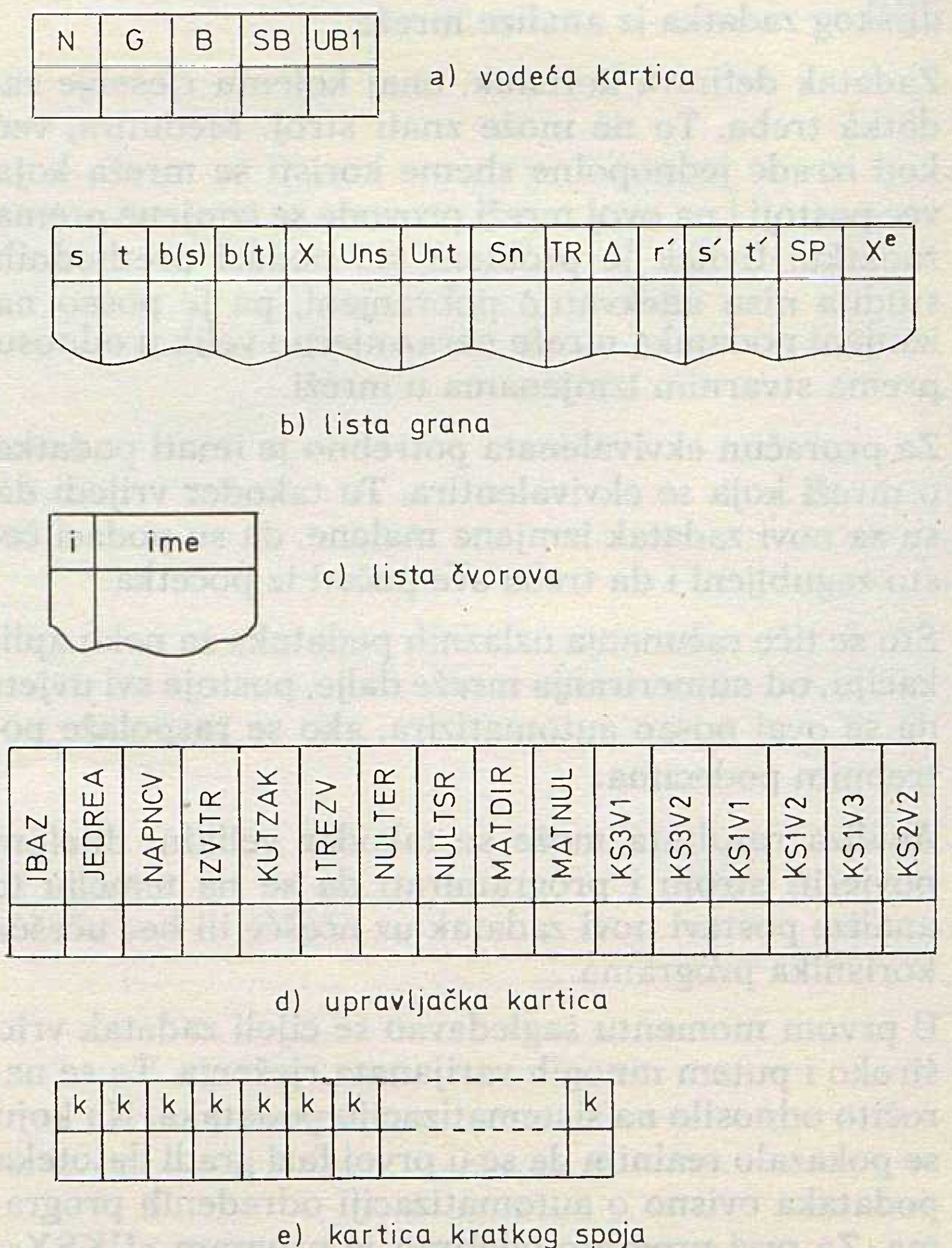
— Iz datoteke sirovih podataka (UPEM) uzima se samo jednom komandom osnovna mreža.



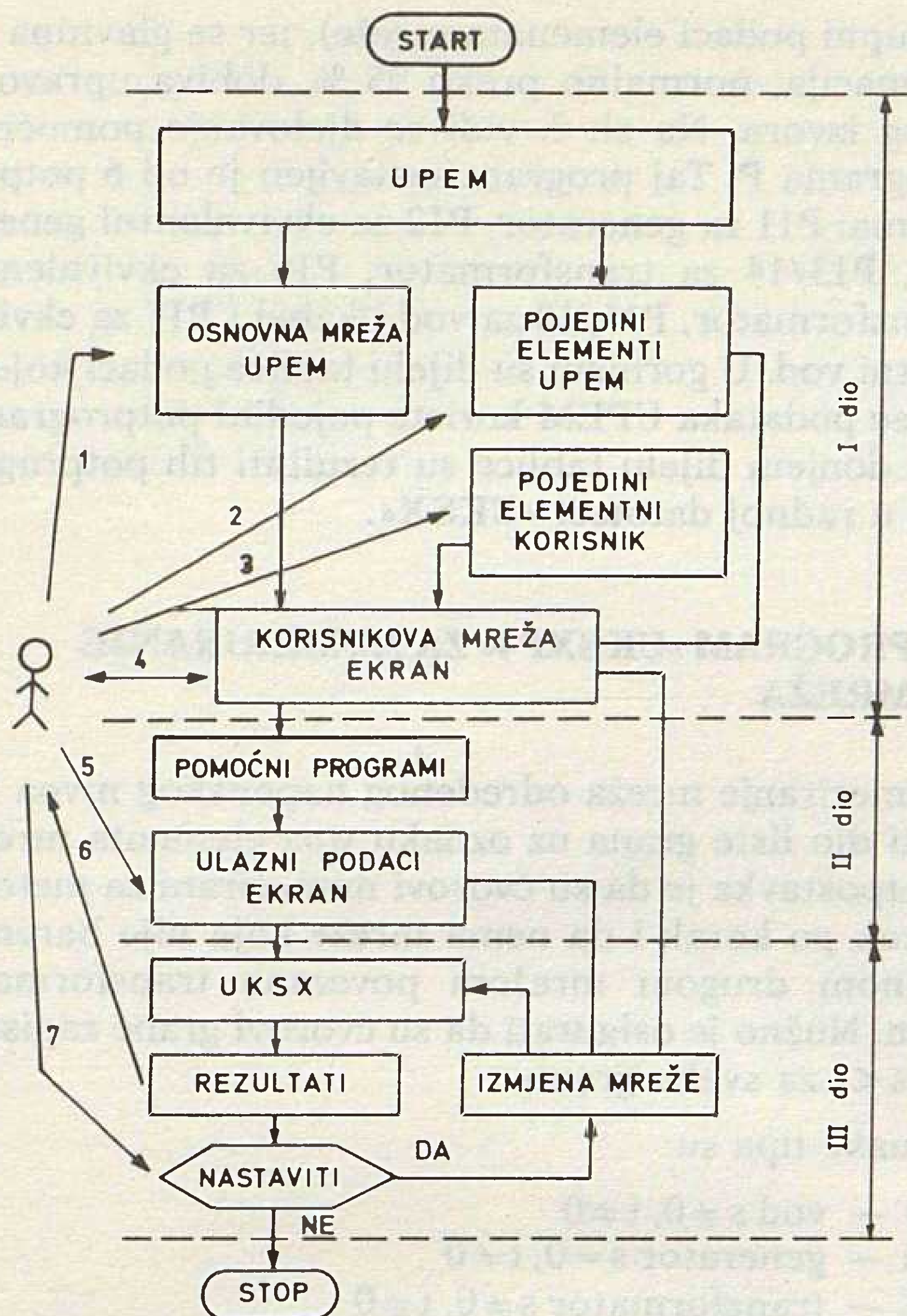
Slika 3. Dohvat podataka za računanje K2 i K2Z



Slika 2. Blok-dijagram toka programa »UKSX«



Slika 4. Ulazni podaci programa »UKSX« bez automatizacije



Slika 5. Automatizacija korištenja programa »UKSX«

- Osnovnoj mreži dodaju se elementi iz UPEM-a pojedinih komandama.
- Osnovnoj mreži korisnik dodaje elemente po volji pojedinačnim upisivanjem podataka za svaki element.

Iz radne datoteke mogu se po volji brisati elementi mreže.

U drugom dijelu formiraju se ulazni podaci. Pomoćni programi uzimaju podatke iz radne datoteke, numeriraju čvorove, numeriraju mreže, itd.

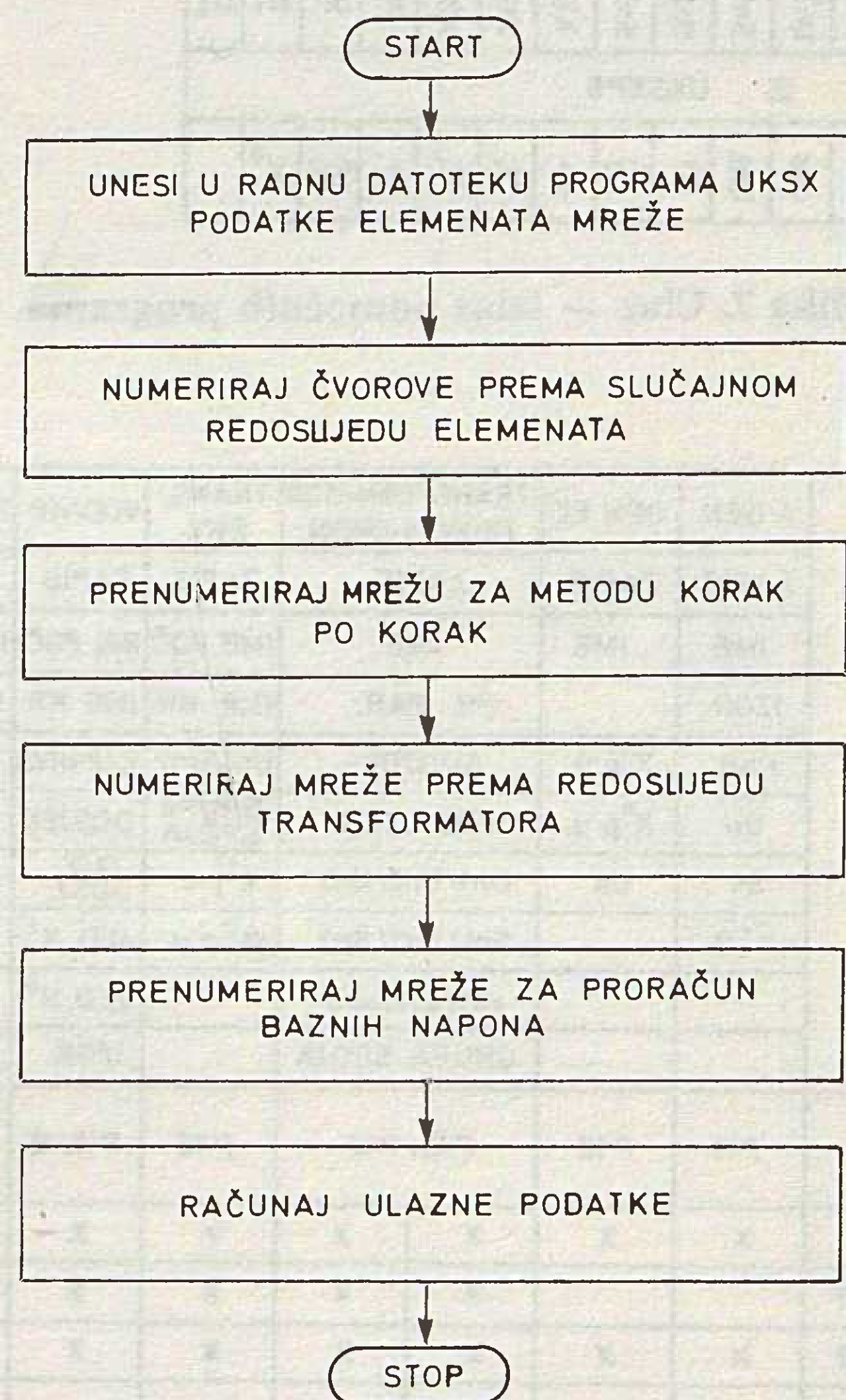
U trećem dijelu je samo izvođenje programa i zamisao automatske izmjene mreže, što nije u potpunosti provedeno, radi opsežnosti posla.

3. POMOĆNI PROGRAMI PROGRAMA »UKSX«

Pomoćni programi služe za automatsko formiranje ulaznih podataka programa »UKSX«. To su:

1. Program »UKSX« P1« za punjene radne datoteke elementima mreže. Svaki element mreže zastupljen je podacima koji su nužni za generiranje ulaznih podataka upravo programa »UKSX«. Topologija mreže zadana je zapisom o početnom i krajnjem čvoru elementa.
2. Program »UKSX« P2« za numeriranje čvorova. Ovaj program ima zadatak da izvrši početnu numeraciju čvorova, formira datoteku čvorova početne numeracije i datoteku grana početne numeracije mreže.

3. Program »UKSX« P3« za prenumeriranje čvorova radi formiranja matrice $[Z]$ u metodi korak po korak. Prenumeriranje je riješeno prema dijagramu toka u lit. 1, s tim da su uneseni posebni zahtjevi radi postojanja tronamotnih transformatora u mreži.
4. Program »UKSX« P4« za numeriranje i prenumeriranje mreže raznih naponskih nivoa. Ovaj program udovoljava specijalnim zahtjevima kako bi program »UKSX« mogao iz fizikalnih vrijednosti preračunati jedinične vrijednosti. Idejno je rješenje ovog potprograma radi njegove važnosti pokazano specijalno u poglavlju 4.
5. Program »UKSX« P5« za formiranje liste grana programa »UKSX«. Zadatak je ovog pomoćnog programa da iz prethodno formiranih datoteka pokupi i prilagodi podatke mreže odgovarajućoj topološkoj obradi i finalizira obradu ulaznih podataka programa »UKSX«.



Slika 6. Zadatak pomoćnih programa

6. Program »UKSX« P6« za upravljanje i kontrolu izvođenja. Pomoću ovog programa omogućeno je korisniku da na bazi jednostavne komunikacije s računalom preko terminala, odgovarajući na postavljena pitanja sa DA ili NE, nadzire i usmjerava tok obrade. Program se sastoji od 3 cjeline: MANU 0, MANU 1/2 i MANU 3 zadužene da u određenoj fazi izvođenja programa ponude korisniku alternative, prikupe njegove želje i provedu ih u djelo.

Na slikama 6. i 7. vidi se zadatak pomoćnih programa od unošenja podataka u radnu datoteku do formiranja ulaznih podataka.

Velik dio zadatka u ostvarenju automatizacije programa »UKSX« bio je u formiranju datoteka UPEM

OSNOVNA MREŽA UPEM				POJEDINI ELEMENTI UPEM				INSTRUKCIJE										
UKSXP1 (P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18)																		
e	ime1	ime2	ime3	TIP	zapis	Un1	Un2	Un3	Sn1	Sn2	Sn3	X12	X13	X23	X°	SP	Δ ₁	Δ ₂

e	ime1	ime2	ime3	TIP														
UKSXP2																		
N	i	ime			e	g	s	t	TR	G								

i	ime				e	g	s	t	TR	G								
UKSXP3																		
i	ime				e	g	s	t	TR	G								

e	g	s	t	TIP														
UKSXP4																		
e	g	s	t	b(s)	b(t)	B												

e	Un1	Un2	Un3	Sn1	Sn2	Sn3	X12	X13	X23	X°	SP	Δ ₁	Δ ₂					
UKSXP5																		
e	g	X	Un	Un	S	TR	Δ	r'	s'	t'	SP	X°						

Slika 7. Ulaz – izlaz pomoćnih programa

UPEM	A GEN		GEN EK	TRANSFORMATOR TRON. DVON.		TRANS. EKV.	VOD/KB	VOD EKV
	ZAPIS		ZAPIS	ZAPIS		ZAPIS	ZAPIS	ZAPIS
	IME		IME	IME		IME POČ	IME POČ	IME POČ
	IZGR.			BR. PAR.		IME KR	IME KR	IME KR
	PAR.		X° p.u.	AUTOTR.		Un1/Un2	NAP. NIVO	Un
	Un		X° p.u.	GOD. IZGR.		GRUPA SPOJA	ODSJEK	X ¹ p.u.
	Sn		Un	Un1/Un2/Un3		X ¹ p.u.	DUZ ODSJ.	X° p.u.
	X''%			Sn1/Sn2/Sn3		X° p.u.	JED. X ¹	
				ek1/ek2/ek3			JED. X°	
				GRUPA SPOJA			IZGR.	
RADNA DATOTEKA UKSX		P11	P12	P13/P14		P15	P16/18	P17
	e	X	X	X	X	X	X	X
	IME1			X	X	X	X	X
	IME2	X	X	X	X	X	X	X
	IME3			X				
	TIP	X	X	X	X	X	X	X
	ZAPIS	X	X	X	X	X	X	X
	Un1			X	X	X	X	X
	Un2	X		X	X	X	X	X
	Un3			X				
	Sn1			X	X			
	Sn2	X		X				
	Sn3			X				
	X12	%	p.u.	%	%	p.u.	X	p.u.
	X13			%				
X23			%					
X°		p.u.			p.u.	X	p.u.	
SP			X	X	X			
Δ1			X	X	X			
Δ2			X					

Slika 8. Punjenje radne datoteke iz UPEM-a

(ukupni podaci elemenata mreže), jer se glavna informacija, normalno preko 95 %, dobiva upravo iz ovog izvora. Na sl. 8. vidi se djelovanje pomoćnog programa P. Taj program sastavljen je od 6 potprograma: P11 za generator, P12 za ekvivalentni generator, P13/14 za transformator, P15 za ekvivalentni transformator, P16/18 za vod i kabel i P17 za ekvivalentni vod. U gornjem su dijelu tablice podaci koje iz mase podataka UPEM koriste pojedini potprogrami, a u donjem dijelu tablice su rezultati tih potprograma u radnoj datoteci »UKSX«.

4. PROGRAM »UKSXP4« ZA NUMERIRANJE MREŽA

Numeriranje mreža određenog naponskog nivoa koristi dio liste grana uz oznaku tipa elementa mreže. Pretpostavka je da su čvorovi numerirani za metodu korak po korak i da nema mreže koja nije barem s jednom drugom mrežom povezana transformatorom. Nužno je osigurati da su čvorovi grane zapisani sa $s < t$ za svaku granu.

Oznake tipa su:

- VD — vod $s \neq 0, t \neq 0$
- GN — generator $s = 0, t \neq 0$
- TR — transformator $s \neq 0, t \neq 0$
- BT — bez oznake tipa $s = 0, t = 0$

Uvodimo i broj mreže m i broj čvora n . Formiramo listu grana tipova prema sl. 9.

O _g	s	t	TIP

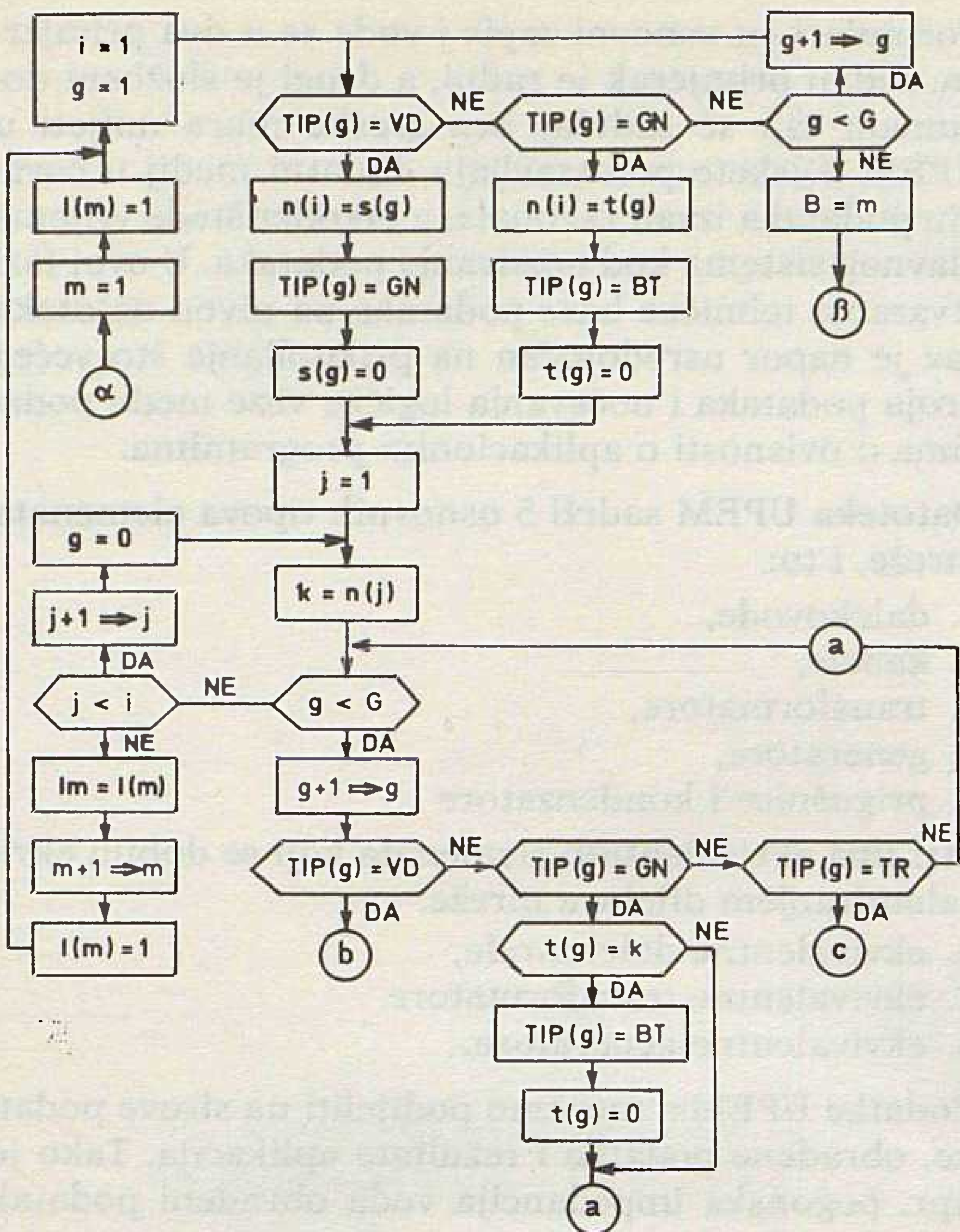
Slika 9. Lista grana tipova

Dijagram toka na sl. 10. a, b, c pokazuje kako se određuje pripadnost čvora mreži i prva numeracija mreža.

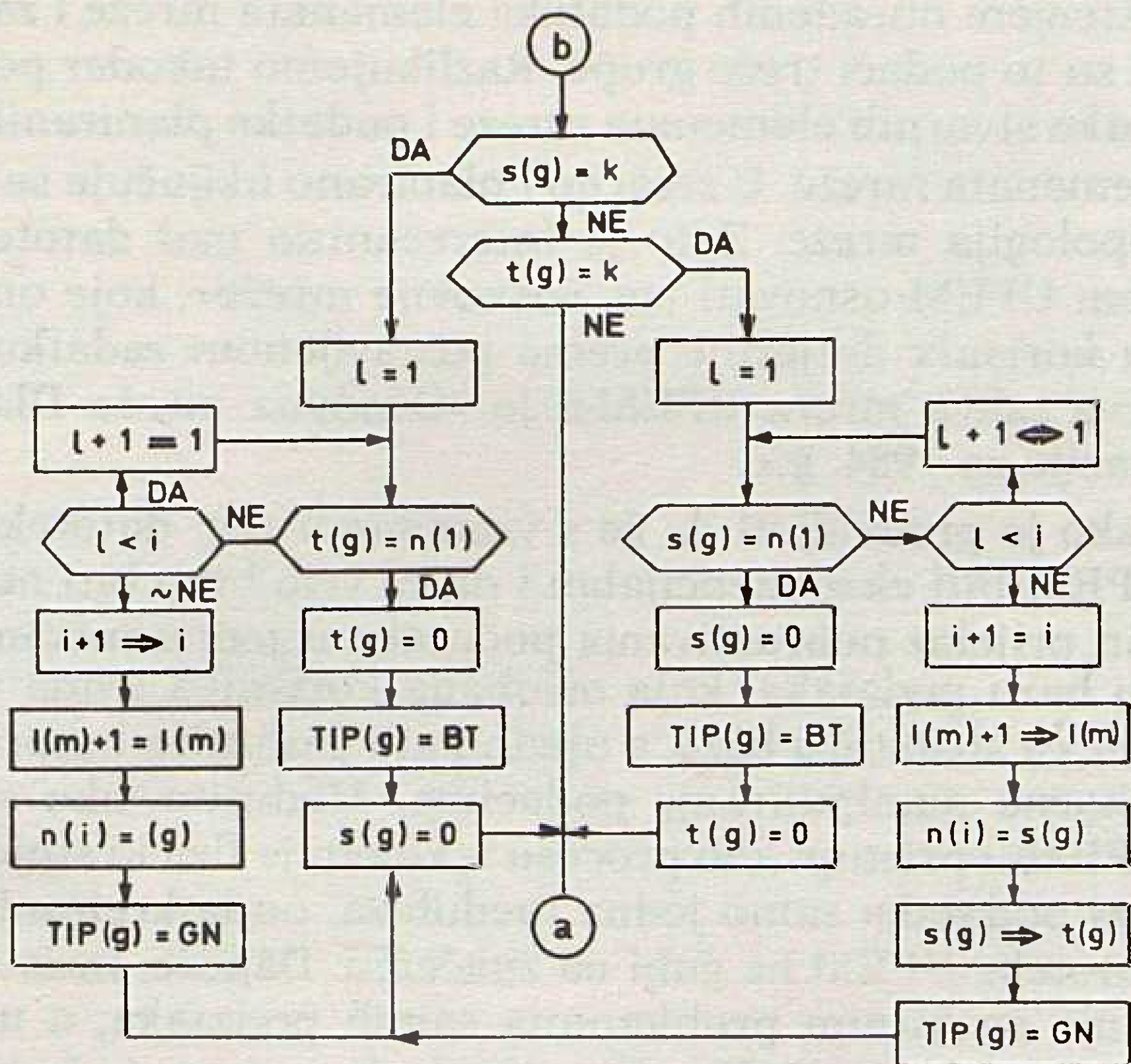
U ovom je dijagramu toka:

- n — broj čvora iz numeracije čvorova
- m — broj mreže
- $I/m/$ — broj čvorova u mreži m . Ovaj broj nije unaprijed poznat i formira se tokom stvaranja tablice čvorova u mreži m .
- i — redni broj čvora n u tablici m
- j — privremeni brojač rednog broja čvora n kod pretraživanja tablice m
- k — karakteristični čvor na koji se vežu zavisne grane mreže m . Mijenja se u toku procesa.
- l — privremeni brojač za utvrđivanje paralelne grane.

Počnemo prvom granom i i utvrđujemo prvi karakteristični čvor k . Mreža u kojoj je čvor k jest mreža koja dobiva broj $m = 1$. Slijedi pretraživanje kako bi se utvrdilo koji su vodovi vezani za čvor k . Vodovi donose nove čvorove, tj. novi k ako tvore stablo mreže. Kada se povežu svi čvorovi zadanim vodovima, uključeni su svi čvorovi u mrežu naponskog nivoa $m = 1$.



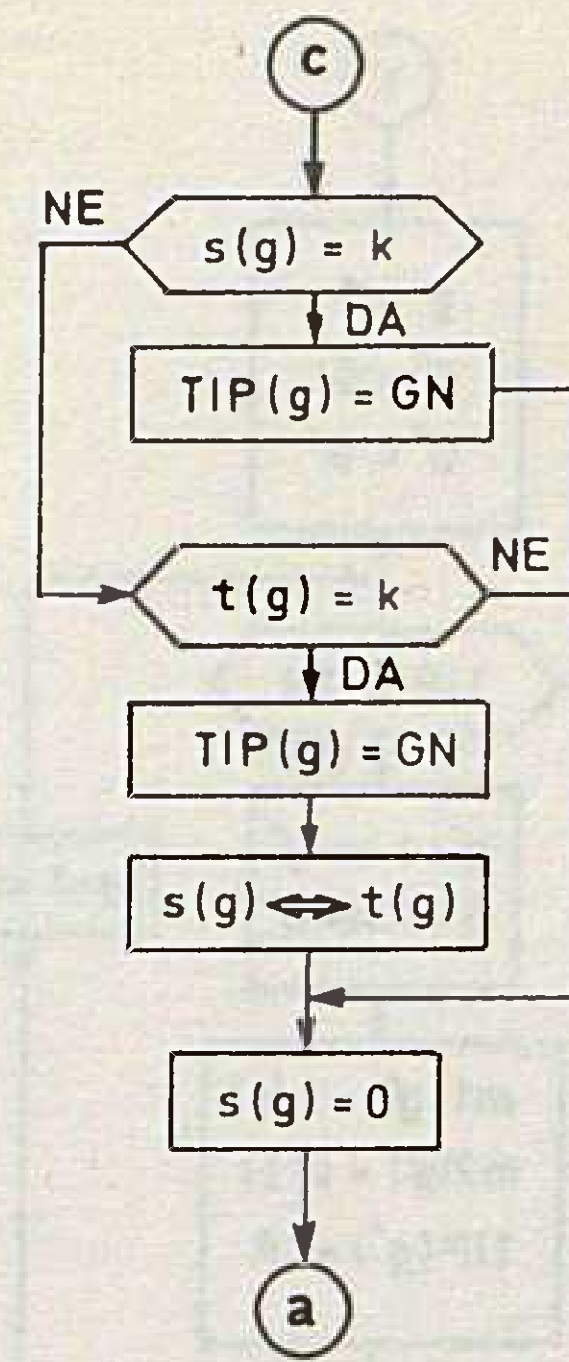
Slika 10. a. Dijagram toka za određivanje pripadnosti čvora mreže



Slika 10. b. Transformacija TIP-a vodova

Svi čvorovi koji su u mreži 1 dobili su u listi grana tipova broj nula, pa su se tipovi grana koje su u mreži 1 ili su vezane za mrežu 1 promijenili, i to tako da su vodovi i generatori dobili oznaku tipa BT, a transformatori oznaku tipa GN.

Mreža $m = 2$ utvrđuje se opet pretraživanjem liste grana tipova. Prva grana čiji je tip VD ili GN daje k u ovoj mreži. Slijedi postupak kao i kod $m = 1$. Kada su svi čvorovi uključeni, dobije se tablica čvorova u mreži $m = 2$.

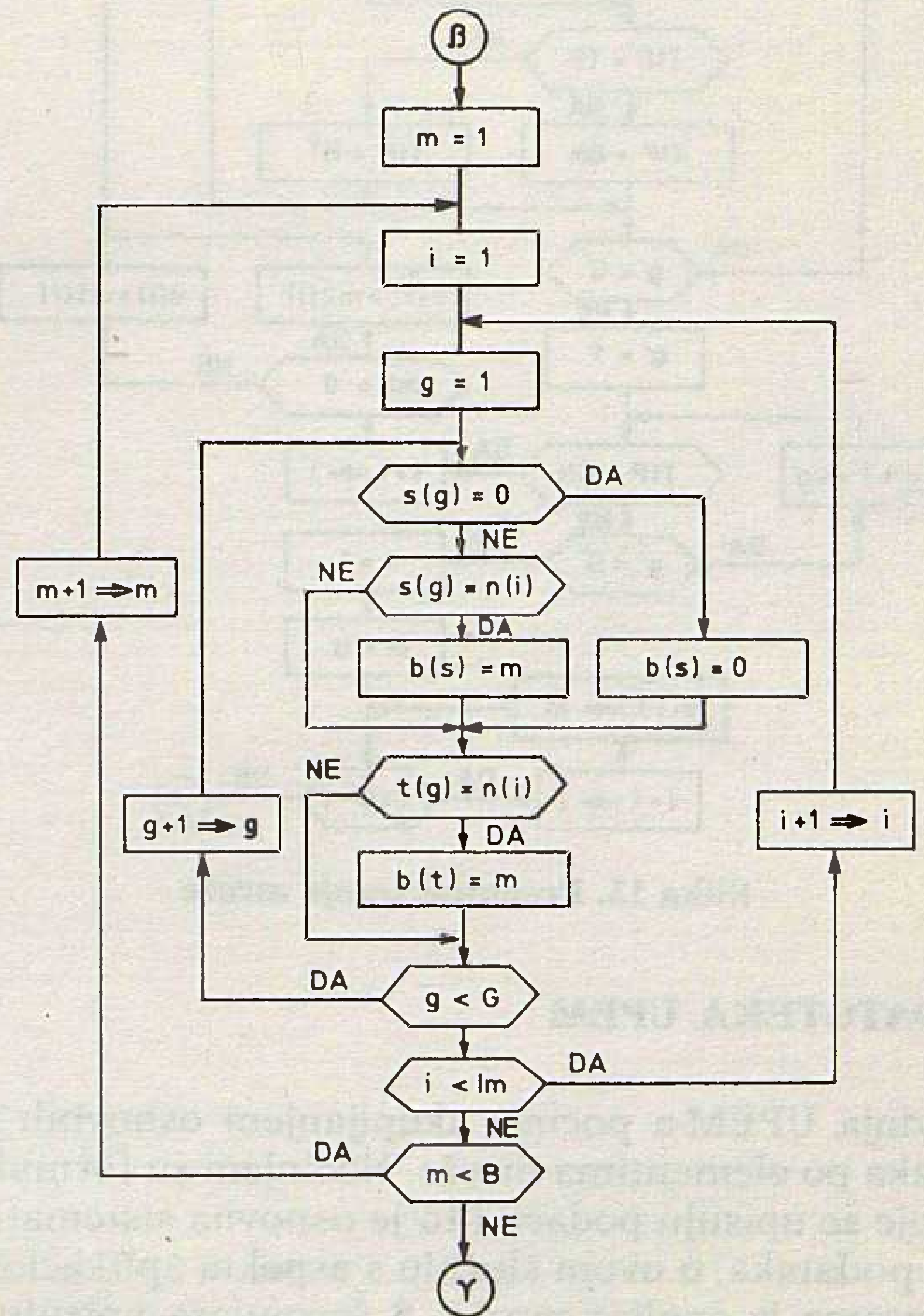


Slika 10. c: Transformacija TIP-a transformatora

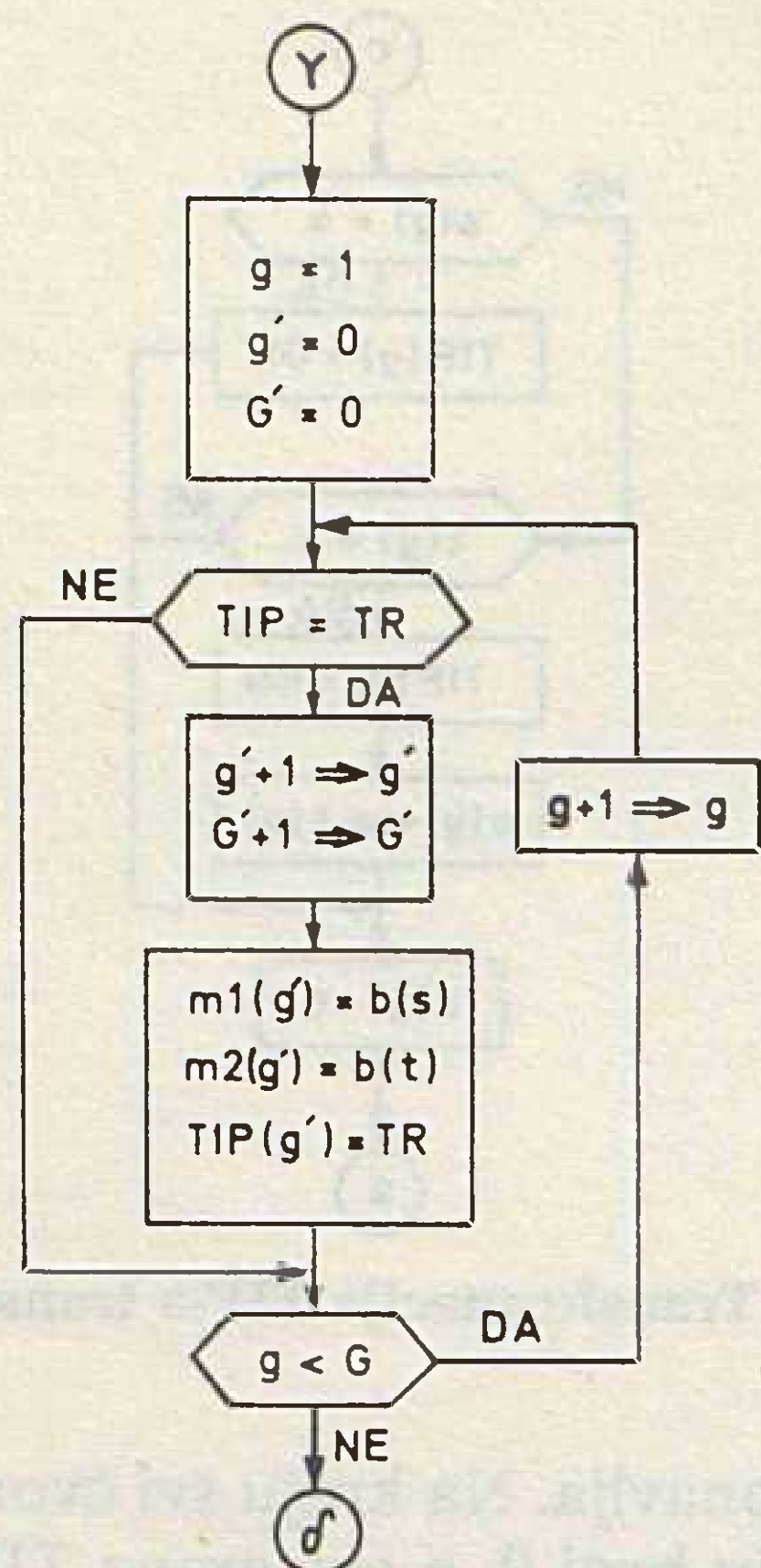
Postupak se ponavlja. Na kraju svi čvorovi u listi grana tipova imaju broj 0, a sve grana $TIP = BT$. Slijedi dodjeljivanje broja mreže čvorovima u listi grana prema dijagramu toka ns sl. 11.

Prva numeracija mreže ne mora odgovarati uvjetima programa »UKSX«. U tom slučaju potrebno je mrežu prenumerirati.

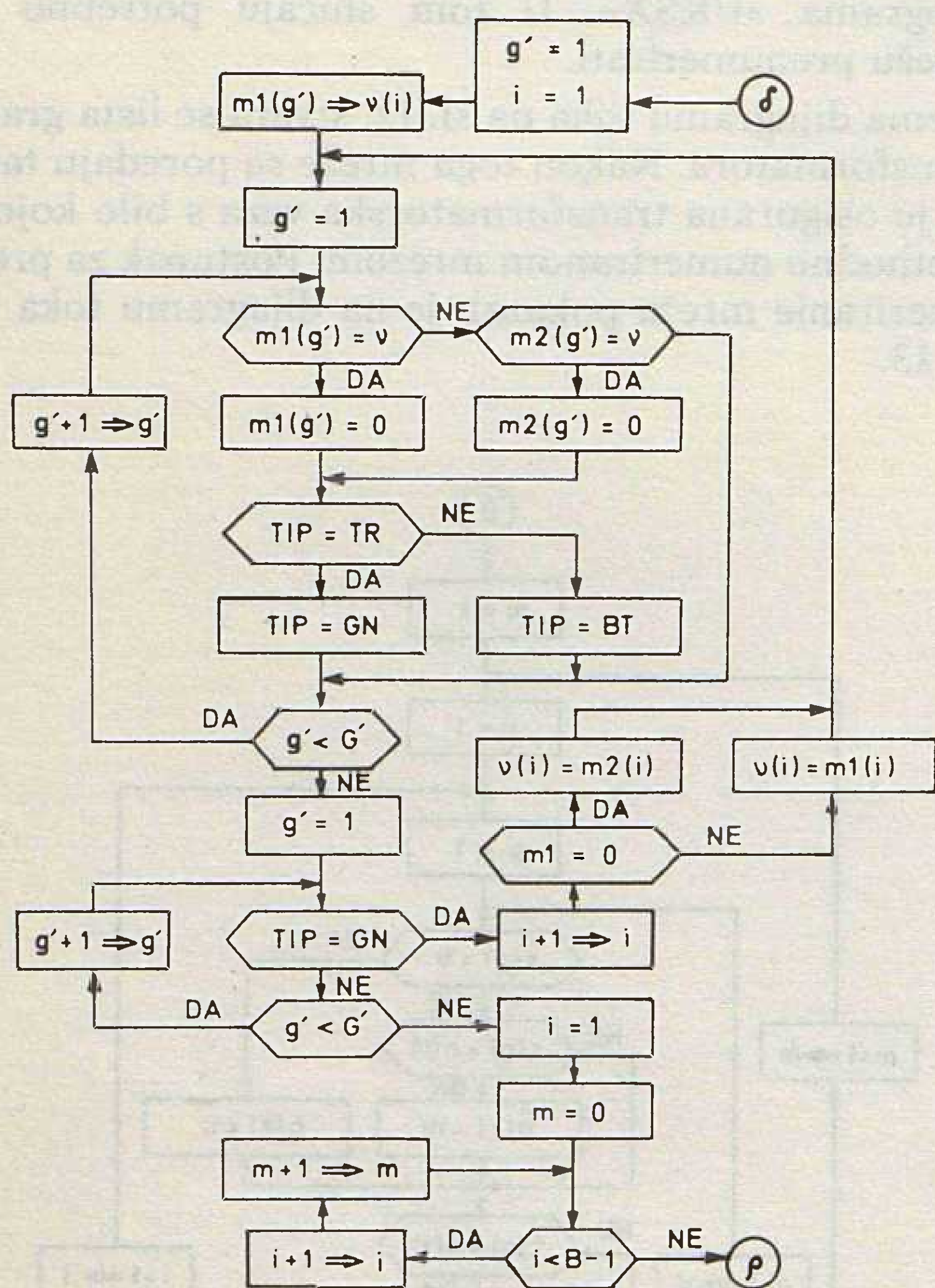
Prema dijagramu toka na sl. 12. stvara se lista grana transformatora. Nakon toga mreže se poredaju tako da je osigurana transformatorska veza s bilo kojom prethodno numeriranom mrežom. Postupak za prenumeriranje mreža pokazan je na dijagramu toka na sl. 13.



Slika 11. Dodjeljivanje broja mreže čvoru u listi grane



Slika 12. Izdvajanje transformatora



Slika 13. Prenumeriranje mreže

5. DATOTEKA UPEM

Gradnja UPEM-a počinje skupljanjem osnovnih podataka po elementima mreže. Načinjeni su formulari u koje se upisuju podaci, i to je osnovna sistematizacija podataka, u ovom slučaju s aspekta aplikacionih programa iz analize mreže. S formulara upisuju se podaci na diskete i s disketa unose u računalo.

Formulari su osnovni zapis i vode se u dva primjerka. Jedan primjerak je radni, a drugi je službeni dokument čiji se sadržaj bez greške mora unijeti u UPEM. Diskete predstavljaju dodatni medij u čuvanju podataka izvan računala, a također štede vrijeme glavnog sistema kod upisivanja podataka. U ovoj fazi stvaranja tehničke baze podataka na nivou datoteka sav je napor usredotočen na prikupljanje što većeg broja podataka i uočavanja logičke veze među podacima u ovisnosti o aplikacionim programima.

Datoteka UPEM sadrži 5 osnovnih tipova elemenata mreže, i to:

1. dalekovode,
2. kabele,
3. transformatore,
4. generatore,
5. prigušnice i kondenzatore

i tri tipa ekvivalentnih elemenata koji se dobiju ekvivalentiranjem dijelova mreže:

6. ekvivalentne dalekovode,
7. ekvivalentne transformatore
8. ekvivalentne generatore.

Podatke UPEM-a možemo podijeliti na sirove podatke, obrađene podatke i rezultate aplikacija. Tako je npr. pogonska impedancija voda obrađeni podatak jer je rezultat primjene internog programa »KONSDV« za proračun konstanti voda. Rezultati programa »Redukcija pasivne mreže« dobiju se korištenjem obrađenih podataka elemenata mreže i zato su to podaci treće grupe. Razlikujemo također podatke stvarnih elemenata mreže i podatke planiranih elemenata mreže. U stvarno i planirano uključuje se i topologija mreže. Zato je interesantno nad datotekom UPEM osnovati tzv. »osnovne mreže«, koje onda korisnik dotjeruje prema postavljenom zadatku. Prva takva mreža UPEM-a je »Osnovna mreža Dalmacije za 1984. g.«.

Lako je predvidjeti da će s vremenom rast datoteke UPEM biti eksponencijalan i da će vrlo brzo biti nužan prijelaz pohranjivanja podataka u jednu modernu bazu podataka, koja oslobađa korisnika uvida u fizičku strukturu baze, a ujedno mu garantira besprijekorno manipuliranje podacima. Međutim, ako se UPEM-u pristupi kao procesu u kojem je fizički smještaj podataka samo jedna međufaza, onda kreiranje datoteke UPEM ne gubi na značenju. Dapače, inzistiranje na bitnim problemima samih podataka, a ne na njihovu smještaju, pogodovalo je uočavanju i rješavanju niza problema, što zajedno s problemima manipuliranja UPEM-om daje solidnu osnovu u donošenju odluke o bazi podataka koju treba odabrati.

6. ZAKLJUČAK

Automatizacija ulaznih podataka pokazala se je vrlo korisnom u eksploataciji programa »UKSX«. Ova automatizacija ujedno je i prvi korak u uvođenju višeg stupnja primjene elektroničkog računala u rješavanju raznih problema iz analize mreže.

Postavljanjem jednostavne komunikacije čovjek – ekran udaljuje se matematičko-numerički proces rješavanja fizikalnog problema od korisnika. Istodobno se omogućuje korisniku da s malo truda i u kratko vrijeme dobije velik broj informacija i da radeći sam fleksibilno i brzo ulazi iz analize u analizu tražeći adekvatno rješenje.

LITERATURA

1. M. OŽEGOVIĆ: »Formiranje matrice [Z] metodom korak po korak kod velikog broja čvorova«, Elektrotehnika Zagreb, br. 1/81.
2. M. OŽEGOVIĆ, Ž. SUMIĆ, M. ZNAOR, J. OŽEGOVIĆ: »Optimizacija korištenja informacionog sistema za potrebe eksploatacije, analiza i razvoja EES Dalmacije – 1 dio.«

AUTOMATION IN PROGRAMME »UKSX«

Classical application of programme »UKSX« requires usual preparation of input data, that results in time wasting and tedious job. In automation of programme a generation of input data is performed by computer. In the article are presented key problems as well as mathematical method for some special solutions.

AUTOMATISIERUNG DES PROGRAMMS »UKSX«

Die herkömmliche Anwendung des Programms »UKSX« verlangt die übliche Vorbereitung der Eingangsangaben, was für den Programm benutzer eine langwierige und schwere Arbeit bedeutet.

Bei der Automatisierung des Programms wurde das Generieren der Eingangsangaben dem elektronischen Rechner überlassen. Im Artikel werden die Schlüsselprobleme die in der Automatisierung des Programms »UKSX« gelöst werden sollten, neben den mathematischen Grundlagen einiger speziellen Lösungen angeführt.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ »УКСИКС«

Классическое применение программы »УКСИКС« требует обычную подготовку входных данных, что для пользующихся ею является длительной и изнурительной работой. При автоматизации программы производство входных данных поверено ЭВМ. В статье приводятся ключевые проблемы, которые следовало решить при автоматизации программы »УКСИКС« с разбором математических оснований некоторых специальных решений.

Naslov pisca:

Prof. dr Marija Ožegović, dipl. inž.
Fakultet elektrotehnike,
strojarstva i brodogradnje — Split
58 000 Split, Rudera Boškovića bb.
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985 – 08 – 25

SOUR »MONTING«

**RO »Montmontaža«
OOUR »ENERGETIKA«
za izgradnju i montažu objekata
i energetske postrojenja
ZAGREB
Dimitrovljeva 2-6**

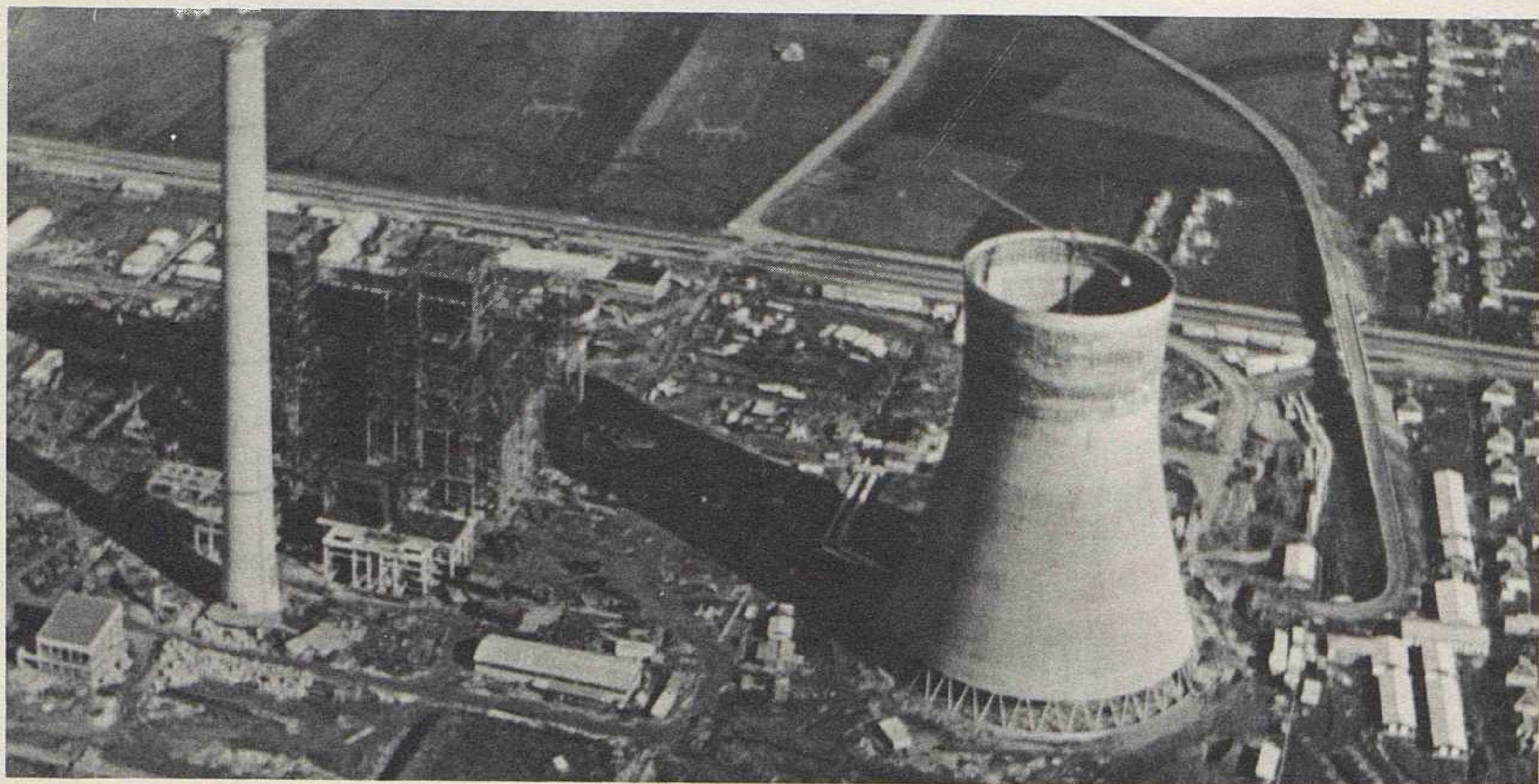
Direktor OOUR-a, telefon	dir. 512-070 centr. 518-900
Tehnička služba	dir. 514-435
Financijska služba	512-070
Kadrovska služba	dir. 513-848
Komercijalna služba	dir. 214-960
Kesterčanekova br. 1	222-499 222-508 centr. 217-700

VRŠI MONTAŽU:

- termoelektrana, toplana, energana, hidroelektrana, nuklearnih elektrana, te u njihovom sklopu montira sva pripadajuća postrojenja: kotlovska, turbinska, postrojenja za tretman industrijskih voda, mazutna gospodarstva i drugu pripadajuću opremu.
- izrađuje i montira čelične konstrukcije, unutrašnji i vanjski razvod svih medija unutar termoelektrana, toplana nuklearnih, hidroelektrana i drugih energetske postrojenja
- vrši remonte i održavanje termoelektrana, hidroelektrana, nuklearnih elektrana, kotlovske i turbinske postrojenja, postrojenja za tretman industrijskih voda, mazutnih gospodarstva s rezervoarima, te remont i održavanje unutrašnjih razvoda
- projektira, izrađuje i montira, u suradnji s Institutom za drvo — Zagreb, predsušionice i sušionice za drvo, različitih tipova i za različite režime sušenja

Kontinuitet u izgradnji Termoelektrana »Kosovo A« i »Kosovo B«

Radni ljudi OOUR-a ENERGETIKA u nizu svojih radnih pobjeda, proslavili su dana 19. 10. 1984. god. s ostalim graditeljima puštanje u pogon TE »Kosovo B« instalirane snage 2×339 MW. To je ujedno i prilika da se podsjetimo na davnu 1960. godinu, kada su monter bivšeg poduzeća »Braća Kavurić« otpočeli svoj pobjedonosni put na izgradnji Rudarsko-energetsko-kemijskog kombinata »Kosovo«.



TE KOSOVO B 2×339 MW u izgradnji

ZAHTJEVI NA KVALITETU REGULACIJE TEMPERATURE SVJEŽE PARE

mr Boris Kalan, Zagreb

UDK 621.186

PRETHODNO PRIOPĆENJE

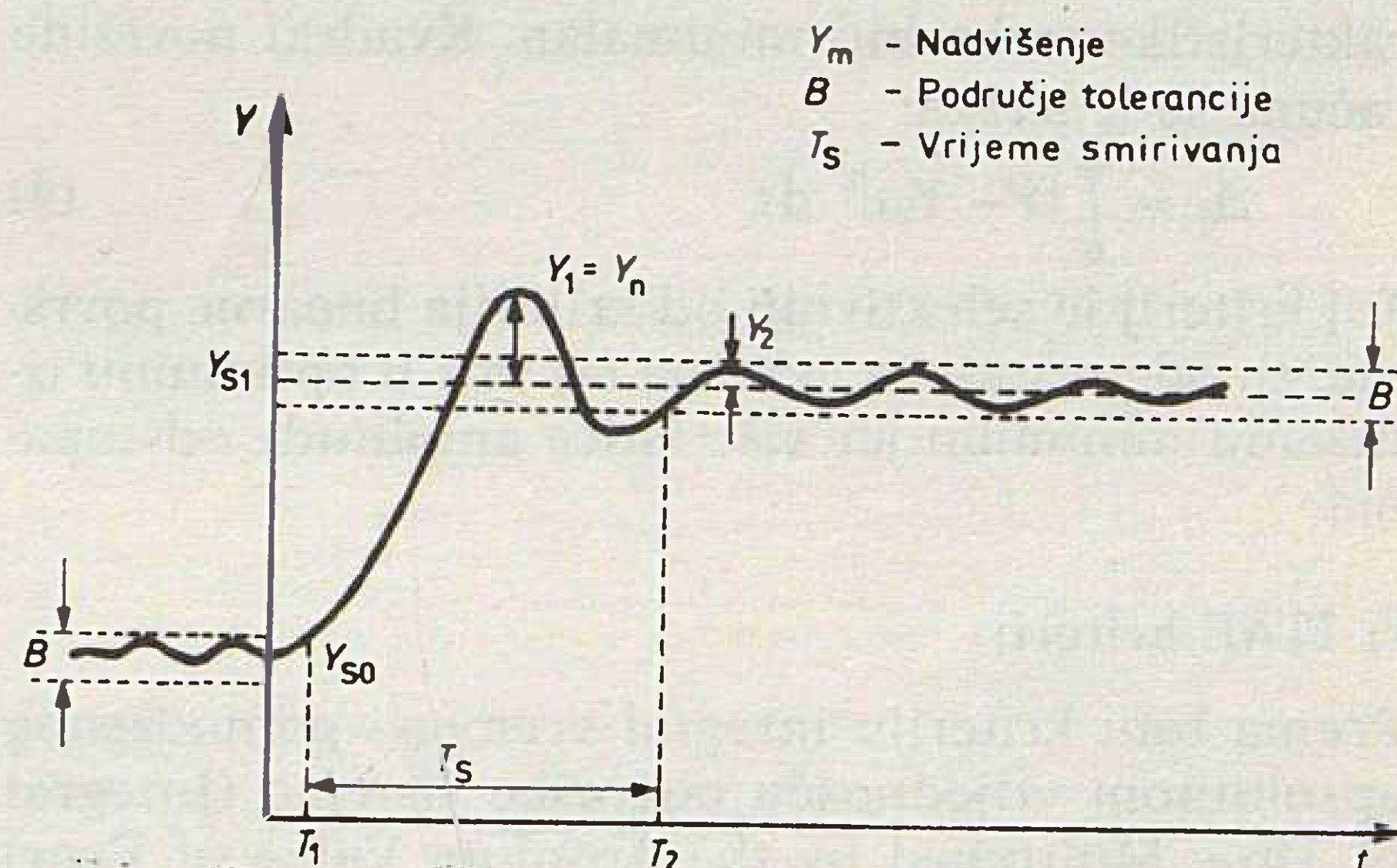
U članku su obrađeni zahtjevi na kvalitetu regulacije temperature svježe pare za termoenergetske jedinice na tekuća, plinovita i kruta goriva. Obradene su karakteristike objekta regulacije, zahtjevi za kvalitetu regulacije, osnovne sheme regulacije, kao i osnovni zahtjevi na mjerne pretvarače i izvršne uređaje.

Ključne riječi: termoelektre, regulacija temperature pare, pogonski zahtjevi regulacije temperature.

1. UVOD

Poznavanje zahtjeva na kvalitetu regulacije osnovnih regulacijskih petlji generatora pare važno je u fazi ugovaranja novih termoenergetskih jedinica radi određivanja dinamičkih svojstava jedinica koje odgovaraju potrebama elektroenergetskog sistema, kao i kod utvrđivanja stanja i mogućnosti postojećih jedinica pri njihovoj modernizaciji.

U članku su obrađeni zahtjevi na kvalitetu regulacije temperature svježe pare, koja predstavlja jednu od najvažnijih regulacijskih petlji generatora pare. Obradene su karakteristike objekta regulacije, zahtjevi na kvalitetu regulacije, osnovne sheme regulacije, kao i osnovni zahtjevi na mjerne pretvarače i izvršne uređaje.



Slika 1. Prijelazna karakteristika regulirane veličine Y kod skokovite promjene namještene vrijednosti

2. KRITERIJI ZA KVALITETU REGULACIJE

Kvaliteta regulacije pojedinih procesa očituje se u održavanju stanja procesa unutar određenih granica u toku prijelaznih pojava, stabilnosti regulacijske petlje, kao i maloj statičkoj pogrešci.

U teoriji regulacije [4, 6] postoji nekoliko kriterija za kvalitetu regulacije koje se osnivaju na obliku i trajanju prijelazne karakteristike. Izbor kriterija ovisi o samom reguliranom procesu, a za pojedini kriterij odgovarajuća veličina u optimalnom slučaju ima minimalnu vrijednost. Kao kriterij za kvalitetu regulacije može biti:

a) Kriterij minimalnog nadvišenja

Prema tom kriteriju nadvišenje Y_m (sl. 1) treba biti minimalno, dok za vrijeme smirivanja prijelaznog procesa T_s ne postoje određeni zahtjevi. Taj kriterij se primjenjuje kod procesa kod kojih iznenadna i velika promjena regulirane veličine može uzrokovati oštećenje opreme ili nedozvoljene promjene parametara procesa.

b) Kriterij srednje linearne pogreške sistema

Prema tom kriteriju srednja linearna pogreška sistema za period vremena $\Delta T = T_2 - T_1$ treba biti minimalna. Srednja linearna pogreška računa se iz izraza:

$$\Delta_1 = \frac{\int_{T_1}^{T_2} |Y - Y_{S1}| dt}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

c) Kriterij srednje kvadratične pogreške sistema

Prema tome kriteriju srednja kvadratična pogreška sistema za period od vremena $\Delta T = T_2 - T_1$ treba biti minimalna. Srednja kvadratična pogreška računa se iz izraza:

$$\Delta_2 = \frac{\int_{T_1}^{T_2} |Y - Y_{S1}|^2 dt}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

d) Kriterij minimalne linearne površine

Prema tom kriteriju površina prijelazne karakteristike treba biti minimalna, tj. pogreška sistema treba se smanjiti u što kraćem vremenu smirivanja. Površina prijelazne karakteristike računa se iz izraza:

$$\Delta_3 = \int_0^{\infty} |Y - Y_{S1}| dt \quad (3)$$

Površina prijelazne karakteristike minimalna je kada je omjer amplituda dva susjedna vala $Y_2/Y_1 = 0,25$, tj. kada se amplituda svakog vala smanjuje na četvrtinu amplitude prethodnog vala. Taj kriterij se primjenjuje za procese kod kojih je važno trajanje smirivanja kao i nadvišenje. Prema VGB preporukama /3/ prigušenje je zadovoljavajuće kada amplituda drugog poluvala nije veća od 35% amplitude prvog poluvala.

e) Kriterij minimalne kvadratične površine

Prema tom kriteriju kvadrat površine prijelazne karakteristike treba biti minimalan. Kvadrat površine računa se iz izraza:

$$\Delta_4 = \int_0^{\infty} |Y - Y_{S1}|^2 dt \quad (4)$$

Taj kriterij je selektivniji od kriterija linearne površine, tj. odgovarajuća veličina (4) ima u optimumu izraženiji minimum jer više ističe amplitude odstupanja.

f) ITAE kriterij

Prema tom kriteriju integral vremena pomnoženog apsolutnom vrijednošću pogreške sistema (Integral of Time Multiplied by the Absolute Value of Error) treba biti minimalan, a izračuna se iz izraza:

$$\Delta_5 = \int_0^{\infty} |Y - Y_{S1}| \cdot t dt \quad (5)$$

Taj kriterij je selektivniji od kriterija linearne i kvadratične površine.

g) Kriterij minimalne smetnje

Prema tom kriteriju regulacija procesa treba djelovati s minimalnom smetnjom na ulazne i izlazne veličine procesa. Uobičajeno se to odnosi na zahtjev da prijelazna karakteristika ne smije oscilirati. Taj kriterij se najčešće primjenjuje na procese kod kojih je izlazna veličina jednog procesa ulazna veličina drugog, pa iznenadne oscilacije izlazne veličine prvog procesa mogu izazvati nedopuštena stanja za drugi proces. Na primjer, nagla ili ciklička promjena izvršnog položaja ventila za protok pare može uzrokovati promjenu tlaka pare i time unijeti smetnju u druge regulacijske petlje za koje je tlak pare ulazna veličina.

Kod definiranja zahtjeva na kvalitetu regulacije generatora pare najčešće su u obrađivanim referencama korišteni kriteriji:

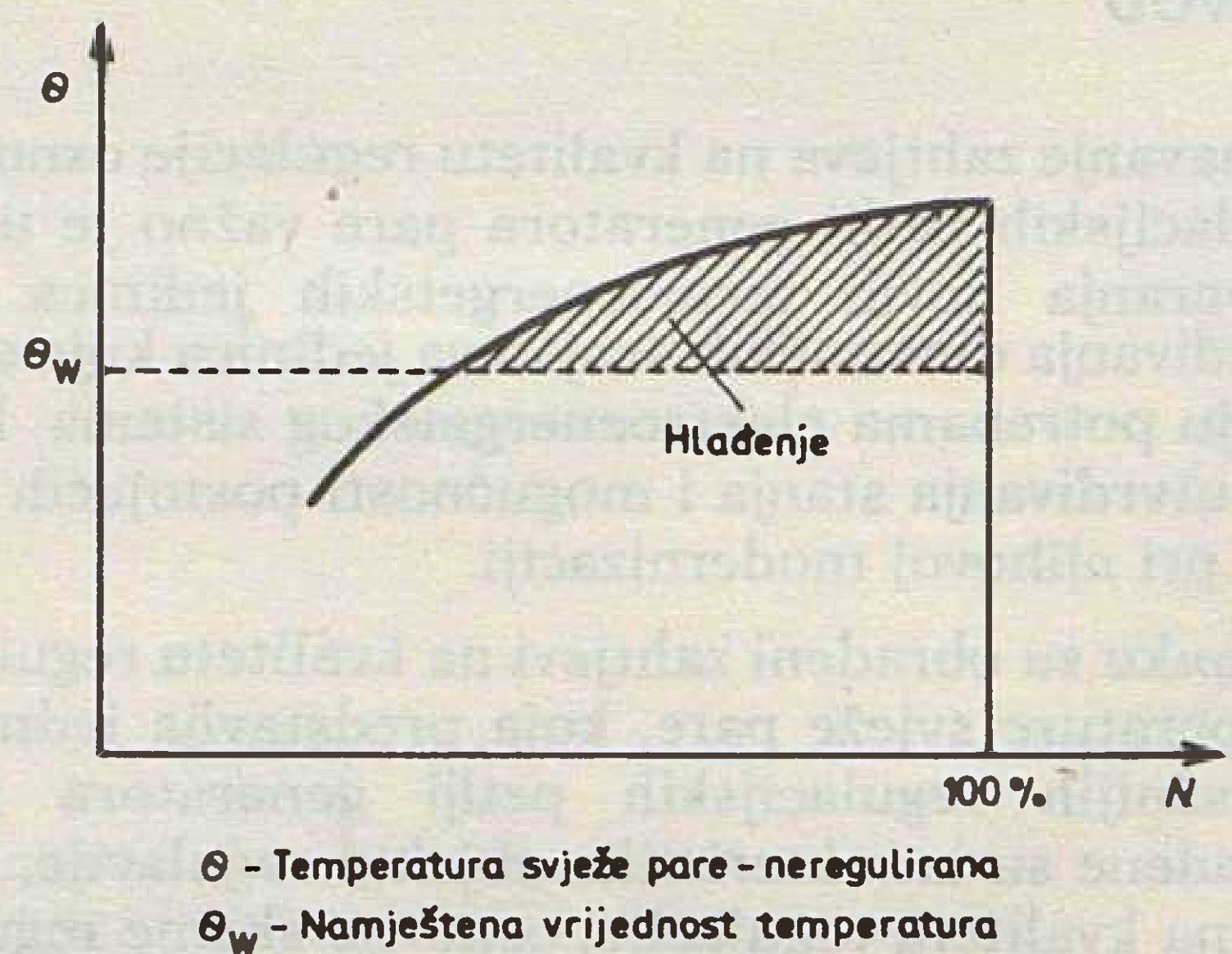
- minimalnog nadvišenja Y_m
- minimalne linearne površine (odn. zahtjev za što manjim omjerom $Y_2 : Y_1$)
- minimalno trajanje prijelaznog procesa T_s .

Prva dva kriterija obično su kombinirana zajedno, dok se kao alternativa (npr. u TGL standardu /2/) primjenjuje prvi i treći kriterij.

3. REGULACIJA TEMPERATURE SVJEŽE PARE

Pregrijači pare imaju uglavnom karakteristiku prijenosa topline konvekcijom, tj. s povećanjem snage raste zagrijavanje pregrijača pa time i temperatura svježe pare sl. 2. Radi sigurnosti i trajnosti pregrijača pare kao i ostale opreme potrebno je održavati temperaturu svježe pare na konstantnom iznosu sa što manjim nadvišenjem, statičkom pogreškom i gradientom temperature.

Kod generatora pare razlikujemo tri vrste pare, i to primarnu, međupregrijanu i svježu paru. Primarna para je para proizvedena u isparivaču, svježa para je para na izlazu generatora pare, a međupregrijana para je povratna para iz turbine u generator pare.



Slika 2. Statička karakteristika pregrijača pare

Za regulaciju temperature svježe pare postoji nekoliko metoda:

- hlađenje uštrcavanjem
- hlađenje povratom dimnih plinova
- hlađenje preraspodjelom protoka dimnih plinova
- mijenjanje nagiba gorionika.

Najčešće se primjenjuje metoda hlađenja uštrcavanjem. U ovisnosti o veličini pregrijača može biti podijeljen u više dijelova, najviše 3, s ugrađenim hladnjakom ispred svakog dijela pregrijača. Temperatura pare se smanjuje uštrcavanjem napojne vode u hladnjak. Ako se voda za uštrcavanje oduzima iza regulacionog ventila napojne vode, doprinosi se regulaciji temperature pare, jer s porastom snage kotla raste i protok vode za uštrcavanje.

Objekt regulacije započinje s izvršnim uređajem za reguliranje temperature svježe pare, a završava s mjernim mjestom za mjerenje temperature svježe pare, obično na izlazu pregrijača. Na objektu regulacije karakteristične su sljedeće veličine:

- regulirana veličina — temperatura svježe pare,
- poremećajne veličine — toplina izgaranja, protok pare i temperatura pare na ulazu u pregrijač,

izvršna veličina — najčešće je protok vode za uštrcavanje, dok kog drugih metoda regulacije (npr. povrat dimnih plinova, mijenjanje nagiba gorionika, itd.) jest ona veličina koja utječe na dovedenu toplinu pregrijača.

3.1. Karakteristike objekta regulacije

3.1.1. Stacionarne pojave

Pregrijač pare je izmjenjivač topline i njegova konstrukcija je uvjetovana konstrukcijom kotla, termodinamičkim karakteristikama, kao i korištenjem materijala za cijevi. Na karakteristike objekta regulacije može se utjecati s obzirom na to da li su ogrjevne površine izložene prijenosu topline zračenjem ili konvekcijom, kao i s obzirom na primjenu paralelnog ili suprotnog protoka dimnih plinova. Sa stajališta regulacije važno je da su ispunjeni ovi zahtjevi:

- mali porast temperature objekta regulacije, tj. mali porast temperature pare u pregrijaču. Porast temperature treba biti to manji što su stroži zahtjevi na kvalitetu regulacije (nadvišenje) i što su poremećajne veličine veće i brže, jer poremećajne veličine djeluju proporcionalno s porastom temperature. Ako je konstrukciono moguće kod velikih generatora pare s temperaturom svježe pare iznad 500°C , porast temperature na zadnjem pregrijaču ne treba biti veći od 50 do $70^{\circ}\text{C} / 1/$.
- mala ovisnost porasta temperature s obzirom na promjenu opterećenja generatora pare. Na primjer, u području opterećenja od pola do pune snage ovisnost o opterećenju iznosi 25% kod pregrijača s karakteristikom prijenosa topline konvekcijom i 12% kod pregrijača s karakteristikom prijenosa topline zračenjem, što odgovara promjenljivom dijelu porasta temperature od 15°C odnosno 8°C . Kod većih iznosa porasta temperature relativne promjene tog iznosa s obzirom na promjenu opterećenja treba da budu manje.
- mala razlika temperatura svježe pare može se primijeniti dodatna regulacijska petlja koja korigira položaje izvršnih uređaja s obzirom na razliku temperature u pojedinim pregrijačima.
- što je moguće manja nezagrijana površina cijevi i kolektora pare.
- mala masa željeza u objektu regulacije. Veće mase su jedino poželjne u izuzetnim slučajevima kao npr. česte kratkotrajne promjene opterećenja.

Faktor pojačanja objekta regulacije jest omjer promjene izlazne temperature pare prema promjeni ulazne temperature u stacioniranom stanju. Taj faktor je zbog smanjenja specifične topline pare kod pregrižavanja, nešto veći od 1.

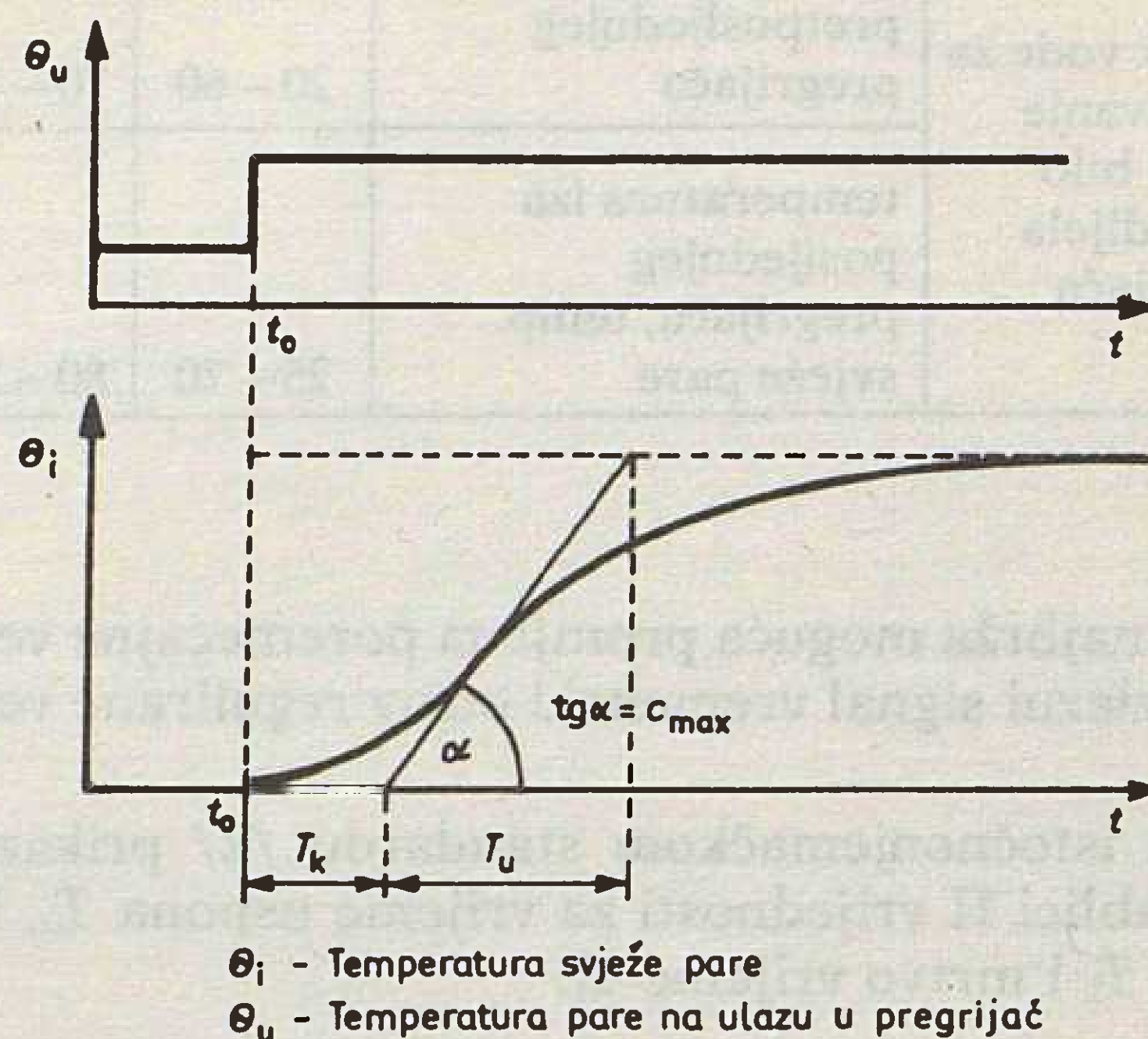
3.1.2. Prijelazne pojave

3.1.2.1. Prijelazna pojava izvršne veličine

Prijelazna pojava izvršne veličine određuje se pomoću prijelazne karakteristike, pri čemu je ulazni signal

najbrža moguća promjena položaja izvršnog uređaja, a izlazni signal je vremenski odziv temperature pare na izlazu pregrijača.

Prijelazna karakteristika (sl. 3) određena je vremenom kašnjenja T_k i vremenom uspona T_u .



Slika 3. Prijelazna karakteristika pregrijača

Vrijeme uspona T_u jest potrebno vrijeme da regulirana veličine θ_i prijeđe od početnog do konačnog stanja kod najveće moguće brzine C_{max} . Najveća moguća brzina određena je nagibom tangente na prijelaznoj karakteristici u točki infleksije. Vrijeme kašnjenja T_k je vrijeme od početka promjene izvršne veličine pa do sjecišta tangente s apscisom. Ponašanje objekta regulacije ovisi o omjeru ta dva vremena, tj. o broju:

$$\sigma = \frac{T_k}{T_u} \quad (6)$$

Naime, sa teorijskog stanovišta može se pregrijač opisati pomoću niza sistema 1. reda, gdje je broj tih sistema n određen nagibom tangente, tj. brojem σ (6).

Prema proračunima i mjerenjima broj se kreće od 0,3 do 0,5, pa se stoga broj n nalazi između 4 i 6 /5/. Vrijeme kašnjenja T_k kreće se od 50 do 100 s. Projektant ima male mogućnosti da utječe na veličine σ i n , pa prethodni proračun prijelazne karakteristike služi samo za predviđanje karakteristika regulacije.

Prema istočnonjemačkom standardu /2/ prikazane su na tablici I vrijednosti za vrijeme T_u , kašnjenja T_k i mrtvo vrijeme T_t^1 .

Mrtvo vrijeme T_t je interval vremena od trenutka skokovite promjene ulazne veličine do početka promjene izlazne veličine.

Navedeni podaci dobiveni su mjerenjem na generatorima pare različite snage i načina loženja. Pri tome se je hod regulacionog ventila za uštrcavanje mijenjao od 30% do 80%.

3.1.2.2. Prijelazne pojave poremećajne veličine

Prijelazna pojava poremećajne veličine određuje se pomoću prijelazne karakteristike, pri čemu je ulazni

Tablica I

Izvršna veličina	Regulirana veličina	$T_k + T_t$	T_u
		s	s
protok vode za uštrcavanje ispred bilo kojeg dijela pregrijača	temperatura pare iza pretposljednog pregrijača	20 – 60	70 – 125
	temperatura iza posljednjeg pregrijača, temp. svježe pare	25 – 70	80 – 220

signal najbrža moguća promjena poremećajne veličine, a izlazni signal vremenski odziv regulirane veličine.

Prema istočnonjemačkom standardu /2/ prikazane su u tablici II vrijednosti za vrijeme uspona T_u , kašnjenja T_k i mrtvo vrijeme T_t :

Tablica II

Način loženja	Poremećajna veličina	$T_k + T_t$	T_u
		s	s
ulje ili plin	toplina izgaranja	30 – 160	150 – 550
	protok	15 – 40	80 – 220
loženje na roštilju	protok pare	20 – 40	140 – 200
	protok zraka	39 – 50	120 – 160
loženje ugljenom prašinom, smeđi ugljen	protok pare	20 – 50	100 – 250

Prijelazna karakteristika uobičajeno se mjeri najbrže mogućom promjenom izvršnog uređaja. No zbog utjecaja poremećajnih veličina kao pogonskih ograničenja na nadvišenje, takva mjerenja ne daju najbolje rezultate. Povoljnije je mjeriti frekvencijske karakteristike s promjenom amplitude unutar dozvoljene granice. No budući su važna mjerenja na niskim frekvencijama, takva mjerenja mogu biti dugotrajna.

3.2. Zahtjevi za regulaciju

Regulacija temperature svježe pare treba održavati temperaturu na određenoj namještenoj vrijednosti koja može biti konstantna ili ovisna o opterećenju.

S obzirom na ograničenje materijala turbine, stijenki pregrijača i parovoda, nadvišenje i gradijent temperature treba da budu unutar određenih granica.

Prema VDI/VDE smjernicama /1/ dozvoljena su kratkotrajna odstupanja temperature svježe pare od $\pm 10^\circ\text{C}$, dok se veća odstupanja dozvoljavaju u slučaju kada se ona rijetko dešavaju ili ako se polagano mijenjaju (npr. $2 - 3^\circ\text{C}/\text{min}$).

Prema VGB preporukama /3/ navode se kao primjer za generatore pare visokog učina sljedeća nadvišenja temperature svježe pare θ_m :

- a) stacionarni pogon u bilo kojoj točki opterećenja između 40% i 100% nazivne snage, bez uključenog utjecaja po frekvenciji

$$\theta_m = \pm 2^\circ\text{C}$$

- b) kao prethodno, samo s frekventnim utjecajem koji uzrokuje promjena opterećenja unutar promjena od 5% nazivne snage

$$\theta_m = \pm 4^\circ\text{C}$$

- c) kontinuirana promjena opterećenja ukupnog iznosa 50% u području opterećenja 40% do 100% s gradijentom 10% po minuti, neovisno o smjeru promjene

$$\theta_m = +6^\circ\text{C} \text{ do } -10^\circ\text{C}$$

- d) skokovita promjena opterećenja od 10% unutar područja opterećenja od 40% do 100%, neovisno o smjeru promjene

$$\theta_m = \pm 5^\circ\text{C}$$

Prema ruskim zahtjevima za kvalitetu regulacije /7/ dozvoljena su sljedeća nadvišenja temperatura svježe pare:

- a) stacionarni pogon, područja opterećenja s automatskom regulacijom i bez uključenih poremećajnih veličina

$$\theta_m = \pm 6^\circ\text{C}$$

- b) skokovita promjena opterećenja od 10% unutar područja opterećenja s automatskom regulacijom

$$\theta_m = 8^\circ\text{C}$$

Navedene vrijednosti vrijede kao garancijske vrijednosti za temperaturu pare na izlazu zadnjeg pregrijača. Za ostale dijelove pregrijača dozvoljena su na osnovi sigurnosnih proračuna veća nadvišenja temperature.

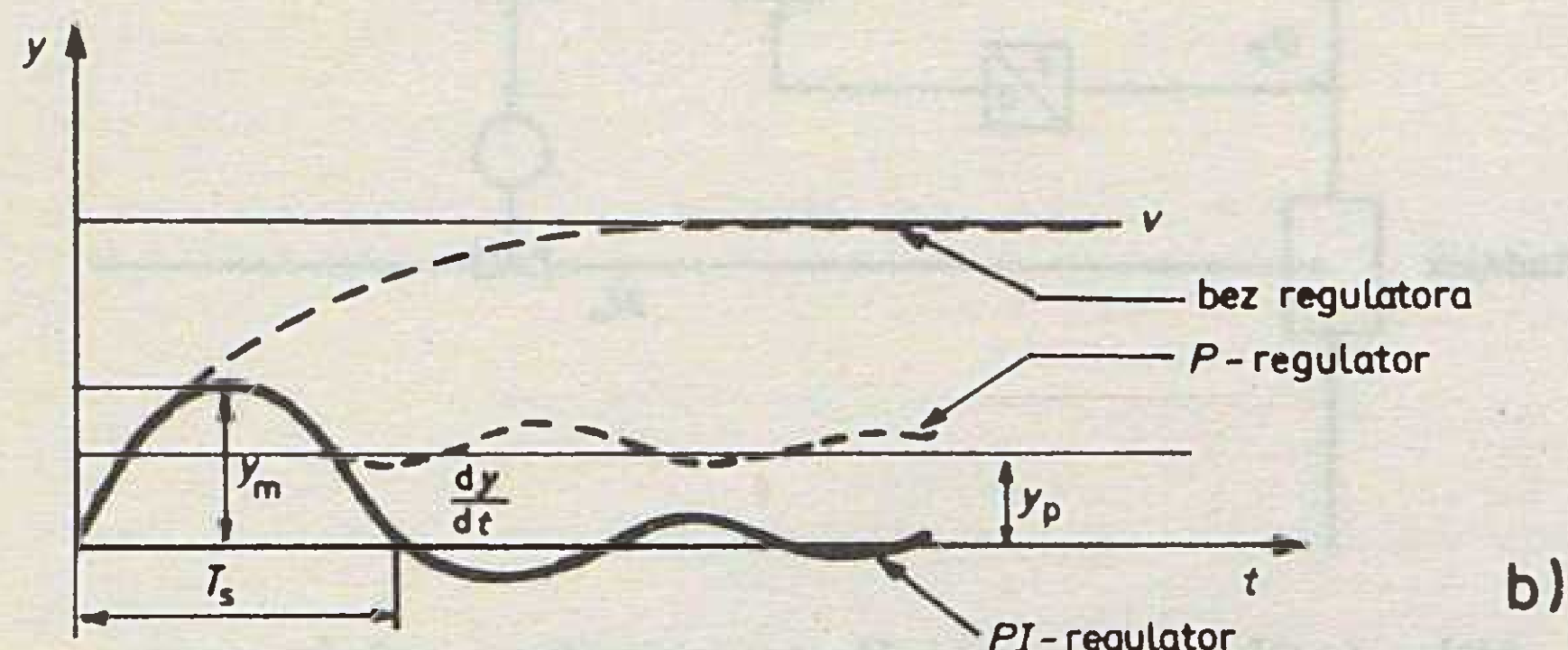
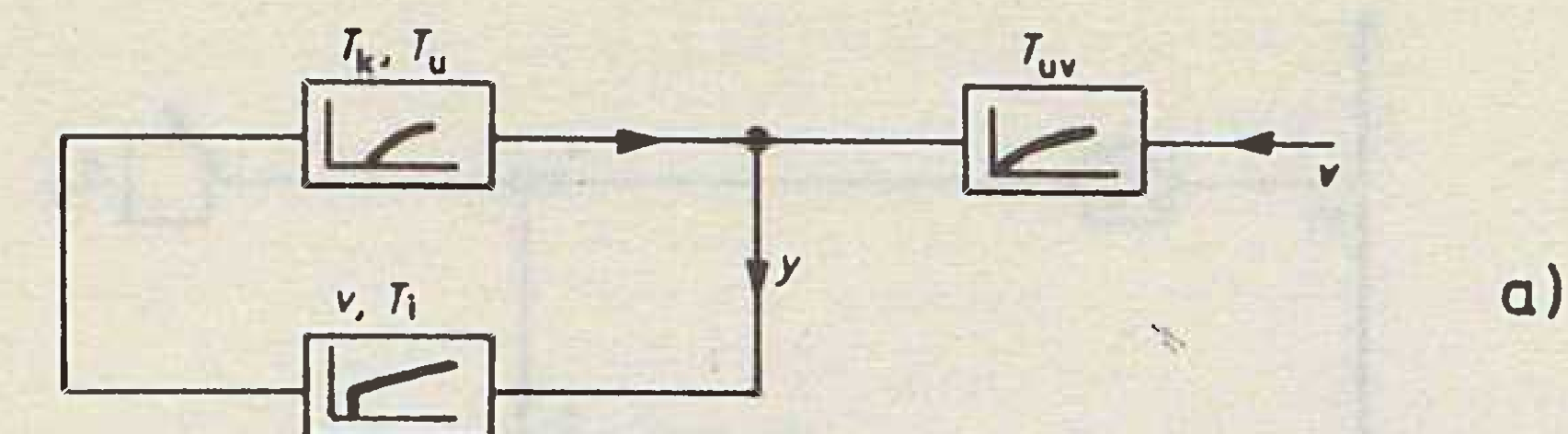
3.2.1. Kvaliteta regulacije

Najvažniji kriteriji za kvalitetu regulacije je nadvišenje. Nadvišenje Y_m ovisi o sljedećim veličinama (sl. 4):

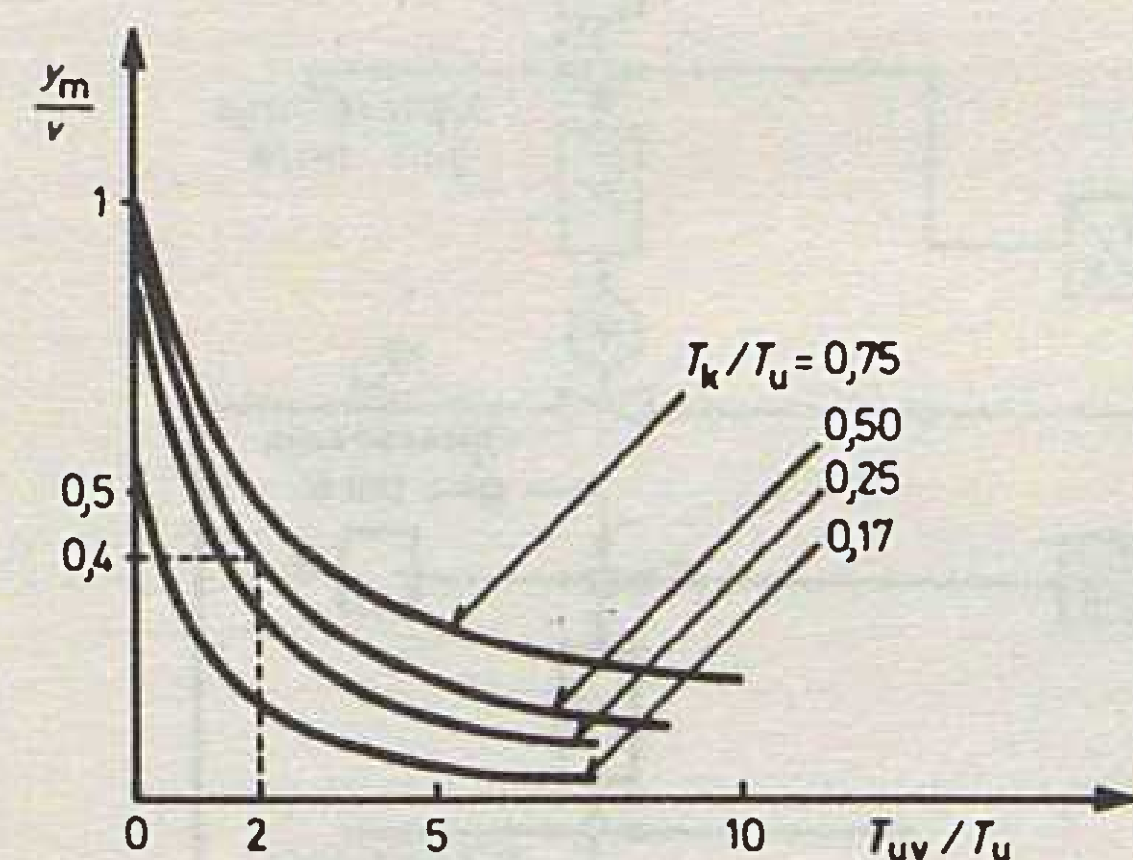
- a) Poremećajna veličina v

Poremećajne veličine su promjene topline loženja i protoka pare. Obje poremećajne veličine djeluju proporcionalno veličina porasta temperature.

¹ Obično zadnji pregrijač ima karakteristiku prijenosa topline konvekcijom, dok ostali pregrijači imaju pretežno karakteristiku prijenosa toplina zračenjem.



T_s - vrijeme smirivanja
 y_p - pogreška sistema
 y_m - nadvišenje
 y - regulirana veličina, temp. svježe pare
 v - poremećajna veličina
 $\frac{dy}{dt}$ - brzina smanjivanja



Slika 4. Nadvišenje kod regulacije temperature svježe pare: a) shema regulacijske petlje, b) prijelazna karakteristika regulirane veličine, c) dijagram za proračun nadvišenja

b) Vrijeme uspona T_{uv} prijelazne karakteristike poremećajne veličine

Toplinski kapacitet pregrijača onemogućuje momentani utjecaj poremećajne veličine na reguliranu veličinu, te ona djeluje s usporenim vremenom. Osim toga kod mnogih vrsta loženja ne nastupaju svi poremećaji topline loženja istovremeno, što utječe na povećanje vremena uspona.

c) Vrijeme kašnjenja T_{kv} prijelazne karakteristike poremećajne veličine

Kod većih vremena kašnjenja prijelazne karakteristike poremećajne veličine može se utjecati na smanjenje vremena kašnjenja s odgovarajućim priključenjem poremećajne veličine u regulacijsku petlju.

d) Omjer vremena kašnjenja i uspona T_k/T_u prijelazne karakteristike izvršne veličine

Nadvišenje regulirane veličine ne ovisi o apsolutnim iznosima vremena uspona i kašnjenja, već o njihovom omjeru.

e) Podešenje regulatora

Podešenje regulatora, tj. vremenska konstanta PI-djelovanja T_I i pojačanje V , ovise o vremenu kašnjenja T_k i vremenu uspona T_u prijelazne karakteristike izvršne veličine. Podešenje se računa prema sljedećim izrazima /8/:

$$V = K_p \frac{T_u}{T_k} \quad (7)$$

$$T_I = K_I T_k \quad (8)$$

Faktori imaju obično sljedeće vrijednosti: $K_p = 0,8$ i $K_I = 3$. Ispitivanja su pokazala da se optimalno podešenje regulatora razlikuje od navedenih vrijednosti jer su faktori K_p i K_I ovisno o omjeru vremena T_k/T_u i T_k/T_{uv} . S porastom omjera T_k/T_u raste faktor K_p dok K_I opada.

Nadvišenje se može izračunati iz dijagrama na sl. 4.a u ovisnosti o omjeru T_{uv}/T_u i T_k/T_u . Poremećajna veličina v računa se kao postotak promjene protoka pare ili topline loženja s obzirom na porast temperature objekta regulacije.

U regulacijskoj petlji sl. 4.a nalazi se idealan linearni PI regulator koji je podešen na minimalno nadvišenje.

Za kvalitetu regulacije važna je i brzina smanjivanja dy/dt (sl. 4.b). Budući da na pregrijač djeluje istovremeno više poremećajnih veličina, potrebno je da ta brzina bude što veća.

Vrijeme porasta T_p jest vrijeme od početka promjene poremećajne veličine pa do trenutka kada regulirana veličina prvi puta dođe do određene vrijednosti (npr. 90%) konačne stacionarne vrijednosti.

Minimalno vrijeme porasta ovisi o karakteristici objekta regulacije (vrijeme kašnjenja T_k) i na njega se može utjecati podešavanjem regulatora.

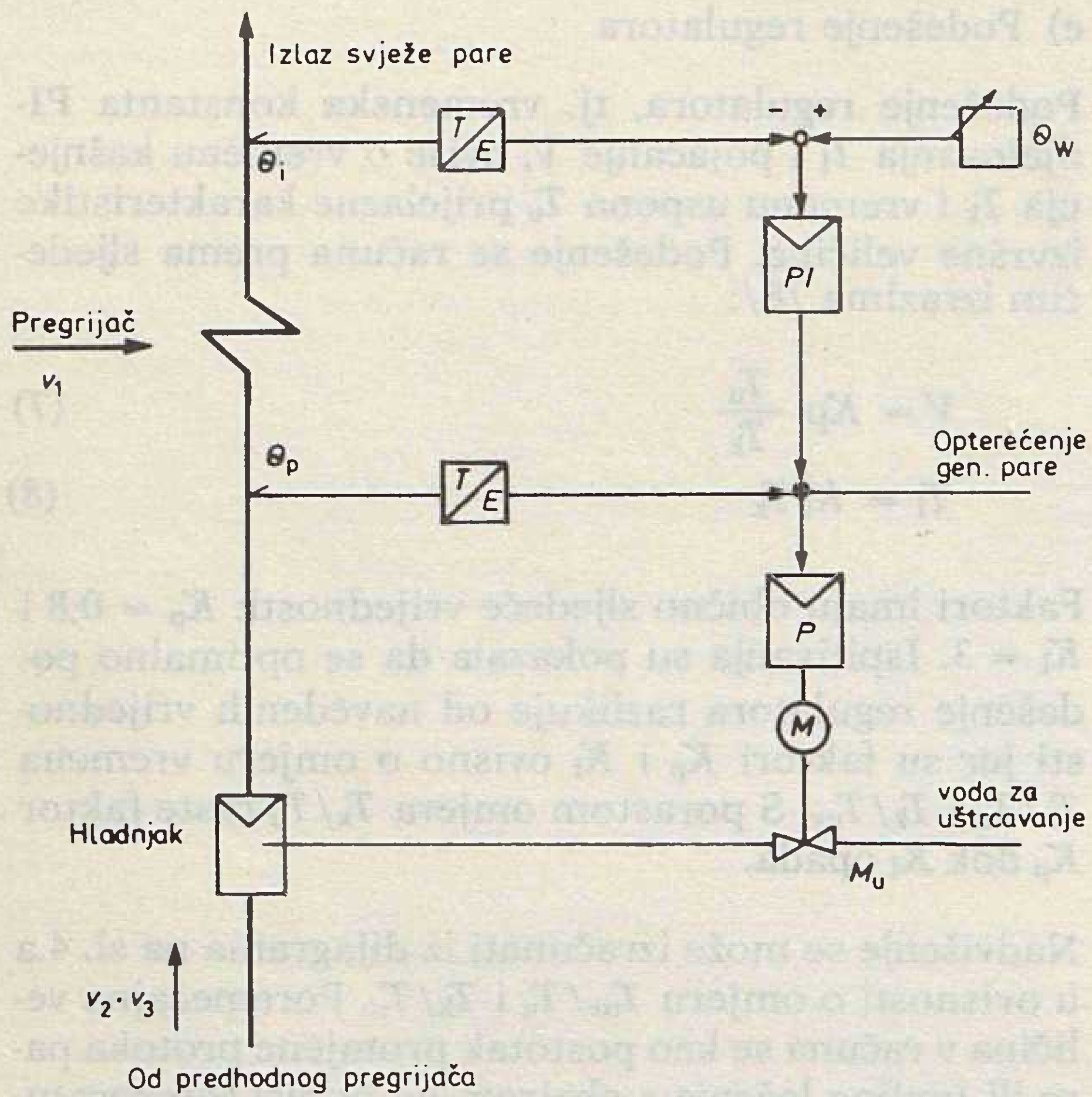
Stabilnost regulacijske petlje je zadovoljavajuća /2/ kada je vrijeme smirivanja T_s , tj. vrijeme potrebno da regulirana veličina nije trajno veća od određenog iznosa (npr. 5%) njezine konačne stacionarne vrijednosti:

$$T_s \leq 480 \text{ s.}$$

3.3. Osnovne sheme regulacije

Temperatura svježe pare najčešće se regulira pomoću hlađenja vodom za uštrcavanje. glavna regulirana veličina jest temperatura pare θ_1 na izlazu iz pregrijača, dok je izvršna veličina m protok vode za uštrcavanje (sl. 5). Poremećajne veličine koje djeluju na objekt regulacije jesu:

- v_1 — promjena topline loženja,
- v_2 — promjena protoka pare,
- v_3 — promjena temperature pare prije hladnjaka.



Slika 5. Shema regulacije temperature svježe pare

Za regulaciju poremećajnih veličina koristi se obično regulator PI djelovanja. Primjena pomoćne regulacijske petlje omogućuje reguliranje ulaznih poremećajnih veličina (v_2 i v_3) prije nego one djeluju na temperaturu svježe pare θ .

Pomoćna regulacijska petlja sastoji se od mjernog pretvarača temperature iza hladnjaka θ_p , regulatora P-djelovanja i izvršenog uređaja za regulaciju protoka vode za uštrcavanje. Namještenu vrijednost regulatora P-djelovanja određuje glavni regulator PI-djelovanja u ovisnosti o pogrešci temperature svježe pare θ .

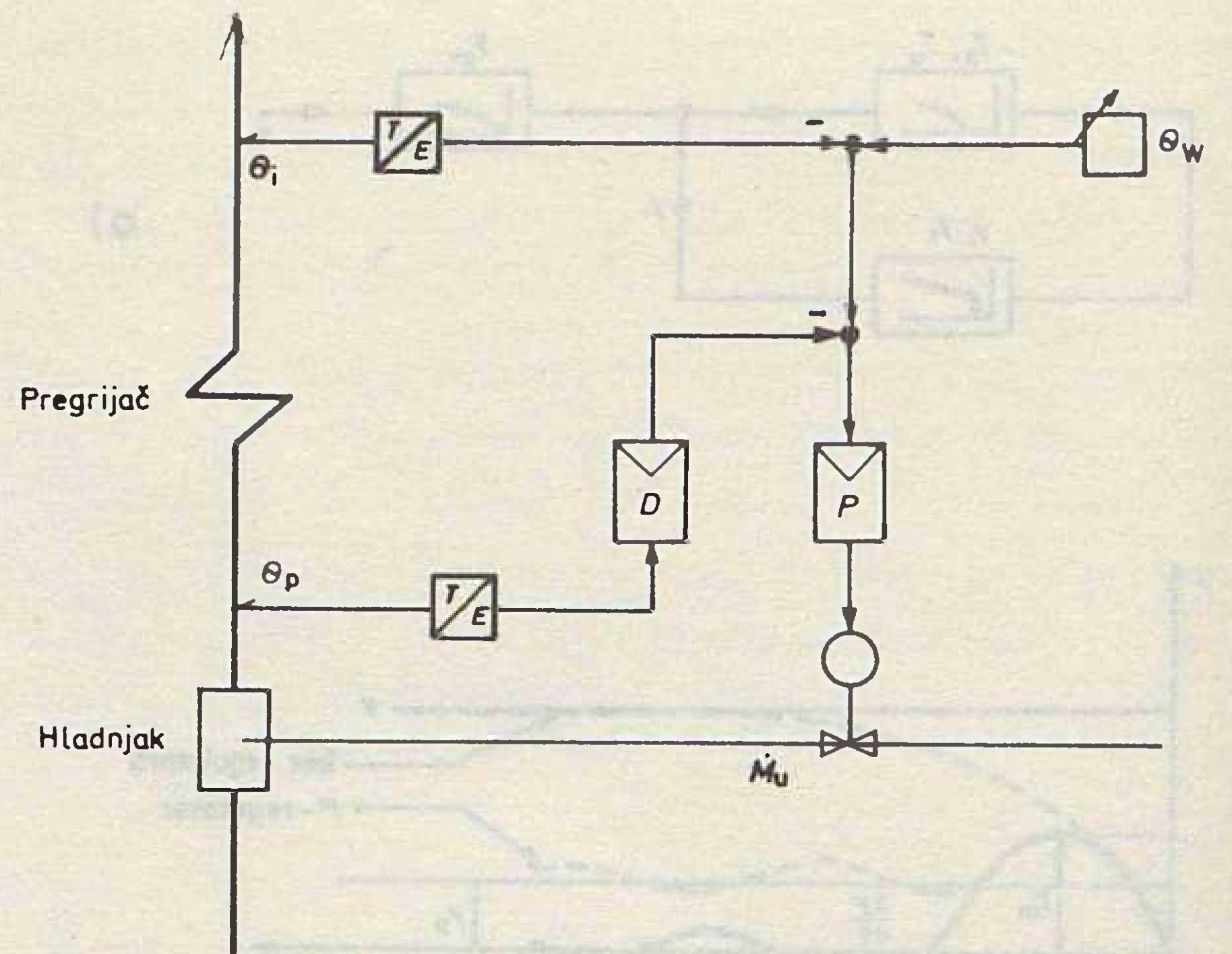
Također je povoljno priključiti kao poremećajnu veličinu opterećenje generatora pare (npr. protok pare). Naime, kod promjene opterećenja generatora pare poremećuje se toplina loženja (zbog jake ovisnosti regulacije loženja o tlaku pare), pa je stoga povoljno priključiti tu poremećajnu veličinu prije nego ona djeluje preko pregrijača.

Često se primjenjuje shema s regulatorom D-djelovanja (sl. 6) koja djeluje isto kao prethodno opisana shema.

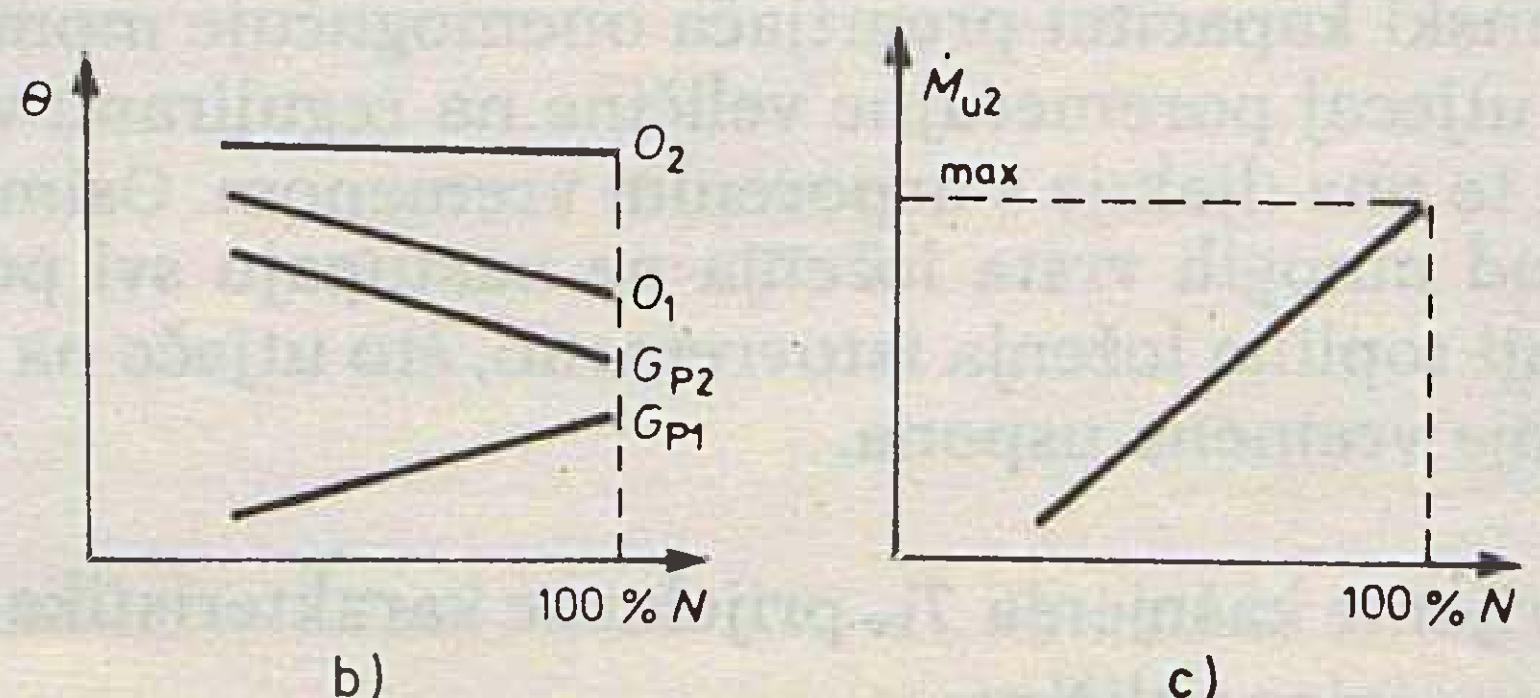
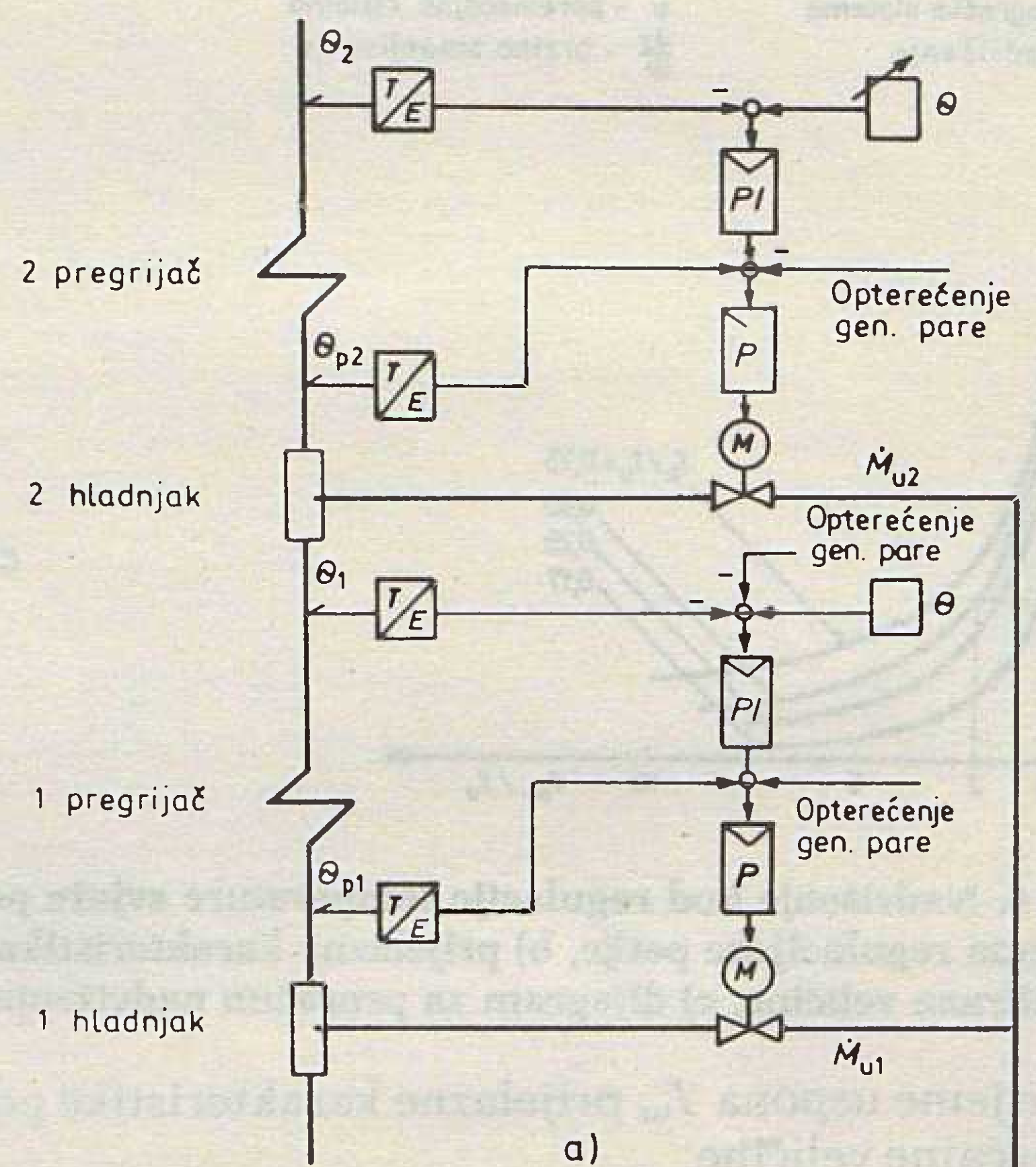
Iako se pojačanje i vremenske konstante objekta regulacije mijenjaju s opterećenjem generatora pare, parametri regulatora mogu u području od 50–100% snage biti konstantni. Ako generator pare radi i na malim snagama, potrebno je povećati vremensku konstantu PI-djelovanja /8/.

Kod velikih generatora pare obično je pregrijač podijeljen na dva do tri dijela radi povoljnije regulacije temperature svježe pare. Jedan je od načina regulacije da se svaki pregrijač regulira za sebe, s time da se namještena vrijednost temperature pare mijenja u ovisnosti o statičkoj karakteristici pojedinog pregrijača (sl. 7).

Kao što se iz dijagrama vidi (sl. 7.b), drugi pregrijač ima karakteristiku prijenosa topline konvekcijom, tj.



Slika 6. Shema regulacije temperature svježe pare



Slika 7. Shema regulacije temperature svježe pare sa dva pregrijača a) shema, b) dijagram temperatura, c) ovisnost protoka vode za uštrcavanje o opterećenju

ugrijavanje rasta s porastom opterećenja. Kako bi se protok vode za uštrcavanje u drugi hladnjak M_{u2} održavao u području regulacije, treba namještenu vrijednost za temperaturu pare ispred drugog hladnjaka θ_1 padati s porastom opterećenja. Promjena namještena vrijednosti postiže se priključenjem signala protoka pare na regulator prvog uštrcavanja.

Pomoću jačine promjene namještene vrijednosti utječe se na manju ili veću promjenu protoka na uštrcavanje \dot{M}_{u2} u ovisnosti o promjeni opterećenja (sl. 7.c) generatora pare.

Kod protočnih generatora pare teži se da je omjer protoka vode za uštrcavanje i napojne vode konstantan, tj. da protok vode za uštrcavanje linearno raste s protokom pare. To znači da je razlika temperature pare na drugom hladnjaku približno konstantna i da temperatura pare θ_1 treba paralelno opadati s temperaturom θ_2 .

Osim hlađenja pare vodom za uštrcavanje, postoje i druge metode:

a) Regulacija preraspodjele protoka dimnih plinova

Pomoću klapni mijenja se protok dimnih plinova koji prenose toplinsku energiju na pregrijač pare. Taj način regulacije ima manje vrijeme kašnjenja nego hlađenje vodom za uštrcavanje, no područje izvršne veličine je ograničeno.

b) Regulacija povrata dimnih plinova

Pomoću klapni ili ventilatora vraća se dio hladnih dimnih plinova na pregrijač pare. Tom metodom postižu se manja vremena kašnjenja.

c) Regulacija nagiba gorionika

Pomoću promjene nagiba gorionika može se utjecati na dovod topline pregrijaču pare. Kod te metode je područje izvršne veličine ograničeno.

d) Regulacija izmjene topline

U izmjenjivaču topline vruća para predaje toplinsku energiju hladnijem mediju (npr. hladnija para, napojna voda).

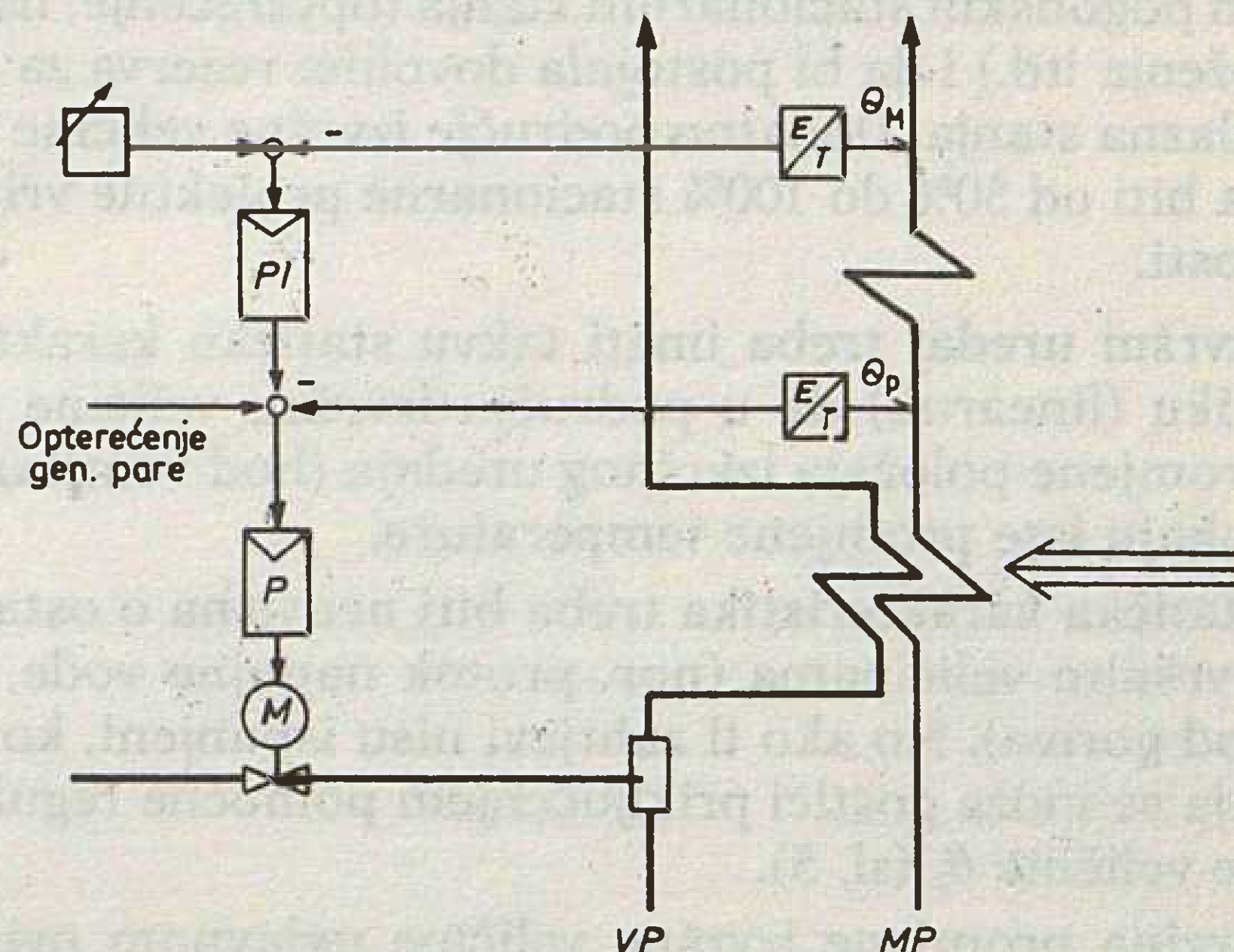
Izvršna veličina je protok medija koji prima toplinsku energiju u izmjenjivaču topline.

3.4. Regulacija temperatura međupregrijane pare

Nakon izlaza iz visokotlačnog dijela turbine para se vodi ponovo u generator pare gdje se u međupregrijaču nanovo grije. Regulacija temperature međupregrijane pare održava temperaturu pare na izlazu iz generatora pare na konstantnom iznosu. Međupregrijač pare nalazi se u hladnijoj struji dimnih plinova (bliže izlazu iz kotla), pa stoga ima izraženiju karakteristiku prijenosa topline konvekcijom. Za regulaciju temperature koriste se izmjenjivači topline jer se hlađenje pare vodom za uštrcavanje ne preporuča zbog mogućeg ulaska kapljica u turbinu. Na sl. 8. prikazana je shema regulacije sa tzv. triflux-izmjenjivačem topline.

Izmjenjivač topline između visokotlačne VP i međupregrijane MP pare dodatno se ugrijava u struji dimnih plinova. Temperatura pare θ_M regulira se na taj način da se voda uštrca u visokotlačno paru prije triflux-izmjenjivača i time se više ili manje hladi među-

pregrijana para. Pomoćna regulirana veličina jest temperatura međupregrijane pare iza triflux-izmjenjivača θ_p , a signal opterećenja generatora pare (protok pare) služi kao poremećajna veličina.



Slika 8. Shema regulacija temperature međupregrijane pare pomoću triflux-izmjenjivača

Kvaliteta regulacije temperature međupregrijane pare očituje se u zahtjevima za nadvišenjem.

Prema VGB preporukama /3/ temperatura međupregrijane pare na izlazu iz generatora pare ne smije ni u jednom pogonskom slučaju prijeći maksimalno dozvoljenu vrijednost.

Prema ruskim zahtjevima za kvalitetu regulacije /7/ dozvoljeno nadvišenje ovisi o pogonskim uvjetima:

a) stacionarni pogon unutar područja opterećenja s automatskom regulacijom i bez uključenih poremećajnih veličina

$$\theta_m = \pm 6 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

b) skokovita promjena opterećenja od 10% unutar područja opterećenja s automatskom regulacijom

$$\theta_m = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.5. Mjerni uređaji

Mjerni uređaji sastoje se od standardnih termonaponskih pretvornika, dok se termootporni pretvornik rjeđe koristi.

Područje neosjetljivosti mjernih osjetila zajedno s mjernim pretvaračem i regulatorom ne smije biti veće od $\pm 5\%$ dozvoljene pogreške sistema /1/. Također, važna je konstantnost nule, kao i ponovljivost mjerenja.

Prijelazna karakteristika mjernih osjetila karakterizirana je vremenom kašnjenja T_k i vremenom polovišne vrijednosti $T_{1/2}$. Vrijeme kašnjenja ne smije biti veće od 2 s, vrijeme polovišne vrijednosti od 8 s, a vrijeme kašnjenja mjernog pretvornika treba za red veličine biti manje. To je naročito važno kod regulacije temperature pare iza hladnjaka jer je vrijeme kašnjenja mjernih osjetila veliko u usporedbi s ostalim kašnjenjima u regulacijskoj petlji.

3.6. Izvršni uređaji

Područje izvršne veličine treba biti dovoljno veliko kako bi hlađenje bilo zadovoljavajuće u toku različitih pogonskih stacionarnih stanja (opterećenje, način loženja itd.) i da bi postojala dovoljna rezerva za prijelazna stanja. Dodatno područje izvršne veličine treba biti od 50% do 100% stacionarne projektne vrijednosti.

Izvršni uređaj treba imati takvu statičku karakteristiku (linearnu) da u području izvršne veličine iste promjene položaja izvršnog uređaja (hod ventila) uzrokuju iste promjene temperature.

Statička karakteristika treba biti neovisna o ostalim izvršnim veličinama (npr. protok napojne vode, dovod goriva). No ako ti zahtjevi nisu ispunjeni, korekcija se može postići priključenjem pomoćne regulirane veličine θ_p (sl. 5).

Brzina promjene izvršne veličine uglavnom ovisi o regulatoru. U slučaju ručnog upravljanja brzina promjene izvršne veličine treba odgovarati vremenu kašanjena mjernih pretvarača. preporuča se da ta brzina iznosi 3% maksimalnog izvršenog područja u sekundi. Također, brzina promjene izvršne veličine treba biti veća od maksimalne brzine pojedine poremećajne veličine.

Ako izvršni uređaj ima zračnost, potrebno ga je poništiti pomoću uređaja za regulaciju položaja.

LITERATURA

1. VDI/VDE 3503 Dampferzeuger-Regelung: Frischdampf-temperatur-Regelung, 1962.
2. TGL 27604, DDR Fachbereichstandard: Stationäre Dampferzeugungsanlagen, Regelungen, 1973.
3. VGB-R 109 C, VGB-Empfehlung für die Anfrage und Bestellung von Leittechnik-Einrichtungen in Wärmekraftwerk, 1981.
4. JURAJ BOŽIĆEVIĆ: »Automatsko vodenje procesa«, Zagreb, 1971.

5. GÜNTER KLEFENZ: »Die Regelung von Dampfkraftwerken«, Bibliographisches Institut, 1971.
6. DOUGLAS M. CONSIDINE: »Process Instruments and Controls Handbook«, 1974.
7. Trebovanija k oburudovaniju energetičeskikh blokova mošnosti 300 MW i više, opredeljaemije uslovijami ih avtomatizaciji, ORGRES, Moskva, 1976.
8. G. KLEFENZ: »Einfaches Berechnungsverfahren für die Dampftemperatur-Regelung von Dampferzeugern, Mitteilungen der VGB 72 (1961)

QUALITY REQUIREMENTS FOR CONTROL OF SUPERHEATED STEAM TEMPERATURE

In the article are presented quality requirements for control of superheated steam temperature for fossil fueled power plants. Analysed are characteristics of controlled system, quality requirements for control, basic control scheme as well as basic requirements for transmitters and final controlling elements.

BEDINGUNGEN FÜR DIE QUALITÄT DER REGULIERUNG DER TEMPERATUR VON FRISCHEM DAMPF

Im Artikel werden die Bedingungen für die Qualität der Regulierung der Temperatur des frischen Dampfes für thermoenergetische Einheiten auf flüssige und feste Brennstoffe sowie Gas behandelt.

Es wurden die Charakteristiken des Regulierungsobjektes, Bedingungen für die Regulierungsqualität, Grundschemata für die Meßumformer und Ausführungsanlagen, bearbeitet.

ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕЖЕГО ПАРА

В статье обработаны требования, касающиеся качества регулирования температуры свежего пара для термоэнергетических единиц на жидком, газообразном и твердом топливе. Обработаны характеристики объектов регулирования, основные схемы регулирования, а также основные требования в отношении измерительных датчиков и исполнительных устройств.

Naslov pisca:

mr Boris Kalan, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1985 – 09 – 16

SISTEM SIGNALIZACIJA NA BAZI INFORMACIJA

Svetolik Vukomanović, Kragujevac

UDK 621.316.005

STRUČNI RAD

U članku je obrađen sistem informacija stanja koje se može iskoristiti u različite svrhe. Pokazan je primjer primjene tog sistema u distributivnoj mreži 10 kV.

Ključne riječi: signalizacija, informacije, distributivna mreža.

UVOD

Poznato je da pravovremena i ispravna informacija predstavlja okosnicu ispravne odluke u svim domenima ljudskog rada. Organizovanje formiranja i puta informacija do centra analize i odlučivanja poseban je problem i uglavnom različit za svaku potrebu. Po svojoj nameni informacije možemo grubo podeliti na studijske i operativne sa čim je u direktnoj zavisnosti par grupa posebnih rešenja njihovog prikaza, analiza i rada.

1. SISTEM SIGNALIZACIJA NA BAZI INFORMACIJA (SBI)

1.1. Uopštena primena sistema

Ovim radom obrađeno je rešenje prikaza jedne grupe operativnih informacija koje definišu stanje i promene neke veličine u prostoru ili ravni. Za razliku od postojećih, rešenje prikaza stanja i promena izvedeno je svetlosnom signalizacijom po principu tamne šume, gde se samo karakteristično, odnosno alarmno stanje dela ili elementa veličine signalizira. Formirane informacije spontano (automatski) ili na drugi način transformišu se kod prvih istog momenta na prikazu, dok se kod drugih transformacija na prikazu vrši promenom jednog ili dva signalna elementa na jednom pravcu kretanja veličine od strane operatera. Iz datog proizlazi da kod spontano formiranih informacija na prikazu (panou) nije potrebno ulagati nikakav rad da bi se ostvarila trenutna signalizacija. Potreban rad za ostvarenje signalizacije formiranih informacija na drugi način prema ovom rešenju je minimalan, čime je obezbeđena maksimalna raspoloživost markantno prikazanih informacija na panou, odnosno najcelishodnije donošenje odluka i sanacija nastalih problema u stanju posmatrane veličine.

Za formiranje spontanih (automatskih) informacija o promeni utvrđenog stanja posmatrane veličine po-

trebna su znatna sredstva. Iz datog razloga njeno formiranje podleže u svakom slučaju ozbiljnoj analizi da bi se utvrdila njena objektivna realnost i potreba. Ovo to pre što je nju uspešno moguće simulirati bez većih ulaganja, čime je omogućena realna potreba predstave na opisan način karakterističnih izvornih tačaka bilo koje posmatrane veličine. U masi slučajeva izvorne tačke veličine zbog tehnoloških razloga moraju se automatizovano regulisati, te je spontana informacija o njezinu stanju sporedan produkt koji u svakom slučaju treba iskoristiti. Međutim, najveći broj karakterističnih tačaka rasprostriranja neke veličine nema nikakvih ekonomskih razloga a najčešće ni tehničkih mogućnosti za spontano formiranje i prikaz informacija. Formiranje informacija o stanju posmatrane veličine vrši se u tom slučaju od organizovanih učesnika, dok se njen prenos do centra posmatranja obavlja direktnom govornom, telefonskom ili radio-vezom, odnosno na drugi način da bi se od njena operatera transformisale u novi prikaz stanja, odnosno signalizaciju.

Zavisno od potrebe i želje mogu se definisati različiti kriterijumi posmatranja, koji se u principu definišu zavisno od posmatrane veličine, odnosno u momentu upostavljanja konkretnog ili početnog stanja veličine. Nestanak posmatrane veličine u nekoj ravni (području) ili prostoru u jednom slučaju treba se alarmno predstaviti (nestanak električne energije u nekom reonu ili području), dok se u drugom slučaju alarmno treba predstaviti neplanirano prisustvo druge veličine (padobranski upad, prekid motorizovane ili druge kolone, pojava i lokacija olujnog oblaka, vodenog talasa itd.) u prostoru ili ravni posmatrane veličine.

Signalizacija stanja i promena neke veličine po predmetnom rešenju, kao što je u prethodnom tekstu pomenuto, planirana je u osnovi sa osloncem na rad operatera sistema. On primljene informacije analizira i na svom panou pretvara u signalizaciju novog stanja date veličine, koristeći je sa eventualno nastalim spontananim ili simulirajućim signalizacijama za donošenje odgovarajućih odluka usklađenja i rešava-

nja nastalih problema. U zavisnosti od potrebe rešenje se po izvesnoj adaptaciji može proširiti sa korišćenja računarske podrške, s tim što su odluke u svakom slučaju u nadležnosti operatera.

Signalizacija stanja i promena ostvarena je primenom posebno konstuisanih utikačkih čepova prolaznog i krajnjeg tipa sa varijantama produžetka jednog kontaktnog pera i diodom potrebnih boja, koji se sa prednje ili poslužne strane utiče u petopolnu utičnicu tvrdo usadenu u pano-ploču na mestu karakteristične tačke posmatrane veličine, utvrđene prethodno shemom njena rasprostiranja. Shema rasprostiranja predstavlja verno stanje mogućeg kretanja veličine u prostoru, odnosno ravni, kao i mogućim izvornim tačkama, odnosno tačkama nastajanja. Karakteristične tačke pored izvornih tačaka predstavljene su svim tačkama mogućeg zaustavljanja, skretanja ili grananja, prigodno razmeštenih po grupama u nizove i skupove na shemi koja povezuje sve izvore iste veličine po principu paukove mreže. Sa zadnje strane pano ploče izvršeno je ožičenje po principu paukove mreže jednog i uvek jednog pola (kontakta) petopolne utičnice, napajanog iz svih izvornih tačaka (ulaza) posmatrane veličine. Drugi pol izveden je takođe po principu paukove mreže iz svih izvornih tačaka, preko kojih se spontano ili putem simulacije (lokalna automatika) spaja sa izvorom napajanja, s tim što je paukova mreža jednoznačno formirana od jednog i uvek jednog pola (kontakta) na ulaznom i izlaznom elementu grupe, tako da su grupe spojene u nizove i skupove uvek, i uvek sa istimenim kontaktnim perom, dok se prolazni kontakt unutar elemenata i grupe ostvaruje uvek i uvek sa jednog parnog kontakta ulaznom kontaktom. Potrebno je naglasiti da jednu grupu čine najmanje dva do »n« internih, dok niz čine ii do »n« grupa a skup 1 do »n« nizova sa ili bez poprečnih veza, pri čemu je ulazni kontakt elementa grupe ujedno isturen deo susednog izlaznog elementa grupe, i obrnuto. Ovako formirano ožičenje panoa sa primenom krajnjeg i prolaznog utikačkog čepa omogućava brzo sagledavanje stanja i izvođenje njegovih brzih promena za posmatranu veličinu. Za brzo sagledavanje više alarmnih stanja i promena istog za neku ili više veličina uvodi se ožičenje drugog pola direktno sa izvora, takođe po principu paukove mreže, a po konstrukcijom ostvarenom prolaznom kontaktu sa dva pera, koja se umetanjem izolacionog čepa mogu razdvojiti. Primenom varijante krajnjeg i prolaznog utikačkog čepa sa produžetkom koji može biti prolazno odvojenog karaktera (metalni) ili krajnje odvojenog karaktera (provodno-izolacioni) omogućeno je praćenje raznih vidova alarmnog stanja neke veličine ili njih više.

Kvalitet prikaza, odnosno ostvarene signalizacije u direktnoj je zavisnosti od proučenih potreba i ponašanja posmatrane veličine, to jest urađene sheme rasprostiranja i ožičenja sa izborom signalnih elemenata i kriterijuma posmatranja.

Kapacitet ili mogućnost jednog centra posmatranja sa jedne strane je u direktnoj zavisnosti od mogućnosti odgovornog operatera i eventualnog pomoćnika sa pomoćnim sredstvima rada, a sa druge

moćnika sa pomoćnim sredstvima rada, a sa druge strane od posmatrane veličine, njene razuđenosti i frekvence promena ili intervencija. Povoljna je okolnost što je moguća sinteza grupe u elemenat i tako dalje, čime je omogućeno pored mikro i makro-posmatranje, te se jedna problematika može svesti na piramidalan princip posmatranja, analize i odlučivanja. Po ovom problemu, a na bazi izvesnog prethodnog iskustva, mi smo u »Elektrošumadiji« Kragujevac, odlučili da oko 12 000 intervencija ostvarenih na mreži sa oko 600 objekata distributivnog karaktera, predstavimo na panou veličine 18 m² sa oko 10 000 signalnih elemenata i dva operatera u smeni.

1.2. Opis primene u srednjenaponskoj mreži distributivnog karaktera

Poznato je da u gradovima već sa 10 000 stanovnika, danas postoji problem jednovremenog sagledavanja uklopnog stanja srednje naponske mreže, njegove promene i efikasne intervencije. Dati problemi počinju se rešavati pomoćnom dokumentacijom, shema, a najčešće se oslanjaju na neko znanje ili iskustvo. Rad je u stvari nesiguran sa žrtvama i velikim zastojeima u isporuci energije. Kod većih gradova dati problem se znatno uvećava, tako da kod grada od 50 000 stanovnika rad po prethodnom principu postaje nemoguć, krajnje opasan i skup. Kod gradova preko 100 000 stanovnika bez neke simbolične predstave mreže i dodirnih tačaka ne može se praktično raditi sa realnom organizacijom rada. Zbog datog problema uspostavljaju se često nerealne organizacije rada i dupliraju troškovi uz neizvesnu sigurnost i pouzdanost mreže.

Simbolična predstava mreže i njenih rasklopnih elemenata kod nas, pa i vani, izvedena je u principu na isti način sa različitim elementima označavanja (čiode sa obojenim glavama, različitim obojenim i providnim štapićima sa ili bez indirektnog osvetljenja, dečijim igračkama sa glavicama različitih oblika i boja itd.). Data rešenja, manje ili više pregledna i praktična, znatno pomažu u rešavanju problema, ali sa puno nedostataka. Veća konfiguracija mreže je teško pregledna. Kod veće frekvence promena raspoloživost informacija je znatno smanjena zbog potrebnih promena velikog broja znački. Neophodna ažurnost prikaza zbog toga je često dovedena u pitanje, što uvodi nesigurnost sa posledicama. Najnovija rešenja datog problema korišćenjem videoterminala uz podršku računarske i druge tehnike na prvi pogled obećavaju blagostanje u velikim gradovima. Svakako, i u ovom slučaju pouzdanost informisanosti i prikaza zbog velikog udela »faktor čovek« i drugih okolnosti može doći u pitanje, što će praksa pokazati u narednom vremenu.

Iz datog sledi zaključak da probleme upravljanja i nadzora distributivnih objekata treba rešavati. Ekonomski momenti ukazuju da se dati problem kod prenosnih objekata distribucije mogu i trebaju rešavati korišćenjem sistema daljinskog upravljanja i

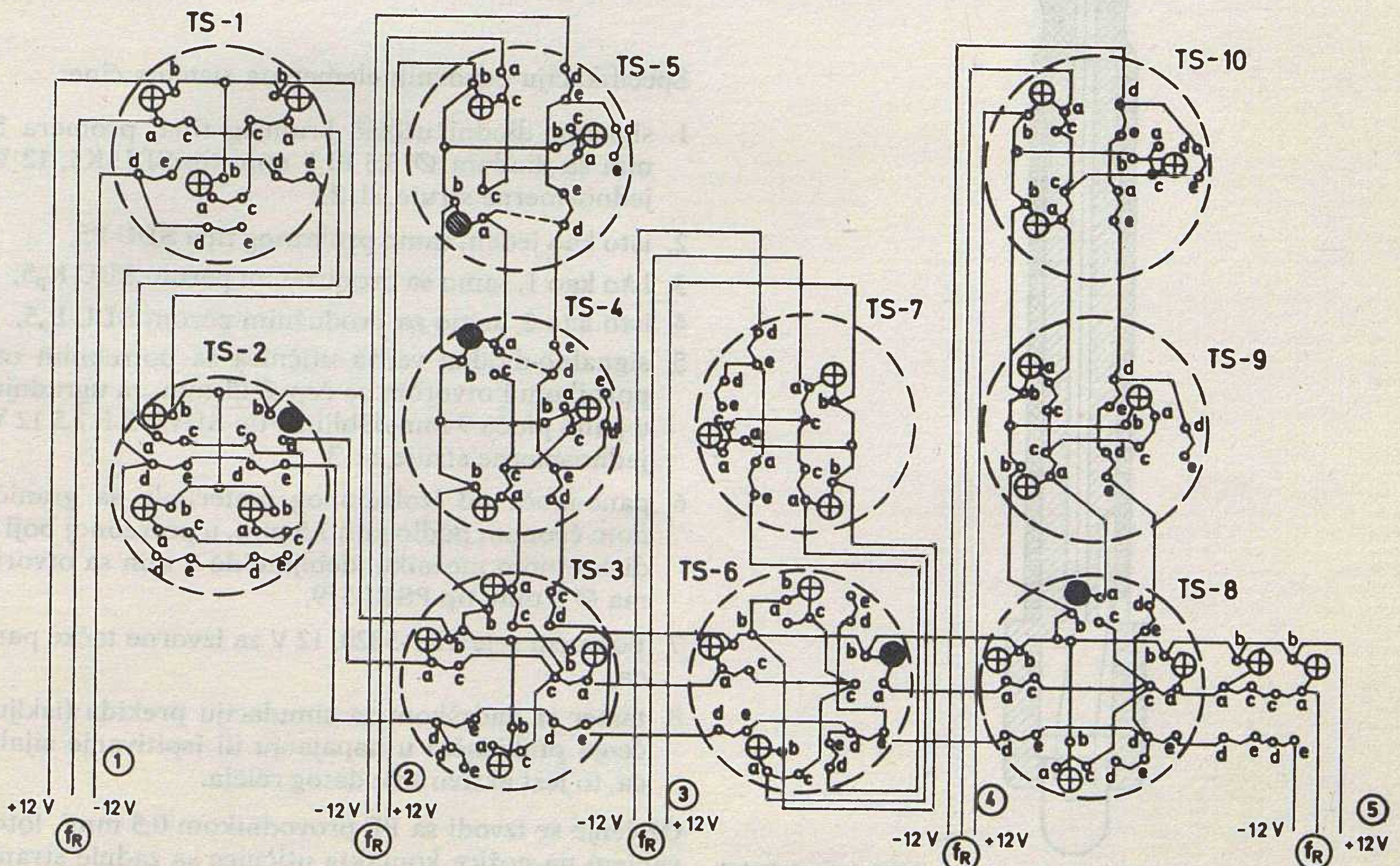
nadzora, o čemu postoje već određena iskustva. Međutim, datim sistemom upravljanja i nadzora rešava se jedan znatno manji, ali i važan deo problema distribucije, dok se u opšte ne rešavaju sledeći problemi:

- prikaz uklopnog stanja 10 (20) kV – ne mreže na području u potrebnom trenutku
- prikaz dodirnih tačaka i mogućnosti rezervnog napajanja
- prikaz neispravnih delova mreže
- prikaz neispravnih vodova
- prikaz isključenih delova mreže ili objekata i
- promena konfiguracije mreže izgradnjom novih objekata.

Imajući u vidu ugrađenu opremu, količinu i masu drugih tehničkih problema sa brojem objekata, svakako je iluzorno tražiti neka ekonomska opravdanja da se dati problemi reše sistemom daljinskog upravljanja i nadzora, sa do sada razvijenom tehnikom.

Rešavanje datih problema moguće je na zadovoljavajući način postići predmetnim sistemom signalizacija na bazi informacija. U prethodnom delu date su osnovne postavke predmetnog sistema, s tim što je na slici 1 prikazana principijelna shema ožičenja panoa sa 10 objekata i 5 izvora napajanja u cilju demonstracije mogućnosti predloženog rešenja. Ako na poslužnoj strani pano ploče definišemo jedнопolnu shemu energetskog sistema 10 (20) kV u potpunoj konfiguraciji izvedenog stanja sa svim energetskim elementima bitnim za rad objekata u prigodnoj razmeri, vodeći po mogućstvu računa o slobodnom prostoru za nove objekte, dobićemo na prvi pogled teško sagledivu paukovu mrežu energetskih vodova i

objekata. Shemu je poželjno raditi sitoštampom na samolepljivoj i providnoj foliji, uz napomenu da su elementarni delovi objekata tipizirani po dimenziji i obliku sa naznakom adrese objekta, ćelije, trafa i izvoda niskog napona. Bušenjem sa čeone strane na mestu karakterističnih tačaka omogućuje se centrično proširenje bušotine sa zadnje strane pano ploče u koju se ugrađuju petopolne utičnice, nakon čega se pristupa ožičenju. Ožičenje plus pola diode vrši se preko zatvorene mreže sa izvora napajanja panoa, pri čemu se koristi kontakt »b« svake petopolne utičnice na koji je prethodno ugrađen otpornik za usklađenje radnog napona diode i panoa. Minus pol po svakom izvoru energije obezbeđuje se preko pomoćnog releja koji se aktivira pojavom signala »isključen prekidač snage« ili aktiviranjem releja preko tastera (simulacija), s tim što se on priključuje uvek na kontaktno pero »a« ulazno-izlaznog elementa grupe, dok se kontaktno pero »c« unutar grupe međusobno spaja. Most »c-a« ostvaruje utikački čep prolaznog tipa svojim metalnim telom, dok utikački čep krajnjeg tipa svojim izolacionim telom pravi prekid, čime su obezbeđene simulacije granica napajanja. Kako su utikački čepovi krajnjeg tipa obezbeđeni diodama markantno crvene boje, prolazni zelene a čepovi trafa i niskog napona žute boje, to će pri isključenju izvornog prekidača ili simulaciji preko tastera sa zadržkom (f_R) na pano-ploči doći do svetlosne signalizacije na objektima koje dotični izvod napaja i markantno označiti dodirne tačke sa susednim izvodima. Rad na pano-ploči pri promeni uklopnog stanja svodi se na zamenu krajnjeg crvenog i prolaznog zelenog utikačkog čepa u karakterističnoj tački nove granice napajanja.



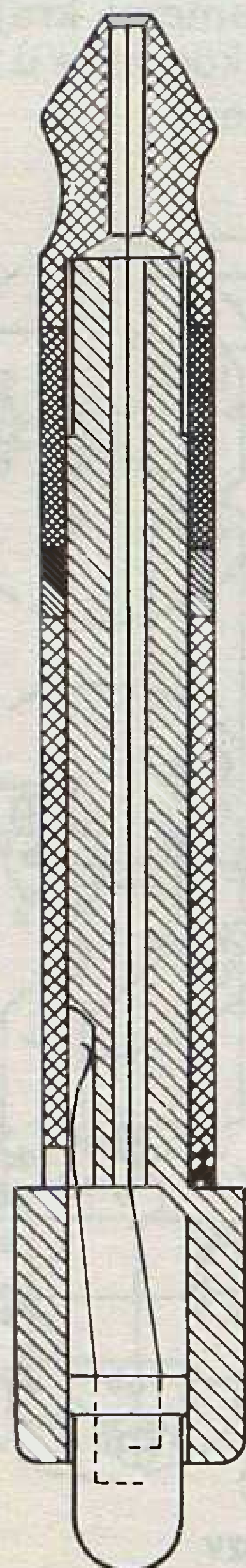
Slika 1. Signalizacija na bazi informacija — principijelna šema spajanja SBI

Radi signalizacije alarmnog stanja (deo mreže van pogona) ostrvskog karaktera, uvodi se direktan minus pol iz svakog izvora kojim se u obliku paukove mreže ožičava prolazni kontakt utičnice »d« i »e« dok se minus pol utikačkog krajnjeg i prolaznog čepa produžava, omogućujući kontaktiranje u prolaznom kontaktu »d-e« bez prekida ili sa prekidom. Umetaњem ovako urađenih utikačkih čepova sa ljubičastom diodom u karakteristične tačke krajeva voda dobila bi se trajna signalizacija neispravnog voda, zelenih čepova isključenog voda, žutih transformatora ili voda niskog napona itd.

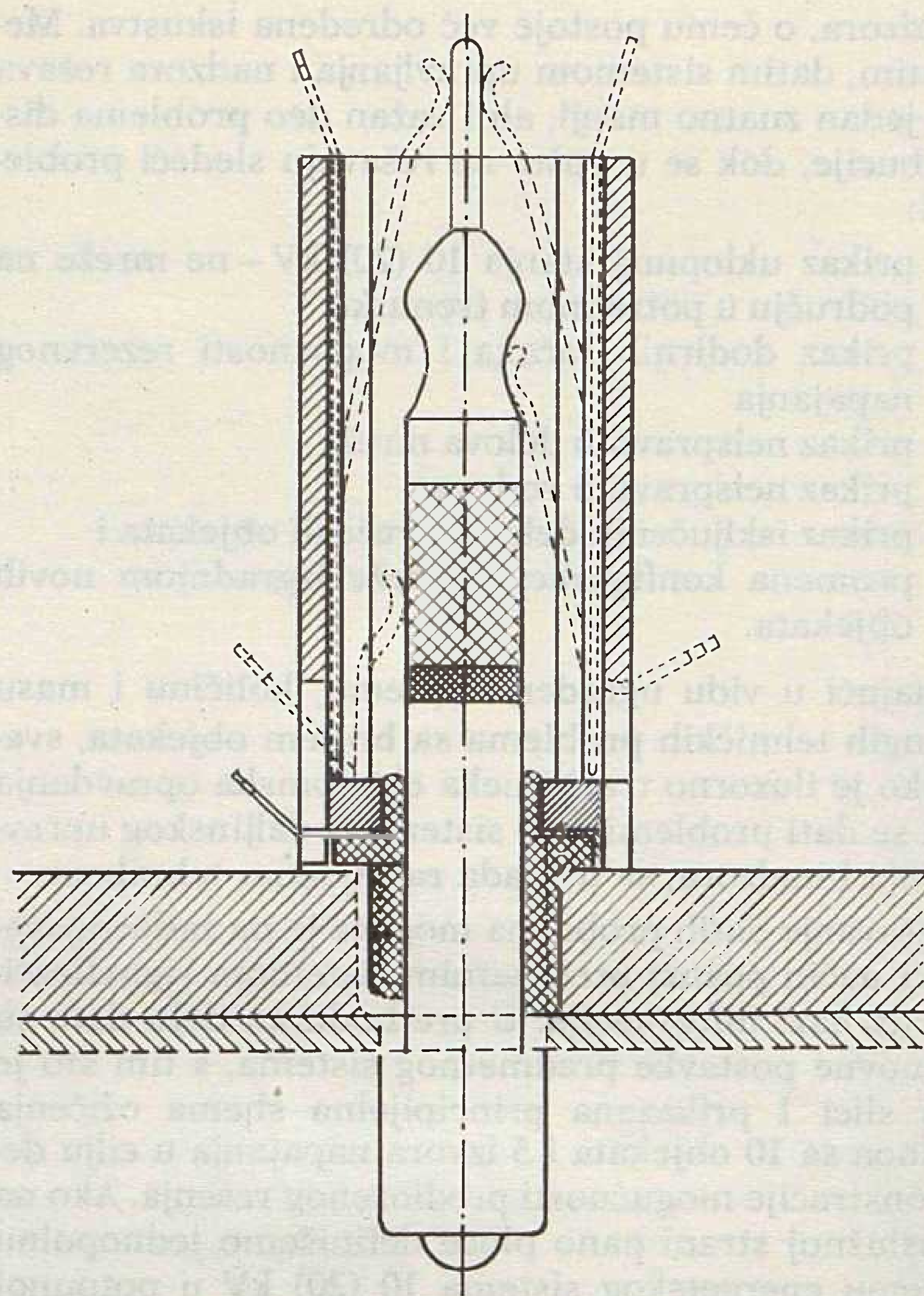
Iz izloženog proizilazi da je za uspostavljanje jednog novog uklopnog ili alarmnog stanja potrebno zameniti dva utikačka čepa, što se može učiniti za 10 sekundi. Zastoj u korišćenju pano ploče dnevno za područje sa dvadeset promena svodi se na 3 minuta, što je zanemarivo. Osećaj moguće ažurnosti i preglednosti operateru predodređuje sigurnost u radu i neopterećeno angažovanje na misaone poslove vezane za upravljanje i rad ekipa na mreži.

2. OPREMA ZA SIGNALIZACIJU NA BAZI INFORMACIJA

Za realizaciju predmetnog sistema signalizacije konstruisani su principijelno prikazani elementi na slici 2 i 3. Oni su osvojeni i mogu se visoko serijski proizvoditi od materijala iz domaćih izvora.



Slika 2. Signalizacija na bazi informacija (SBI) principijelni prikaz krajnjeg i prolaznog utikača SDU-K 5 i SDU-P 5



Slika 3. Signalizacija na bazi informacija (SBI) principijelni prikaz diodnog elementa SDVU-5 sa ostrvskim utikačem SDU Pp-5

Specifikaciju osnovnih elemenata sistema čine:

1. signalni diodni utikač krajnjeg tipa, promera 5 mm sa diodom \varnothing 3,5 ili 5 mm, tip SDU-K5, 12 V jednosmerne struje, sl. 2,
2. isto kao jedan, samo prolaznog tipa SDU-P5,
3. isto kao 1, samo sa produženim perom SDU-K_p5,
4. isto kao 2, samo sa produžnim perom SDU-P_p5,
5. signalno-diodna vezna utičnica sa potrebnim otpornikom i otvorom za čep \varnothing 7 mm, za ugradnju u pano ploču 9 mm debljine, tip SDVU-5 P 7,5 12 V jednosmerne struje, sl. 3.
6. pano-ploča od izolacionog materijala sa graničnom čeonom podlogom 1,5 mm, u potrebnoj boji i diskretnom mozaiku, debljine do 9 mm sa otvorima \varnothing 5 mm, tip PSBI-5/9,
7. pomoćni rele TRP-5820, 12 V za izvorne tačke panoa,
8. taster sa zadržkom za simulaciju prekida (isključenja prekidača) u napajanju ili ispitivanje sijalica, to jest aktiviranje datog releja.

Ožičenje se izvodi sa PF provodnikom 0,5 mm², lotovanjem na nožice kontakta utičnice sa zadnje strane panoa.

ZAKLJUČAK

Prometni rad ne pretenduje na savršenstvo ili krajnji domet u rešavanju distributivne problematike upravljanja i nadzora, već pokušava da datu problematiku reši na za naše sveukupne uslove jedan od mogućih načina.

SIGNAL SYSTEM ON INFORMATION BASE

In the article is elaborated information states system that can be used for different purposes. It is presented an example for use of system in 10 KV distribution net.

SIGNALSYSTEM AUF INFORMATIONSBASIS

Im Artikel wird ein Informationssystem behandelt, daß zu verschiedenen Zwecken verwendet werden kann.

Beschrieben wird ein Beispiel der Anwendung dieses Systems im Distributionsnetz 10 Kv.

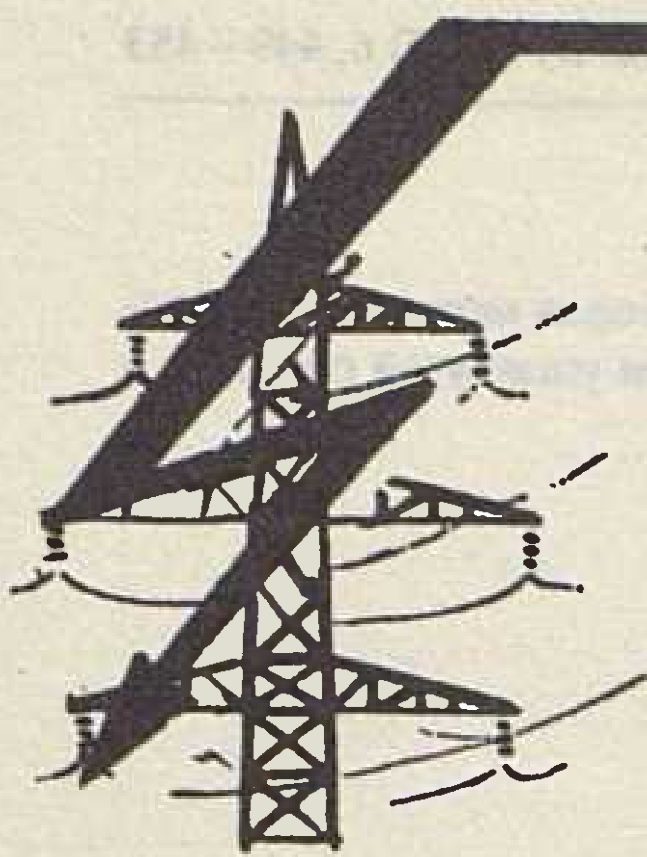
СИСТЕМ СИГНАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИИ

В статье разработана система информации состояния, которая может быть использована в разных целях, приводится пример применения упомянутой системы в распределительных сетях 10 кВ.

Naslov pisca:

Vukomanović Svetolik, dipl. inž.
»Elektrošumadija«
34000 Kragujevac, M. Tita 100,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985—08—16

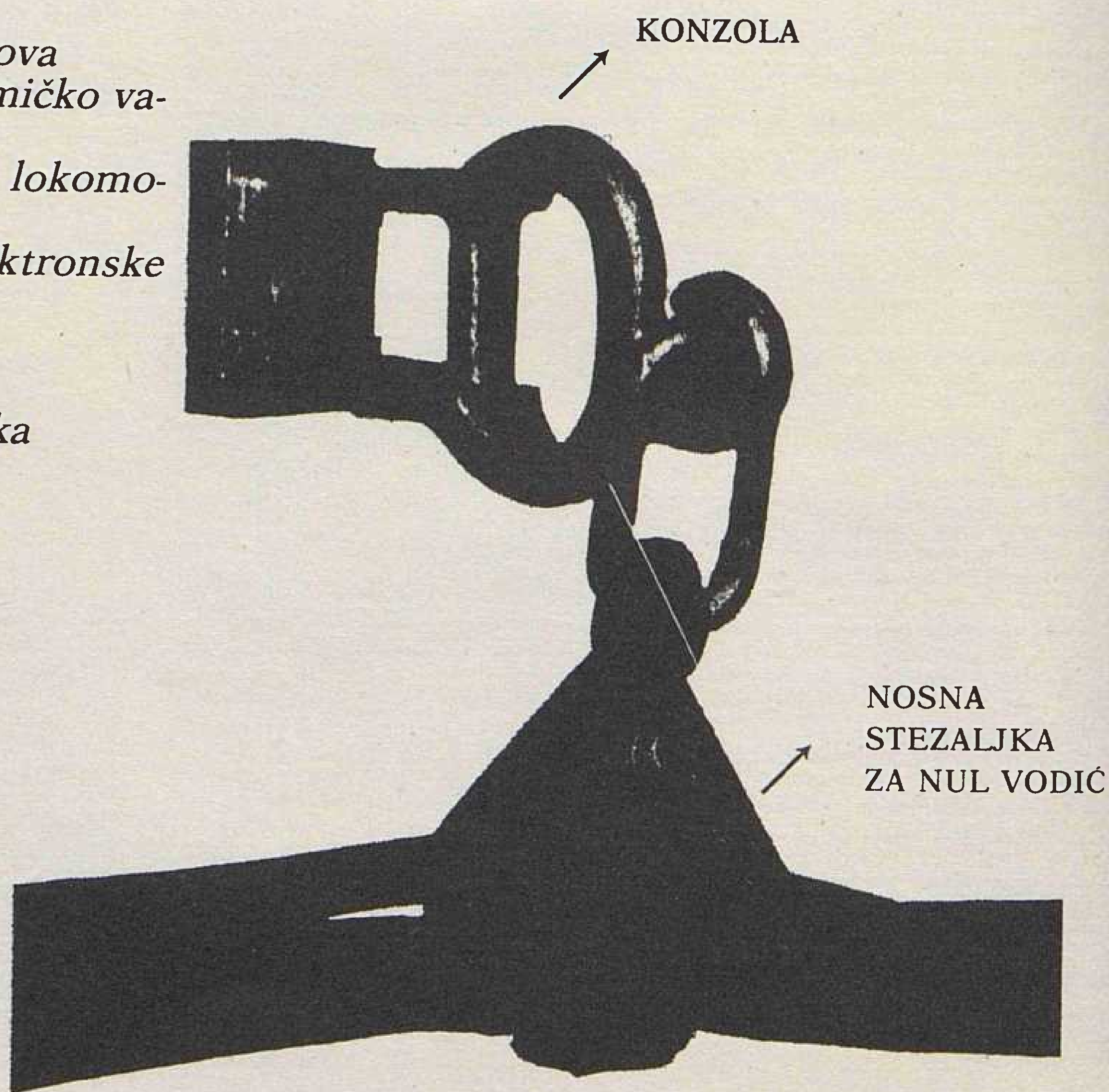


STRUJA

ELEKTROTEHNIČKA ZADRUGA P.O.
ZAGREB
GUNDULIĆEVA16

Poslovno-proizvodni program:

- pribor za kućne priključke
- pribor za telefonske priključke
- oprema za javne električne mreže
- zatezne sponne niskonaponskih mreža
- obujmice nogara, sidra i sidreni vijci za stupove javnih električnih mreža
- pribor za gromobransku opremu
- elektroinstalacioni pomoćni materijal (poklopci, obujmice, kutije)
- tavanski kućni osigurač
- elektronički sklopovi i oprema za vatrodojavu
- elektronički dijelovi opreme za signale uređaje
- izvođenje svih vrsta instalacija
- montaža trafostanica i polaganje kablova
- izrada alata i pomoćne opreme za termičko varjenje
- pomoćni dijelovi opreme za električne lokomotive
- termoregulatori i klima uređaji za elektronske računске centre
- izrada elektromagnetskih filtera
- refleksni optički prekidači
- granični regulatorik temperature i tlaka



UNIVERZALNI OSIGURAČ ZA ELKALEX I OSTALE KABELE

Pojedine proizvode i dijelove opreme izrađujemo prema specijalnim zahtjevima naručioca.

Sve informacije, detaljnije upute i pobliža objašnjenja, katalozi, cjenici skice, nacrti i ostalo u vezi gore navedenog mogu se dobiti na telefon: 420-791, 420-786 i 273-909, odnosno na telex YU 22-383 »STRUJA«.

STOHAŠTIČKI PRISTUP NAPONIMA DODIRA U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA

mr Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.31.005:519

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U članku je izložena matematička metoda koja omogućava stohastičku analizu napona dodira koji se javljaju kao posljedica dozemnih kvarova u elektroenergetskim postrojenjima. Opisana metoda popraćena je računskim primjerima.

Ključne riječi: udar električne struje, opasnosti u postrojenjima visokog napona, vjerojatnost nesreća u postrojenjima visokog napona.

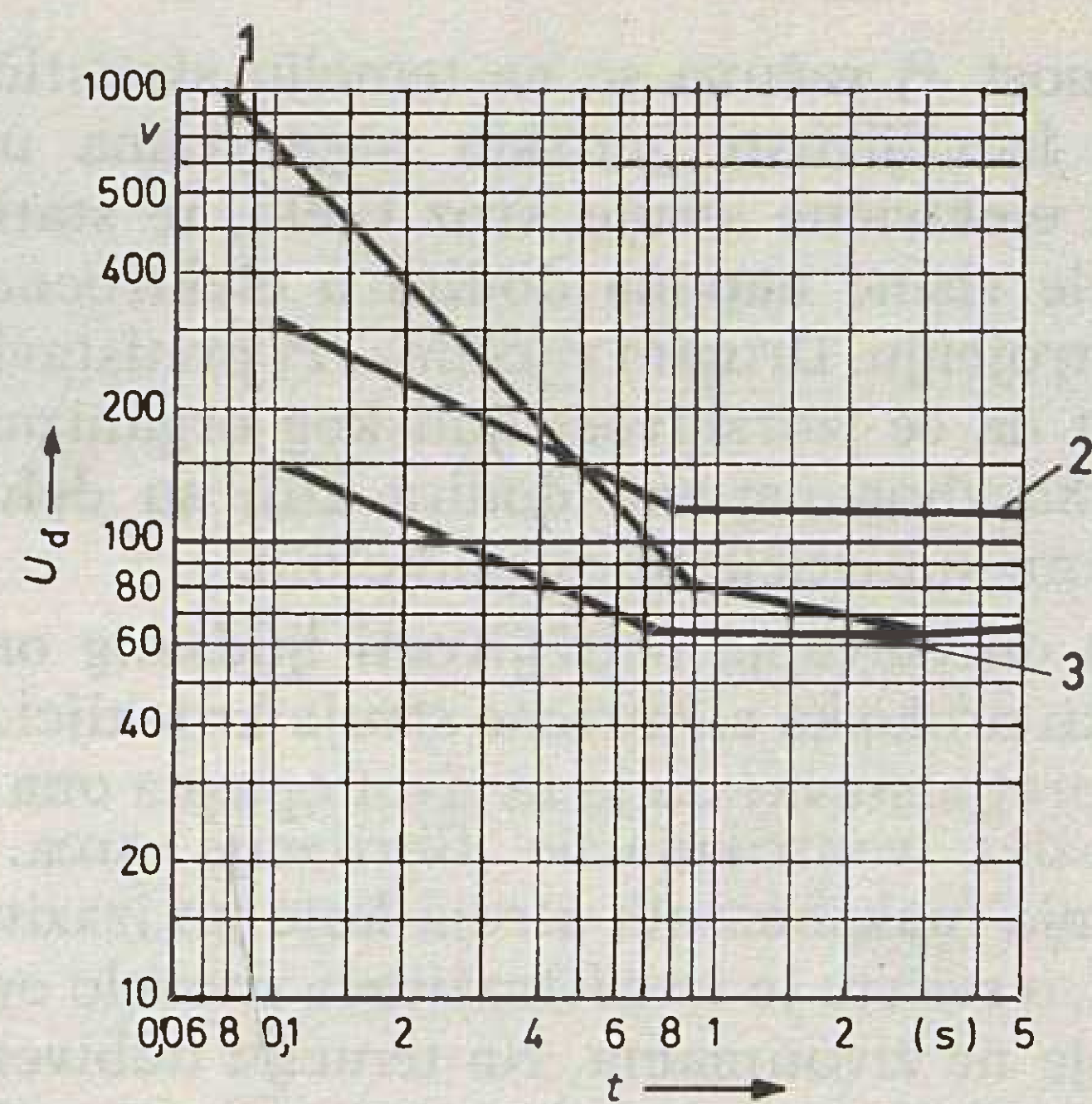
1. UVOD

Stalan razvoj direktno uzemljenih elektroenergetskih mreža uvjetuje porast struja jednopolnih kratkih spojeva u tim mrežama. Kao logična posljedica zaoštavaju se problemi s održavanjem napona dodira u dopuštenim granicama koje su dane tehničkim propisima koji su na snazi.

Osnovna karakteristika tehničkih propisa koji reguliraju problematiku napona dodira kako u SFRJ, tako i u većini drugih zemalja (SAD, SSSR, SR Njemačka) deterministički je pristup koji zbog razumljivih razloga sadrži znatnu rezervu sigurnosti. S druge strane, stvarna opasnost od napona dodira vezana je za slučajne veličine kao što su otpor ljudskog tijela, prijelazni otpor stajališta, te prisutnost osobe na mjestu pojave napona dodira. Prema tome, opasnosti koja može nastupiti zbog napona dodira treba pri dijeliti **vjerojatnost**.

U ovom radu izložit će se stohastički model za proračun vjerojatnosti nastanka nesretnog (smrtnog) slučaja zbog napona dodira u elektroenergetskom postrojenju. Pomoću navedenog modela omogućit će se realnija ocjena opasnosti od napona dodira koji se javljaju kao posljedica jednopolnih kratkih spojeva u elektroenergetskim postrojenjima. Stohastički pristup problematici opasnih napona dodira mogao bi veoma korisno poslužiti kod promjene jugoslavenskih propisa koji određuju dopuštene napone dodira u elektroenergetskim postrojenjima nazivnog napona iznad 1 000 V. Ti propisi su, prema mišljenju većine stručnjaka koji se bave ovim područjem, prestrogi, naročito ako se usporede s odgovarajućim VDE propisima u području veoma brzog isključenja jednopolnih kvarova (sl. 1).

Posebno treba upozoriti da izloženi pristup ima osnovnu vrijednost upravo kod analize opasnih napona dodira u postrojenjima nazivnog napona iznad 1 000 V, kod kojih je očito da će vjerojatnost nesreće zbog



- 1 — U_d po VDE propisima
- 2 — U_d po jugosl. propisima — unutar ograde
- 3 — U_d po jugosl. propisima — izvan ograde

Slika 1. Napon dodira U_d u ovisnosti o trajanju t struje kvara

napona dodira biti, veoma niska poradi malog broja prisutnih ljudi u takvim postrojenjima. Međutim, prilikom analize napona dodira koji se mogu pojaviti na nulovanim kućištima potrošačkih aparata stohastički pristup gubi na značaju zbog mnogo veće vjerojatnosti da će ljudi biti izloženi djelovanju napona dodira. To je logično jer sa nulovanim kućištima aparata dolazi u kontakt izuzetno mnogo osoba. Zbog toga je problematika zaštite od opasnih napona dodira u niskonaponskim mrežama i potrošačkim instalacijama obrađena u posebnim tehničkim propisima [2].

2. PRIMJENJENA MATEMATIČKA METODA

Nastanak nesretnog slučaja (smrti) zbog napona dodira u elektroenergetskom postrojenju ovisi kako o pojavi nedopustivo visokih napona, tako o izloženosti ljudi djelovanju tih napona. Ta dva događaja su međusobno nezavisna. Prema tome, vjerojatnost

nastanka smrtnog slučaja jest umnožak vjerojatnosti nastanka navedenih događaja:

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (1)$$

gdje je:

P — vjerojatnost nastanka nesretnog slučaja zbog napona dodira;

P_1 — vjerojatnost pojave nedopustivnih napona dodira;

P_2 — vjerojatnost izloženosti ljudi opasnim naponima dodira.

U daljnjem tekstu izložit će se metode proračuna vjerojatnosti P_1 i P_2 .

2.1. Određivanje vjerojatnosti pojave nedopustivnih napona dodira (P_1)

Vjerojatnost P_1 računa se na temelju statističke raspodjele izdržljivosti ljudskih organizama u toku prolaska električne struje kroz tijelo, te statističke raspodjele visine napona dodira u elektroenergetskom postrojenju. Drugim riječima, P_1 predstavlja vjerojatnost da će izdržljivost ljudskog organizma biti premašena zbog napona dodira koji su definirani određenom statističkom raspodjelom.

Prilikom određivanja izdržljivosti ljudskog organizma u toku prolaska električne struje kroz tijelo polazi se od pretpostavke da je za život opasna ona struja koja izaziva ventrikularne fibrilacije srca. Radi utvrđivanja maksimalnih struja koje ne izazivaju fibrilaciju, u svijetu je više istraživača provelo opsežna ispitivanja na životinjama. Na temelju dobivenih rezultata izvedene su aproksimativne relacije od kojih je najpoznatija Dalzielova formula [4]:

$$I = \frac{0,116}{\sqrt{t}}, \quad (2)$$

gdje je:

I — maksimalna struja koja još ne izaziva fibrilacije srca (A);

t — trajanje prolaska struje kroz tijelo (s).

Podnosivi napon dodira može se na temelju [4] prikazati pomoću relacije:

$$U_p = \frac{0,116 \cdot R_c + 0,058 \cdot R_s}{\sqrt{t}}, \quad (3)$$

gdje je:

U_p — podnosivi napon dodira koji rezultira strujom kroz tijelo koja ne izaziva fibrilaciju srca (V);

R_c — otpor ljudskog tijela (Ω);

R_s — prijelazni otpor ispod stopala ugrožene osobe (Ω).

U skladu sa [4] prijelazni otpor R_s može se izraziti kao:

$$R_s = 3 \cdot \rho_s, \quad (4)$$

gdje je ρ_s (Ωm) specifični otpor površinskog sloja tla. Tada relacija (3) prelazi u oblik:

$$U_p = \frac{0,116 \cdot R_c + 0,174 \cdot \rho_s}{\sqrt{t}}, \quad (5)$$

odnosno u općem obliku:

$$U_p = \frac{a \cdot R_c + b \cdot \rho_s}{\sqrt{t}}, \quad (6)$$

Otpor ljudskog tijela (R_c) može ležati u granicama od nekoliko stotina oma do nekoliko tisuća oma, ovisno o veličini napona, putu struje kroz tijelo, vlažnosti kože, težini tijela itd. Obično se usvaja vrijednost između 1 000 i 3 000 Ω . Specifični otpor površinskog sloja tla (ρ_s) između ostaloga veoma ovisi o vlažnosti. Prema tome, veličine R_c i ρ_s su slučajne varijable. Trajanje prolaska struje kroz tijelo (t) određeno je podešenjem osnovne relejne zaštite. Međutim, ako se prihvati mogućnost zatajenja osnovne relejne zaštite, može se smatrati da je i veličina t slučajna varijabla s odgovarajućom statističkom raspodjelom, isto kao i varijable R_c i ρ_s .

Statistička raspodjela napona dodira (U_d) za razmatrano elektroenergetsko postrojenje može se odrediti na temelju rezultata proračuna napona dodira na reprezentativnim mjestima postrojenja ili na temelju dovoljnog broja mjernih rezultata.

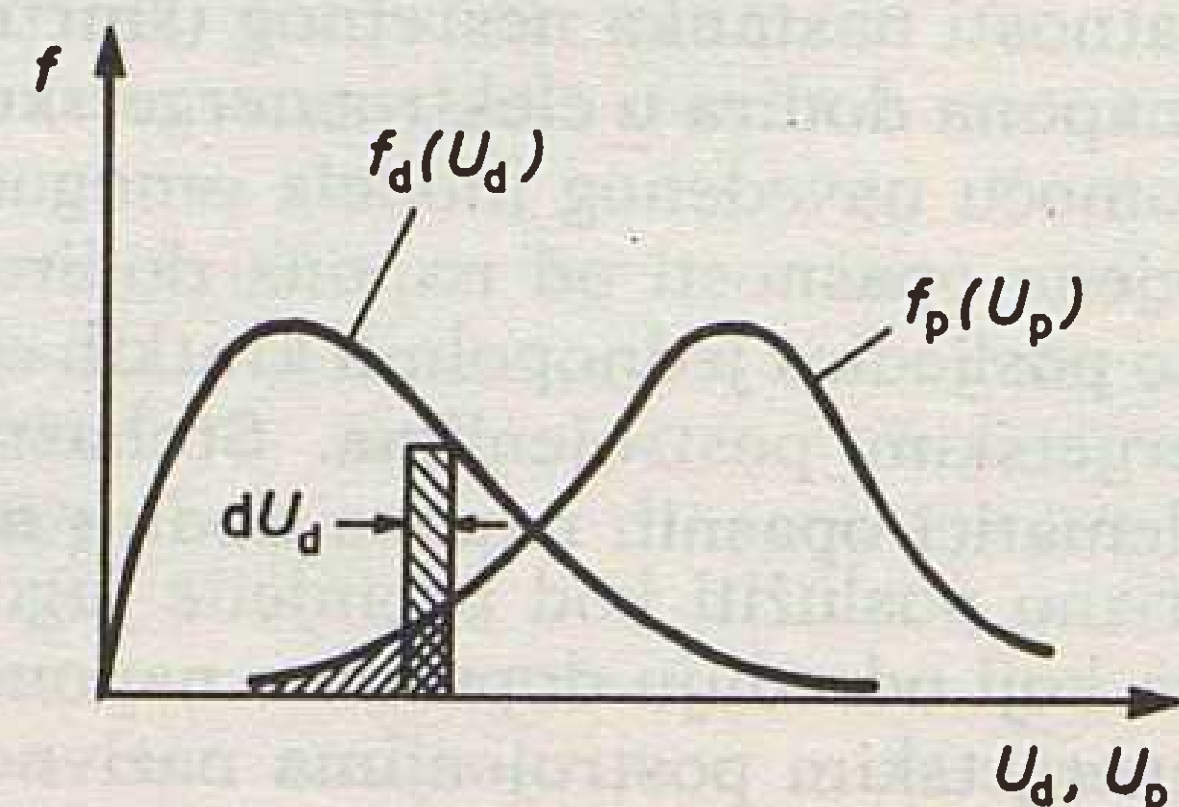
Vjerojatnost P_1 određuje se pomoću funkcija gustoća vjerojatnosti podnosivih napona dodira — $f_p(U_p)$ i razmatranih napona dodira u postrojenju — $f_d(U_d)$. Vjerojatnost da će se napon dodira nalaziti u intervalu U_d i $U_d + dU_d$ (za infinitezimalni dU_d) jest: $f_d(U_d) \cdot dU_d$, kao što je prikazano na sl. 2. Vjerojatnost da će podnosivi napon biti manji od napona dodira U_d dobiva se integracijom gustoće vjerojatnosti $f_p(U_p)$ u intervalu od nula do U_d . Budući da su naponi dodira u postrojenju te podnosivi naponi statistički neovisni, vjerojatnost da će napon dodira ležati u granicama U_d i $U_d + dU_d$ i da će podnosivi napon biti manji od U_d jest produkt vjerojatnosti:

$$P_1 = \int_0^{\infty} f_d(U_d) \cdot \left[\int_0^{U_d} f_p(U_p) \cdot dU_p \right] \cdot dU_d, \quad (7)$$

odnosno:

$$P_1 = \int_0^{\infty} f(U_d) \cdot F(U_d) \quad (8)$$

$F(U_d)$ je kumulativna funkcija raspodjele podnosivih napona, odnosno vjerojatnost da će podnosivi naponi biti manji ili jednaki naponu U_d .



Slika 2. Funkcija gustoća napona dodira i podnosivih napona

Objašnjeni postupak ne postavlja ograničenja s obzirom na vrstu statističkih raspodjela napona U_d i U_p . Ako se usvoji pretpostavka da su naponi dodira (U_d) i podnosivi naponi (U_p), odnosno otpori tijela (R_c) i specifični otpori stajališta (ρ_s) slučajne veličine s normalnom (Gaussovom) raspodjelom, izraz (8) prelazi prema [6] u oblik:

$$P_1 = \int_0^{\infty} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{Ud}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{U_d - \mu_{Ud}}{\sigma_{Ud}} \right)^2 \right] \cdot \sum_{i=1}^n P(\sqrt{t_i}) \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{U_d - \mu_z / \sqrt{t_i}}{\sigma_z / \sqrt{t_i}} \right) \right\} \cdot dU_d. \quad (9)$$

Značenja pojedinih veličina su sljedeća:

- exp — eksponencijalna funkcija;
- erf — integral funkcije gustoće vjerojatnosti normalne raspodjele čije se vrijednosti mogu naći u statističkim tablicama;
- U_d — napon dodira; to je veličina po kojoj se vrši integracija;
- μ_{Ud} — srednja vrijednost normalne raspodjele napona dodira;
- σ_{Ud} — standardna devijacija normalne raspodjele napona dodira;
- t — trajanje prolaska struje kroz tijelo;
- $P(\sqrt{t_i})$ — vjerojatnost da će vrijediti $t = t_i$;
- n — broj diskretnih vrijednosti trajanja prolaska struje kroz tijelo; pri tome vrijedi:
 $\sum_{i=1}^n P(t_i) = 1$;
- μ_z — srednja vrijednost normalne raspodjele pomoćne varijable Z ;
- σ_z — standardna devijacija normalne raspodjele pomoćne varijable Z .

Veličine μ_z i σ_z određuju se na temelju relacija (5) i (6) kao:

$$\begin{aligned} \mu_z &= a \cdot \mu_{R\check{c}} + b \cdot \mu_{ps} = \\ &= 0,116 \cdot \mu_{R\check{c}} + 0,174 \cdot \mu_{ps} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \sigma_z^2 &= a^2 \cdot \sigma_{R\check{c}}^2 + b^2 \cdot \sigma_{ps}^2 = \\ &= 0,0135 \cdot \sigma_{R\check{c}}^2 + 0,0303 \cdot \sigma_{ps}^2, \end{aligned} \quad (11)$$

gdje su $\mu_{R\check{c}}$ i μ_{ps} srednje vrijednosti normalnih raspodjela otpora ljudskog tijela i specifičnog otpora stajališta, a $\sigma_{R\check{c}}$ i σ_{ps} su standardne devijacije istih veličina.

Vrijednost integrala u izrazu (7), odnosno vjerojatnost P_1 , može se nakon definiranja ulaznih podataka lako izračunati numeričkom integracijom (npr. Simpsonovim postupkom). Gornja granica integracije određuje se na temelju uvjeta da podintegralna funkcija mora u tom slučaju biti zanemarivo malena (≈ 0).

2.2. Određivanje vjerojatnosti izloženosti ljudi naponima dodira (P_2)

Vjerojatnost da će u toku dozemnog kvara u elektroenergetskom postrojenju neka osoba biti izložena naponu dodira može se odrediti pomoću ljudi koji drže rukom (rukama) uzemljene metalne dijelove elektroenergetskih objekata koji u normalnom pogonu nisu pod naponom. Ovakve situacije su naročito česte kod popravaka i održavanja postrojenja, ali isto tako mogu biti sasvim slučajnog karaktera.

Budući da se dozemni kvarovi događaju slučajno, broj dozemnih kvarova u određenom vremenskom periodu slijedi Poissonovu raspodjelu. Prema tome,

vjerojatnost da će broj dozemnih kvarova u promatranom periodu (T) biti K jeste:

$$P(K) = \frac{f_d^K}{K!} \cdot \exp(-f_d), \quad (12)$$

gdje je f_d prosječan broj dozemnih kvarova u periodu T , u razmatranom elektroenergetskom postrojenju. Vjerojatnost da osobe budu izložene naponima dodira ovisi o trajanju izlaganja potencijalnim naponima, tj. o trajanju situacija u kojima ljudi drže (dodiruju) uzemljene metalne objekte. Pretpostavlja se da je u periodu T na području analiziranog postrojenja ukupno trajanje opasnih situacija T_i' . Prosječno trajanje jedne opasne situacije u kojoj se jedna osoba drži za uzemljeni metalni objekt jest:

$$T_i = T_i' / f_i, \quad (13)$$

gdje je f_i prosječan broj izlaganja ljudi opasnim situacijama sa stanovišta napona dodira.

Ako se u toku perioda T dogodi točno jedan dozemni kvar prosječnog trajanja T_k , vjerojatnost da osoba koja u toku perioda T dodiruje uzemljeni metalni objekt to neće učiniti za trajanja krava računa se kao:

$$q = 1 - \frac{T_i + T_k}{T} + \frac{T_i^2 + T_k^2}{2 \cdot T^2} \quad (14)$$

Ako broj dozemnih kvarova u periodu T iznosi K , vjerojatnost da neće biti dodirivanja uzemljenih objekata u toku trajanja kvarova jest $q^{(f_i \cdot K)}$. Istovremeni dodir uzemljenog objekta i pojava dozemnog kvara dogodit će se barem jednom s vjerojatnošću $1 - q^{(f_i \cdot K)}$. To znači da ukupna vjerojatnost izloženosti ljudi djelovanju napona dodira iznosi:

$$P_2 = \sum_{K=1}^{\infty} \frac{f_d^K}{K!} (1 - q^{(f_i \cdot K)}) \cdot \exp(-f_d). \quad (15)$$

3. RAČUNSKI PRIMJERI

Stohastički pristup opasnim naponima dodira razmotren je na tipičnom uzemljivaču TS 110/x kV, kakav je prikazan u [8]. Analizom izračunatih napona dodira utvrđeno je da oni slijede normalnu raspodjelu. Pri tome treba uočiti da je normalna raspodjela prisutna bez obzira na apsolutnu veličinu napona dodira koja je direktno proporcionalna veličini dijela struje dozemnog kvara koji prolazi kroz sistem uzemljenja. Dakako, srednja vrijednost napona dodira (μ_{Ud}) i standardna devijacija napona dodira (σ_{Ud}) također su direktno proporcionalni struji kroz sistem uzemljenja.

Proračuni vjerojatnosti nastanka nesretnog (smrtnog) slučaja (P) izvršeni su na temelju sljedećih ulaznih podataka:

- srednje vrijednosti otpora ljudskog tijela: $\mu_{R\check{c}} = 1\,500 \, \Omega$
- standardne devijacije otpora tijela: $\sigma_{R\check{c}} = 500 \, \Omega$
- srednje vrijednosti spec. otpora stajališta: $\mu_{ps} = 100 \, \Omega\text{m}$
- standardne devijacije spec. otpora stajališta: $\sigma_{ps} = 40 \, \Omega\text{m}$

- prosječnog trajanja jednog izlaganja eventualnom naponu dodira (trajanje opasne situacije): $T_i = 10 \text{ min}$
- razmatranog perioda: $T = 1 \text{ god.}$
- prosječnog broja dozemnih kvarova u stanici: $f_d = 0,25 \text{ god.}^{-1}$
- trajanja jednopolnog kratkog spoja: $t = 0,1 \text{ sek, } 0,8 \text{ sek}$
- prosječnog broja izlaganja ljudi eventualnim naponima dodira (opasnim situacijama): $f_i = 1\ 000, 2\ 000, 3\ 000, 4\ 000, 5\ 000$
- srednje vrijednosti /standardne devijacije napona dodira: $\mu_{Ud}/\sigma_{Ud} = 45/20, 305/130$

Većina ulaznih podataka vrlo je pesimistična ($\mu_{R\bar{c}}, \sigma_{R\bar{c}}, \mu_{ps}, \sigma_{ps}, f_d$). To se naročito odnosi na prosječno trajanje izlaganja opasnim situacijama (T_i), te broja izlaganja (f_i). Što se tiče raspodjele napona dodira, valja upozoriti da je ona aproksimirana na temelju proračuna uzemljivača iz [8], uz poštivanje pretpostavke da maksimalni napon dodira na tom uzemljivaču iznosi 90 V ($\mu_{Ud}/\sigma_{Ud} = 45/20$), odnosno 610 V ($\mu_{Ud}/\sigma_{Ud} = 305/130$). To su u stvari maksimalni dopušteni naponi dodira prema VDE propisima za trajanje kvara od 0,8 sek, odnosno 0,1 sek (sl. 1). Rezultati proračuna prikazani su u tabl. 1.

Tablica 1. Vjerojatnost nastanka nesretnog slučaja zbog napona dodira u razmatranoj TS 110/x kV

f_i	$\mu_{Ud}=45 \text{ V}$ $\sigma_{Ud}=20 \text{ V}$ $t=0,8 \text{ s}$	$\mu_{Ud}=305 \text{ V}$ $\sigma_{Ud}=130 \text{ V}$ $t=0,1 \text{ s}$
	P	P
1 000	$0,28 \cdot 10^{-4}$	$0,42 \cdot 10^{-3}$
2 000	$0,56 \cdot 10^{-4}$	$0,82 \cdot 10^{-3}$
3 000	$0,83 \cdot 10^{-4}$	$1,23 \cdot 10^{-3}$
4 000	$1,12 \cdot 10^{-4}$	$1,64 \cdot 10^{-3}$
5 000	$1,43 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^{-3}$

Pregledom rezultata iz tabl. 1. može se utvrditi da je vjerojatnost nastanka smrtnog slučaja zbog napona dodira u analiziranoj TS 110/x kV, uz zadane (dosta pesimistične) podatke, izvanredno malena. Tako npr. za broj izlaganja opasnosti $f_i = 5\ 000$ vjerojatnost nesretnog slučaja iznosi:

$$P = 1,43 \cdot 10^{-4}, \text{ odnosno } P = 1,92 \cdot 10^{-3}.$$

Drugim riječima, u prvom primjeru očekuje se jedan nesretni slučaj u $1/1,43 \cdot 10^{-4} = 6\ 993 \text{ god.}$, a u drugom primjeru očekuje se jedan nesretni slučaj u $1/1,92 \cdot 10^{-3} = 520 \text{ god.}$

4. ZAKLJUČAK

U članku je izložena metoda koja omogućava računanje vjerojatnosti nastanka smrtnog slučaja zbog napona dodira u elektroenergetskim postrojenjima. Metoda uvažava statističku raspodjelu očekivanih napona dodira u postrojenjima, podnosivih napona dodira i vjerojatnost da će ljudi biti izloženi situaci-

jama u kojima mogu doći pod djelovanje napona dodira.

Računski primjeri koji su bazirani na relativno pesimističnim ulaznim podacima upućuju na činjenicu da je vjerojatnost nesretnog slučaja u elektroenergetskom postrojenju nazivnog napona iznad 1 000 V izuzetno malena. Rezultati ove analize potvrđuju stavove mnogih naših stručnjaka koji se zalažu za liberalizaciju jugoslavenskih propisa o uzemljenju postrojenja iznad 1 000 V, odnosno za uvođenje viših dopuštenih napona dodira za vremena trajanja dozemnih kvarova kraća od 0,5 sek. Ovakvim pristupom, koji praktički ne bi povećao opasnost za ljude koji su u kontaktu s elektroenergetskim postrojenjima, omogućile bi se znatne uštede kod izvedbi uzemljivača koji su postali veoma skup dio postrojenja. Kao prilog ovoj tvrdnji mogu poslužiti vrijednosti dopuštenih napona dodira prema zapadnonjemačkom propisu VDE 0141/7.76 (sl. 1) koji vrijedi još od 1976. god.

Na kraju treba još jednom upozoriti na to da se stohastički pristup naponima dodira prvenstveno može koristiti kod postrojenja nazivnog napona iznad 1 000 V. Kod razmatranja opasnosti od napona dodira u potrošačkim instalacijama stohastički pristup gubi na vrijednosti zbog izuzetno velikog broja ljudi koji mogu biti ugroženi zbog djelovanja napona dodira.

LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V, Sl. list SFRJ br. 4/1974.
- [2] Pravilnik o zaštiti niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica, Sl. list SFRJ.
- [3] VDE 0141/1976.
- [4] IEEE St. 80/1976.
- [5] IEC 71/1972.
- [6] W. WENG, R. VELAZQUEZ: A Practical Probabilistic Method to Evaluate Tolerable Step and Touch Voltages, IEEE PAS, No. 12, 1984.

- [7] M. A. EL-KADY, M. Y. VAINBERG: Risk Assessment of Grounding Hazards Due to Step and Touch Potentials Near Transmission Line Structures, IEEE PAS, No. 9, 1983.
- [8] S. ŽUTOBRADIĆ, B. FILIPOVIĆ: Projektiranje uzemlji-vača industrijske trafostanice 110/6 kV, »Energija« 5/1985.
- [9] I. MILLER, J. FREUND: Probability and Statistics for Engineers, Prentice-Hall, 1977.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К НАПРЯЖЕНИЯМ ПРИКОСНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В статье изложен математический метод, позволяющий производить стохастический анализ напряжений прикосновения, являющихся последствием замыканий на землю в электроэнергетических установках. Описан метод расчета примерами расчета.

STOCHASTIC APPROACH TO TOUCH VOLTAGES IN ELECTRIC POWER STATIONS

In the article is presented a mathematical method for analyses of stochastic touch voltage that are resulted as ground faults in electric power stations. Described method and calculation example is presented.

STOCHASTISCHE METHODE FÜR DIE BERÜHRUNGSSPANNUNG IN DEN ELEKTROMAGNETISCHEN ANLAGEN

Im Artikel wird die mathematische Methode beschrieben, welche die stochastische Analyse der Berührungsspannungen die sich als Folge erdnaheher Schaden in den elektroenergetischen Anlagen melden, ermöglicht. Die beschriebene Methode ist mit Rechnungsbeispielen erklärt worden.

Naslov pisca:

mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985 — 06 — 10

ELEKTROPROMET

OOOR »VANJSKA TRGOVINA«

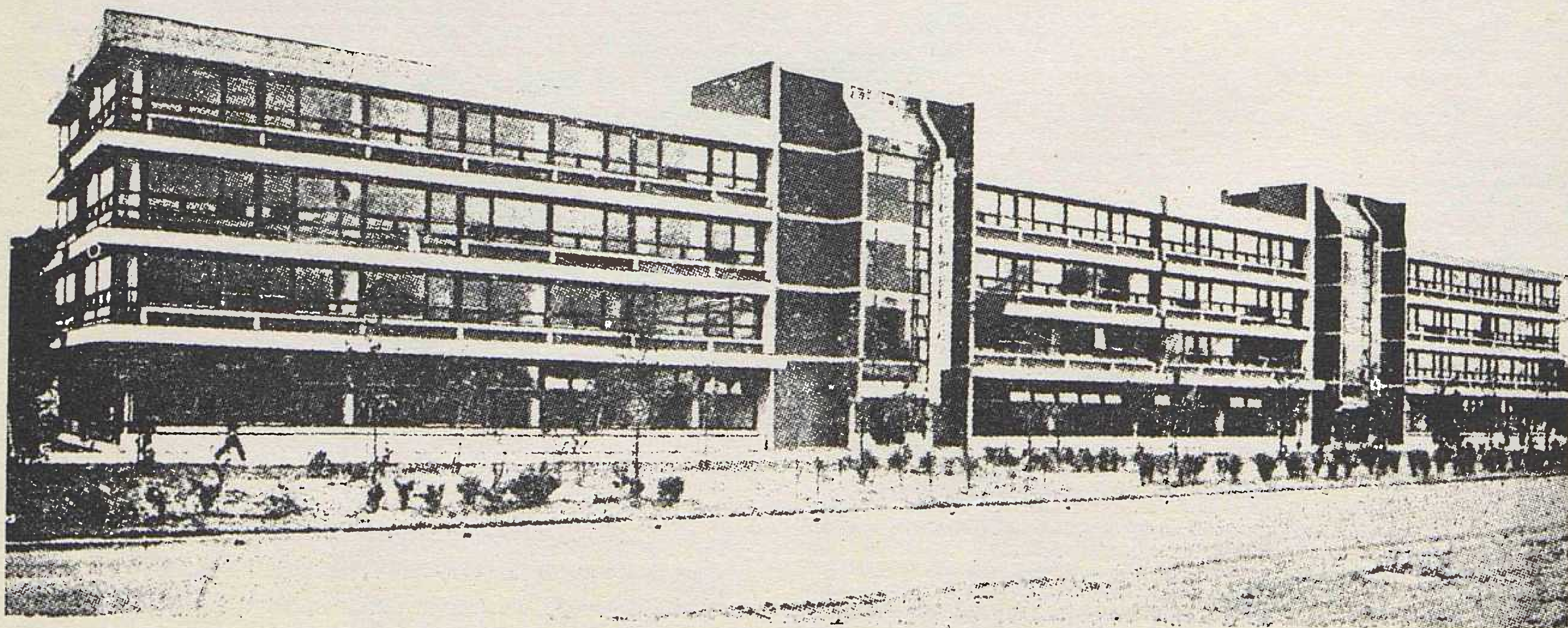
ZAGREB, Avenija Borisa Kidriča 11-13

Tel. centrala: 529-211

Teleks: 21620 yu elprom

Telegrami: ELEKTROPROMET ZAGREB

- Obavlja vanjskotrgovinske poslove izvoza i uvoza kompletnih postrojenja, opreme, materijala i usluga za investicijsku izgradnju i za održavanje energetske i drugih objekata, naročito za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, uključujući i pružanje određenih ekonomskih, organizacijskih i tehničkih usluga u vezi s izgradnjom, rekonstrukcijom, modernizacijom i održavanjem objekata i postrojenja.
- Za obavljanje poslova uvoza i drugih poslova u vezi s izgradnjom i održavanjem energetske i drugih objekata u okviru OOOR-a djeluje posebna organizacijska jedinica — Sektor izgradnje objekata.
- Među najznačajnijim objektima izgrađenim uz naše sudjelovanje dobavom opreme i pružanjem raznovrsnih usluga ističu se hidroelektrane Nikola Tesla, Gojak, Peruća, Split, Senj, Rijeka, Orlovac, Varaždin i Čakovec, termoelektrane Plomin i Sisak, TE-TO i EL-TO Zagreb, TE-TO Osijek i plinske elektrane Jertovec i Osijek. U okviru aktivnosti kroz desetljeća na području energetike ostvaren je velik opseg isporuka za transformatorske stanice i dalekovode, uključujući i gotovo sve podmorske kabele za povezivanje jadranskih otoka s električnom mrežom na kopnu. U funkciji razvoja proizvodnje, prijenosa i distribucije energije i obrazovanja stručnjaka na području energetike su objekti kao što su Republički dispečerski centar Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Dispečerski centar Gradske plinare u Zagrebu i »SRCE« Sveučilišni računski centar u Zagrebu, za koje smo dobavili svu uvoznu opremu i usluge.
- Obavljamo izvoz i uvoz roba i pružamo komercijalno-tehničke usluge radi podmirivanja investicijskih i reprodukcijских potreba organizacija elektroprivrede i ostale energetike, elektroindustrije, strojogradnje i druge industrije, prometa i veza itd. Djelatnost obuhvaća i zastupanje inozemnih tvrtki, posredovanjem u vanjskotrgovinskom prometu, organizaciju i izvođenje investicijskih radova u inozemstvu, te ekonomske, organizacijske i tehnološke usluge.



Poslovna zgrada »ELEKTROPROMETA« — ZAGREB

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

SUSTAV UPRAVLJANJA U ELEKTROPRIVREDI

U okviru projekta uvođenja tehničkog sustava upravljanja u jugoslavenskoj elektroprivredi u idućem srednjoročnom razdoblju realizirat će se vrlo značajan i složen telekomunikacioni sustav. On će povezivati sve značajnije proizvodne i prijenosne objekte s dispečerskim centrima republika i pokrajina, kao i s dispečerskim centrom Zajednice jugoslavenske elektroprivrede.

U vezi s tim nedavno je održan zajednički sastanak poslovnih organa Zajednice elektroprivrednih organizacija i zajednice jugoslavenskih PTT i predstavnika elektroprivrede i PTT republika i pokrajina, na kojem je dogovoreno da se u idućem srednjoročnom razdoblju zajednički realizira značajan projekt sustava veza za potrebe jugoslavenske elektroprivrede. Program elektroprivrede i PTT usklađuje se kao jedinstveni sustav.

Ovo je prvi projekt na jugoslavenskom nivou koji se zajednički ostvaruje — udruživanjem rada i sredstava. Zajedničkim povezivanjem ostvaruju se velike uštede u investicijama, a smanjuju se i budući troškovi održavanja.

Sporazum između Zajednice jugoslavenske elektroprivrede i Zajednice PTT Jugoslavije o trajnoj poslovno-tehničkoj suradnji i zajedničkom korištenju i razvoju prijenosnih sistema od zajedničkog interesa bit će donesen posebnim ugovorom a primjenjivat će se već 1986. godine.

I. R.

RADNA ORGANIZACIJA ZA GRADNJU NE PREVLAKA

Delegati elektroprivrednih organizacija na Skupštini ZEOH-a održanoj u listopadu 1985. godine donijeli su odluku o osnivanju Radne organizacije za gradnju NE »Prevlaka«. Na sjednici Skupštine ZEOH-a raspravljen je prijedlog SAS-a o udruživanju dijela sredstava za financiranje gradnje i rekonstrukcije elektroenergetskih objekata do 1990. te plan do 2000. godine.

U vezi s realizacijom tih planova neki delegati nisu bili zadovoljni da se treća nuklearna planira u Slavoniji, nedaleko od Dalja. Ponovno su naglašene i vrijednost drugih lokacija, u prvom redu na otoku Viru kraj Zadra.

Pripreme za NE Prevlaka

Radna grupa NE Prevlaka raspisala je natječaj o međunarodnom javnom prikupljanju ponuda za tehnologiju nuklearnog gorivog ciklusa i tipa NE za seriju nuklearki u SFRJ, kao i ponuda za isporuku opreme i usluga za NE Prevlaka, kao prvi objekt od četiri nuklearne elektrane koje treba sagraditi u Jugoslaviji do kraja stoljeća. Natječaj je objavljen u Službenom listu SFRJ od 18. listopada 1985. a otvoren je do kraja travnja 1986. godine.

Do početka 1987. treba ocijeniti prispjele radove. U prvom kvartalu iste godine uputit će se prijedlog SIV-u da donese konačnu odluku. Planirano je da početak gradnje NE Prevlaka otpočne sredinom 1988, a gradnja treba biti završena sredinom 1994. godine. proizvodnja u komercijalne svrhe planira se 1995. godine.

Prema procjeni ukupne investicije za gradnju NE Prevlake iznose oko milijardu i osamsto milijuna dolara. Najveći dio investicija od 790 milijuna dolara otpada na uvoznu opremu.

Predviđeno je da druga naša nuklearna ima instaliranu snagu 1 000 MW, a to je gotovo 400 MW više nego Krško. Postoji prijedlog da se gradi blok instalirane snage 600 MW. Za izbor snage buduće NE Prevlaka konačnu odluku donijet će zajedničkim dogovorom elektroprivrede Hrvatske i Slovenije.

I. R.

POTROŠNJA ENERGIJE U INDUSTRIJI

U organizaciji Zavoda za tehničku izobrazu Ljubljana u suradnji s Privrednom komorom Slovenije i Republičkim komitetom za energetiku SR Slovenije održano je na Bledu 17. i 18. listopada 1985. jugoslavensko savjetovanje na temu »Smanjenje potrošnje specifične energije u industriji«.

Savjetovanje je bilo namijenjeno stručnjacima koji sudjeluju u stvaranju i usmjeravanju energetske politike; projektantima i investitorima; energetičarima iz radnih organizacija, planerima te naučnoistraživačkim i obrazovnim institucijama.

Savjetovanju je prisustvovao veći broj energetičara i drugih stručnjaka iz svih republika i pokrajina. U ciklusu predavanja obrađeno je:

- utvrđivanje specifične potrošnje energije u industriji i njeno smanjenje i
- primjena praktičnih metoda te primjeri smanjenja potrošnje specifične energije u industriji.

Ukupno je održano 24 referata. O svim referatima se raspravljalo i na temelju toga doneseni su odgovarajući zaključci.

I. R.

ELEKTROPRENOS OSIJEK

PLAN RAZVOJA

U OOUR-u »Elektroprenos« Osijek izrađen je Nacrt programa razvoja za razdoblje 1986. do 1990. godine. Predloženim programom predviđen je rast nabave i prodaje električne energije po prosječnoj stopi 5,9 posto. Tako bi nabava u 1990. godini iznosila 2 512 000 MWh.

Na bazi pretpostavljenih potreba električne energije na području OOUR-a »Elektroprenos« Osijek predviđena su ulaganja u razdoblju 1986. do 1990. godini u iznosu 5,068 milijardi dinara. Sredstva će se investirati u izgradnju elektro-prijenosnih objekata. Najveći dio koristit će se za izgradnju 110 kV mreže i to oko 3,7 milijarde dinara. U rekonstrukcije i modernizaciju u razdoblju 1986–1990. godine predviđa se godišnje ulagati po 130 milijuna dinara, a za projekte i istraživanja godišnje po 51 milijun dinara.

Za 400 kV mrežu predviđa se uložiti u narednom razdoblju 450 milijuna dinara.

S obzirom na strukturu poslova i uvođenje suvremenih tehničkih rješenja u upravljanju prijenosnim objektima i postrojenjima, broj zaposlenih radnika u OOUR »Elektroprenos« Osijek rast će prema predviđenoj stopi od 1,4 posto.

I. R.

GRADNJA TERMoeLEKTRANA

Počela je gradnja TE »Bitola III« locirane u Suvodolu kod Bitole. Postavljen je temeljac za treći agregat buduće elektrane. Instalirana snaga TE »Bitola III« bit će 210 MW, kakva je i snaga već izgrađenih dvaju agregata koji su u redovnoj proizvodnji.

Predračunska vrijednost objekta zajedno s proširenjem rudnika ugljena Suvodol iznosi oko 120 milijardi dinara. Godišnja proizvodnja nove termoelektrane bit će 1,1 milijardu kWh električne energije.

Elektroprivreda Bosne i Hercegovine donijela je odluku o gradnji termoelektrane »Ugljevik II«, snage 300 MW, s godišnjom proizvodnjom od 1,6 milijardu kWh električne energije. Uskoro će početi glavni radovi na izgradnji.

I druga faza TE »Ugljevik« bit će građena na principu zajedničkih ulaganja BiH i Slovenije, razmjerno uloženim sredstvima 1:3. Naime, trećinu sredstava od predviđene 82 milijarde dinara osigurat će SR Slovenija i u istom razmjeru dobit će električnu energiju nakon završene izgradnje.

Završetak radova na izgradnji termoelektrane predviđa se sredinom 1989. godine.

Elektroprivreda BiH, inače investitor izgradnje TE »Ugljevik I«, izgradila je već pojedine objekte koji će služiti za drugu fazu ovog energetske kompleksa. Nabava dobrog dijela opreme ugovorena je kod domaćih proizvođača.

I. R.

SPOMEN-PODRUČJE »NIKOLA TESLA«

Koordinacijski odbor Zajednice jugoslovenske elektroprivrede u suradnji s drugim organizacijama usvojio je program priprema za obilježavanje imena i djela velikog znanstvenika Nikole Tesle u povodu 130-godišnjice njegova rođenja.

Predviđa se izgradnja Spomen-područja »Nikola Tesla« u Smiljanu, rodnom mjestu Nikole Tesle, i to u više faza. Za ostvarenje predloženog projekta trebalo bi prema procjenama osigurati oko 200 milijuna dinara. Za sada je osigurano 30 milijuna dinara.

Počeli su radovi na restauraciji rodne kuće Nikole Tesle, a izgradit će se i dva prihvatna objekta s parkirališnim prostorom.

Da bi se plan što brže ostvario, Koordinacijski odbor zaključio je da se nastavi i proširi započeta akcija u cijeloj zemlji i u inozemstvu kako bi se osigurala potrebna financijska sredstva za taj projekt.

I. R.

PROIZVODNJA NAFTE I PLINA DO 1990.

Moguća proizvodnja nafte i zemnog plina u planskom razdoblju od 1986. do 1990. godine uvjetovana je dosadašnjom istraženošću perspektivnih područja. Panonski bazen i bazen sjevernog Jadrana jedini su na kojima se planira proizvodnja.

U našoj zemlji proizvodnjom nafte i plina bave se dvije radne organizacije: INA-Naftaplin, Zagreb i Naftagas, Novi Sad. Po njihovim podacima, koji se mogu uzeti kao pouzda-

ni, stručnjaci tih organizacija prikazali su moguću proizvodnju nafte, tako da dinamika proizvodnje nafte od 1986. do 1990. godine izgleda ovako:

(u tisućama tona)

Godina	INA-Naftaplin	Naftagas	Inozemstvo	Ukupno
1986.	2 830	1 000	135	3 965
1987.	2 595	1 000	251	3 846
1988.	2 464	1 000	329	3 793
1989.	2 416	1 000	331	3 747
1990.	2 355	1 000	651	4 006

U sljedećem planskom razdoblju računa se i s naftom iz inozemstva koju će INA-Naftaplin i Naftagas dobiti na osnovi sredstava uloženi u istraživanja. To je nafta iz Angole. Iako se istraživanja obavljaju i u Alžiru u organizaciji Naftagasa, s obzirom na današnje pokazatelje proizvodnja se u tom razdoblju ne očekuje.

Dinamika proizvodnje zemnog plina od 1986. do 1990. godine koju očekuju proizvođači vidi se iz sljedeće tablice:

(u mil. m³)

Godina	INA-Naftaplin	Naftagas	Ukupno
1986.	2054	1160	3214
1987.	2125	1110	3235
1988.	2227	1060	3237
1989.	2238	1060	3298
1990.	3209	1110	4319

Za razliku od nafte, u tom se razdoblju očekuje više od dvostruke proizvodnje zemnog plina nego što je planirano proizvesti u 1985. godini. To se u prvom redu odnosi na novu proizvodnju iz otkrivenih polja u Podravini i mogućeg polja u dijelu sjevernog Jadrana, koji će u 1990. godini dati 600 milijuna m³ zemnog plina.

I. R.

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ostvarena proizvodnja električne energije u Hrvatskoj za razdoblje od siječnja do rujna 1985. godine uglavnom je zadovoljila potrebe potrošača. Akumulacijske i protočne hidroelektrane ukupno su proizvele 3 881 GWh električne energije, a to je 98 posto od plana. Termoelektrane su proizvele 2 775 GWh i time ostvarile plan sa 120 posto.

Tako povećanu proizvodnju termoelektrana omogućile su povećane isporuke zemnog plina (za rad jednog kotla u TE Sisak, te KTE Jertovec, PTE Osijek), kao i dobar rad NE Krško.

Isporuca termoelektrana iz drugih republika (TE Tuzla, TE Kakanj, TE Gacko i TE Obrenovac) iznosi 2 221 GWh električne energije, što je oko 90 posto od planiranih količina.

Isporuke električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama za razdoblje od siječnja do rujna 1985. bile su manje od planiranih za 251,7 GWh. Uzrok tome su kvar u TE Gacko i jednostrana odluka Elektroprivrede BiH da isporuke električne energije TE Tuzla veže za rad objekta, a ne na elektroenergetski sistem BiH, kako je to ugovorom predviđeno.

Za pokriće konzuma u Hrvatskoj u razdoblju siječanj – rujan 1985. osigurana je nabava električne energije i iz Slovenije, Srbije i Kosova, te uvoz iz Njemačke Demokratske Republike, ČSSR-a, Švicarske i Albanije. Time je ukupno nabavljeno 1 084 GWh.

I. R.

SEMINAR O VOĐENJU IZGRADNJE NUKLEARNIH ELEKTRANA

Od 23. rujna do 25. listopada ove godine u Institutu za elektroprivredu održan je Seminar o vođenju izgradnje nuklearnih elektrana. Seminar su zajednički organizirali Međunarodna agencija za nuklearnu energiju (IAEA) i Institut za elektroprivredu.



Svrha ovog seminara bila je da pruži dodatna — »nuklearna« znanja sudionicima iz elektroprivrede, instituta, projektnih, montažnih i proizvodnih radnih organizacija.

Takve seminare IAEA organizira na nacionalnom i internacionalnom planu, ovisno o interesu koji pojedina zemlja ima za neku specijalnost.

Seminar je polazilo 26 inženjera strojarstva i elektrotehnike zaposlenih u radnim organizacijama iz Slovenije, Vojvodine, Srbije i Hrvatske.

Sudionici seminara su bili stručnjaci s iskustvom na konvencionalnom ili nuklearnom energetsom području i trebali bi se uključiti u formiranje rukovodnih timova za buduću ili buduće nuklearne elektrane u svojim organizacijama.

U toku pet tjedana održana su predavanja iz ovih kolegija:

- Osnove nuklearne energetike
- Reaktorski sistemi
- Organizacijski aspekti i problemi ishodenja dozvola
- Nuklearno gorivo
- Ugovaranje
- Sigurnosni izvještaj i osiguranje kvalitete
- Vođenje izgradnje
- Kontrola izgradnje
- Propisi i standardi
- Domaće učešće.

Ukupno 64 predavanja održalo je 29 predavača iz IAEA, Švedske, Španjolske, Francuske, SR Njemačke, SAD, Italije i Jugoslavije.

Predavači iz inozemstva bili su stručnjaci privremeno zaposleni u IAEA i stručnjaci koji u svojoj zemlji sudjeluju u realizaciji nacionalnih nuklearnih programa. Na taj način sudionici seminara mogli su dobiti sliku o različitom pristupu istom problemu u različitim zemljama.

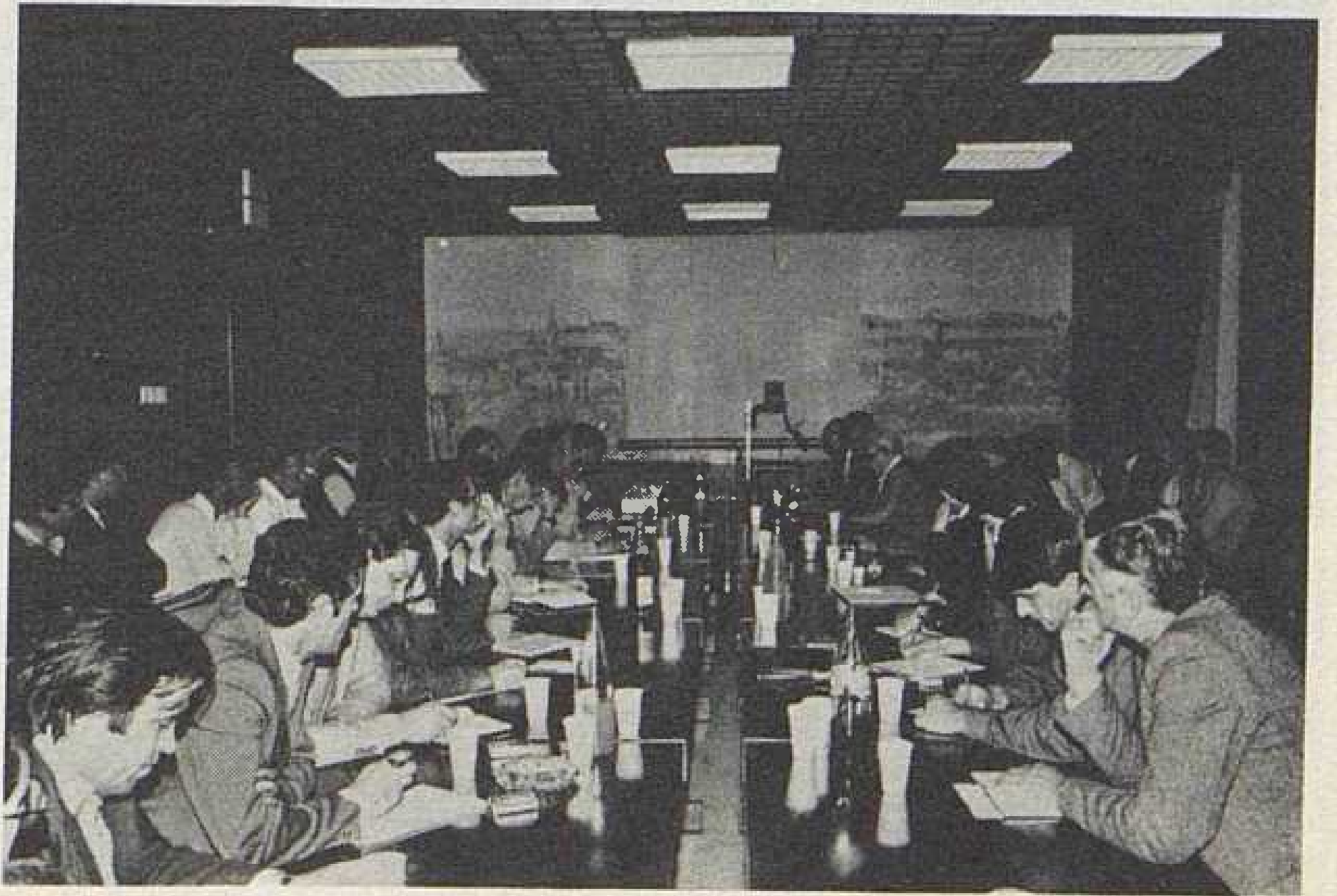
Nakon završetka seminara provedena je evaluacija. Po ocjeni predstavnika IAEA, kao i po ocjeni polaznika, seminar je izuzetno uspio, što predstavlja još jedan pozitivan doprinos u pripremljenoj fazi provođenja jugoslavenskog nuklearnog programa.

Milivoj Krejči

PREZENTACIJA MOGUĆNOSTI INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U IZRADI PROGRAMSKE PODRŠKE ZA POTREBE PLANIRANJA EKSPLOATACIJE EES-a

Prezentacija mogućnosti Instituta za elektroprivredu u izradi programske podrške za potrebe planiranja eksploatacije EES-a održana je 9. i 10. listopada 1985. u suradnji sa Zajednicom elektroprivrednih organizacija Hrvatske i Elektroprivredom Zagreb.

Prezentaciji su prisustvovali predstavnici elektroprivrednih organizacija iz čitave Jugoslavije, kao i predstavnici Komisije za praćenje razvoja treće faze tehničkog sistema upravljanja i planiranja pogona EES-a Jugoslavije (sl. 1).



Slika 1. Sudionici prezentacije

Sudionike prezentacije pozdravili su direktor Instituta za elektroprivredu Ivo Božin i član poslovnog odbora ZE-OH-a Hakija Hasanbegović, a zatim je akademik profesor dr Hrvoje Požar održao uvodno predavanje o ulozi i važnosti planiranja eksploatacije EES-a u elektroprivrednoj djelatnosti (sl. 2).



Slika 2. Uvodno predavanje



Slika 3. Razgledavanje RDC-a



Slika 4. Demonstracije programa

Slijedilo je izlaganje dra Gorana Granića, rukovodioca Studijske jedinice za elektroenergetske sisteme, o koncepciji rada jedinice na problematici planiranja eksploatacije, nakon čega su suradnici jedinice u dvadesetminutnim predavanjima prikazali dosadašnji rad na sljedećim temama:

- godišnjoj elektroenergetskoj bilanci
- planiranju korištenja akumulacijskih bazena
- planiranju remonta
- predviđanju potrošnje električne energije
- dnevnom optimiranju raspodjele opterećenja
- proračunu gubitaka prijenosa.

Drugi dan prezentacije sudionici su razgledali Republički dispečerski centar Zagreb (sl. 3) i računski centar Elektroprivrede Zagreb, a zatim su demonstrirana dva programa razvijena u Institutu za elektroprivredu za potrebe Sektora eksploatacije ZEOH-a (sl. 4). Radi se o programu za predviđanje potrošnje električne energije za idući dan, te programu za optimiranje raspodjele opterećenja među elektranama EES-a. Oba programa instalirana su na računalu Elektroprivrede Zagreb i njihovo testiranje je upravo u toku.

Prezentacija je završena živom diskusijom za okruglim stolom. Sudionici u diskusiji povoljno su ocijenili rad i inicijativu Instituta za elektroprivredu na ovom području, pa je opće mišljenje da takve skupove i prezentacije valja organizirati i u drugim elektroprivredama Jugoslavije radi razmjene stručnih i organizacijskih iskustava. Što se tiče razvoja programske podrške za planiranje pogona EES-a u okviru tehničkog sistema upravljanja, zaključeno je da se treba osloniti na vlastitu tehnologiju i aktivirati stručni potencijal elektroprivrednih i pripadnih znanstvenih organizacija.

mr Branka Jelavić